



Fakultät für Architektur  
Institut für Entwerfen und Bautechnik  
Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen

## **Entwicklung eines nachhaltigen Wohnungslüftungssystems unter Berücksichtigung des Brandschutzes als „System“**

Ernest Berghofer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Architektur der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Thomas Auer

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen (i. R.)
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Mensinger

Die Dissertation wurde am 28.07.2015 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Architektur am 09.10.2015 angenommen.



## Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur .....	V
1 Einleitung .....	1
1.1 Thema .....	2
1.2 Stand der Technik .....	2
1.3 Planungssicherheit .....	3
1.4 Wirtschaftlichkeit .....	4
1.5 Zusammenfassung .....	9
1.5.1 Inhaltliche Zusammenfassung .....	11
2 Grundlagen der Lüftung .....	12
2.1 Entwicklung der Lüftung von Bädern ohne Außenfenster .....	12
2.1.1 Allgemein .....	12
2.1.2 Maschinelle Lüftung von Bädern ohne Außenfenster .....	14
2.1.3 Schachtlüftung (ohne Ventilatoren) von Bädern ohne Außenfenster .....	27
2.1.3.1 Einzelschachtanlagen .....	27
2.1.3.2 Sammelschachtanlagen .....	31
2.2 Raumlüftungstechnik - Lüftung von Wohnungen .....	32
2.2.1 Normative Lüftungskonzepte Wohnungslüftung .....	32
2.3 Prüfverfahren von Brandschutzklappen .....	34
2.3.1 Allgemein .....	34
2.3.2 Prüfung entsprechend Zulassungsrichtlinien für innenliegende Bäder .....	34
2.3.3 Nationale Prüfung Brandschutzklappen mit Zulassungsrichtlinien .....	42
2.3.4 Europäische Prüfung Brandschutzklappen .....	44
2.3.5 Zusammenfassende Matrix der Prüfverfahren .....	46
2.4 Lüftungsanlagen-Richtlinie .....	48
2.5 Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen .....	56
3 Durchgeführte Untersuchungen .....	57
3.1 Vergleich unterschiedlicher Versuchsaufbauten .....	57
3.2 Brandversuch mit Einzellüftungsgeräten .....	58
3.2.1 Vergleich unterschiedliche Prüfverfahren mit Einzellüftungsgeräten .....	58
3.2.2 Zusammenfassung Lüftungsleitungen mit Einzellüftungsgeräten .....	58
3.3 Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen mit Feuerwiderstand .....	60
3.3.1 Vergleich unterschiedliche Prüfverfahren .....	60
3.3.2 Zusammenfassung Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen .....	60
3.4 Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in der Decke .....	61
3.4.1 Vergleich unterschiedliche Prüfverfahren mit Absperrvorrichtungen in der Decke .....	61
3.4.2 Zusammenfassung Einbau Absperrvorrichtungen in der Decke .....	62
3.5 Anzahl der Anschlüsse an die Hauptleitung in Abhängigkeit der Installation .....	63
3.6 Drücke im System .....	64
3.7 Störfaktoren Durchströmung .....	64
3.7.1 Lüfterbetrieb Einzellüfter Brandversuch .....	64
3.8 Küchenabluft .....	65
3.8.1 Anschluss von Wohnungsküchen allgemein .....	65
3.8.2 Vorgaben Wohnungsküchenabluft nach ZulaRi .....	65
4 Neues Wohnungslüftungssystem .....	68

4.1	Historie – Entstehung adhoc-Arbeitskreis .....	68
4.2	Erarbeitetes Wohnungslüftungssystem .....	73
4.2.1	Varianten des Wohnungslüftungssystem.....	73
4.2.2	Notwendige Kaltrauchsperr des Wohnungslüftungssystem .....	74
4.2.3	Querschnitte des Wohnungslüftungssystem.....	74
4.2.4	Notwendige Prüföffnungen des Wohnungslüftungssystem .....	74
4.2.5	Anforderung an die Baustoffe des Wohnungslüftungssystem .....	74
4.2.6	Dokumentation .....	75
4.2.7	Inbetriebnahme und Instandhaltung .....	75
4.3	Hauptleitung ohne Feuerwiderstand mit feuerwiderstandsfähigem Schacht.....	76
4.3.1	Abluftanlage mit Zentrale im OG.....	76
4.3.2	Abluftanlage mit Zentrale im UG.....	77
4.3.3	Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät (Unit) .....	78
4.3.4	Bewertung der Systeme Abluftanlagen mit feuerwiderstandsfähigem Schacht .....	79
4.3.5	Zu- und Abluftanlage mit Zentrale im OG .....	80
4.3.6	Zu- und Abluftanlage mit Zentrale im UG .....	81
4.3.7	Zu- und Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät.....	82
4.3.8	Zu- und Abluftanlage mit Horizontalverzug im OG .....	83
4.3.9	Bewertung der Systeme Zu- und Abluftanlagen mit feuerwiderstandsfähigem Schacht... .....	84
4.4	Hauptleitung mit Feuerwiderstand .....	84
4.4.1	Bewertung der Systeme Hauptleitung mit Feuerwiderstand.....	84
4.5	Hauptleitung ohne Feuerwiderstand mit geschossweiser Absperrung.....	84
4.5.1	Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im OG.....	85
4.5.2	Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im UG.....	86
4.5.3	Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Wohnungslüftungsgerät (Unit) .....	87
4.5.4	Bewertung der Systeme Abluftanlagen mit Absperrvorrichtung in der Decke.....	88
4.5.5	Zu- und Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im OG .....	89
4.5.6	Zu- und Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im UG .....	90
4.5.7	Zu- und Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Wohnungslüftungsgerät.....	91
4.5.8	Zu- und Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Horizontalverzug im OG .....	92
4.5.9	Bewertung der Systeme Zu- und Abluftanlagen mit Absperrvorrichtung in der Decke .	93
4.6	Anschlussleitungen .....	93
4.6.1	Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähigem Schacht mit Wohnungslüftungsgerät .....	93
4.6.2	Hauptleitung mit geschossweiser Absperrung mit Wohnungslüftungsgerät.....	94
4.6.3	Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Wohnungslüftungsgerät	94
4.6.4	Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Zu- und Abluftventil .....	95
4.6.5	Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung direkt an der Lüftungsleitung	95
5	Prüfvorschlag für das Neue Wohnungslüftungssystem .....	97
5.1	Allgemein.....	97
5.2	Prüfung der Auslöseeinrichtung .....	98
5.2.1	Fehlauslöseverhalten .....	98
5.2.2	Auslöseverhalten.....	98
5.3	Brandversuch .....	99
5.3.1	Absperrvorrichtung in der Schachtwand.....	100
5.3.2	Absperrvorrichtung in der Lüftungsleitung .....	102
5.3.3	Absperrvorrichtung in der Decke .....	104
5.3.4	Anschluss von Küchenabluft.....	106
6	Ausschau.....	107
7	Anhang .....	108
7.1	Systemzeichnungen der Wohnungslüftung nach DIN 1946-6 .....	108
7.1.1	Zeichnung und Erläuterung Freie Lüftung .....	108



7.1.1.1 Querlüftung (Feuchteschutz) QLFS:.....	108
7.1.1.2 Querlüftung QL: .....	109
7.1.1.3 Schachtlüftung SL:.....	110
7.1.2 Zeichnung und Erläuterung ventilatorgestützte Lüftung .....	111
7.1.2.1 Abluftsystem, Einzelventilator-Lüftungsanlage im EFH.....	111
7.1.2.2 Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im EFH .....	112
7.1.2.3 Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im MFH.....	113
7.1.2.4 Zuluftsystem, Anordnung in einer Nutzungseinheit .....	114
7.1.2.5 Zuluftsystem, Anordnung in einem Raum einer Nutzungseinheit.....	115
7.1.2.6 Zuluftsystem, zentrale Anordnung .....	116
7.1.2.7 Zu-/Abluftsystem, Wohnungslüftungsgerät im EFH.....	117
7.1.2.8 Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im MFH .....	118
7.1.2.9 Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit Wohnungslüftungsgerät im MFH .....	119
7.1.2.10 Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät mit WRG, in einer Wohnung .....	120
7.1.2.11 Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät, in einem Raum .....	121
7.2 Versuchsauswertungen Brandversuch mit Einzellüftungsgeräten.....	122
7.2.1 Vergleich 2 Anschlüsse auf Wandung mit BSK (Brandversuch Nr. 1 und Nr. 2).....	122
7.2.2 Vergleich 2 Anschlüsse in Wandung mit Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 1 und Nr. 2) .....	127
7.2.3 Vergleich 2 Anschlüsse in Wandung ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 1 und Nr. 2) .....	132
7.2.4 Vergleich Versuchsaufbau nach ZulaRi zweigeschossig und dreigeschossig .....	137
7.2.4.1 Vergleich 3 Anschlüsse in Wandung mit BSK (Brandversuch Nr. 3 und Nr. 4).....	137
7.3 Versuchsauswertungen Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen ...	143
7.3.1 Vergleich Absperrvorrichtung in L90-Lüftungsleitung mit und ohne BSK (Brandversuch Nr. 5 und Nr. 6) .....	143
7.3.2 Vergleich Absperrvorrichtung in L90-Lüftungsleitung nach BauPrGr und ZulaRi zweigeschossig (Brandversuch Nr. 6 und Nr. 7) .....	149
7.3.3 Vergleich Absperrvorrichtung in L90-Lüftungsleitung nach ZulaRi zweigeschossig mit dreigeschossig (Brandversuch Nr. 7).....	154
7.3.4 Vergleich Absperrvorrichtung unterschiedlicher Größe in L90-Lüftungsleitung nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 8) .....	159
7.3.5 Vergleich L90-Lüftungsleitung selbstständig mit L90 Lüftungsleitung mit innenliegendem Wickelfalzrohr nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 9)....	163
7.4 Versuchsauswertungen Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in der Decke .....	168
7.4.1 Vergleich Absperrvorrichtungen in der Decke in unterschiedlicher Größe nach BauPrGr (Brandversuch Nr. 10 Ltg. 1 und 2).....	168
7.4.2 Vergleich Absperrvorrichtungen auf und unter der Decke nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 11 Ltg. 1 und 2).....	172
7.4.3 Vergleich Absperrvorrichtungen in der Decke in unterschiedlicher Größe nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 11 Ltg. 1 und 3) .....	176
7.4.4 Sonderuntersuchungen.....	180
7.4.4.1 Vergleich Absperrvorrichtung in Decke - Schacht offen / geschlossen (Brandversuch Nr. 14).....	180
7.4.4.2 Absperrvorrichtung in Decke mit Lüfter im UG - Schacht geschlossen (Brandversuch Nr. 15).....	184
7.5 Versuchsauswertungen Anzahl der Anschlüsse an die Hauptleitung in Abhängigkeit der Installation .....	187
7.5.1 Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse außerhalb Wandung (Brandversuch Nr. 4) .....	187
7.5.2 Vergleich 3 Anschlüsse außerhalb und auf der Wandung (Brandversuch Nr. 4).....	192
7.5.3 Vergleich; drei Anschlüsse auf der Wandung und in der Wandung (Brandversuch Nr. 4) .....	197
7.5.4 Vergleich; Temperatureintrag in den Schacht bei unterschiedlichen Anschlüssen (Brandversuch Nr. 4).....	202
7.5.5 Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung (Brandversuch Nr. 2 zu Nr. 4).....	204

7.5.6	Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung (Brandversuch Nr. 2 zu Nr. 4) .....	209
7.5.7	Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 2).....	213
7.5.8	Vergleich 1 zu 2 Anschlüssen in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung.....	218
7.5.9	Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 12) .....	218
7.5.10	Vergleich 1 Anschluss in der Wandung ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 12) und 2 Anschlüsse in und außerhalb der Wandung (Brandversuch Nr. 13) .....	223
7.6	Versuchsauswertungen Drücke im System .....	228
7.6.1	Drücke im System (Einzellüfter) Versuch (Brandversuch Nr. 2).....	228
7.6.1.1	Drücke im System Schacht 1.....	230
7.6.1.2	Drücke im System Schacht 2.....	232
7.6.1.3	Drücke im System Schacht 3.....	233
7.6.1.4	Bewertung der Drücke im System – Brandversuch Nr. 2 .....	235
7.6.2	Drücke im System (Schächte) Versuch (Brandversuch Nr. 7).....	238
7.6.2.1	Drücke im System Schacht 1 – Brandversuch Nr. 7 .....	240
7.7	Versuchsauswertungen Störfaktoren Durchströmung .....	242
7.7.1	Einfluss Lüfterbetrieb im Untergeschoss .....	242
7.7.1.1	Einfluss Lüfterbetrieb; Einzellüfter in der Wandung mit BSK.....	242
7.7.1.2	Einfluss Lüfterbetrieb; Einzellüfter auf/außerhalb der Wandung mit BSK .....	247
7.7.1.3	Einfluss Lüfterbetrieb; Einzellüfter in der Wandung ohne BSK .....	249
7.7.2	Verbindung Einzellüfter zum Brandraum .....	253
7.7.3	Strömungsverhältnisse in der Hauptleitung .....	259
	Quellenverzeichnis .....	261
	Tabellenverzeichnis .....	266
	Abbildungsverzeichnis.....	267

## Nomenklatur

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
abLS	Abluftsystem
abP	allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis
Abs.	Absatz
abZ	allgemein bauaufsichtliche Zulassung
ALD	Außenluftdurchlässe
AN	Anschluss / Anschlussart (in / auf / außerhalb)
ARGEBAU	Bauministerkonferenz; Arbeitsgemeinschaft der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren
Art.	Artikel
BauPrGr	Bau- und Prüfgrundsätze
BayBO	Bayerische Bauordnung
BR	Brandraum
BSK	Brandschutzklappe; Absperrvorrichtung in Lüftungsleitungen
BV	Brandversuch
CE	Communauté Européenne; Europäische Gemeinschaft
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIN EN	Deutsches Institut für Normung – Europäische Norm
DN	Nenngröße Durchmesser
E30	Raumabschluss für 30 Minuten
EFH	Einfamilienhaus
EI90S	Raumabschluss, Wärmedämmung und Begrenzung der Rauchdurchlässigkeit für 90 Minuten
EN	Europäische Norm
EnEV	Energieeinsparverordnung
ETK	Einheitstemperaturkurve
EU	Europäische Union
Fa.	Firma
FW	Feuerwiderstand
IfB	Institut für Bautechnik (Vorgänger des DIBt)
ISO	International Organization for Standardization
K30	Feuerwiderstand Absperrvorrichtung von 30 Minuten
K60	Feuerwiderstand Absperrvorrichtung von 60 Minuten
K90	Feuerwiderstand Absperrvorrichtung von 90 Minuten
K30-18017	Feuerwiderstand Absperrvorrichtung für Lüftungssystem für innenliegende Bäder von 30 Minuten
K60-18017	Feuerwiderstand Absperrvorrichtung für Lüftungssystem für innenliegende Bäder von 60 Minuten
K90-18017	Feuerwiderstand Absperrvorrichtung für Lüftungssystem für innenliegende Bäder von 90 Minuten

KRS	Kaltrauchsperr
L90	Feuerwiderstand Lüftungsleitung von 90 Minuten
Ltg	Leitung = Schacht
LüAR	Lüftungsanlagen-Richtlinie
M-LüAR	Muster Lüftungsanlagen-Richtlinie
MFH	Mehrfamilienhaus
MS	Messstelle
NHRS	Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik
oFW	ohne Feuerwiderstand
OG	Obergeschoss
QL	Querlüftung
QLFS	Querlüftung Feuchteschutz
RÖ	Reinigungsöffnung
RSK	Rauchschutzklappe
SL	Schachtlüftung
ÜLD	Überstromluftdurchlässe
UG	Untergeschoss
Unit	Platzhalter für Wohnungslüftungsgerät
ZulaRi	Zulassungsrichtlinien
WRG	Wärmerückgewinnung
WÜT	Wärmeübertrager

<b>Formelzeichen</b>	<b>Einheit</b>	<b>Bedeutung</b>
$A_F$	mm <sup>2</sup>	lichter freier Querschnitt Fortluftleitung
$A_H$	mm <sup>2</sup>	lichter Querschnitt Hauptleitung
$A_N$	mm <sup>2</sup>	lichter Querschnitt Nebenleitung
$A_S$	mm <sup>2</sup>	lichter Querschnitt Sammelkasten
$A_V$	mm <sup>2</sup>	lichter freier Querschnitt der Fortluftleitung
$O_2$	Vol-%	Sauerstoff-Messstelle
$P$	Pa	Druck-Messstelle
$T_K$	°C	Temperatur Küchenabluft
$T_O$	K	Temperatur Oberfläche
$T_R$	K	Temperatur Rauchgas
$T_S$	K	Temperatur auf der Tragkonstruktion
$T_1$	K	Temperatur auf der Absperrvorrichtung
$T_2$	K	mittlere Temperatur auf der Absperrvorrichtung
$T_3$	K	mittlere Temperatur auf dem Klappenblatt
$T_4$	K	maximale Temperatur auf dem Klappenblatt
$T_5$	K	Temperatur der austretenden Luft



## 1 Einleitung

Von dem politisch gesetzten Ziel der Energieeinsparung ist in starkem Masse auch der Wohnungsbau betroffen. Die in der Energieeinsparverordnung (EnEV) geforderte dichte Gebäudehülle bedeutet für Wohnungen eine kontrollierte Lüftung. Die natürliche Lüftung kann nicht mehr die Anforderungen an Hygiene und Komfort erfüllen. Aus bauphysikalischen Gründen ist zusätzlich ein Luftaustausch notwendig. Im Wohnungsbau lassen sich zwei Lüftungssystemen unterscheiden: Einerseits der aus anlagentechnischen Sicht relativ einfachen Lüftung von innenliegenden Bädern ohne Außenfenster und andererseits der kontrollierten Wohnraumlüftung.

Entlüftungsanlagen mit Ventilatoren zur Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Fenster in Wohnungen und ähnlichen Aufenthaltsräumen (wie z.B. Hotelzimmer) stellen ein sicheres und kostengünstiges Abluftsystem dar. Es hat sich über lange Jahre bewährt, jedoch ist es baurechtlich nicht für Räume mit Fenster, also Aufenthaltsräume, zulässig. Die Grundlagen basieren auf der Normung von 1970 [1]. Bei diesem Lüftungssystem muss jedoch aus brandschutztechnischen Gründen die Abluft direkt ins Freie ausgeblasen werden. Moderne energiesparende Anlagentechnik, wie z.B. die Wärmerückgewinnung darf nicht eingebaut werden. Im Brandfall muss Rauchgas ohne Strömungswiderstand über die Lüftungsleitung abströmen können. Im übertragenen Sinne funktioniert die Abluftführung gleich einem Kamin; der thermische Auftrieb transportiert im Brandfall entstehendes Rauchgas und Wärme ins Freie. Der Systemgedanke sieht vor, dass der Brandschutz mittels konstruktiv relativ einfachen Brandschutzklappen und einer Hauptleitung mit Anforderung an den Feuerwiderstand gewährleistet wird. Die für dieses System erforderliche Zuluft erfolgte in der Vergangenheit über die Undichtigkeit der Gebäudehülle. Seit dem Jahre 2009 sieht der aktuelle Stand der Technik die Zuluftführung über Außenluftdurchlässe in der Fassade vor.

Aufgrund des energieoptimierten Bauens und der Anforderung an eine Wärmerückgewinnung wird eine kontrollierte Wohnraumlüftung [2] unumgänglich. Diese zieht im Gegensatz zu den Entlüftungsanlagen jedoch einen kosten- und instandhaltungsintensiven Brandschutz nach sich. Der Brandschutz wird nur anlagentechnisch mittels konstruktiv aufwändiger Brandschutzklappen sichergestellt. Aus brandschutztechnischer Sicht werden an diese die gleichen Anforderungen gestellt wie zum Beispiel an einen Flughafen, in dem bedeutend höhere Luftmengen gefördert werden.

Ziel dieses Projektes ist es, ein Lüftungssystem für Wohnungen zu entwickeln, in dem der Systemgedanke im Vordergrund steht: Der Brandschutz soll aus baulichen und anlagentechnischen Komponenten bestehen. Die Ableitung und der Nachweis des Funktionierens erfolgt auf experimenteller Basis, also mittels Analyse von Brandversuchen. Zu sehr erweisen sich in letzter Zeit im Bereich des Brandschutzes theoretische und rechnerische Ansätze als fehlerhaft, da eine Nachweisführung „im Feuer“ fehlte.

In diesem Projekt werden die in vielen Brandprüfungen gewonnen Erfahrungen des Systems, Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – kurz und besser bekannt als „18017 Teil 3 System“ –, analysiert. Die gewonnen Erkenntnisse unter dem Aspekt des Brandschutzes werden auf das System der kontrollierten Wohnraumlüftung insbesondere im Hinblick auf Wärmerückgewinnung übertragen. In Zusammenarbeit mit dem Normenausschuss für Wohnraumlüftung [3] und der Industrie wurde ein Wohnungslüftungssystem entwickelt, welches die Vorteile beider Systeme miteinander verbindet. Die Entwicklung erfolgte stets unter dem Aspekt eines sicheren und einfachen Brandschutzes, welches der Beitrag des Autors war. Wichtig ist, dass dieses Lüftungssystem für den Neubau und für die Sanierung im Bestand eingesetzt werden kann. Die Ergebnisse wurden der gesetzgebenden Seite vorgestellt. Die Bauministerkonferenz mit den zuständigen Ländervertretern beschlossen Vorgaben für ein modernes Wohnungslüftungssystem als Ergänzung in die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen aufzunehmen.

In der Entwicklungsgeschichte der Wohnungslüftung änderten sich die Systeme und Prüfbedingungen. Anhand von Brandversuchen wurden die Wärme- und Massenströme dieser unterschiedlichen Systeme untersucht. Aus diesen Ergebnissen wurde ein Prüfvorschlag zur Gewährleistung des Brandschutzes für das neu entwickelte Wohnungslüftungssystem ausgearbeitet. Die Entwicklung erfolgte stets unter der unabdingbaren Prämisse, dass der Brandschutz der energieoptimierten Gesamtanlage sichergestellt ist.

## 1.1 Thema

Entsprechend der jeweiligen Landesbauordnung muss jede Nutzungseinheit in Gebäuden brandschutztechnisch abgeschottet werden.

In dem Lüftungssystem - Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - erfolgt diese Abschottung mit speziell in dem System geprüften Absperrvorrichtungen. Diese Absperrvorrichtungen erhalten die Klassifizierung für z.B. 90 Minuten mit dem Zusatz „18017-3“ entsprechend der zugehörigen Normung als K90-18017-3. Dieses geprüfte System setzt sich aus mehreren einzelnen Komponenten, wie

- Absperrvorrichtung,
- Lüftungsleitung und
- je nach System einem Schacht

zusammen. Mit entsprechenden Brandprüfungen wird nachgewiesen, dass über dieses Lüftungssystem kein Brand weitergeleitet wird. Es treten keine unzulässigen Temperaturerhöhungen in den angrenzenden Brandabschnitten auf und es wird kein Brandrauch in die angrenzenden Geschosse (Nutzungseinheiten) unter- und oberhalb übertragen. Mit diesen Absperrvorrichtungen, zusammen mit den Bauteilen der Lüftungsanlage und dem umgebenden Schacht, wird das allgemeine Schutzziel, die Verhinderung der Übertragung von Feuer und Rauch, erreicht. Bei diesem System dürfen die Absperrvorrichtungen nicht zur horizontalen Raumtrennung, also innerhalb der Geschossebene zwischen Nutzungseinheiten verwendet werden. Die dürfen nur in den vertikalen Lüftungssträngen zur geschossweisen Abschottung eingebaut werden. Der Anschluss von bis zu drei Räumen – jeweils ohne Außenfenster - innerhalb einer Nutzungseinheit ist zulässig. Jeder vertikale Lüftungsstrang muss einzeln über Dach geführt werden. Eine Zusammenfassung dieser vertikalen Lüftungsstränge durch einen Horizontalverzug und Anschluss an ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung ist nicht zulässig und aus brandschutztechnischer Sicht nicht möglich. Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3 setzen voraus, dass im Brandfall eine ständige Entlüftung der Räume durch ein freies Abströmen heißer Rauchgase am oberen Leitungsende stattfindet. Hierdurch ist gewährleistet, dass keine Rauch- und Brandübertragung in andere Geschosse stattfinden kann. Die Kaminwirkung bewirkt einen Unterdruck in der Abluftleitung. Bei Abluftanlagen mit Ventilator gewährleistet im Falle des Ausfalls des Ventilators der natürliche Auftrieb den notwendigen Unterdruck in der Anlage. Bei horizontaler Leitungsführung findet ab einer systemabhängigen Länge des Verzuges aufgrund von Druckverlusten kein natürlicher Auftrieb statt. Die Grundvoraussetzungen der freien Abströmung sind nicht mehr gegeben. Es besteht die Gefahr einer Brand- und Rauchausbreitung in andere Geschosse. Die zur Energierückgewinnung eingesetzten Wärmetauscher stellen ebenfalls einen Widerstand in der Lüftungsleitung dar und können ein freies Abströmen verhindern.

Dieses Projekt stellt einen Anforderungskatalog für ein nachhaltiges Lüftungssystem vor. Die energieoptimierten Komponenten der kontrollierten Wohnraumlüftung werden nach den Grundsätzen des Lüftungssystems für innenliegende Räume ermöglicht. Der Brandschutz ist in diesem System gewährleistet.

Seitens der Industrie besteht ein großes Interesse an der Ausarbeitung der Rahmenbedingungen für ein aus brandschutztechnischer Sicht optimiertes Wohnungslüftungssystem. Diese Arbeit stellt das Lüftungssystem mit einem Prüfvorschlag vor, mit dem die baurechtlichen geforderten Schutzziele des Brandschutzes nachgewiesen werden.

## 1.2 Stand der Technik

Ein aus energetischer Sicht maximal optimiertes Wohnungs-Lüftungssystem unter Einhaltung des baurechtlich geforderten Brandschutzes ist mit den am Markt erhältlichen Produkten nur unter einem hohen Kostenaufwand möglich. Im Wohnungsbau sind die hiermit verbundenen Instandhaltungsaufgaben nur sehr schwierig realisierbar, bzw. nicht umsetzbar.

Das Problem der Differenz zwischen der dem Bedarf angepassten gesetzlichen Grundlage in Form der Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie und einer nicht in allen Aspekten (Brandschutz) zusammengeführten Normung der unterschiedlichen Systeme führt zu diesem Defizit. Es sind die Rahmenbedingungen für dieses System auf Basis der Erfahrungen aus der Material- und Produktforschung und den zugehörigen Brandprüfungen zu entwickeln. Die aktuellen Regelungen für eine kontrollierte Wohnungslüftung sind aus energetischer Sicht den aktuellen europäischen Vorgaben angepasst. Ebenfalls erfolgte in diesem Zusammenhang eine Aktualisierung der Regelungen für das nur in Deutschland übliche Lüftungssystem mit Ventilatoren für innenliegende Bäder letztmalig im Jahre 2009. Die Zulassungsrichtlinien für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017 beruhen jedoch auf veralteten Vorgaben aus dem Jahre 1997. Hier fand eine Überarbeitung der Prüfbedingungen nicht statt.

Das kostengünstige Lüftungssystem als 18017 Teil 3 System ist nach dem heutigen Stand der Technik nicht mit modernen Energie-Rückgewinnungssystemen kombinierbar. Um ein Optimum an Energieeinsparung und den gesetzlichen geforderten Brandschutz zu erreichen ist ein Lüftungssystem mit Prüfbedingungen zu entwickeln, welches eine Kombination der Produkte zulässt.

Am Forschungslabor für Haustechnik wird ein durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) beauftragtes Forschungsvorhaben [4] bearbeitet. In diesem Forschungsvorhaben werden Prüfaufbau und Prüfkriterien in einem praxisorientierterem dreigeschossigen Versuchsaufbau gegenüber dem bislang üblichen zweigeschossigen Prüfaufbau festgelegt. Man hatte festgestellt, dass die Prüfbedingungen nur teilweise die Realität abbilden. Grund hierfür ist auch die ständige Weiterentwicklung der einzelnen Produkte. Dieses Forschungsvorhaben berücksichtigt jedoch nur einen praxisbezogenen Versuchsaufbau für die reinen Abluftanlagen innenliegender Räume ohne Außenfenster. Es geht nicht auf die zusätzlichen notwendigen Anforderungen der Energieoptimierung ein.

Eine energetisch optimale Energierückgewinnung unter Berücksichtigung des Brandschutzes unter Minimierung der Baukosten ist nach heutigem Stand der Technik nicht möglich. Eine Kombination der unterschiedlichen Absperrvorrichtungen, wie die kostengünstigen Brandschutzklappen nach DIN 18017 und den aufwendigen europäisch zertifizierten Brandschutzklappen innerhalb eines Lüftungssystems ist baurechtlich nicht zulässig. Aus energetischer Sicht ist am Markt eine Vielzahl von innovativen Produkten erhältlich, aus brandschutztechnischer Sicht wurde deren Anwendbarkeit in einem praxisnahen und kostengünstigen Lüftungssystem jedoch nicht berücksichtigt. Der Stand und auch die Entwicklung der Normung und der gesetzlichen Regelungen zeigt dieses Defizit.

Innovative Technik kann nicht die brandschutztechnischen Anforderungen außer Acht lassen. Energieoptimierung und Sicherstellung der brandschutztechnischen Ziele müssen in einem wirtschaftlichen Rahmen kombiniert werden. Das politisch angestrebte Ziel der Energieeinsparung muss mit annehmbaren Baukosten erreicht werden.

### **1.3 Planungssicherheit**

Mit dem erarbeiteten Wohnungslüftungssystem und den Vorgaben zur Sicherstellung des Brandschutzes soll die bestehende Planungsunsicherheit beseitigt werden. Eine energetische Sanierung und Optimierung der Gebäude soll vereinfacht werden. Die Gebäude werden im Hinblick auf den Brandschutz sicherer. Planungsfehler werden reduziert.

Die beschriebenen Differenzen zwischen Normung, Gesetzgebung und Prüfvorschriften führten zu vielen nicht fachgerecht geplanten Lüftungsanlagen. Am Forschungslabor für Haustechnik und Bauklimatik des Lehrstuhls von Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle erfolgten diverse Anfragen bezüglich der Möglichkeit der Kombination beider Lüftungssysteme im Wohnungsbau. Die anfragenden Planer wollten Absperrvorrichtungen K90-18017 in den Lüftungsanlagen der kontrollierten Wohnraumlüftung einsetzen. Die Untersuchung der vorgelegten Planungsansätze ergab jedoch, dass nach dem heutigen Stand der Technik diese Kombination nicht möglich ist. Die Verwendbarkeitsnachweise der Bauprodukte und -arten im Zusammenhang mit dem Brandschutz erlauben dies nicht.



Diese Untersuchungen zeigten, dass die Planer mit der gestellten Aufgabe überfordert waren. Energetische Anforderungen waren erfüllt, jedoch die Anforderungen der Landesbauordnungen, die Abwendung von Gefahr für Leben und Gesundheit, im Hinblick auf den Brandschutz waren bei den vorgelegten Planungen nicht berücksichtigt und auch nicht gewährleistet.

Auch in der Literatur zu Lüftungsanlagen ist dieses Defizit festzustellen. Der aktuelle Kommentar zu der Muster-Lüftungsanlagen Richtlinie [5] mit Anwendungsempfehlungen und Praxisbeispielen zeigt eine Kombination beider Lüftungssysteme und betont deren Notwendigkeit. Die in dem Kommentar dargestellte Ausführung ist jedoch baurechtlich nicht zulässig, da sie von den Verwendbarkeitsnachweisen abweicht. Viel schlimmer hierbei ist jedoch, dass diese Kombination nicht den geforderten Brandschutz gewährleistet; im Brandfall besteht die Gefahr einer Brandweiterleitung. Diese Ausführungen bestätigen die derzeit am Markt – auch unter Sachverständigen – bestehende Unsicherheit bezüglich der Ausführungsmöglichkeiten.

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) konkretisierte die letztendlich existierenden Rahmenbedingungen für Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3 mit einem Schreiben vom Januar 2012 [6], um den Planern und Ausführenden Sicherheit zu geben. Aber selbst das DIBt liefert eine Begründung, die zwar auf einer weit verbreiteten Ansicht, aber sachlich nicht nachvollziehbaren Aussage beruht; Zitat:

*„Auf Grund der geringen Brandlast in diesen sanitären Räumen wurden auch die brandschutztechnischen Anforderungen an diese Absperrvorrichtungen reduziert.“ [6]*

Der sanitäre Raum ist Bestandteil der Wohnung, also der Nutzungseinheit und somit des gleichen Brandabschnittes; eine brandschutztechnische Abtrennung gegenüber den restlichen Räumen existiert nicht und ist baurechtlich nicht gefordert. Insofern kann nicht von einer geringeren Brandlast in sanitären Räumen ausgegangen werden. Fakt ist, dass die Brandprüfung für die Zulassung der Absperrvorrichtungen K90-18017 nach Einheitstemperaturkurve (ETK) durchgeführt wird. Die ETK simuliert einen realen Vollbrand. Mit gleicher Brandbeanspruchung nach ETK werden ebenfalls Absperrvorrichtungen nach europäischer oder nationaler Norm mit der Klassifizierung K90 geprüft; somit werden die Absperrvorrichtungen nicht einer geringeren Brandlast unterzogen, wie seitens des DIBt behauptet.

#### 1.4 Wirtschaftlichkeit

Aufgabe eines Planers ist eine kostengünstige Ausführung unter Einhaltung der technischen Regeln zu erarbeiten. Der Reiz von Lüftungssystemen für Räume ohne Außenfenster mit den spezifischen Absperrvorrichtungen K90-18017-3 im Vergleich zu Lüftungsanlagen mit konventionellen Absperrvorrichtungen K90 liegt einerseits in einer kostengünstigen und andererseits in der *vermeintlich* instandhaltungsfreien Absperrvorrichtung.

Besonderes Augenmerk ist auf die Instandhaltung zu richten, die nur *vermeintlich* entfällt.

Bezüglich der Instandhaltung sind folgende Vorgaben<sup>1</sup> zu berücksichtigen:

- Instandhaltung entsprechend des Verwend- und Anwendbarkeitsnachweises,
- Instandhaltung entsprechend der Herstellerangaben,
- Instandhaltung entsprechend normativer Regelungen;

Die unterschiedlichen Auflagen und Anforderungen werden beispielhaft anhand folgender Produkte gleicher Baugröße untersucht:

- Absperrvorrichtung K90 der Firma Trox [7], Abmessung DN200 (siehe Abbildung 1);
- Absperrvorrichtung K90-18017 der Firma GEBA [8], Abmessung DN200 (siehe Abbildung 2);

<sup>1</sup> Auf die Anforderungen aus der Sicherheitsanlagen-Prüfverordnung wird hier nicht eingegangen, da diese landesrechtlich unterschiedlich geregelt sind und zum Beispiel für Bayern diese Verordnung bei Wohngebäuden nicht anzuwenden ist.

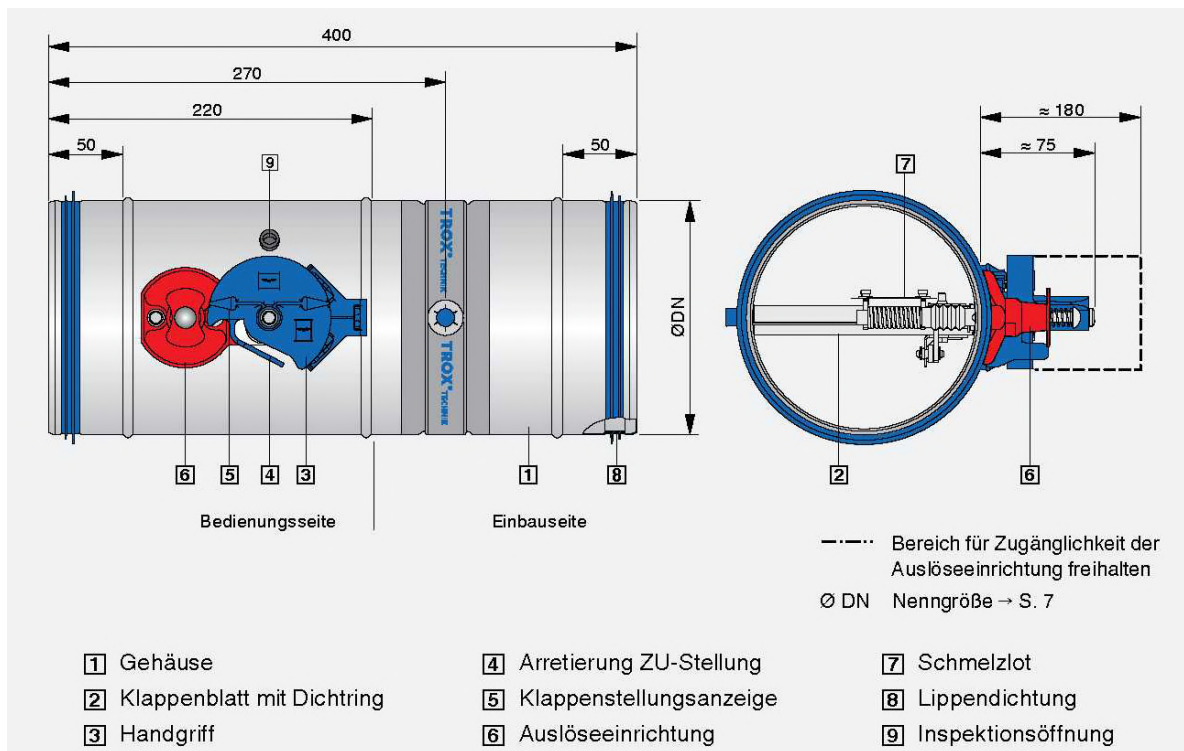


Abbildung 1: Absperrvorrichtung K90 der Firma Trox [9]

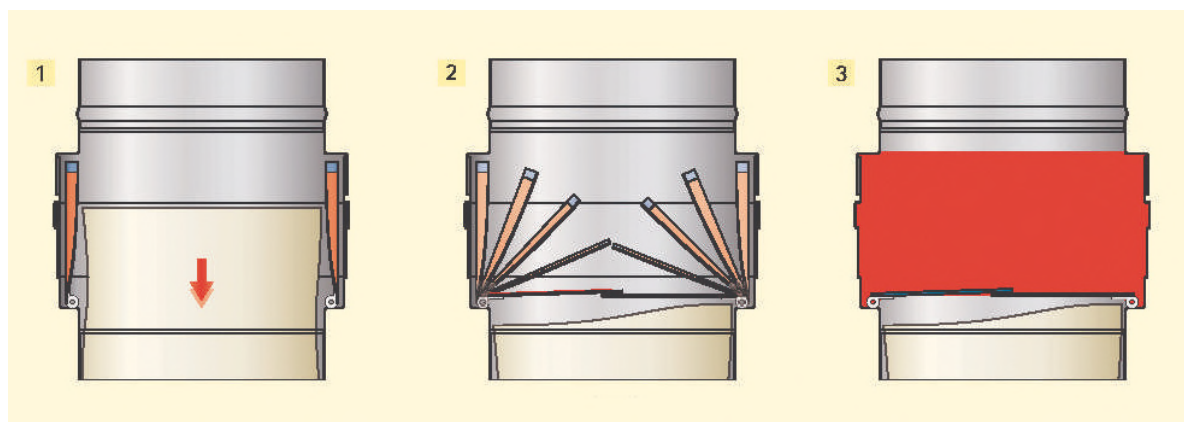


Abbildung 2: Absperrvorrichtung K90-18017-3 der Firma Geba [10]

Ein Vergleich der unterschiedlichen Instandhaltungsaufgaben ist in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Der wesentliche konstruktive Unterschied im Vergleich der in Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellten Absperrvorrichtungen besteht darin, dass bei der Brandschutzklappe der Fa. Trox –

repräsentativ für europäisch zertifizierte Brandschutzklappen - das Klappenblatt beliebig oft geöffnet und geschlossen werden kann. Hierfür ist ein Hebelgestänge angebracht, das von außen (Bedienungsseite) mittels Handhebel betätigt wird. Anhand dieses Handhebels lässt sich zusätzlich der Zustand (ob „offen“ oder „geschlossen“) von außen erkennen. Die Betätigung des Klappenblattes ist normativ gefordert. Bei der Brandschutzklappe der Fa. GEBA – repräsentativ für Absperrvorrichtungen nach DIN 18017-3 – lässt sich das Klappenblatt nicht beliebig oft – insbesondere von außen – öffnen und schließen. Hier ist das Klappenblatt (untergebracht in der Seitenwandung aus mehreren Teilen) durch ein Kunststoffrohr, welches als Auslöseeinrichtung dient, offen gehalten. Im Brandfall schmilzt das Kunststoffrohr und das Klappenblatt verschließt die Öffnung. Intumeszierende Materialien stellen

einen dauerhaften Verschluss über die geforderte Branddauer sicher. Ein mehrmaliges Schließen und Öffnen sowie die Überprüfung des Zustandes von außen sind bei dieser Art von Absperrvorrichtungen nicht gefordert und vorgesehen. Aus diesem Grunde sieht der bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweis bei Absperrvorrichtungen dieser Art in den meisten Fällen keine wiederkehrende Prüfung vor. Es erfolgt lediglich ein Verweis, dass der Hersteller in der Betriebsanleitung notwendige Angaben zur Inbetriebnahme, Inspektion und Reinigung darzustellen hat.

Der bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweis für konventionelle Absperrvorrichtungen (K90) fordert eine Überprüfung der Funktion in mindestens halbjährlichem Abstand; ergeben zwei aufeinanderfolgende Prüfungen keine Funktionsmängel, so ist die Absperrvorrichtung nur in jährlichem Abstand zu überprüfen. Zusätzlich erfolgt der Verweis unter dem Punkt, Berücksichtigung der Grundmaßnahmen zur Instandhaltung, auf die normativen Regelungen zur Instandhaltung<sup>2</sup>.

Generell legen die Instandhaltungsregelungen keine Zeitintervalle für die Instandhaltung fest; beide Normen regeln lediglich Abläufe und Begriffe; sie legen einen allgemeinen Rahmen fest ohne auf das Produkt einzugehen.

Bei Absperrvorrichtungen (K90-18017) muss entsprechend Verwendbarkeitsnachweis der Hersteller Vorgaben treffen. Am Beispiel der Absperrvorrichtung Topshot TS18 der Firma Wildeboer verweist der Hersteller in der Betriebsanleitung [11] auf die hygienisch und betrieblich bedingten Maßnahmen (Reinigungen) der Lüftungs- bzw. Klimaanlage. Die Absperrvorrichtungen sind in diese zu integrieren. Zu der Absperrvorrichtung selbst erklärt der Hersteller, dass diese betriebsfertig ausgeliefert wird, eine Überprüfung der Funktion entfällt und dass das Produkt wartungsfrei ist. Ergibt eine Überprüfung, dass die Absperrvorrichtung nicht betriebsfähig ist, so ist sie durch eine neue zu ersetzen, da eine Instandsetzung nicht möglich ist. Aus den unterschiedlichen Angaben kann kein fixes Zeitintervall für die Instandhaltung der Absperrvorrichtungen K90-18017 ausgemacht werden. Die Festlegung der Instandhaltung liegt letztendlich in der Verantwortung des Betreibers. Entsprechend Baurecht muss er für eine betriebs- und brandsichere Lüftungsanlage<sup>3</sup> sorgen. Da für den Wohnungsbau ein Zeitintervall der Instandhaltung fehlt, gehen die Betreiber von einer *vermeintlich* instandhaltungsfreien Absperrvorrichtung aus. Die Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der für die Instandhaltung zugrunde zulegenden Vorgaben.

Zusätzlich zu den Unterhaltskosten sind die Herstellungskosten zu berücksichtigen. Die Tabelle 2 stellt die Gesamtkosten zusammen. Bei diesem Vergleich wird auf die Reinigung und Instandhaltung nicht eingegangen, da diese Anforderungen an beide Absperrvorrichtungen und Anlagentypen bestehen. Ebenfalls werden die Einbaukosten nicht berücksichtigt, da der Aufwand für die Vermörtelung in der Decke für beide Absperrvorrichtungen gleich ist. Es werden somit lediglich die Unterschiede herausgearbeitet. Betrachtet wird eine durchschnittliche Lebensdauer der Anlage von 30 Jahren für eine Absperrvorrichtung.

---

<sup>2</sup> diese sind DIN EN 13306 (Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung) in Verbindung mit DIN 31051 (Grundlagen der Instandhaltung)

<sup>3</sup> vgl. z.B. BayBO Art. 39 Abs. 1 [60]

Tabelle 1: Vergleich der Anforderungen bezüglich Instandhaltung

Vorgaben der Instandhaltung aus	Absperrvorrichtung Fa. Trox (entsprechend Abbildung 1)	Absperrvorrichtung Fa. GEBA (entsprechend Abbildung 2)
Allgemein bauaufsichtliche Zulassung	½-jährliche Funktionsprüfung 2 x positiv, dann nur noch jährlich	keine Maßnahme
	DIN EN 13306 (Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung) DIN 31051 (Grundlagen der Instandhaltung)	keine Maßnahme
Vorgaben des Herstellers		
Inbetriebnahme	Inspektion erforderlich	keine Maßnahme
Wartung	wartungsfrei	wartungsfrei
Inspektion	½-jährlich/Jährlich entsprechend Zulassung	keine Maßnahme
Instandsetzung	nur durch Fachpersonal	nicht möglich – Austausch (Beispiel Wildeboer)

Tabelle 2: Vergleich Kosten<sup>4</sup> für DN 200 – Investition und Instandhaltung

	Absperrvorrichtung K90 (entsprechend Abbildung 1)	Absperrvorrichtung K90-18017 (entsprechend Abbildung 2)
<b>Herstellungskosten</b>		
Anschaffung	303,00 €	160,00 €
Revisionsöffnung (Leitung und Schachtwand)	150,00 €	entfällt
<b>Summe Herstellungskosten</b>	<b>453,00 €</b>	<b>160,00 €</b>
<b>Unterhaltskosten</b>		
Wiederkehrende Prüfung	1.Jahr: 2 x 25,00 € = 50,00 € 2.-30. Jahr: je 25,00 €	entfällt
<b>Gesamtkosten 30 Jahre</b>	<b>1.228,00 €</b>	<b>160,00 €</b>

<sup>4</sup> Preise Stand 012/2013

Der Vergleich zeigt, dass für die Verwendung einer Absperrvorrichtung K90 gegenüber einer Absperrvorrichtung K90-18017 ein Mehrkostenfaktor von ca. 2,8 anzusetzen ist. Über den gesamten Lebenszyklus betrachtet – in der Annahme der entfallenden Instandhaltung – ergibt sich ein Mehrkostenfaktor von ca. 7,7.

In diesem Vergleich ist nicht der organisatorische Aufwand berücksichtigt, der erforderlich ist, um den Zutritt in eine Wohnung zu erlangen, um die Absperrvorrichtungen überprüfen zu können. Dies stellt ein generelles Problem dar, da sehr häufig von Mietern der Zutritt zu der Wohnung nicht gewährt wird. Die Abstimmung und Anfrage bei den Nutzern der Wohnung beinhaltet einen hohen Zeitaufwand, der in den Kosten nicht berücksichtigt ist. So kann sich die Überprüfung von Brandschutzklappen im Wohnungsbau über mehrere Wochen hinziehen. Aus diesem Grund wurde ein Kostenansatz für die Prüfung einer Absperrvorrichtung in einem öffentlichen Gebäude zugrunde gelegt.

## 1.5 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit ist, ein unter dem Aspekt „Brandschutz“ effizientes und kostengünstiges energieoptimiertes Wohnungslüftungssystem zu entwickeln. Unterschiedliche in der Bundesrepublik Deutschland gültige Regelwerke (normativ sowie gesetzlich) lassen nur ein technisch aufwendiges und kostenintensives Wohnungslüftungssystem zu.

Grundgedanke war, das bestehende Lüftungssystem für fensterlose Räume auf die gesamte Wohnung als kontrolliertes Wohnungslüftungssystem zu erweitern. Die bestimmenden Grundvoraussetzungen dieses über Jahre angewandte System, wie

- geringe Luftmengen,
- Anschluss von nur einer Nutzungseinheit je Geschossebene,
- vertikale Hauptleitung,
- freie Abströmung über Dach und
- systemzugehörige Absperrvorrichtungen.

soll mit Ausnahme der freien Abströmung auf das neu entwickelte System übertragen werden. Die nicht mehr zeitgerechte und energieverwuchernde freie Abströmung über Dach ist zu eliminieren. Die einzelnen Lüftungsstränge können über eine Sammelleitung zusammengefasst werden, damit eine zentrale Wärmerückgewinnung möglich ist. Unter diesen Voraussetzungen wurde das nachhaltige Wohnungslüftungssystem entwickelt.

Die Arbeit berücksichtigt die Entwicklung des Abluftsystems für innenliegende Räume ohne Außenfenster. Dieses System ist insofern interessant, da teure anlagentechnische Komponenten durch kostengünstigere bauliche Maßnahmen kompensiert werden. Im Laufe der Zeit änderten sich die technischen Rahmenbedingungen in unterschiedlich Art und Weise. Von Beginn an sind für die Zulassung dieses Systems Brandprüfungen durchzuführen. Der Versuchsaufbau hierfür änderte sich ebenfalls in der Entwicklungsgeschichte mehrmals. Die freie Abströmung war jedoch stets ein Bestandteil des Prüfaufbaus. In der Anfangszeit war die Abströmung unterbrochen und wurde über einen nur kurzen Zeitraum geöffnet. In späteren Versuchen war die Abströmung offen und musste nur kurzzeitig unterbrochen werden. Es wurde also eine komplett umgekehrte Versuchsdurchführung vorgegeben. Zuletzt änderte sich die Versuchsdurchführung von einem zweigeschossigen in einen dreigeschossigen Versuchsaufbau. Aufgrund der Tätigkeit an der Prüfstelle an der Technischen Universität München liegt dem Autor eine Vielzahl von Ergebnissen der Branduntersuchungen seit Beginn der Entwicklung dieses Systems vor ca. 40 Jahren vor.

In dieser Arbeit gilt es folgende Fragestellungen zu klären:

*Was passiert denn im Brandfall innerhalb des Systems? Welche Wärme- und Massenströme spielen eine Rolle für das Versagen? Welche Auswirkungen haben sie auf die einzelnen Komponenten? Wie sind diese Erkenntnisse in einem Wohnungslüftungssystem umzusetzen?*

Für das Lüftungssystem für innenliegende Räume – obwohl als System relativ einfach – gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher baulicher Ausführungen. Beispielhaft sind die Systeme mit zentralem oder später neu hinzugekommen mit dezentralen Lüftungsgeräten zu nennen. Ebenfalls ist zu unterscheiden zwischen dem System mit Absperrvorrichtungen in der Schachtwand und Absperrvorrichtungen in der Geschossdecke. All diese Ausführungen haben im Brandfall unterschiedliche Auswirkungen auf das Gesamtsystem.

In dieser Arbeit werden die Daten der unterschiedlichen Brandversuche in Bezug auf die Wärme- und Massenströme neu evaluiert. Die Ergebnisse werden miteinander verglichen. Bei zusätzlich durchgeführten Brandversuchen wurden von den technischen Regelwerken abweichende unterschiedliche Ausführungsvarianten untersucht. Zur besseren Datenanalyse wurden neben der Temperaturerhöhung zusätzliche Messungen wie Sauerstoffkonzentration und Druck im Lüftungssystem durchgeführt. Anhand dieser Daten wurden Informationen über die im Brandfall

ablaufenden Prozesse gewonnen. Die Untersuchungen dienten als Grundlage für die Ausarbeitung des nachhaltigen Wohnungslüftungssystems mit Prüfvorschlag.

In einem eigenen Abschnitt wird die Entwicklung des Lüftungssystems für innenliegende Räume aufgezeigt. Literaturrecherche sowie zahlreiche Gespräche mit Herstellern sowie Normenmitgliedern ergaben, dass die Historie nicht mehr schlüssig nachzuvollziehen ist. In der Literatur finden sich nur sehr spärliche Informationen. Bei den an der Entwicklung beteiligten Personen – wie Prüfstellen, Zulassungsbehörden und Hersteller – fand ein Generationenwechsel statt, so dass hier ebenfalls nur Teilinformationen zu erhalten waren. Auf diese Weise ließ sich die Entwicklung – gerade unter dem Aspekt des Brandschutzes – nicht nachvollziehbar darstellen. Insofern galt es, die komplette normative Entwicklung – jeweils im Zusammenhang mit den durchgeführten Brandprüfungen - zu untersuchen und zu analysieren. Diese Entwicklung wird mit den für die Anwendung jeweiligen zuständigen Gesetzen und unterschiedlichen Versuchsaufbauten im historischen Zusammenhang abgeglichen. Hieraus konnten wertvolle Rückschlüsse gewonnen werden. Dieses Kapitel mag „normen- und gesetzeslastig“ erscheinen. Nur so war es jedoch möglich, die Entwicklung verständlich zu machen. Rückblickend ist anzumerken, dass leider in vielen normativen sowie gesetzlichen Änderungen keine nachvollziehbare Logik zu erkennen ist.

Das letzte Kapitel zeigt den entwickelten Prüfvorschlag für das nachhaltige Wohnungslüftungssystem. Dieser ist ein praxisgerechter Nachweis für den Feuerwiderstand. Grundlage dieses Prüfvorschlags liefern die gewonnen Erkenntnisse aus den Voruntersuchungen. Hier muss angemerkt werden, dass die Prüfungen der Vergangenheit an der Praxis vorbei gingen. Sie spiegelten nicht das System wieder. Bei den Brandprüfungen ist der im Brandraum befindliche Leitungsabschnitt als Wärmetauscher zu sehen. Ein Wärmeaustausch ist jedoch nur möglich, solange die Leitung durchströmt wird. Bei einem zweigeschossigen Versuchsaufbau ist die aus dem Untergeschoss für einen Wärmeaustausch notwendige nachströmende Luft nicht berücksichtigt. Ein dreigeschossiger Versuchsaufbau ist unumgänglich.

Die derzeit gültigen Branduntersuchungen für Lüftungssysteme für fensterlose Räume unterscheiden nicht zwischen der Ausführung der Absperrvorrichtung in der Decke und der Absperrvorrichtung in der Schachtwand. Im Brandfall sind dies jedoch zwei komplett unterschiedliche Systeme. Insofern wird auch diese Differenzierung in dem Prüfvorschlag berücksichtigt.

Letztendlich wird bei dem neuen Wohnungslüftungssystem mit Prüfvorschlag auf die Einfachheit der Ausführung eingegangen. Im Laufe der Zeit führten Änderungen in den Regelwerken zu derart komplexen Festlegungen, dass Mängel in der Bauausführung vorprogrammiert sind. Für alle am Bauprozess Beteiligten ist die Komplexität nicht mehr überschaubar. Für das Wohnungslüftungssystem wird die Vorgabe gemacht, dieses baulich von den anderen technischen Installationen zu trennen, damit keine umständlichen Abstandsregelungen zu berücksichtigen sind.

Die Industrie ist nun aufgefordert, für das neue Wohnungslüftungssystem Absperrvorrichtungen zu entwickeln, die die gestellten Anforderungen erfüllen!

### **1.5.1 Inhaltliche Zusammenfassung**

In der Einleitung wird die bestehende Problematik aufgezeigt und erläutert.

Im zweiten Kapitel werden die normativen und gesetzlichen Regelwerke für Wohnungslüftung, insbesondere für fensterlose Räume, dargestellt. Hierin wird die Entwicklung der bestehenden Lüftungsanlagen aufgezeigt. Diese Entwicklungsgeschichte umfasst Lüftungssysteme mit und ohne Ventilatoren. Zusätzlich wird kurz auf das nach heutigen Regeln gültige Wohnungslüftungssystem eingegangen. Die zugehörigen Darstellungen mit textlichen Erläuterungen sind in den Anhang ausgegliedert.

Im dritten Kapitel erfolgt die Auswertung der evaluierten Brandversuche im direkten Vergleich untereinander. Die durchgeführten Sonderuntersuchungen, um die Masse- und Wärmeströme im Brandfall zu analysieren, werden aufgezeigt. Anhand der durchgeführten Vergleiche der Versuchsdurchführungen und Versuchsaufbauten werden die im Brandfall relevanten Eigenheiten herausgearbeitet. Die unterschiedlichen Untersuchungen werden kurz erläutert. Die zugehörige ausführliche Darstellung der Versuche einschließlich Auswertung dieses Kapitels befindet sich im Anhang (Kapitel 7.2 bis einschließlich 7.7).

Diese Analyse in Zusammenhang mit der normativen Entwicklungsgeschichte aus Kapitel 2 bildet die Grundlage für die Entwicklung des neu erarbeiteten nachhaltigen Wohnungslüftungssystems unter dem Gesichtspunkt des Brandschutzes.

Das vierte Kapitel stellt das zusammen mit den Herstellern von Lüftungstechnischen Anlagen entwickelte Wohnungslüftungssystem vor. Die Entwicklung basiert auf dem Grundgedanken des Lüftungssystems für innenliegende fensterlose Räume. Die gewonnenen Erkenntnisse des Verfassers aus den durchgeführten Untersuchungen fließen maßgebend in das System ein. Es werden ganzheitlich die unterschiedlichen Lüftungssysteme zeichnerisch aufgezeigt. Die systemrelevanten Parameter werden textlich erklärt.

Im letzten Kapitel wird der erarbeitete Prüfvorschlag vorgestellt. Dieser Prüfvorschlag dient als Nachweis, dass das erarbeitete Wohnungslüftungssystem mit den zugehörigen Komponenten die gesetzlichen Anforderungen an den Brandschutz erfüllt. Insgesamt sind mehrere Prüfaufbauten enthalten, die die jeweiligen Eigenheiten des neuen Wohnungslüftungssystems berücksichtigen. Hier galt es insbesondere auf den Unterschied zwischen Absperrvorrichtung in der Schachtwand und Absperrvorrichtung in der Geschossdecke einzugehen.



## 2 Grundlagen der Lüftung

### 2.1 Entwicklung der Lüftung von Bädern ohne Außenfenster

#### 2.1.1 Allgemein

Im Nachkriegsdeutschland wuchs der Bedarf an Wohnungen stetig. Um in der Wiederaufbauzeit die zur Verfügung stehende Grundfläche optimaler zu nutzen, wurden die Gebäude breiter geplant. In den größer werdenden Mehrfamilienhäusern entstanden neue Wohnungsgrundrisse mit eigenen Bädern, was vor dem 2. Weltkrieg kein Standard war. Um der Problematik der natürlichen Belichtung von Aufenthaltsräumen gerecht zu werden, wurden die Nichtaufenthaltsbereiche in die Gebäudemitte verlegt. Dies waren insbesondere die Bäder und Spülaborte, für die somit keine Außenfläche für Fenster zur Verfügung stand, die heute zur Normalität gewordenen innenliegenden Bäder und Toilettenräume ohne Außenfenster. Die Entwicklung der Grundrissituation ist in der nachfolgenden Abbildung 3 gegenübergestellt.

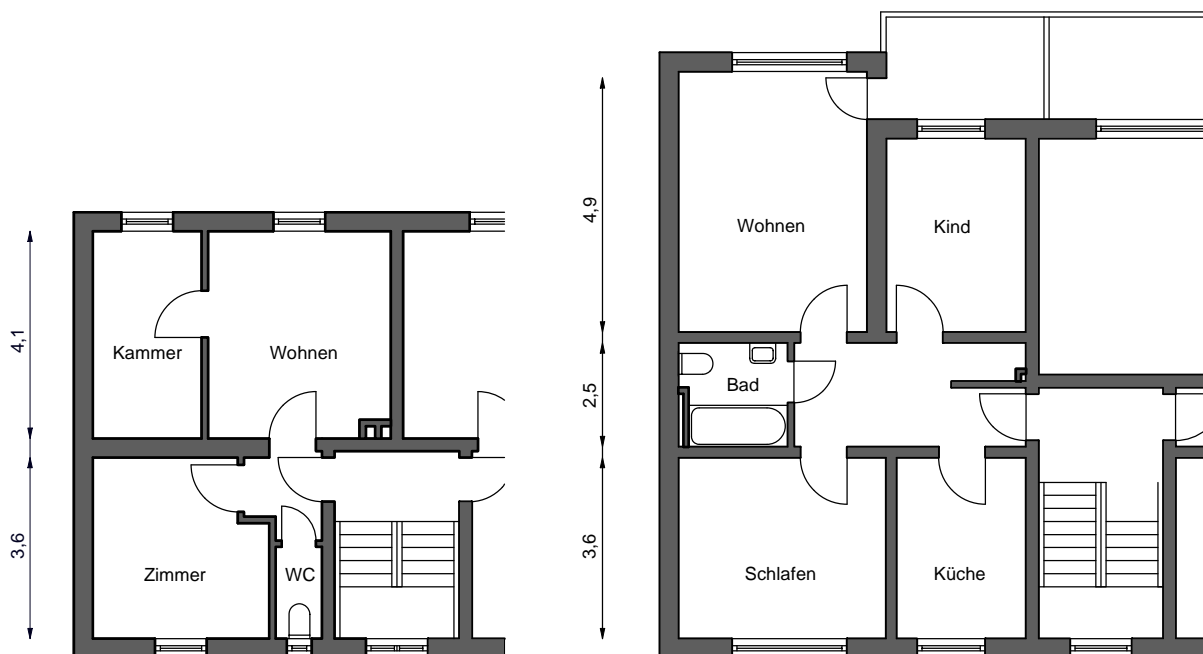


Abbildung 3: Grundrissentwicklung; Wohnungsgrundriss ca. 1930 (links) und moderner Wohnungsgrundriss mit innenliegendem Bad [12]

Der Grundriss um 1930 enthält noch gar kein Bad, sondern lediglich ein WC. Für alle Räume ist die Lüftung über die Fenster sichergestellt. In dem modernen Grundriss reicht für das Bad die Fensterlüftung über die benachbarten Räume nicht aus; eine eigene Lüftungsanlage für das Bad ist notwendig. Für diese innenliegenden Räume galt es neben der Belichtung eben auch hygienische Anforderungen an die Raumluft einzuhalten. Um eine einheitliche Grundlage und ein Funktionieren der Lüftung zu gewährleisten, wurde um 1960 die Normenreihe DIN 18017 – Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster - entwickelt. Zunächst befasste sich die Normenreihe lediglich mit Einzel- oder Sammelschachtanlagen mit Schwerkraftlüftung ohne Motorkraft, also ohne Ventilatoren. Da diesen innenliegenden Räumen jedoch die Luft kontrollierter zugeführt werden sollte, um Zugscheinungen in den Griff zu bekommen und die hygienischen Anforderungen zu verbessern, wurde 1970 der Teil 3 der Normenreihe - Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster mit Ventilatoren – eingeführt.

Von Beginn der Entwicklung der Normenreihe wurde festgelegt, den Brandschutz für die Abluftsysteme nicht in der Norm zu regeln, sondern in den bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweisen, welche durch das Institut für Bautechnik herausgegeben wurden. In Entwurfsfassungen der Normenreihe vor der Erstfassung aus dem Jahre 1970 wurde für die Ventilatoren die 1/5-Regelung diskutiert<sup>5</sup>, die in der Normung jedoch nicht widergegeben wurde. Diese 1/5 Regelung besagt, dass der Strömungswiderstand über dem obersten Abluftventil mindestens 1/5 des Strömungswiderstands in der Hauptleitung betragen darf; dieses Maß muss ebenfalls bei stehendem Ventilator gewährleistet sein. Mit dieser Festlegung wurde die Thematik der Rauch- und Wärmeableitung im Brandfall als ausreichend erachtet. Eine ausreichende natürliche Abströmung galt gewährleistet und aufgrund des Unterdrucks in der Hauptleitung konnte kein Brandrauch in andere Brandabschnitte eindringen. Die Abluftschächte waren in der Funktion sowie im Aufbau vergleichbar mit Kaminen. Durch den natürlichen Auftrieb fand ein Luftaustausch statt. Aufgrund der damaligen undichten Bauweise der Gebäudehülle konnte Frischluft über die Undichtigkeiten in den Fenstern nachströmen. Diese Art des Luftaustausches über die undichte Fassade war bis zur Einführung der derzeit gültigen Normenfassung [13] im Juli 2009 Stand der Technik. Aufgrund der stetig wachsenden Anforderungen des Wärmeschutzes war dies natürlich nicht zeitgemäß!

Seit Einführung der 1. Wärmeschutzverordnung im Jahre 1977 ([14]; S.1873/75) wurde die Dichtigkeit der Gebäudehülle stetig verbessert und der Luftaustausch war nicht mehr ohne Weiteres gewährleistet. Dieses Problem wurde schnell erkannt und Untersuchungen zur Verbesserung wurden angestellt [15]. In der Normung der Lüftung der innenliegenden Bäder wurde diese Erkenntnis jedoch erst 2009 berücksichtigt.

In den nachfolgenden zeichnerischen Darstellungen werden die unterschiedlichen Luftarten entsprechend der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Kennzeichnung der Luftarten für die nachfolgenden Abschnitte

Außenluft	
Zuluft	
Abluft	
Fortluft	

---

<sup>5</sup> Auskunft aus mündlichen Gesprächen mit A. Höß, einem ehemaligen Mitglied und später Obmann des Normenausschusses



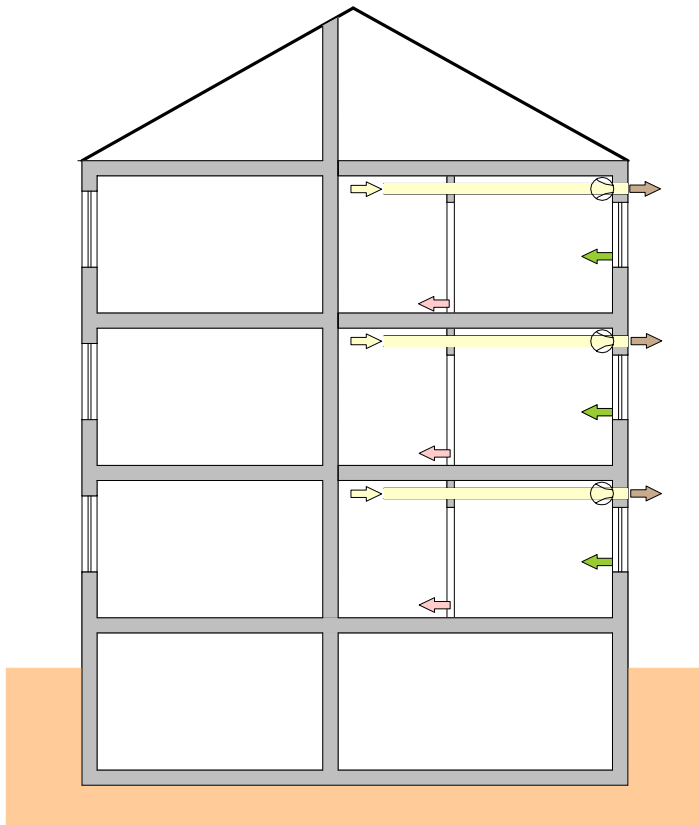


Abbildung 5: Bild 2. Einzelentlüftungsanlagen mit seitlicher Abführung der Abluft; [1]

Aus brandschutztechnischer Sicht sind die Einzelentlüftungsanlagen als unkritisch zu bewerten, da ein einzelner Schacht je Nutzungseinheit nicht die Gefahr der Rauchübertragung in andere Nutzungseinheiten birgt. Lediglich die Gefahr der Temperaturüberschreitung an der Schachtwand in den angrenzenden Brandabschnitten bei der Führung über Dach ist zu berücksichtigen.

### Zentralentlüftungsanlagen (1970)

Zentralentlüftungsanlagen besitzen zur Ableitung der Abluft entweder eine gemeinsame Hauptleitung für mehrere Nutzungseinheiten oder für jede Nutzungseinheit eine getrennte Hauptleitung. In die gemeinsame Hauptleitung kann die Abluft unmittelbar oder über Nebenleitungen eingeleitet werden.

Diesbezüglich unterscheidet die Norm drei Ausführungsvarianten entsprechend der Abbildung 6, Abbildung 7 und Abbildung 8.

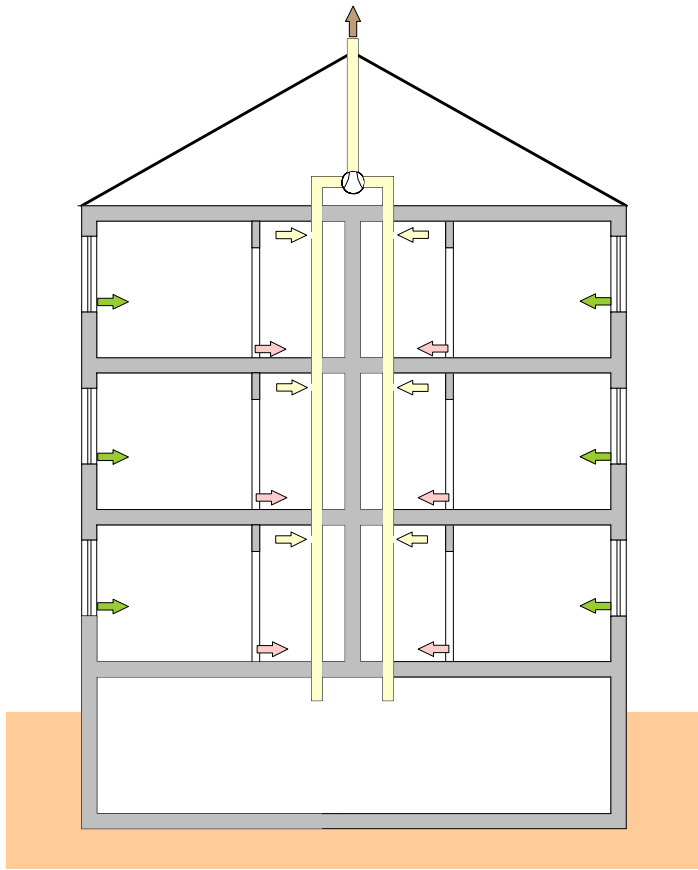


Abbildung 6: Bild 3. Zentralentlüftungsanlagen mit mehreren Hauptleitungen ohne Nebenleitungen; [1]

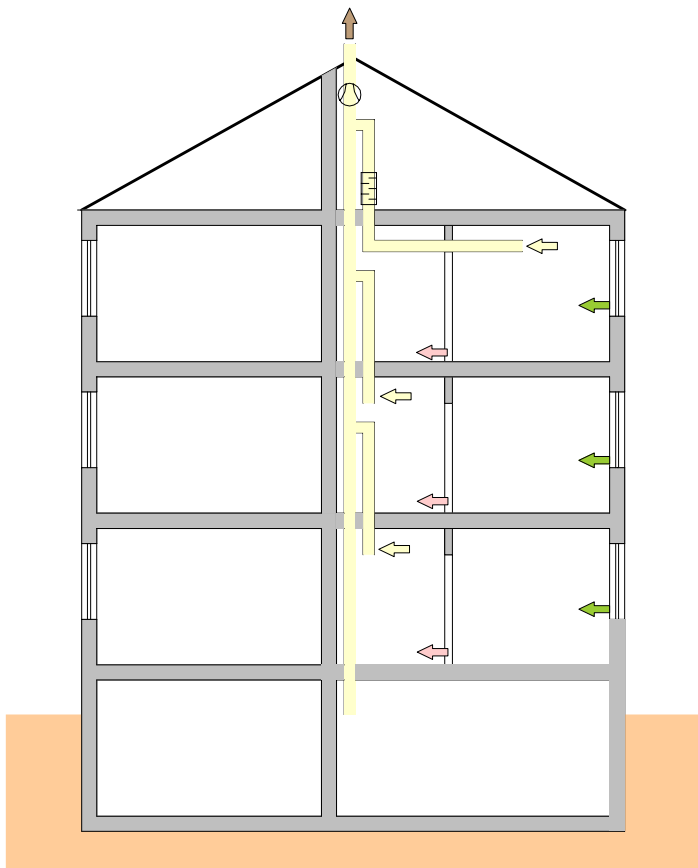


Abbildung 7: Bild 4. Zentralentlüftungsanlagen mit einer Hauptleitung und Nebenleitungen; [1]

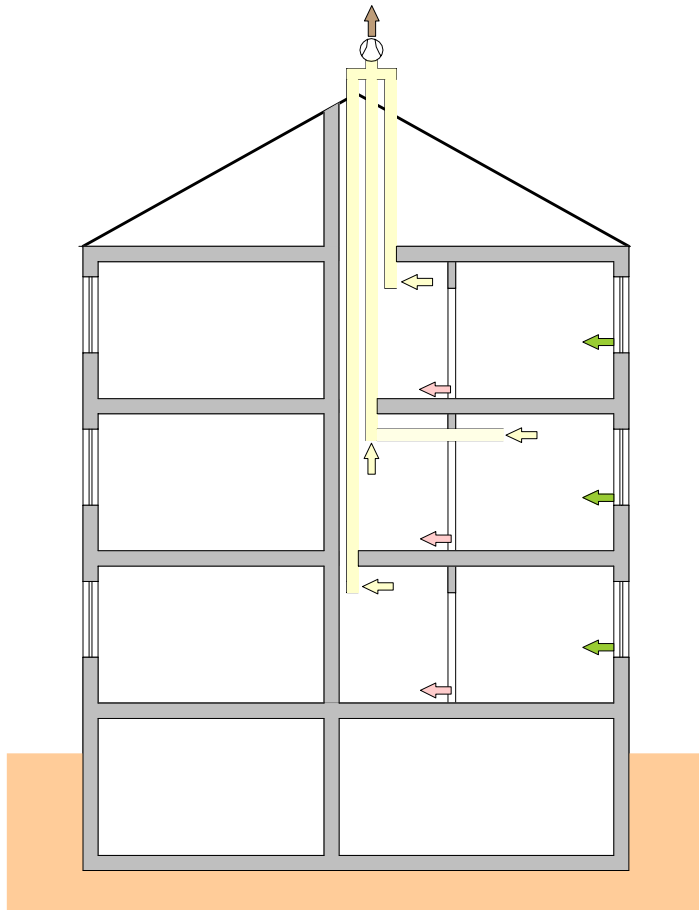


Abbildung 8: Bild 5. Zentralentlüftungsanlagen mit getrennten Hauptleitungen; [1]

In der Abbildung 6 und Abbildung 8 ist eine zentrale Zusammenführung der Hauptleitung im Dachraum dargestellt; aus brandschutztechnischer Sicht sind beide Ausführungen als kritisch zu bewerten, da keine weiteren Festlegungen zu dem Querverzug getroffen wurden. Die Gefahr eines Raucheintrags in die angrenzende Nutzungseinheit war bei zu großem Querverzug und des hierdurch nicht mehr möglichen freien Abzugs gegeben. In den 1976 eingeführten Bau- und Prüfgrundsätzen [16] und der Einführung der Bauaufsichtlichen Richtlinie an Lüftungsanlagen [17] im Jahre 1984 wurden diese Mängel berücksichtigt und beseitigt. Die Ausführung entsprechend Abbildung 6 wurde nicht übernommen. Für die Ausführung entsprechend Abbildung 8 wurde eine maximale Größenangabe des oberen Sammelkastens eingeführt.

Die Lüftungsanlage entsprechend Abbildung 7 mit den geschossübergreifenden Nebenleitungen - das sogenannte Shunt-System - stellt bezüglich eines möglichen Rauchübertrags die sicherste Möglichkeit dar. Bei diesem System sitzt die Abluftöffnung eine Geschossebene tiefer als die Anschlussöffnung in die Hauptleitung. Aufgrund des thermischen Auftriebs in der Hauptleitung kann im Brandfall entstehendes Rauchgas nicht den geschosshohen Höhenversatz aufgrund der gegenläufigen Druckdifferenz überwinden.

Im November 1984 wurde eine Novellierung der Normung als Entwurf [18] veröffentlicht, jedoch blieb es bei dem Entwurf. Eine endgültige Fassung im „Weißdruck“ erschien nicht. Diese Fassung galt als Zusammenlegung der Teile 3 [1] und 4 [19] aus der Normenreihe für innenliegende Bäder. Der Teil 4 lieferte Grundlagen für einen rechnerischen Nachweis der benötigten Volumenströme, um Mängeln vorzubeugen. Die Volumenströme sollten bereits in der Planung rechnerisch nachgewiesen werden können. Die Entwurfsfassung regelte die zu hoch angesetzten Volumenströme neu und führte einen bestimmten Luftwechsel aufgrund der höheren Dichtheit der Außenbauteile ein.

Als Verbesserung wurde eine Differenzierung der Einzel- und Zentralentlüftungsanlagen vorgenommen. Die Einzelentlüftungsanlagen wurden unterteilt in

- Einzelentlüftungsanlagen mit eigener Abluftleitung (entsprechend der Vorgängerfassung),
- Einzelentlüftungsanlagen mit gemeinsamer Abluftleitung.

Die Zentralentlüftungsanlagen wurden unterteilt in

- Zentralentlüftungsanlagen mit nur gemeinsam veränderlichem Gesamtvolumenstrom
- Zentralentlüftungsanlagen mit wohnungsweise veränderlichen Volumenströmen,
- Zentralentlüftungsanlagen mit unveränderlichem Volumenströmen.

Neu wurden die Anforderungen an die Ausführung der Abluftleitung entsprechend der unterschiedlichen Anlagentypen aufgenommen; die Abluftleitung wird im Wesentlichen unterschieden zwischen

- Anschlussleitung und
- Hauptleitungen.

Bezüglich der Anordnung und Ausführung gilt folgende Festlegung:

*„Zwischen der untersten und der obersten Anschlußleitung soll die/jede Hauptleitung gerade und lotrecht geführt werden und muss einen gleichbleibenden Querschnitt haben. Bei einer eventuellen Abweichung der/einer Hauptleitung von der Lotrechten ist der rechnerische Nachweis zu führen, dass die Forderung nach Abschnitt 3.1.3 ... erfüllt ist. ...“ (Abschnitt 4.3.2 [18])*

Für das unterste Ventil ist ein notwendiger Mindestvolumenstrom festgelegt unter Zulassung einer bestimmten Volumenstromerhöhung <10% (Abschnitt 3.1.3).

An dieser Stelle ist festzuhalten, dass diese Festlegungen für die Ausführung der Abluftleitung für das gesamte Abluftsystem entscheidend sind; sie beschreiben die Grundanforderungen für die für das System notwendige „Kaminwirkung“. Diese kann nur über eine vertikale Leitung ohne große Querverzüge und Widerstände erreicht werden.

Neu berücksichtigte der Normenentwurf Einzellüftungsgeräte mit gemeinsamer Hauptleitung. Seitens der Industrie wurde diese Systemvariante entwickelt und sollte in Verkehr gebracht werden. Über die Aufnahme in die Norm war man sich jedoch über viele Jahre uneinig [20].

Erst vier Jahre später im April 1988 erschien die gültige Neufassung der Norm [21] mit dem neuen Titel, *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster mit Ventilatoren*. In dieser Norm wurden die Änderungen des vor beschriebenen Normenentwurfs von 1984 weitestgehend übernommen:

Die Normenteile 3 [1] und 4 [19] wurden zusammengelegt und die Volumenströme wurden angepasst, jedoch in abgeänderter Form gegenüber der Entwurfsfassung von 1984. Die Luftwechselrate wurde identisch übernommen.

Ebenfalls wurde die Differenzierung der Einzel- und Zentrallüftungsanlagen übernommen.

Die Definition der Einzelentlüftungsanlage blieb entsprechend der Fassung von 1970 erhalten. Einzelentlüftungsanlagen mit eigener Abluftleitung entsprachen der ersten Fassung, zeichnerisch wurde das Systembild entsprechend Abbildung 4 jedoch überarbeitet. In der Bildbezeichnung wurde der Passus „mit Führung der Abluft über Dach“ entfernt und abgeändert in „mit eigenen Abluftleitungen“ (Abbildung 9).

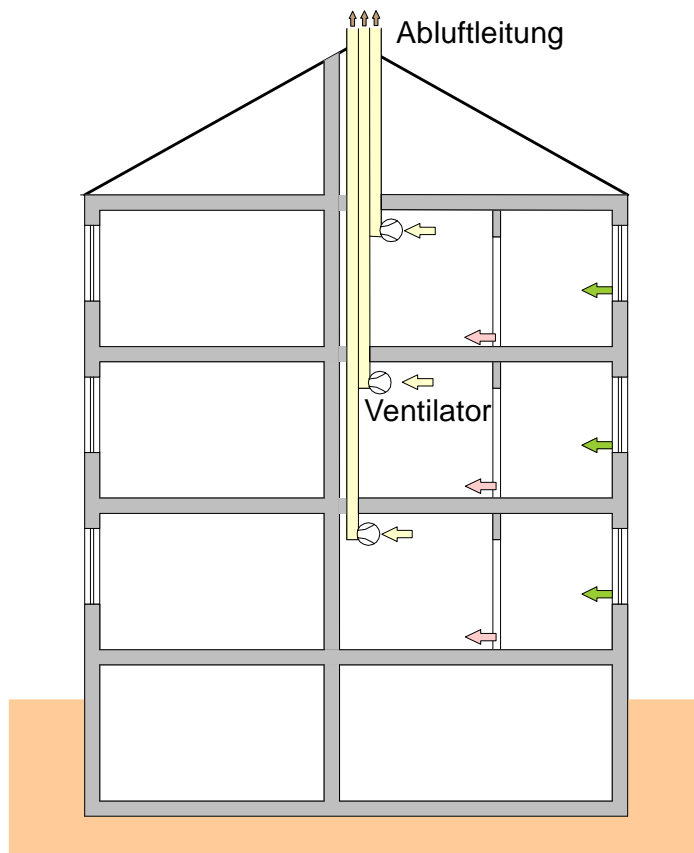


Abbildung 9: Bild 1. Einzelentlüftungsanlagen mit eigenen Abluftleitungen; [21]

Neu fand der Anlagentypus der Einzelentlüftungsanlagen mit gemeinsamer Abluftleitung nun in der Norm Berücksichtigung und wurde entsprechend Abbildung 10 aufgenommen. Bei diesem System ist das nun unterschiedliche Druckverhältnis in der Abluftleitung zu berücksichtigen. In der Hauptleitung stellt sich nun aufgrund der geschossweise angeordneten maschinellen Lüftungsgeräte ein Überdruck ein. Bislang bestand stets in der Hauptleitung ein Unterdruck aufgrund des natürlichen Auftriebs.



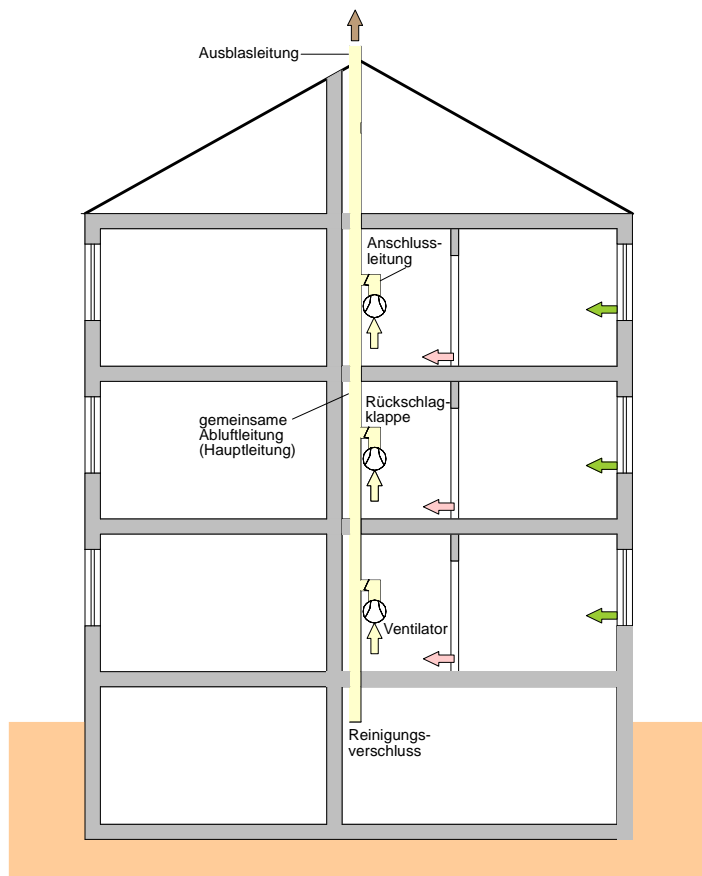


Abbildung 10: Bild 2. Einzelentlüftungsanlagen mit gemeinsamer Abluftleitungen; [21]

Während sich bei den Zentralentlüftungsanlagen in der Normenfassung von 1970 der Schwerpunkt der Definition noch auf die Hauptleitung bezog, rückt die aktuellere Fassung nun den Ventilator in den Mittelpunkt. Sie definiert das System nun als Entlüftungsanlagen mit gemeinsamen Ventilator für mehrere Nutzungseinheiten. Entsprechend legt sie in der weiteren Unterscheidung den Schwerpunkt auf den Volumenstrom.

Während Bild 3 (Abbildung 6 der DIN von 1970 [1] komplett entfällt, werden Bild 4 (Abbildung 7) und Bild 5 (Abbildung 8) in die Bauaufsichtliche Richtlinie über die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen (Musterentwurf 1984) [17] übernommen. Ursache des Entfalls von Bild 3 (Abbildung 6) der Fassung von 1970 kann nur sein, dass das dargestellte System aufgrund ausgeführter unterschiedlich langer Querverzüge nicht eingeregelt werden konnte und aus brandschutztechnischer Sicht die Mängel bezüglich der freien Ableitung erkannt wurden.

Die unterschiedlichen Zentralentlüftungsanlagen sind in der Abbildung 11, Abbildung 12 und Abbildung 13 dargestellt.

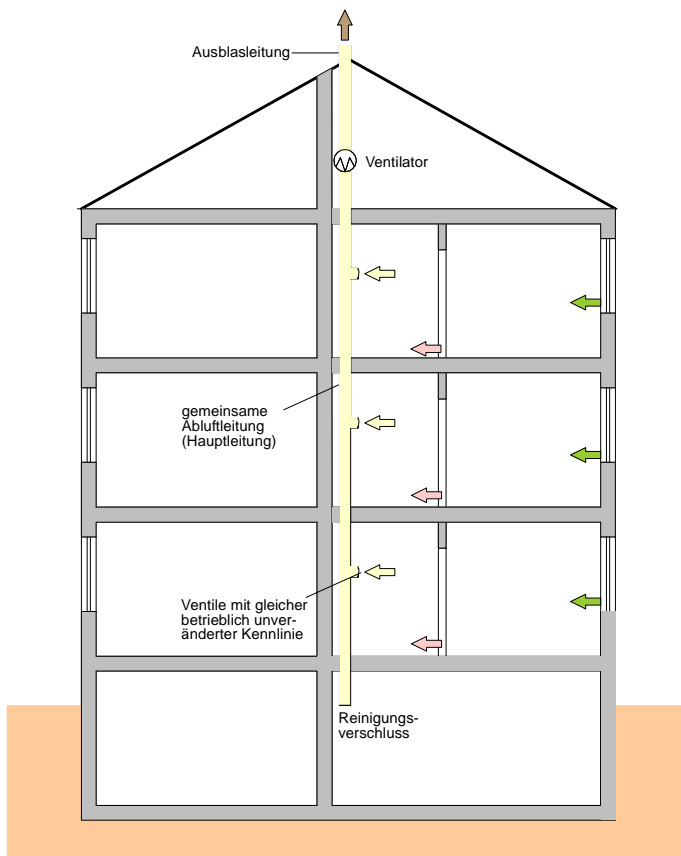


Abbildung 11: Bild 3. Zentralentlüftungsanlagen mit nur gemeinsam veränderlichen Volumenstrom; [21]

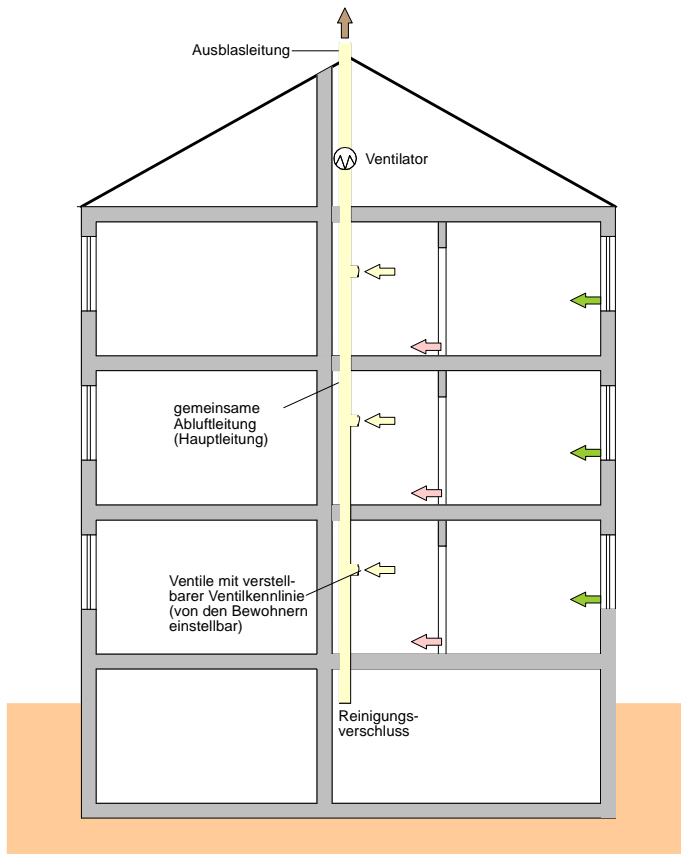


Abbildung 12: Bild 4. Zentralentlüftungsanlagen mit wohnungswise veränderlichen Volumenströmen; [21]

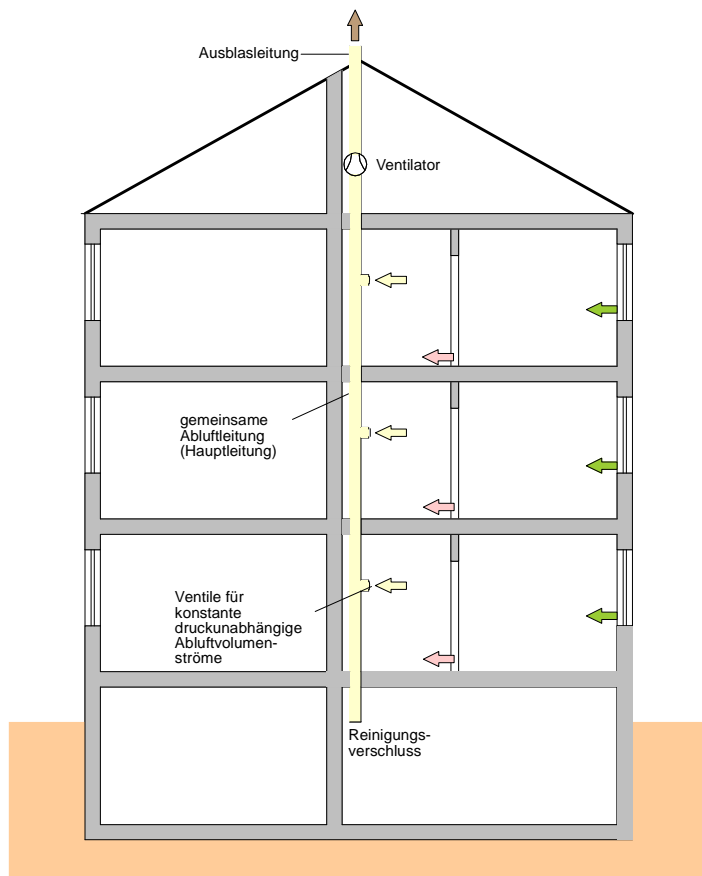


Abbildung 13: Bild 5. Zentralentlüftungsanlagen mit unveränderlichen Volumenströmen; [21]

Die für das Funktionieren des Systems erforderlichen Angaben an die Anordnung und Ausführung blieben entsprechend des Entwurfs von 1984 [18] erhalten. Letztendlich wurden noch Änderungen in der Bedeutung der Formelzeichnungen aus der vorangegangenen Entwurfsfassung berücksichtigt.

Mit der Neufassung der Normung im April 1988 [21] erschien gleichzeitig eine erste Änderung A1 [22] als Entwurf. Dieser Entwurf wurde in geänderter Form in die Neufassung der DIN mit Datum August 1990 [23] in Abschnitt 6 aufgenommen. Dieser neue Abschnitt behandelt die Prüfung von Ventilatoren, Lüftungsgeräten und Abluftventilen. Er beinhaltet normative Verweise bezüglich Luft- und schalltechnischer Nachweise sowie der Anforderungen an die Filter und die Überwachung. Unter dem Aspekt des Brandschutzes erfolgt der Hinweis auf die Landesbauordnungen, die die Anforderungen mit entsprechendem Verweis auf das Deutsche Institut für Bautechnik und die in der Bauregelliste geforderten Prüfungen beinhalten. Konsequenterweise wurde in dieser Fassung berücksichtigt, keine brandschutztechnischen Anforderungen in der Norm zu regeln. Ansonsten ist diese Fassung 1990 identisch der Fassung aus dem Jahre 1988 [21].

Über einen Zeitraum von insgesamt 39 Jahren galt für die Lüftung innenliegender Bäder, dass die Zuluft durch die Undichtigkeiten in den Außenbauteilen nachströmt (Absatz 1 [23]). In dieser Zeit entwickelte sich die Lüftungstechnik rasant. Im Gegensatz hierzu stiegen die Anforderungen an den Wärmeschutz - letztendlich mit Einführung der Energieeinsparungsverordnung im Jahre 2002 und den nachfolgenden Novellierungen - stetig. Erst mit der Neufassung der Norm im Juli 2009 [13] fand eine Komplettüberarbeitung unter dem aktuellen Stand der Technik statt. Zunächst war beabsichtigt, die Normenreihe Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster in die Normenreihe Raumlufttechnik – Lüftung von Wohnungen zu integrieren. Da sich dieser Versuch aufgrund vieler Verweise aus dem Baurecht als unmöglich erwies, erschien sie weiterhin als eigenständige Fassung.

Nach nur wenigen Monaten musste eine Neufassung herausgegeben werden, da fehlerhafte Tabellenwerte wiedergegeben wurden. Insofern wird hier nicht weiter auf die Änderungen eingegangen.

Im September 2009 [24] erschien die Norm neu und ersetzt die zwei Monate vorher erschienene in einigen Tabellen fehlerhafte Fassung. Im Wesentlichen wurden die Lüftungssysteme dem Stand der Technik angepasst.

Der Anwendungsbereich blieb gegenüber den Vorgängerversionen gleich. Immer noch setzt die Norm voraus, dass die Zuluft, definiert als *Abluftvolumenstrom entsprechend Außenluftstrom* über die Gebäudehülle nachströmt. Neu ist aber der Verweis auf Außenluftdurchlässe mit Nachströmung über den Wohnbereich mittels Überströmluftdurchlässen (ÜLD) in die innenliegenden Räume. Diesbezüglich wurde die Norm an die heutzutage übliche hohe Dichtheit der Gebäudehülle angepasst. Bezüglich der Außenluftdurchlässe wird auf die Normung Raumluftechnik [2] verwiesen.

Die Definition der Einzelentlüftungsanlagen blieb entsprechend der Vorgängerversionen erhalten, sie wurde jedoch um die automatische Sensorsteuerung erweitert. Der Betrieb dieser Lüfter erfolgt bedarfsgerecht; er erfolgt entweder durch Nutzung des Raumes, d.h. bei Einschalten des Badlichtes beginnt der Ventilator zu laufen und fordert den entsprechenden Abluftstrom oder er erfolgt automatisch durch Raumlufte Sensoren. Auch in diesem Fall wird der entsprechende Abluftstrom abgeführt.

Die Bilder wurden mit den Außenluftdurchlässe (ALD) analog Abbildung 14 und Abbildung 15 ergänzt.

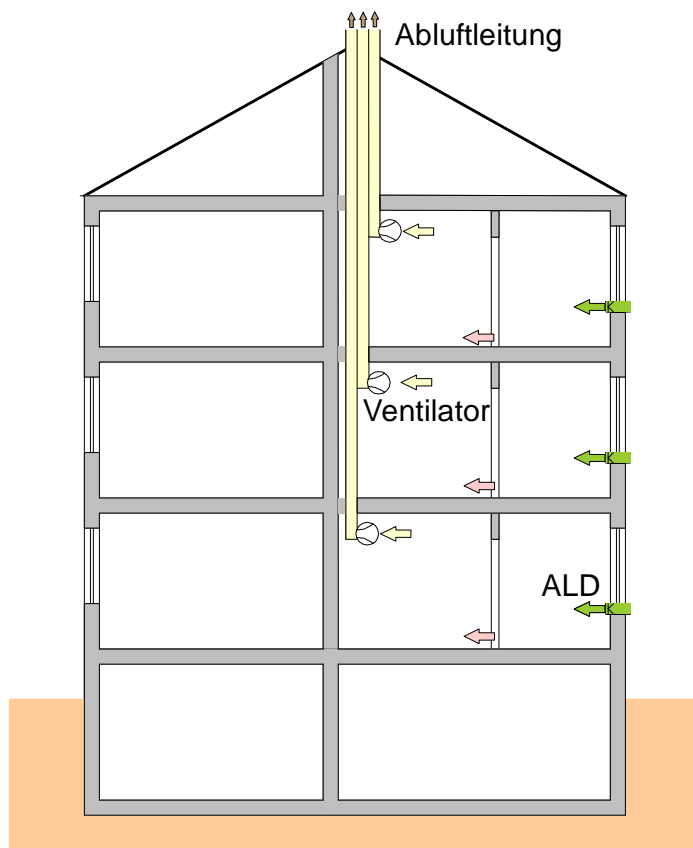


Abbildung 14: Bild 1. Einzelentlüftungsanlagen mit eigenen Abluftleitungen; [24]

Wie gehabt fördern die Einzelentlüftungsanlagen (Ventilator) entsprechend Abbildung 14 die Abluft jeweils über eine eigene Abluftleitung direkt ins Freie. Diese Anlagen haben mindestens eine Abluftleitung je Nutzungseinheit. Die Ablufführung erfolgt unter Überdruck in der Abluftleitung.

Unter Berücksichtigung des Brandschutzes sind die Schächte außerhalb der Nutzungseinheit mit Feuerwiderstand in der entsprechenden Anforderung der Gebäudeklasse nach Bauordnung (z.B. feuerbeständig bei Gebäudeklasse 5) auszuführen, damit zwischen den Nutzungseinheiten keine Verbindung besteht. Die erforderliche Außenluft kommt durch Infiltration über die Gebäudehülle – Außen-Luftdurchlässe ALD (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) – von außen

nach innen. Die Zuluft ist über Überström-Luftdurchlässen ÜLD (in der Abbildung mittels Pfeil dargestellt) innerhalb der Nutzungseinheit bis in den fensterlosen Raum zu führen.

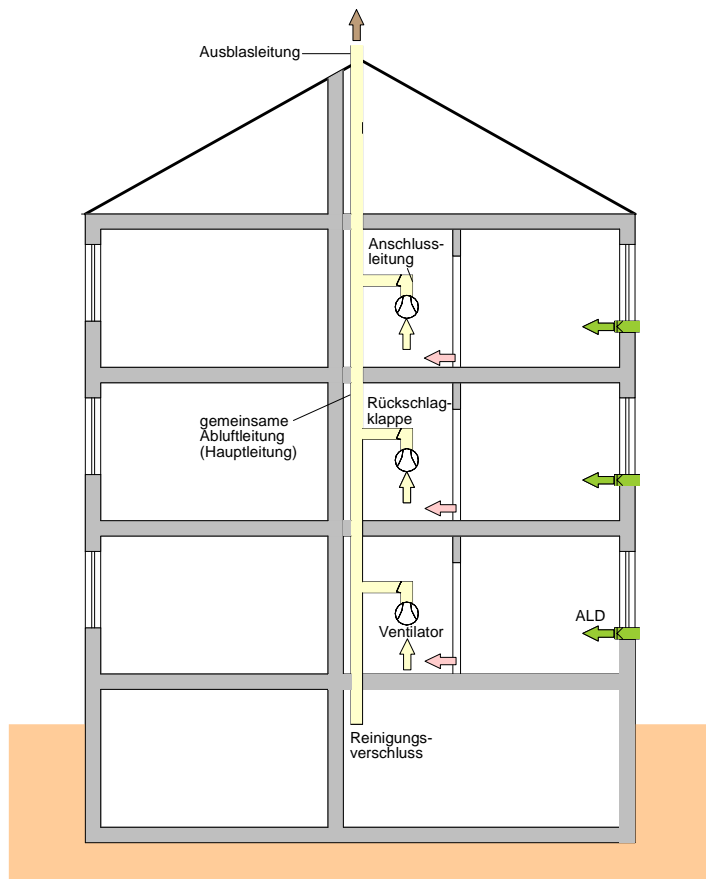


Abbildung 15: Bild 2. Einzelentlüftungsanlagen mit gemeinsamer Abluftleitung; [24]

Entsprechend Abbildung 15 fördern die Entlüftungsanlagen (Ventilator) die Abluft über eine gemeinsame Ausblasleitung – Hauptleitung – direkt ins Freie. Die Abluftführung erfolgt unter Überdruck in der Ausblasleitung.

Aufgrund der gemeinsamen Ausblasleitung ist der Brandschutz als System zu gewährleisten. Diesbezüglich ist der Nachweis durch einen Brandversuch entsprechend der *Zulassungsrichtlinien für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017* zu führen. Die Ventilatoren müssen werksseitig mit einer Rückschlagklappe ausgestattet sein. Die Rückschlagklappe verhindert aufgrund des Überdruckbetriebes die Übertragung von Gerüchen und im Brandfall die Übertragung von Rauch. In der Regel sind die Rückschlagklappe sowie die Absperrvorrichtung in den Einzelentlüftungsgeräten durch die Hersteller bereits integriert.

Mit Anpassung an den Stand der Technik entfiel bei den Zentralentlüftungsanlagen der Typus mit unveränderlichen Volumenströmen. Die anderen Zentralentlüftungsanlagentypen wurden mit den Ergänzungen der ALD entsprechend Abbildung 16 und Abbildung 17 übernommen.

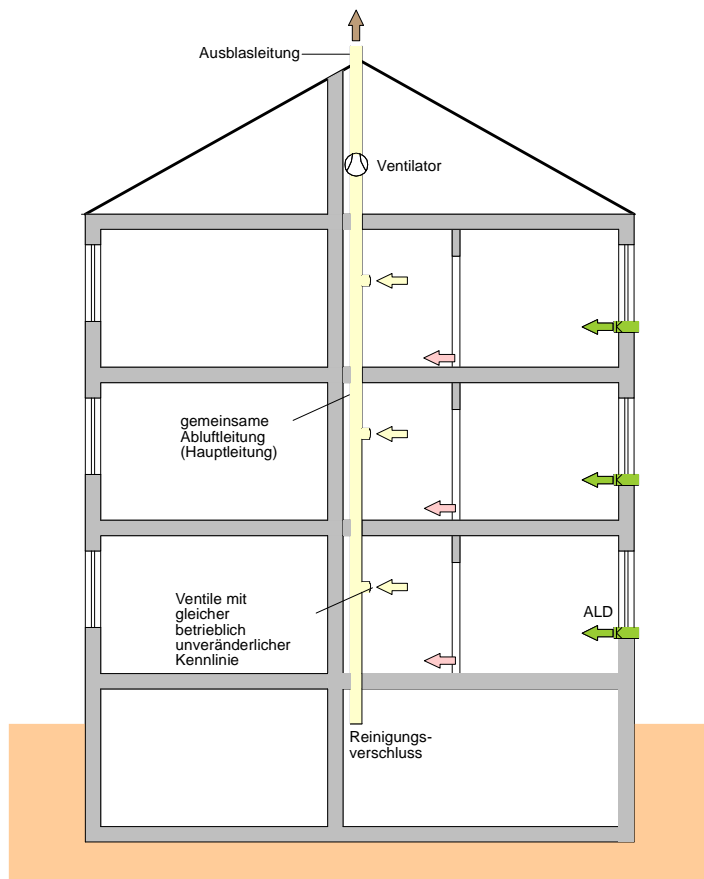


Abbildung 16: Bild 3. Zentralentlüftungsanlage mit nur gemeinsam veränderlichen Volumenstrom; [24]

Bei Zentralentlüftungsanlagen mit nur gemeinsam veränderlichem Volumenstrom nach Abbildung 16 sind in den Nutzungseinheiten Abluftventile mit gleichen betrieblich unveränderlichen Kennlinien auszuführen. Bei diesen Anlagen besteht die Möglichkeit des Betriebs mit zeitweise reduziertem Luftvolumenstrom; in diesem Fall ist die Reduzierung an allen Ventilen gleichzeitig wirksam.

Der zentral angeordnete Ventilator fördert die Abluft über die gemeinsame Hauptleitung direkt ins Freie. Die Ablufführung erfolgt unter Unterdruck. Auch hier muss aufgrund der gemeinsamen Hauptleitung, wie vor, der Brandschutz als System gewährleistet werden.

Bezüglich der Ausblas-/Abluftleitung sind generell verschiedene Ausführungen zu unterscheiden; diese sind:

- feuerwiderstandsfähiger Schacht mit innenliegender Hauptleitung,
- selbstständige feuerwiderstandsfähige Hauptleitung ,
- Hauptleitung ohne Feuerwiderstand

Bei einem feuerwiderstandsfähigen Schacht mit innenliegender Hauptleitung oder einer selbstständigen feuerwiderstandsfähigen Hauptleitung sind die Absperrvorrichtungen in oder vor der Schachtwand, bzw. der feuerwiderstandsfähigen Hauptleitung, auszuführen. Bei einem feuerwiderstandsfähigen Schacht mit innenliegender Hauptleitung kann die Absperrvorrichtung auch in der Geschoßdecke ausgeführt werden. Bei Ausführung der Hauptleitung ohne Feuerwiderstand muss die Absperrvorrichtung in der Geschoßdecke ausgeführt werden.

Rückschlagklappen sind aufgrund des Unterdruckbetriebes des Zentralventilators nicht erforderlich; bei Ausfall des Ventilators besteht weiterhin ein Unterdruck in der Hauptleitung aufgrund des thermischen Auftriebs und der freien Abströmung über Dach.

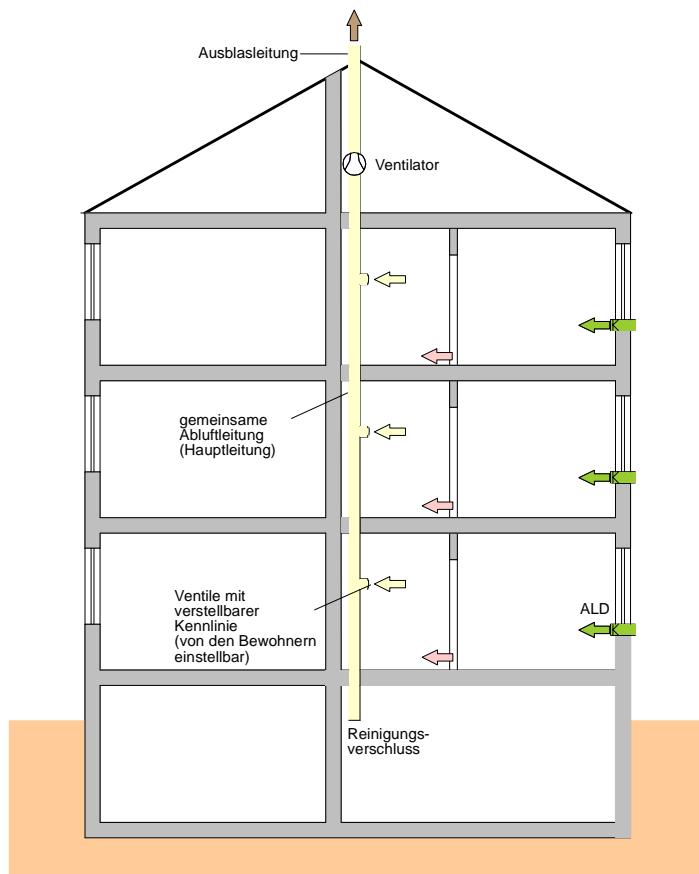


Abbildung 17: Bild 4. Zentralentlüftungsanlage mit wohnungswise veränderlichen Volumenströmen; [24]

Bei Zentralentlüftungsanlagen mit wohnungswise veränderlichem Volumenstrom entsprechend Abbildung 17 sind in den Nutzungseinheiten Abluftventile mit verstellbaren Kennlinien auszuführen. Die Nutzer einer jeden Nutzungseinheit können die Ventile bedarfsgerecht einstellen; alternativ erfolgt die Einstellung der Ventile automatisch durch Ansteuerung von Raumluftsensoren.

Auch hier fördert der zentral angeordnete Ventilator die Abluft über die gemeinsame Hauptleitung direkt ins Freie und der Brandschutz ist als System zu gewährleisten. Es gelten die gleichen Bedingungen und Systeme, wie vor beschrieben.

Auch in der aktuell gültigen Fassung blieb die Anforderung einer geraden und lotrechten Hauptleitungsführung über Dach erhalten.

Überarbeitet wurden in der Norm die Vorgaben bezüglich der Abnahme und der Instandhaltung.

Neu wurden die Hinweise bezüglich des Lüftungskonzepts unter dem Kapitel *grundsätzliche Anforderungen* mit aufgenommen. Diesbezüglich ist jedoch der Verweis,

*„Sie können auch die Lüftung von Wohn- und Aufenthaltsräumen übernehmen, wenn die weitergehenden Anforderungen der DIN 1946-6 eingehalten werden.“ (Abschnitt 4.9 [24])*

negativ zu bewerten, da eine Anwendung des Systems für die Wohnraumlüftung seitens der Bauaufsicht abgelehnt wurde.

### **2.1.3 Schachtlüftung (ohne Ventilatoren) von Bädern ohne Außenfenster**

Um die Historie der Entwicklung vollständig wiederzugeben, werden in diesem Kapitel die Schachtlüftungen ohne Ventilator dargestellt. Das Lüftungsprinzip entspricht der freien Lüftung. Schachtlüftungen wurden in der Vergangenheit häufig angewandt und bis in die achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts geplant. In der heutigen Zeit stellen diese Anlagen unter dem Aspekt der energetischen Sanierung von Gebäuden den größten Anteil aufgrund ihrer zahlreichen Verbreitung dar. Auch diese Lüftungsart war nur für Bäder und Toilettenräume ohne Außenfenster zulässig.

Schachtlüftungen werden unterschieden in Einzelschacht und Sammelschachtanlagen.

Die Normung dieser Lüftungsanlagen begann 1960 für Einzelschachtanlagen unter der Normenreihe für innenliegende Bäder Teil 1 [25]; erst im Jahre 2010 wurde die letzte gültige Fassung – nach Einführung der letzten Normenfassung für die Wohnungslüftung – zurückgezogen.

Sammelschachtanlagen wurden erstmalig 1961 unter der Normenreihe für innenliegende Bäder Teil 2 [26] geregelt; diese Fassung wurde bereits 1981 zurückgezogen und damit wurde dieser Lüftungstyp beendet.

Die Funktion der Schachtanlagen beruht auf den physikalischen Eigenschaften

- thermischer Auftrieb und
- Sogwirkung.

Der thermische Auftrieb entsteht aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen sowie des Höhenunterschiedes. Dieser Auftrieb fehlt jedoch an z.B. sehr heißen Sommertagen, an denen Außen- und Innentemperatur gleich sind. An kalten Wintertagen mit sehr großer Temperaturdifferenz strömt hingegen viel kalte Außenluft nach, was zu Zugerscheinungen und räumlicher Unbehaglichkeit führt.

Um eine entsprechende Sogwirkung sicherzustellen, mussten die Schachtmündungen auch tatsächlich von dem Wind umblasen werden können. Insofern war darauf zu achten, dass die Schächte aus einem Gebäudeschatten herausgeführt wurden. Entsprechende Regelungen hierfür finden sich in den Normungen wieder.

#### **2.1.3.1 Einzelschachtanlagen**

Bei Einzelschachtanlagen ist für jeden zu lüftenden innenliegenden Raum ein eigener Schacht zu führen. In jeder Geschossebene darf an einer vertikalen Hauptleitung nur eine Nutzungseinheit angeschlossen werden. Bei Einzelschachtanlagen unterscheidet man die nachfolgenden Systeme:



### ***Einzel-schachtanlagen – Kölner Lüftung***

Der Normenteil 1 [27] stellt im Wesentlichen die auch als „Kölner Lüftung“ bezeichnete Einzel-schachtlüftung dar.

Bei der Kölner Lüftung erfolgt die Zuluftführung über einen Zuluftschacht. Der Zuluftschacht ist mit einem im unteren Gebäudeteil angeordneten quer verlaufenden Zuluftkanal verbunden, der eine Öffnung ins Freie besitzt; der Zuluftkanal kann auch mit zwei gegenüberliegenden Öffnungen ausgeführt werden. Die Zuluft mündet in den gleichen Raum der Abluft, also das innenliegende Bad oder WC.

Die Norm regelt das Querschnittsverhältnis der Schachtseiten sowie der Querschnittsflächen zueinander um eine ausreichende Lüftung zu gewährleisten.

Die Zuluftführung über die Undichtigkeiten der Fenster und Fassade der anschließenden Räume spielt bei diesem Typus eine untergeordnete Rolle; insofern wurde die Bad-/WC-Türe gerne dicht ausgeführt, um Zugluft zu vermeiden.

Die Abbildung 18 zeigt den Zuluftkanal mit zwei gegenüberliegenden Öffnungen. Prinzipiell waren die Zuluftöffnungen in Bodennähe und die Abluftöffnungen in Deckennähe anzuordnen.

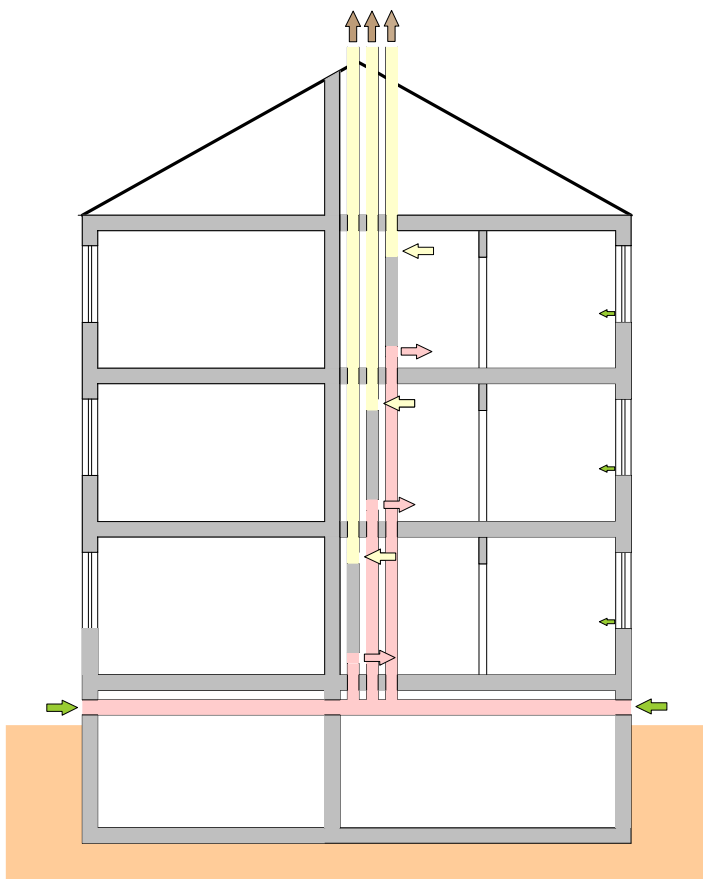


Abbildung 18: Kölner Lüftung entsprechend DIN 18017-1 [27]

### ***Einzel-schachtanlagen – Dortmunder Lüftung***

Die Dortmunder Lüftung ist eine Unterart der Kölner Lüftung. Die Auslegung basiert auf derselben Normung.

Die Besonderheit der Dortmunder Lüftung ist, dass die Zuluftführung über einen separaten Schacht geführt wird, der nicht in dem zu belüftenden innenliegenden Bad/WC endet, sondern in der diesen Räumen vorgeschalteten Diele mündet. Über die Diele strömt die Zuluft in das innenliegende Bad nach. Ziel dieses Systems war, Zugerscheinungen zu vermeiden, indem die Zuluft in der nicht beheizten aber vorgewärmten Diele erwärmt wurde, im Gegensatz zu einer direkten Mündung in den vollbeheizten Raum.

Auch bei diesem Anlagentyp spielen die Undichtigkeiten der Fenster und Fassade der anschließenden Räume eine untergeordnete Rolle. Jedoch musste die Türe der zu belüftenden Räume mit entsprechenden Luftdurchlässen versehen sein.

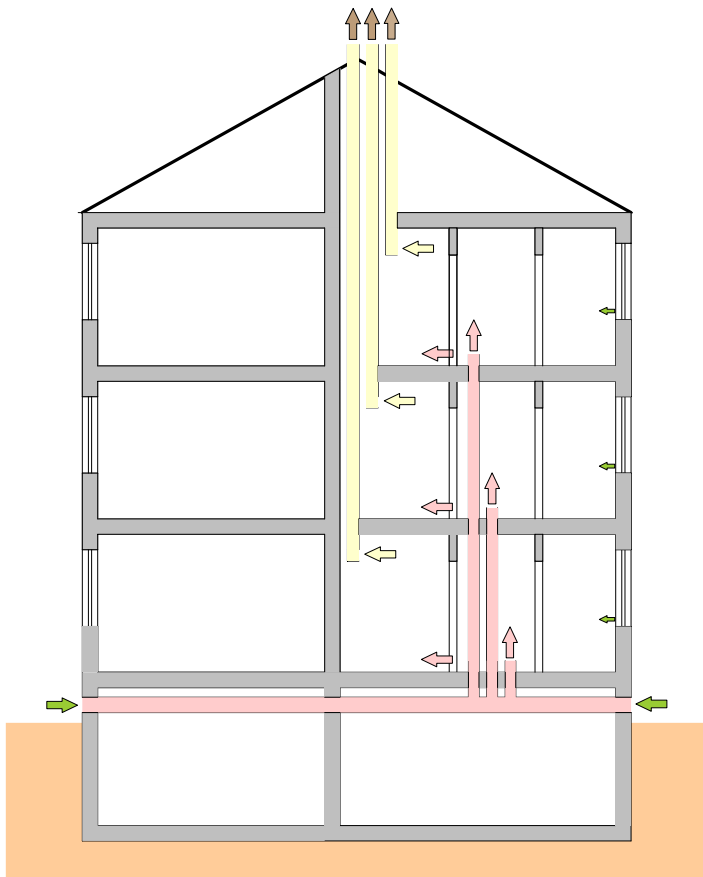


Abbildung 19: Dortmunder Lüftung

### ***Einzelschachtanlagen – Berliner Lüftung***

Die Berliner Lüftung entspricht nicht den vorbeschriebenen Einzelschachtanlagen, da die Zuluft ausschließlich über die Undichtigkeit der Fenster und Fassade erfolgt. Dieses Lüftungssystem besteht somit nur aus einem Abluftschacht.

Die Berliner Lüftung stellt somit die einfachste und älteste Einzelschachtanlage dar.

Innerhalb der Wohnung müssen die Türen mit entsprechenden Fugen versehen sein, damit die nötige Querlüftung und ein entsprechender Luftaustausch funktioniert.

Dieser Anlagentyp setzt die Undichtigkeit der Fassade voraus und ist unter heutigen Gesichtspunkten nicht vertretbar. Mit Austausch der alten Fenster insbesondere unter energetischen Aspekten ist die Funktion dieses Lüftungssystems nicht mehr gewährleistet.

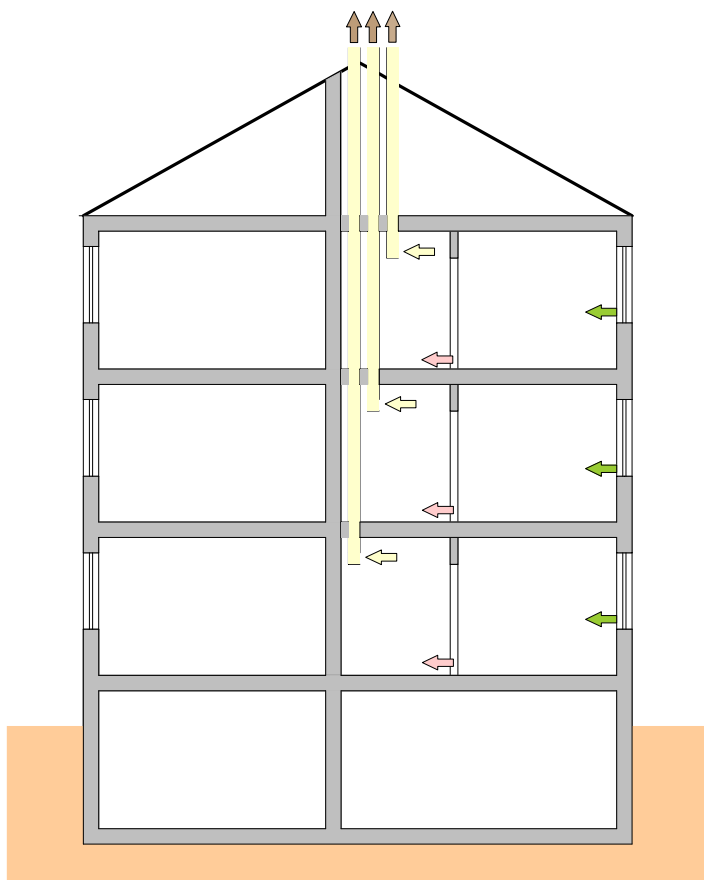


Abbildung 20: Berliner Lüftung

### 2.1.3.2 Sammelschachtanlagen

Bei Sammelschachtanlagen wird die Abluft einer größeren Anzahl von Räumen durch einen einzigen Abluftschacht (Sammelschacht) geführt. Sammelschachtanlagen wurden für mehrgeschossige Gebäude konzipiert, um die hohe Anzahl der Einzelschächte und den hierdurch benötigten Platzbedarf zu vermeiden.

Bei diesem Lüftungssystem durften in einem Geschoss mehrere Räume unterschiedlicher Nutzungseinheiten angeschlossen werden. Jede Nutzungseinheit benötigt jedoch einen eigenen Nebenschacht. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass diese Lüftungssysteme nicht nur den Brandschutz, sondern auch den Schall- und Hygieneschutz sicherstellen mussten; diese Anforderungen erfüllte der Nebenschacht.

Die Sammelschachtanlage besteht aus der Hauptleitung und den Nebenschächten. Für die Nebenschächte ist eine entsprechende Höhe gefordert, so dass die Einfädung in dem Sammelschacht in dem darüber liegenden Geschoss erfolgt. Treffen zwei gegenüberliegende Mündungen aufeinander, so ist zwischen diesen ein Höhenversatz von mindestens 25 cm auszuführen.

Die Norm regelt die Anzahl der anzuschließenden Nebenschächte in Abhängigkeit der Höhe des Gebäudes und der Querschnittsfläche des Sammelschachtes.

Die Zuluffführung erfolgte ausschließlich über die Undichtigkeit der Fenster und Fassade, worin der Grund des frühzeitigen Endes dieses Systems zu sehen ist.

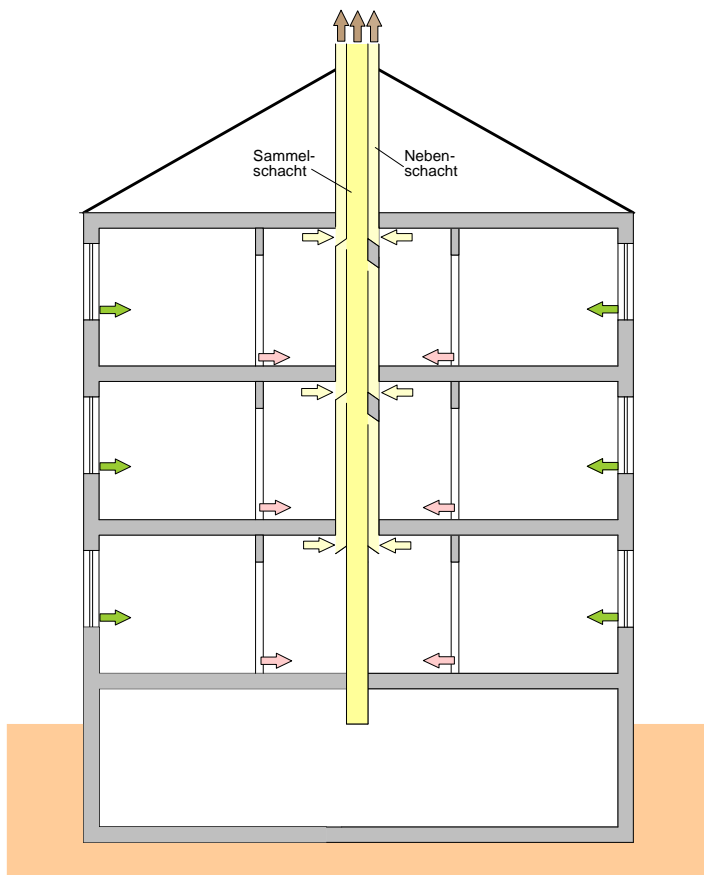


Abbildung 21: Sammelschachtanlagen entsprechend DIN 18017-2 [26]

## **2.2 Raumluftechnik - Lüftung von Wohnungen**

Die Normenreihe Raumluftechnik DIN 1946 behandelt im Teil 6 [2] die Lüftung von Wohnungen und alle Regelungen für Maßnahmen der Wohnungslüftung. Die aktuelle Fassung berücksichtigt die europäische Normenentwicklung und gibt den aktuellen Stand der Technik wieder. Sie beinhaltet Anforderungen an die Planung, Ausführung und Inbetriebnahme sowie den Betrieb und die Instandhaltung. Sie berücksichtigt die bauphysikalischen, lüftungstechnischen, hygienischen und energetischen Anforderungen, aber nicht die brandschutztechnischen Aspekte.

Der Brandschutz der in den Regeln für Raumluftechnik behandelten Lüftungssysteme kann nur mit konventionellen Absperrvorrichtungen mit entsprechendem Feuerwiderstand (K90 - EI90) gewährleistet werden. Die Praxis zeigt jedoch, dass sich diese Absperrvorrichtungen aufgrund der hohen Instandhaltungsaufgaben im Wohnungsbau nicht bewähren.

Für die Lüftung fensterloser Räume verweist diese Norm auf die zusätzlich existierende Normung für die Lüftung innenliegender Bäder, die jedoch nicht zwingend angewandt werden muss. Die Lüftung dieser Bereiche kann auch an die Lüftungsanlage der Wohnraumlüftung angebunden werden.

### **2.2.1 Normative Lüftungskonzepte Wohnungslüftung**

Die Norm listet in Abschnitt 5 die relevanten unterschiedlichen Lüftungskonzepte auf, die nachfolgend kurz vorgestellt werden. Die unterschiedlichen Systeme entsprechend des Anhangs A der Norm sind im Abschnitt 7.1 dieser Arbeit dargestellt. Die Systeme und Abbildungen werden kurz erläutert.

Für die Lüftung von Räumen werden – wie bei den Lüftungssystemen für innenliegende Räume ohne Außenfenster - zwei Haupt-Lüftungssysteme unterschieden:

- Freie Lüftung und
- ventilatorgestützte Lüftung

Die Auswahl des entsprechenden Lüftungssystems ist durch allgemeine (Vorgaben und Verordnungen oder Richtlinien) und speziell zu stellende Anforderungen (Raumluftqualität, Energieeffizienz, Schallschutz) zu bestimmen.

Generell ist hier anzumerken, dass die Undichtigkeit der Gebäudehülle durch eigene Regelungen normativ begrenzt ist. Vorgaben diesbezüglich liefert die Normung für den Wärmeschutz im Hochbau.

#### ***Freie Lüftung***

Bei der freien Lüftung entsprechend Abschnitt 5.2.2 [2] wird zwischen

- Querlüftung für Feuchteschutz,
- Querlüftung und
- Schachtlüftung

unterschieden.

Aufgrund der vorgeschriebenen Dichtigkeit der Gebäudehülle sind generell Außenluftdurchlässe (ALD) vorzusehen.

Die Querlüftung für Feuchteschutz wird ohne ein durch den Nutzer zu öffnendes Fenster ausgelegt, während bei der reinen Querlüftung eine Nutzerunterstützung berücksichtigt wird. Die Fortluft wird direkt ins freie abgeführt.

Die Schachtlüftung wird nach demselben Prinzip ausgeführt, jedoch erfolgt die Abluftführung über einen eigens vorgesehenen Schacht.

### **Ventilatorgestützte Lüftung**

Ventilatorgestützte Lüftungssysteme (Abschnitt 5.2.3 [2]) bestehen aus Lüftungs-Anlagen oder Lüftungs-Geräten.

Zu unterscheiden sind

- Abluftsysteme,
- Zuluftsysteme und
- Zu-/Abluftsysteme

Bei dem Abluftsystem (AbLS) wird die Abluft direkt über einen Lüftungsschacht mittels Ventilatoren (zentral oder dezentral) ins Freie abgeführt. Die Zuluft bleibt unbehandelt. Das Wohnungslüftungsgerät oder der Zentralventilator werden allgemein als „Unit“ bezeichnet.

Es werden Abluftsysteme mit dezentralem oder zentralem Ventilator sowohl im Ein- als auch Mehrfamilienhaus unterschieden.

Bei Zuluftsystemen wird die Zuluft ventilatorgestützt in das Gebäude eingebracht. Unterschieden wird zwischen

- Einzelraum-Lüftungsgeräten und
- Zentralventilator-Lüftungsanlagen.

Die Einzelraum-Lüftungsgeräte werden entweder in einer Nutzungseinheit oder aber in nur einem Raum einer Nutzungseinheit angeordnet. Bei den Zentralventilator-Lüftungsanlagen ist eine Lüftungszentrale im Gebäude angeordnet.

Bei Zu-/Abluftsystemen wird die Zu- und die Abluft ventilatorgestützt in das Gebäude eingebracht. Dieses System erlaubt die Nutzung von Wärmerückgewinnungsgeräten.

Zu unterschieden sind folgende Anlagensysteme:

- Zentralventilator-Lüftungsanlagen im Mehrfamilienhaus (MFH),
- Zentralventilator-Lüftungsanlagen mit Wohnungs-Lüftungsgeräten im Mehrfamilienhaus,
- Wohnungs-Lüftungsgeräte im Einfamilienhaus (EFH) und
- Einzelraum-Lüftungsgeräte

Zwischen den Zentralventilator-Lüftungsanlagen und Wohnungs-Lüftungsgeräten von Zu-/Abluftsystemen sind Mischformen möglich. Im Hinblick auf Wärmerückgewinnung können bei Anschluss mehrerer Nutzungseinheiten an je einen zentralen Abluft- und Zuluftventilator die Wärmeübertrager für die Wärmerückgewinnung entweder zentral im Bereich der Ventilatoren in einer Lüftung-Zentrale oder in den einzelnen Nutzungseinheiten angeordnet sein.

## 2.3 Prüfverfahren<sup>6</sup> von Brandschutzklappen

### 2.3.1 Allgemein

Bis September 2012 waren in Deutschland für die Zulassungsprüfung von Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen sowohl nationale als auch europäische Normen zulässig. Am 01. September 2012 ging die Koexistenzperiode zu Ende, da Brandschutzklappen in den Anwendungsbereich der harmonisierten Norm nach Bauproduktenrichtlinie und somit unter europäisches Recht fielen. Seit diesem Datum dürfen in der Bundesrepublik Deutschland nur noch Brandschutzklappen mit CE-Kennzeichnung in Verkehr gebracht werden (Punkt 1 [6]).

Da Absperrvorrichtungen in Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3 ein nationales System sind und nur in Deutschland Anwendung finden, ist für diese Produkte die CE-Kennzeichnung nicht gefordert. Es besteht lediglich die Pflicht der Verwendung nach der entsprechenden Landesbauordnung.

Nachfolgend werden die unterschiedlichen Prüfverfahren für alle Brandschutzklappen dargestellt.

Die nationale Norm bezüglich des Brandverhaltens von Bauteilen [28] in Verbindung mit der Normung bezüglich des Brandverhaltens von Lüftungsleitungen [29] legt die Anforderungen und Prüfungen fest. In diesen Regelwerken werden die Prüfungen relativ allgemein wiedergegeben. Der exakte Versuchsaufbau sowie die Brandprüfung sind in den Zulassungsrichtlinien des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) angegeben.

Die europäische Norm für Feuerwiderstandsprüfungen [30] legt ebenfalls die allgemeinen Anforderungen bezüglich des Prüfofens sowie der Messtechnik fest. Die Versuchsdurchführung selbst und die zu erfüllenden Anforderungen regelt die europäische Norm für Feuerwiderstandsprüfungen, Teil 2, Brandschutzklappen [31]; in ihr werden die grundlegenden Einbausituationen beschrieben. Im Zulassungsverfahren sind wiederum die zugehörigen Zulassungsrichtlinien des DIBt zu beachten.

Im Weiteren wird nicht explizit auf die nationale und europäische Normung eingegangen, sondern nur auf die für die Prüfungsdurchführung relevanten Anforderungen.

Für alle Brandprüfungen gilt die Beflammung nach Einheits-Temperatur-Kurve (ETK).

### 2.3.2 Prüfung entsprechend Zulassungsrichtlinien für innenliegende Bäder

Die zuletzt vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) veröffentlichten Zulassungsrichtlinien (ZulaRi) für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017-3 [32] legen für die Versuchsdurchführung einen zweigeschossigen Versuchsaufbau fest. Dieser Versuchsaufbau spiegelt die Anwendungsfälle in der Praxis jedoch nicht wieder. Auf Grund von dem DIBt vorgelegten Versuchsdaten mit dreigeschossigem Aufbau und der dabei im Vergleich zum zweigeschossigen Aufbau deutlich höheren Temperaturen wurde vom DIBt nach Beratung mit dem Sachverständigenausschuss festgelegt, dass Absperrvorrichtungen in Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3 mit unten offener Leitung zu prüfen sind. Diese Festlegung entspricht einem dreigeschossigen Versuchsaufbau, bestehend aus Unter-, Mittel- und Obergeschoss. Das Mittelgeschoss ist der Brandraum. Eine Festlegung hierfür erfolgte mit Schreiben vom 25.07.2005 [33]. Um die Auswirkungen des dreigeschossigen Versuchsaufbaus zu untersuchen und insbesondere die Anforderungen für zukünftige Versuche festzulegen, lief diesbezüglich am Forschungslabor für Haustechnik der Technischen Universität München ein durch das DIBt beauftragtes Forschungsvorhaben [4].

---

<sup>6</sup> Dieses Kapitel wurde in gekürzter Version als „Synopse ad-hoc-Kreis Brandschutz über die unterschiedlichen Regelungen für die Zulassung von Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen und Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung entsprechend DIN 18017-3“ mit Datum vom 03.01.2012 meinerseits erarbeitet und dem NA 041 Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) sowie dem ad-hoc-Kreis Brandschutz als Arbeitspapier für die Entwicklung des Neuen Wohnungslüftungssystems übergeben [50].

Die Prüfung der Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen nach DIN 18017 ist eine Systemprüfung. Hier wird die Absperrvorrichtung in Zusammenhang mit dem zugehörigen Schacht (und der evtl. zugehörigen Wickelfalzleitung) geprüft. Für das Bestehen der Prüfung sind u.a. die Temperaturen auf der Schachtwand in dem über dem Brandraum befindlichen Geschoss entscheidend. Die Temperaturen direkt an der Absperrvorrichtung sowie eine Leckage der Absperrvorrichtung – wie bei konventionellen Absperrvorrichtungen – werden nicht quantifiziert.

Der Versuchsaufbau besteht aus einem oben offenen vertikalen Schacht über drei Geschosse. Durch das offene Ende ist ein freies Abströmen der Abluft nach oben – begünstigt durch den natürlichen Auftrieb („Kamineffekt“)- möglich. Im Brandfall wird der natürliche Auftrieb aufgrund der eindringenden Temperatur und der damit erhöhten Temperaturdifferenz verstärkt. Die freie Abströmung nach oben ist Bestandteil der Normung für die Lüftung innenliegender Bäder.

Die Zulassungsrichtlinien (ZulaRi) für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017-3 [32] sehen für die Zulassungsprüfung am oberen Ende des Schachtes und der Leitung eine Klappe zum Schließen des Schachtes und der Leitung vor. Entgegen den Richtlinien wird in Abstimmung mit dem DIBt diese Klappe bei aktuellen Prüfungen während des Brandversuchs nur von der 85. bis zur 90. Minute geschlossen und nicht wie gefordert zusätzlich in der 25. bis 30. und 55. bis 60. Minute. Diese Vorgabe dient der Prüfung der Dichtigkeit des Systems sowie für die Klassifizierung der Absperrvorrichtung K30-18017, K60-18017 oder K90-18017. Zahlreiche Brandversuche zeigten jedoch, dass mit dem in der Praxis nicht vorkommendem Schließen der Klappe die Temperaturen auf der Schachtwand in dem über dem Brandraum befindlichen Geschoss ansteigen. Generell muss jedoch für Systeme nach DIN 18017 stets ein freies Abströmen der Abluft gewährleistet sein – dies gilt auch bei Systemen mit zentralem Ventilator –; somit ist die Versuchsdurchführung nicht praxisgerecht.

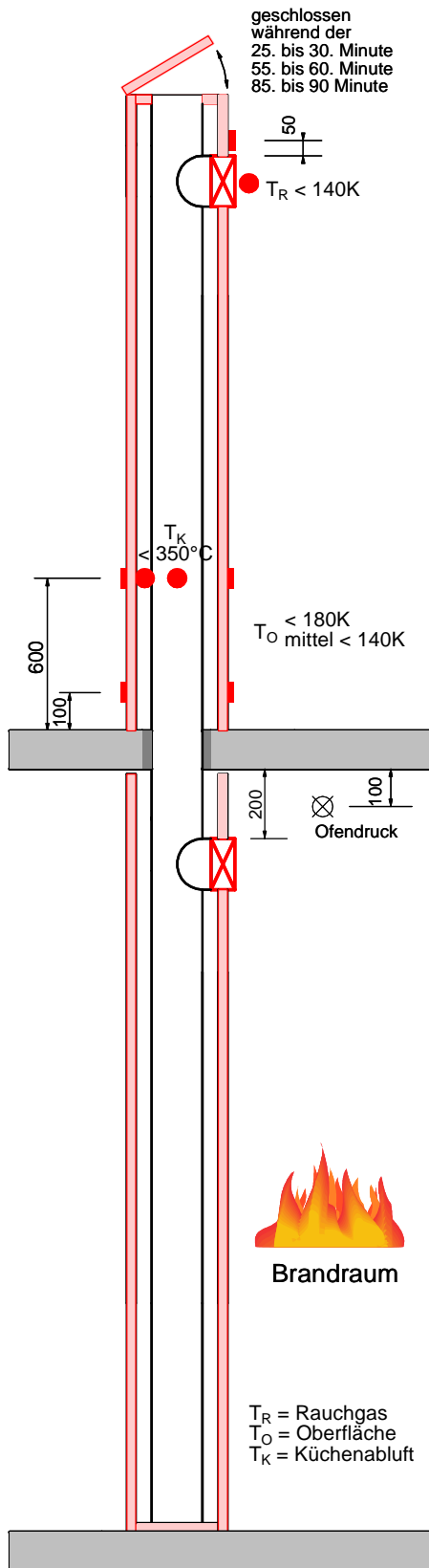
Die Möglichkeit mehrere Anschlüsse (Zweit- oder Drittraumanschluss) an die Hauptleitung innerhalb einer Nutzungseinheit sind in dem Brandversuch nachzuweisen.

Für die Versuchsdurchführung regeln die Zulassungsrichtlinien die Anordnung der Absperrvorrichtungen in folgenden Konstruktionen (Anwendungsfall):

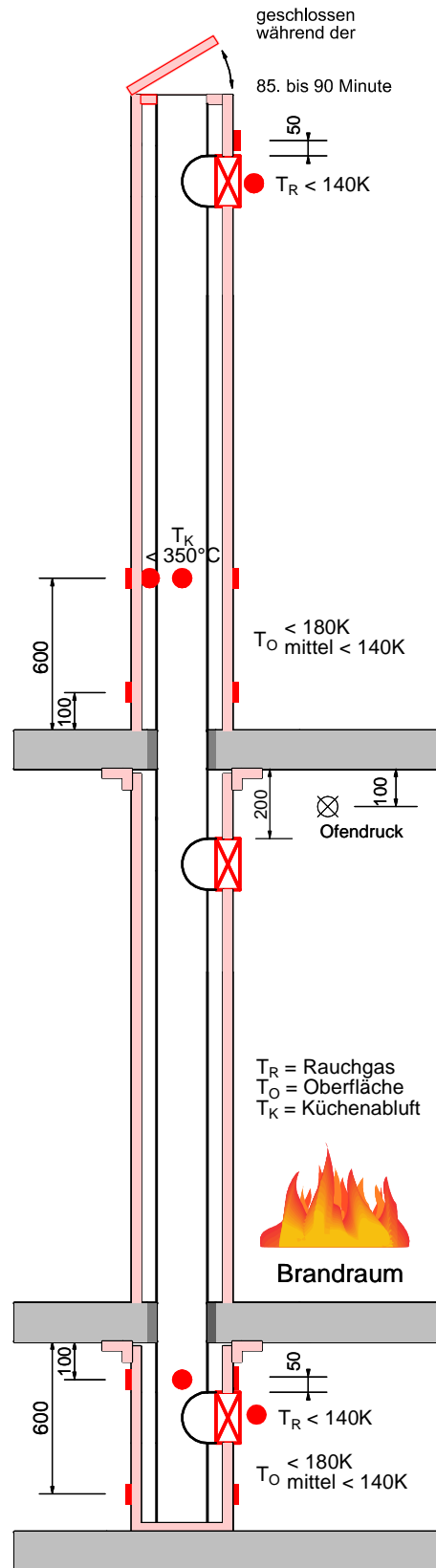
- a) In den Wandungen von vertikal geführten Lüftungsleitungen (Hauptleitungen) mit der geforderten Feuerwiderstandsdauer, oder in den Anschlussleitungen,
- b) In den Wandungen von Schächten mit der geforderten Feuerwiderstandsdauer, die als brandschutztechnische Ummantelung von Lüftungsleitungen (Hauptleitungen) dienen, oder in deren Anschlussleitungen,
- c) In den Wandungen von Installationsschächten mit ausschließlich nichtbrennbaren Installationen, mit der geforderten Feuerwiderstandsdauer,
- d) In Geschoßdecken mit der geforderten Feuerwiderstandsdauer,
- e) In speziell für die jeweilige Bauart der Absperrvorrichtung zugelassenen Leitungssysteme mit einer Gesamtfeuerwiderstandsdauer (siehe Regelung in den Verwendbarkeitsnachweisen).

Die nachfolgende Abbildung 22 stellt die zwei- und dreigeschossige Versuchsanordnung für Absperrvorrichtungen, die in Lüftungsleitungen in gleicher Widerstandsdauer mit Anschluss an separate luftführende Leitungen eingebaut werden, vergleichend gegenüber. Diese Situation entspricht dem Anwendungsfall b) und c).





Zweigeschossiger Versuchsaufbau mit innenliegendem Stahlblechkanal nach ZulaRi [32]



Dreigeschossiger Versuchsaufbau mit innenliegendem Stahlblechkanal nach ZulaRi [32] und Festlegung des DIBt [33]

Abbildung 22: Versuchsaufbau - Lüftungsleitung mit innenliegendem Stahlblechkanal

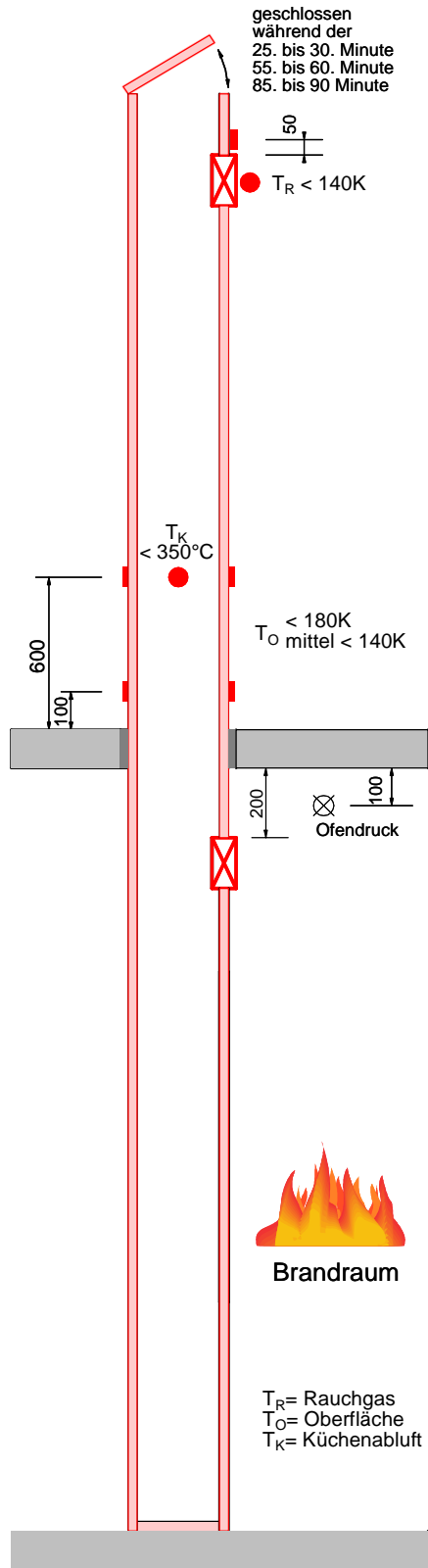
Die Hauptleitung besteht in beiden Fällen aus einem Stahlblechwickelfalzrohr. Die Zulassungsrichtlinien fordern den Aufbau der Schächte aus Brandschutzbauplatten Promatect LS<sup>®</sup> mit einer Dicke von 35 mm. – Die Festlegung auf Brandschutzbauplatten Promatect LS<sup>®</sup> ist historisch zu betrachten; hier wurde angesetzt, dass der Schacht den Nachweis des Feuerwiderstands gemäß Verwendbarkeitsnachweis besitzt und die Wandstärke mit 35 mm den „kritischsten“ Fall darstellt. Diese Feststellung ist experimentell nicht nachgewiesen worden. –

Außerhalb des Schachtes liegende Anschlussleitungen müssen aus Stahlblech bestehen. Die Absperrvorrichtungen dürfen nicht weiter als 6 m von dem Schacht entfernt sein.

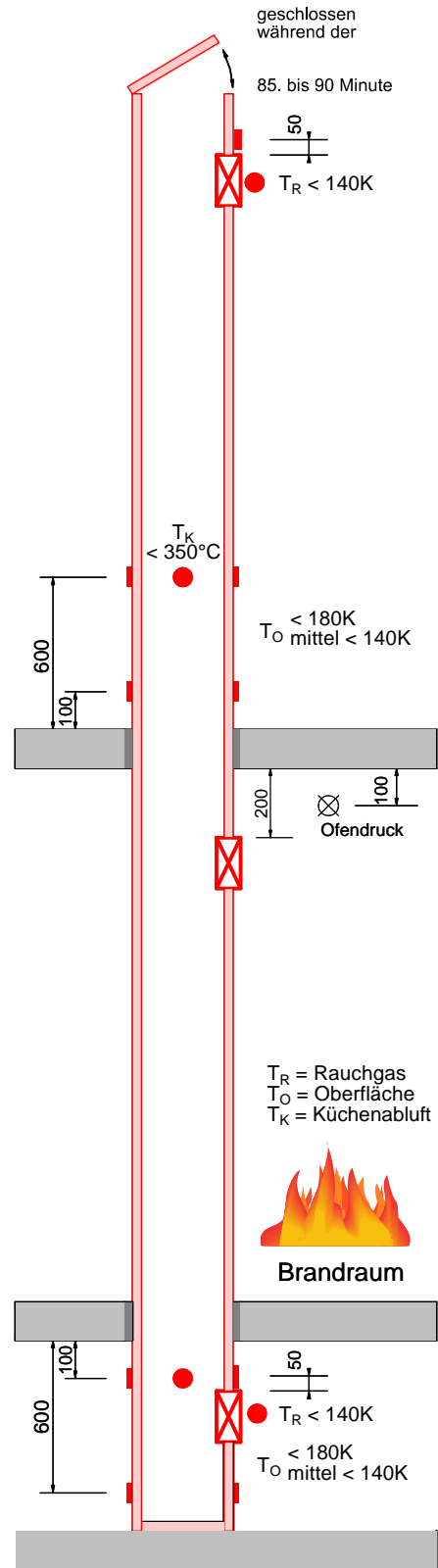
Die Abbildung 23 zeigt die zweigeschossige Versuchsanordnung für Absperrvorrichtungen, die in Lüftungsleitungen in gleicher Widerstandsdauer eingebaut werden und der Schachtquerschnitt zugleich der luftführende Querschnitt ist entsprechend der ZulaRi; diese Situation entspricht dem Anwendungsfall a).

Die selbstständige Lüftungsleitung ist ebenfalls aus Brandschutzbauplatten Promatect LS<sup>®</sup> mit einer Dicke von 35 mm entsprechend bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis auszuführen. Außerhalb des Schachtes liegende Anschlussleitungen müssen aus Stahlblech bestehen. Die Absperrvorrichtungen dürfen nicht weiter als 6 m von dem Schacht entfernt sein.

Die Abbildung 24 zeigt die zweigeschossige Versuchsanordnung für Absperrvorrichtungen, die in/an Decken eingebaut werden entsprechend der ZulaRi. Diese Situation entspricht dem Anwendungsfall d).

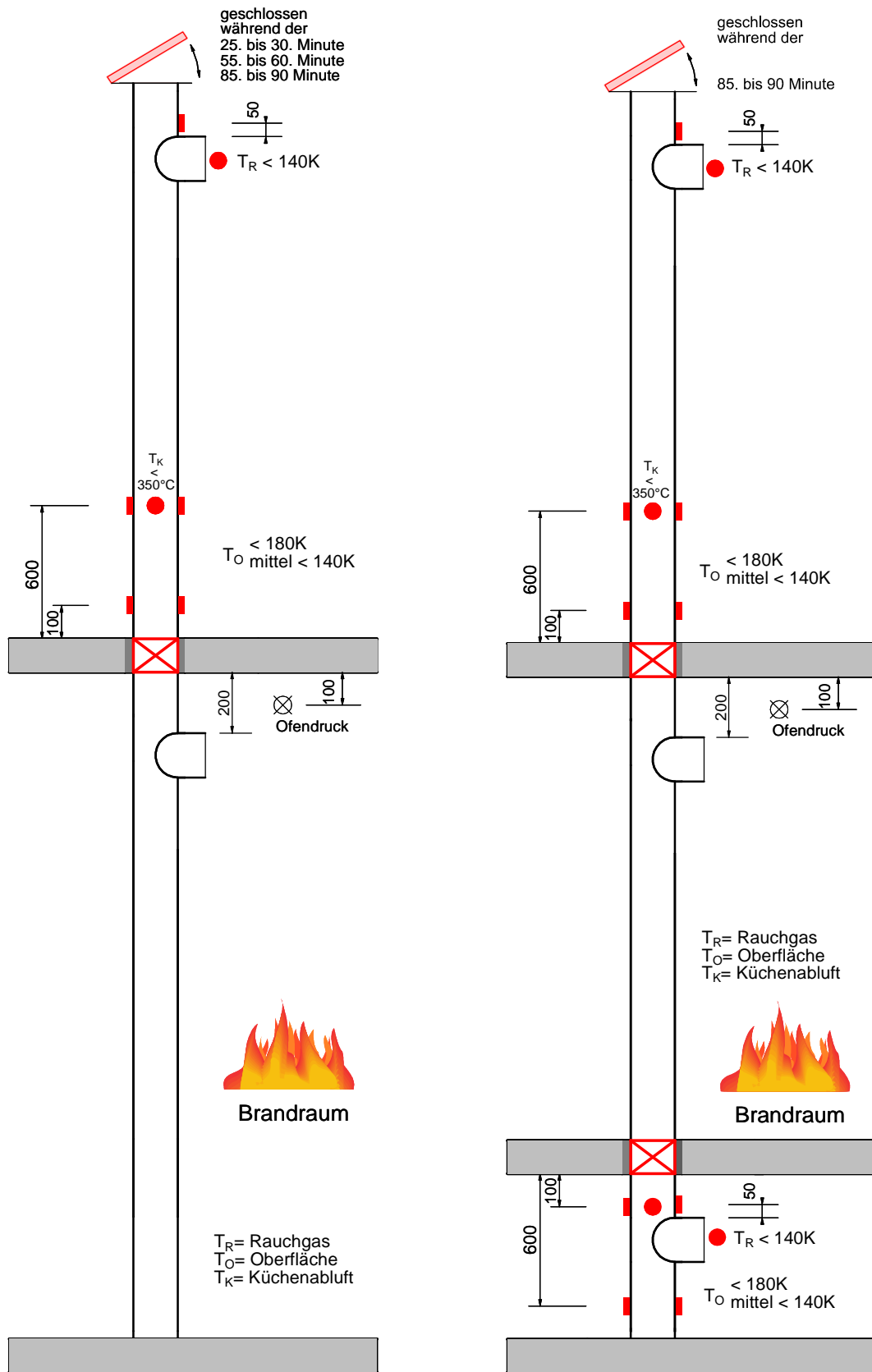


Zweigeschossiger Versuchsaufbau mit selbstständiger Lüftungsleitung nach ZulaRi



Dreigeschossiger Versuchsaufbau mit selbstständiger Lüftungsleitung nach ZulaRi und Abstimmung mit DIBt

Abbildung 23: Versuchsaufbau - Selbstständige Lüftungsleitung



Zweigeschossiger Versuchsaufbau mit Absperrvorrichtung in der Decke nach ZulaRi

Dreigeschossiger Versuchsaufbau mit Absperrvorrichtung in der Decke nach ZulaRi und Abstimmung mit DIBt

Abbildung 24: Versuchsaufbau - Lüftungsleitung mit Absperrvorrichtung in Decke

Die vor beschriebenen Situationen der Abbildung 22 bis Abbildung 24 regeln die Anwendungsfälle für Zentralentlüftungsanlagen.

Die nachfolgend beschriebenen Situationen der Abbildung 25 und Abbildung 26 regeln die Anwendungsfälle für Einzelentlüftungsanlagen. Für den dreigeschossigen Brandversuch wurde mit dem DIBt abgestimmt, dass die Einzellüfter im Untergeschoss und Mittelgeschoss mit Versuchsbeginn in Betrieb sind.

Die Abbildung 25 zeigt die zweigeschossige Versuchsanordnung für Absperrvorrichtungen im Verbund mit Einzellüftungsgeräten in/an Schachtwänden entsprechend der ZulaRi. Bei Einhaltung eines Höhenversatzes von  $\geq 300$  mm zwischen Ausgang Einzellüfter und Anschluss Hauptleitung besteht die Absperrvorrichtung lediglich aus einer Rückschlagklappe aus brennbaren Baustoffen (dies ist i.d.R. eine Kaltrauchsperr) im Einzellüftungsgerät; eine zusätzlich Brandschutzklappe ist bei dieser Ausführung nicht notwendig.

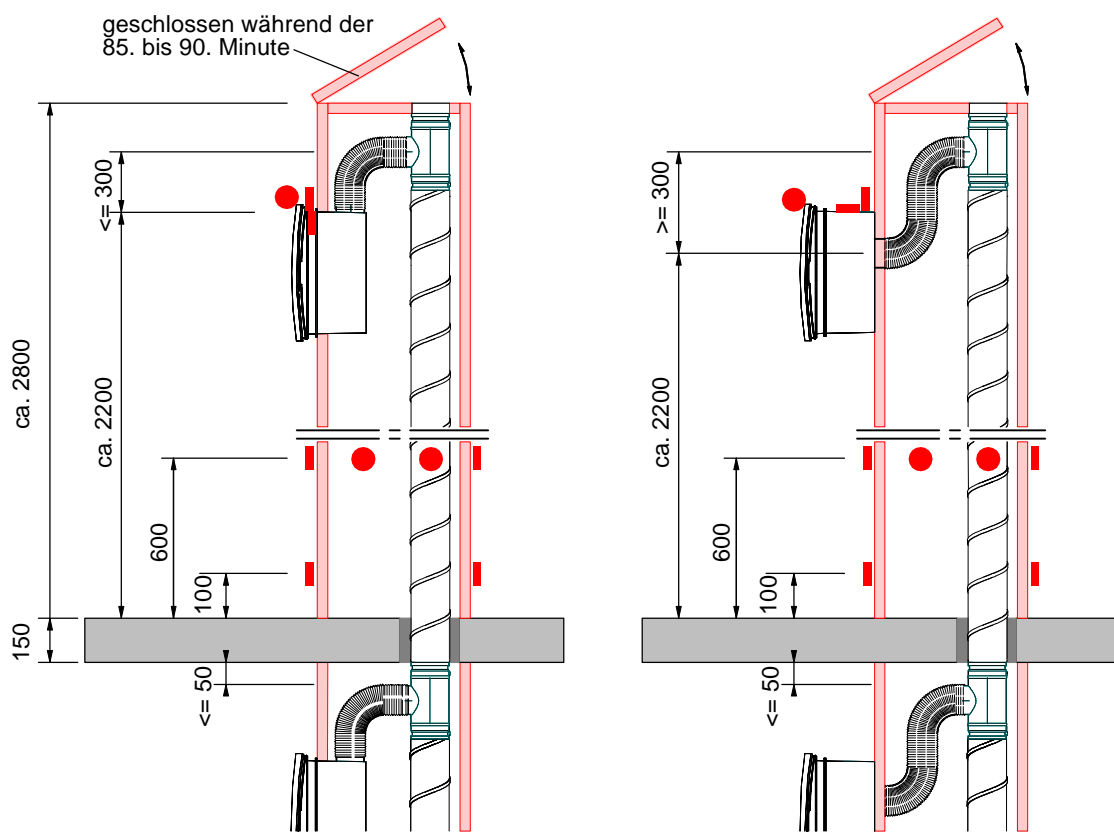


Abbildung 25: Lüftungsleitung mit Einzellüftungsgeräten in/an Schachtwänden<sup>7</sup> (Bild 3; [32])

Die Hauptleitung besteht aus einem Stahlblechwickelfalzrohr. Die Anschlussleitungen an das Einzellüftungsgerät dürfen aus flexiblem Aluminiumrohr ausgeführt werden. Die Zulassungsrichtlinien fordern den Aufbau der Schächte aus Brandschutzbauplatten Promatect LS<sup>®</sup> mit einer Dicke von 35 mm. Außerhalb des Schachtes liegende Anschlussleitungen müssen aus Stahlblech bestehen; die Absperrvorrichtungen dürfen nicht weiter als 6 m von dem Schacht entfernt sein.

<sup>7</sup> Die Zeichnung zeigt den nicht praxisgerechten zweigeschossigen Aufbau

Die Abbildung 26 zeigt die zweigeschossige Versuchsanordnung für Absperrvorrichtungen im Verbund mit Einzellüftungsgeräten außerhalb von Schachtwänden entsprechend der ZulaRi. In der Darstellung ist der Höhenversatz  $<300$  mm, so dass zusätzlich zu der Rückschlagklappe eine Absperrvorrichtung als Brandschutzklappe erforderlich ist.

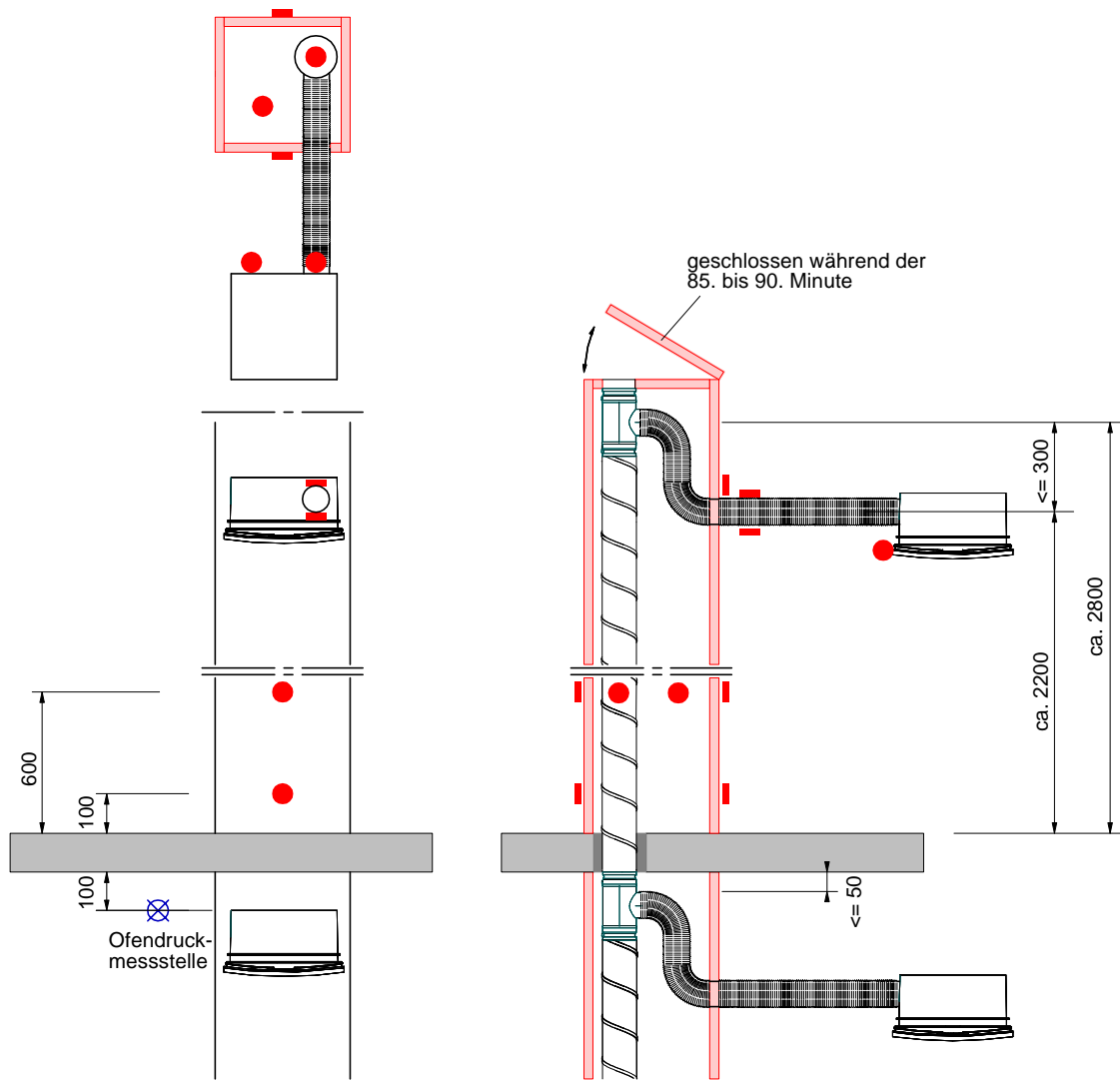


Abbildung 26: Lüftungsleitung mit Einzellüftungsgeräten in/an Schachtwänden<sup>8</sup> (Bild 4; [32])

Es gelten dieselben Festlegungen entsprechend der Ausführung aus Abbildung 25.

<sup>8</sup> Die Zeichnung zeigt den nicht praxiserhellen zweigeschossigen Aufbau

Die Zulassungsrichtlinien fordern die Untersuchung der Auslöseeinrichtung der Absperrvorrichtungen. Hierbei sind das Fehlauslöseverhalten sowie das Auslöseverhalten zu überprüfen.

### ***Fehlauslöseverhalten***

Entsprechend der ZulaRi [32] ist das Fehlauslöseverhalten der temperaturgesteuerten Auslöseeinrichtungen bei 65°C während mindestens einer Stunde bei der kleinsten und größten Baugröße zu untersuchen. Die Probekörper dürfen während dieser Zeit nicht auslösen.

### ***Auslöseverhalten***

Das Auslöseverhalten ist entgegen den Zulassungsrichtlinien [32] mit einer festgelegten Prüfeinrichtung [34] zu untersuchen. Hierfür sind die Probekörper mit 160°C heißer Luft mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/s [35] zu durchströmen. Die Probekörper müssen innerhalb von 10 Minuten geschlossen sein, dabei müssen alle brandschutztechnischen Absperrlemente der Absperrvorrichtung bis auf die Intumeszenzmaterialien innerhalb von 10 Minuten ihre vorgesehene Endlage erreicht haben.

Zusätzlich müssen die Auslöseeinrichtungen für Zentralentlüftungsanlagen bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 6 m/s (in der vorgesehenen Strömungsrichtung) schließen und bei einem Über- und Unterdruck von 300 Pa geschlossen bleiben. – Dieser Nachweis wurde in den letzten Jahren durch das DIBt für das Erstellen oder Verlängern einer abZ nicht mehr gefordert.

### **2.3.3 Nationale Prüfung Brandschutzklappen mit Zulassungsrichtlinien**

Die Zulassungsrichtlinien für Brandschutzklappen (BSK) [36] fordern, dass die Brandschutzklappen alleine oder in Verbindung mit anderen Bauteilen von Lüftungsleitungen den Feuerwiderstand gewährleisten müssen.

Der Vereinfachung halber wird nachfolgend nur der Einbau innerhalb der Wand erläutert; für die Einbausituationen in der Decke, auf der Wand / Decke und außerhalb der Wand / Decke gelten die gleichen Rahmenbedingungen.

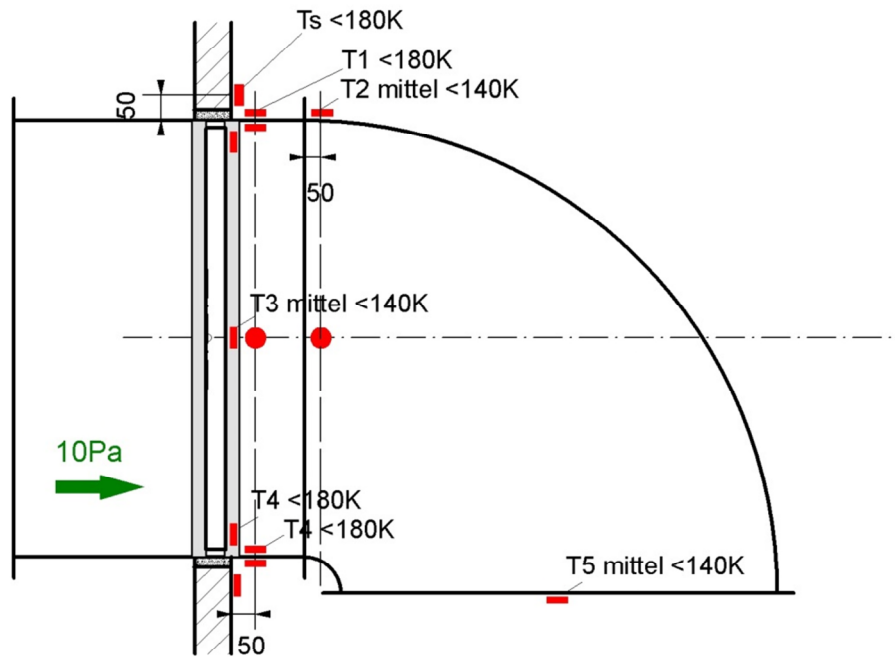
Der Versuchsaufbau und die Auswertung erfolgen nach den Zulassungsrichtlinien und DIN 4102-6.

Der Einbau der Brandschutzklappe erfolgt innerhalb einer 100 mm dicken Porenbetonstein-Wand, bzw. in der Art Wand, für die die bauaufsichtliche Zulassung beantragt wird. An die Brandschutzklappe wird ein Krümmer (90°-Bogenstück) als weiterführender Kanal angebaut, der nach unten zu richten ist. Die Temperatur-Messstellen sind stets in einem Abstand von 50 mm von einer Geometrieänderung, bzw. der äußeren Bauteilabmessung anzubringen.

Der Brandversuch wird mit einem Überdruck von 10 Pa im Brandraum durchgeführt.

Von jeder Absperrvorrichtungen sind zwei Probekörper einem Brandversuch zu unterziehen; hierbei wird jede Absperrvorrichtung nur einmal beflammt, jedoch von unterschiedlichen Seiten.

Die Abbildung 27 zeigt den Versuchsaufbau mit den zugehörigen Messstellen.



Ts, T1-T5  
Bezeichnung nach DIN 4102-6

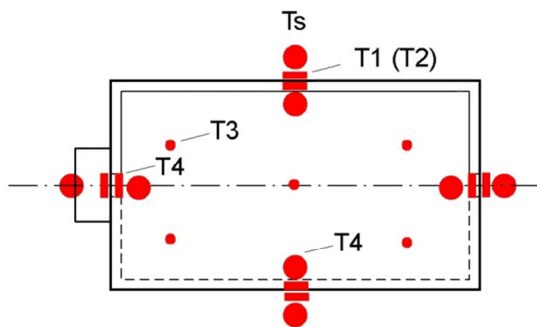


Abbildung 27: Prüfung Absperrvorrichtung nach DIN 4102-6

Für die Bewertung der Absperrvorrichtung K90 für Anschluss von Leitungen aus Baustoffen der Klasse A sind die Temperaturmessstellen TS, T1, T2 und T5 für die Bewertung heranzuziehen; die Temperaturmessstellen T3 und T4 gelten für die Bewertung K90 mit keinem oder mit beliebigem Leitungsanschluss (d.h. aus brennbaren Baustoffen).

Eine Bewertung der Leckage während des Brandversuchs der Absperrvorrichtung erfolgt ausschließlich über die Temperaturmessstellen (T5).

### **Prüfung der Dichtheit**

Die Prüfung der Dichtheit (Leckage) der Absperrvorrichtung erfolgt nach DIN 4102-6 [29] und den Zulassungsrichtlinien für Brandschutzklappen [36].

Die Prüfung erfolgt nur bei Umgebungstemperatur im Zuge des Dauerfunktionstests. Ein Anschlussquerschnitt sowie das Klappenblatt werden geschlossen und ein Überdruck von 200 Pa in planmäßiger Strömungsrichtung (40 Pa bei entgegengesetzter Richtung) ist zu erzeugen. Ein



Grenzwert von 10 m<sup>3</sup>/h je laufenden Meter Umfang des kleinsten lichten Querschnittes des Gehäuses in der Ebene der geschlossenen Absperrvorrichtung darf nicht überschritten werden.

### **Prüfung der Auslöseeinrichtung**

Die Prüfung der Auslöseeinrichtung erfolgt nach den Prüfgrundsätzen für temperaturgesteuerte Auslöseeinrichtungen (ISO 10294-4) und für Rauchauslöseeinrichtungen entsprechend der Zulassungsrichtlinien für Rauchauslöseeinrichtungen von Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen.

Auslöseeinrichtungen für höhere Betriebstemperaturen als 65°C (Verwendung für Warmluftheizungen) müssen spätestens bei 140°C auslösen. Die Temperatur beginnt bei 25°C und steigt gleichmäßig pro Minute um 20 K an. Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt 1m/s. Bei 90°C darf die Auslöseeinrichtung während 8 h nicht auslösen während sie mit der im Betriebszustand auftretenden Kraft zu belasten ist.

### **2.3.4 Europäische Prüfung Brandschutzklappen**

Die Prüfung nach europäischer Norm DIN EN 1366-2 [31] stellt heute den Standard für die Untersuchung des Feuerwiderstands von Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen dar. Der Vereinfachung halber wird nachfolgend nur der Einbau innerhalb der Wand erläutert; für die Einbausituationen in der Decke, auf der Wand / Decke und außerhalb der Wand / Decke gelten die gleichen Rahmenbedingungen.

Der Versuchsaufbau erfolgt nach der europäischen Norm für Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen Teil 2: Brandschutzklappen. Der Einbau der Brandschutzklappe erfolgt in eine Tragkonstruktion mit einem höheren Feuerwiderstand der Brandschutzklappe, bzw. in der Art Wand, für die die bauaufsichtliche Zulassung beantragt wird. An die Brandschutzklappe ist eine Anschlussleitung als weiterführender Kanal anzubauen. Mit Versuchsbeginn erfolgt die Durchströmung der Brandschutzklappe mit 0,15 m/s; mit Schließen des Klappenblatts ist ein Unterdruck von 300 Pa (oder falls gewünscht höher) im weiterführenden Kanal einzustellen. Die Temperatur-Messstellen sind im Gegensatz zu nationalen Prüfung (vgl. Abschnitt 2.3.2) in einem Abstand von 25 mm von einer Geometrieänderung, bzw. der äußeren Bauteilabmessung anzubringen.

Der Brandversuch wird mit einem Überdruck von 15 Pa im Brandraum durchgeführt.

Die Brandprüfung erfolgt an der größten Baugröße der Brandschutzklappe. Bei symmetrischen Brandschutzklappen ist ein Probekörper einem Brandversuch zu unterziehen, bei asymmetrischen Brandschutzklappen sind zwei Probekörper, jedoch von unterschiedlichen Seiten einem Brandversuch zu unterziehen.

Die Abbildung 28 zeigt den Versuchsaufbau mit den zugehörigen Messstellen.

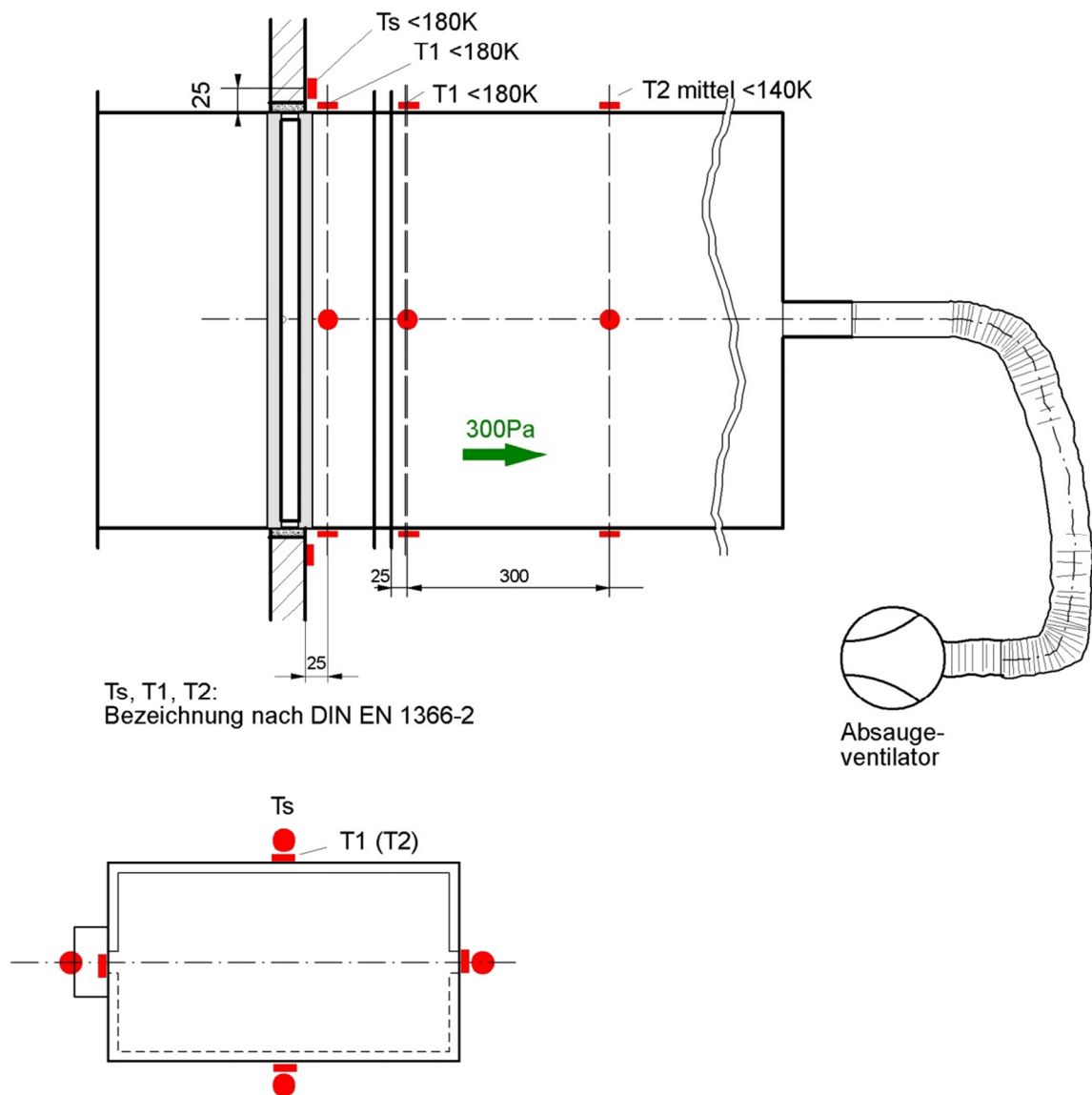


Abbildung 28: Prüfung Absperrvorrichtung nach DIN EN 1366-2

Für die Bewertung der Absperrvorrichtung EI90 mit Leitungsanschluss sind die Temperaturmessstellen TS, T1 und T2 sowie bei Bedarf ein bewegliches Thermoelement für die Bewertung heranzuziehen. Die europäische Norm geht stets von einem Luftleitungsanschluss aus nichtbrennbaren Baustoffen aus, d.h. sie berücksichtigt nicht eine beliebige (brennbare) oder keine Anschlussleitung.

Die Leckrate als Bewertung des Raumabschlusses durch die Brandschutzklappe darf einen Grenzwert von  $360 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  – bezogen auf die Dichte der Luft bei  $20^\circ\text{C}$  – nicht überschreiten.

### **Prüfung der Dichtheit gegen Rauchübertragung**

Die Prüfung der Dichtheit (Leckage) der Absperrvorrichtung erfolgt entsprechend der europäischen Normung. Für die Bewertung ist die größte und die kleinste Baugröße zu untersuchen.

Die Bewertung der Dichtheit erfolgt im Kaltzustand. Die Leckrate durch die Brandschutzklappe darf einen Grenzwert von  $200 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  – bezogen auf die Dichte der Luft bei  $20^\circ\text{C}$  – nicht überschreiten.

### **Prüfung der Auslöseeinrichtung**

Die Prüfung der Auslöseeinrichtung erfolgt nach den Prüfgrundsätzen für temperaturgesteuerte Auslöseeinrichtungen (ISO 10294-4) und für Rauchauslöseeinrichtungen entsprechend der Zulassungsrichtlinien für Rauchauslöseeinrichtungen von Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen.

Auslöseeinrichtungen für höhere Betriebstemperaturen als 65°C (Verwendung für Warmluftheizungen) müssen spätestens bei 140°C auslösen. Die Temperatur beginnt bei 25°C und steigt gleichmäßig pro Minute um 20 K an. Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt 1 m/s. Bei 90°C darf die Auslöseeinrichtung während 8 h nicht auslösen während sie mit der im Betriebszustand auftretenden Kraft zu belasten ist.

### **2.3.5 Zusammenfassende Matrix der Prüfverfahren**

In der nachfolgend dargestellten Matrix werden die Bewertungskriterien der unterschiedlichen Prüfverfahren gegenübergestellt und kommentiert.

Als entscheidender Unterschied zu den einzelnen Prüfverfahren ist hervorzuheben, dass bei der Prüfung nach DIN EN 1366-2 mit Unterdruck im Brandversuch geprüft wird, während nach den nationalen Prüfverfahren im Brandversuch lediglich Rauchaustritt durch die Prüfstelle durch visuelle Betrachtung bestimmt wird; hierbei handelt es sich um eine rein subjektive Feststellung.

Aufgrund der mehrgeschossigen Versuchsdurchführung für Absperrvorrichtungen nach 18017 ist hier festzuhalten, dass das gesamte System geprüft wird. Grundlegend ist anzumerken, dass die Prüfung aufgrund der Anordnung der Temperaturmessstellen (100 mm und 600 mm) nur Aussagen auf die Wirksamkeit der Absperrvorrichtung auf die Lüftungsleitung zulässt, nicht aber auf die Temperaturen, die an der Absperrvorrichtung entstehen (vgl. Abschnitt 2.3.3 und 2.3.4).

Die Untersuchung der Brandschutzklappen nach nationaler Norm (insbesondere bezüglich der Bewertung mit beliebigem oder ohne Leitungsanschluss) bewertet das Produkt. Die Untersuchung nach europäischer Norm hingegen bewertet ebenfalls nur das Produkt, wieder allerdings mit angeschlossener Stahlblechleitung – entsprechend der Praxis am Bau.

In der Matrix sind die Vorgaben der Zulassungsrichtlinien 18017-3 [32] für die Größe der Hauptleitung (350 cm<sup>2</sup> bis zu 1000 cm<sup>2</sup>). Dem gegenüberzustellen ist die maximal zulässige Größe der Absperrvorrichtungen nach DIN EN 1366-2 von 1.500 \* 800 mm.

Tabelle 4: Matrix Prüfverfahren

Anforderungen		Prüfverfahren			Kommentar	
		DIN 4102-6 ZuLaRi 18017-3	DIN 4102-6 ZuLaRi BSK	DIN EN 1366-2 ZuLaRi BSK		
Beschädigung bei der Prüfung der Schließvorrichtung	Abschnitt	ZuLaRi 4.3	(DIN 6.2.1) ZuLaRi 4.4	DIN EN 10.2		
		Öffnen/Schließen 50 Zyklen	Öffnen/Schließen 50 Zyklen mit Lüftungstechn. Funktion 10.000 Zyklen	Öffnen/Schließen 50 Zyklen mit Lüftungstechn. Funktion 10.000 Zyklen		
Auslöseinrichtung	Abschnitt	ZuLaRi 4.4	ZuLaRi 3.3	ZuLaRi 3.3	Warmluftheizung ist hier nicht dargestellt	
		1h bei 65°C 10 min bei Durchströmung 160°C mit 2 m/s Schließen bei 6 m/s und ge- schlossen bei 300 Pa	ISO 10294-4 und ZuLaRi für Rauchauslöse- einrichtungen	ISO 10294-4 und ZuLaRi für Rauchauslöse- einrichtungen		
Dichtheit der Absperrvorrichtung	Abschnitt		(DIN 6.2.2) ZuLaRi 4.5	DIN EN 10.1, 10.3 und 11		
		Entfällt, da freie Abströmung nach oben	200 Pa Ü-druck Grenzwert 10 m³/h je lfm	300 Pa U-druck Grenzwert 200 m³/(hxm²) bei Umgebung 360 m³/(hxm²) bei Brandprüfung		
Dichtheit des Systems	Abschnitt	ZuLaRi 3 und 4.5.2	(DIN 6.2.3) ZuLaRi 4.6.1	DIN EN 10.1		
		Schließen der Klappe in 85.- 90.min Beobachtung ob Rauchaustritt	Krümmen 90° Beobachtung ob Rauchaustritt	Kanalleckage bei 300 Pa wird von Klappenleckage abgezogen		
Temperaturerhöhung	Abschnitt	DIN 6.1.3 und ZuLaRi 3	(DIN 6.1.3) ZuLaRi 4.6.1	DIN EN 1363-1		
	Ts	<180 K	<180 K	<180 K		Lage nach DIN bei 50 mm, Lage nach EN bei 25 mm
	T1, T2	100 mm <180K 600 mm <180K 100 mm <sup>Mittel</sup> <140 K 600 mm <sup>Mittel</sup> <140 K Gasaustritt<140K	T1 und T2 <180K T2 <sup>Mittel</sup> <140K	T1 und T2 <180K T2 <sup>Mittel</sup> <140K		T1 Lage nach DIN bei 50 mm, T2 Lage nach DIN bei ½ L T1 Lage nach EN bei 25 mm, T2 Lage nach EN bei 325 mm auf Klappe und Kanal
	T3-T5	-	T3, T4 <180K T3 <sup>Mittel</sup> <140K T4 <sup>Mittel</sup> <140K T5 <sup>Mittel</sup> <140K	-		
Temperaturerhöhung Hauptleitung	Abschnitt	ZuLaRi 3	ZuLaRi Prüfanordnung		Bei 18017-3 für Anschluss von nicht gewerblicher Küchenabluft	
		600 mm<350°C	T5 <sup>Mittel</sup> <140K	-		

## 2.4 Lüftungsanlagen-Richtlinie

Nach H. G. Klingelhöfer [37] wurde in den 80er Jahren mit der Ausarbeitung der Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen begonnen. Dieses Regelwerk sollte für alle Typen von Lüftungsanlagen gelten und Grundlagen für die Planung schaffen. Es hatte sich herausgestellt, dass mit der Entwicklung der Lüftungstechnik die Belange des Brandschutzes nicht ausreichend in die Planungen einfließen. Die Planungsbüros waren mit der Aufgabe überfordert, zumal generell keine allgemeinen Erfahrungen vorlagen und vorhandenes Wissen nicht ausreichenden übermittelt wurde. Aufgrund von baulichen Schäden sowie einiger Todesfälle bei Bränden musste reagiert werden. Die alleinige Formulierung in den Bauordnungen, dass Feuer und Rauch nicht übertragen werden dürfen, reichte nicht aus. Mit Einführung des Regelwerks reduzierten sich die Schadensereignisse, so dass ein ausreichendes Sicherheitsniveau vermittelt wurde.

Mit Novellierungen der Bauordnung wurde ebenfalls eine Novellierung der Lüftungsanlagen-Richtlinie erforderlich. Es konnten neue Erkenntnisse in die Richtlinie einfließen, teilweise sogar Erleichterungen ohne das Sicherheitsniveau zu reduzieren. Zudem erfolgten genauere Formulierungen, um die unter Planern entstandenen Fehlinterpretationen auszuschließen (Seite 1; [37]).

Bezüglich der Anforderungen an Entlüftungsanlagen für innenliegende Bäder enthielt die Lüftungsanlagen-Richtlinie Fassung 1984 kein eigenes Kapitel für diese Anlagenart, sondern lediglich Anmerkungen zu den schematischen Darstellungen sowie eigene Darstellungen mit Erläuterungen. Diese Fassung enthielt eine Vielzahl detaillierter Bilder, die in der Nachfolgerfassung reduziert wurden, um nach Klingelhöfer (Seite 17; [37]) eine bessere Übersichtlichkeit zu gewähren. Letztendlich führt diese Reduzierung jedoch zu Interpretationsspielräumen und somit zu einer falschen Ausführung der Anlagen.

Einzelentlüftungsgeräte mit gemeinsamer Hauptleitung sind in der Fassung von 1984 noch nicht enthalten, da sich diese erst in der Entwicklungsphase befanden.

Die Bilder 8, 9, 10 und 11 entsprechend Abbildung 29 und Abbildung 30 der Lüftungsanlagen-Richtlinie stellen Lüftungsanlagen mit gemeinsamen Hauptleitungen und Abluftleitungen mit Absperrvorrichtungen dar, jeweils mit Lüftungszentrale unten (Keller) und Lüftungszentrale oben (Dachraum). Bei den Bildern 8 und 9 entsprechend Abbildung 29 sitzt die Absperrvorrichtung in der Geschoßdecke, die Absperrvorrichtungen sind vertikal durchströmt, und bei den Bildern 9 und 10 entsprechend Abbildung 30 sitzt die Absperrvorrichtungen in einem feuerwiderstandsfähigem Schacht, die Absperrvorrichtungen sind horizontal durchströmt. Die Lüftungsanlagen-Richtlinie enthält für die Bilder entsprechend Abbildung 29 und Abbildung 30 folgende Anmerkungen mit zusätzlichen nicht zitierten Vorgaben bezüglich der Querschnitte:

*Für Entlüftungsanlagen nach DIN 18017 Teil 3 können Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017 verwendet werden, wenn diese Leitungen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen ... (Bild 8, 9, 10 und 11; [17])*

Systematisch verweisen diese Darstellungen auf die DIN 18017-3, jedoch entspricht diese Darstellung nicht den Anforderungen der Norm. Entgegen den Vorgaben aus der Norm erfolgt die Ablufführung nicht in einem Strang über Dach, sondern wird seitlich über die Fassade abgeleitet. Hier bietet die Fassung Interpretationsspielraum, der unter Nichtbeachtung der DIN und der Prüfbescheide zu fehlerhafter Planung und Ausführung führt.

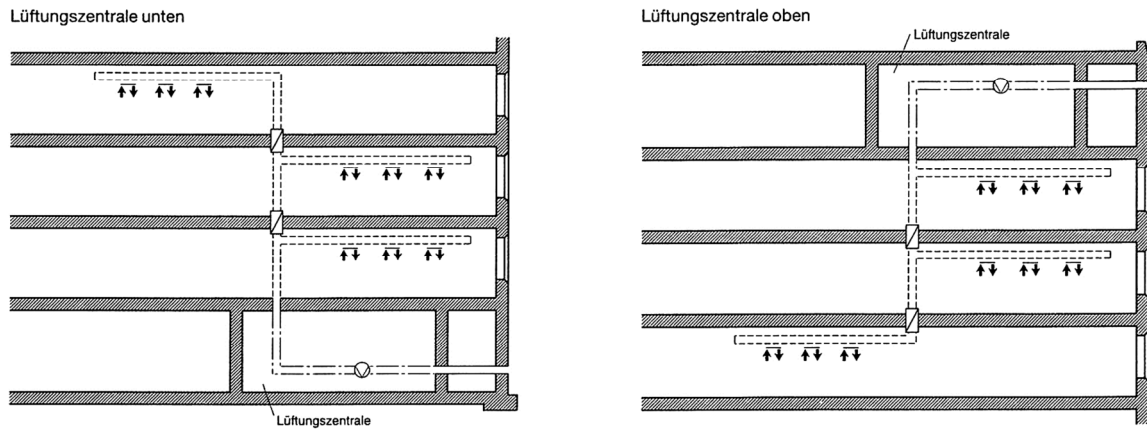


Abbildung 29: Bild 8 und 9. LüAR Fassung 1984; Absperrvorrichtung vertikal durchströmt; [17]

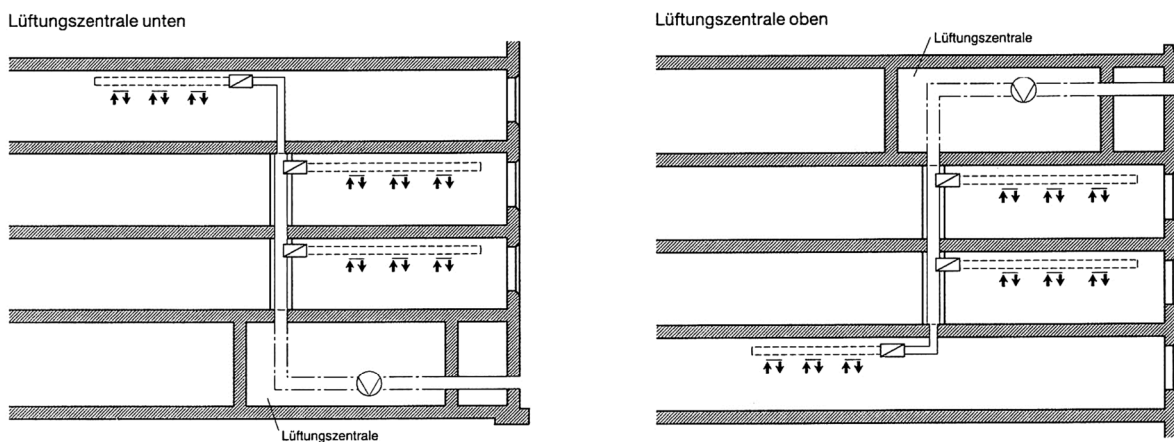


Abbildung 30: Bild 10 und 11. LüAR Fassung 1984; Absperrvorrichtung horizontal durchströmt; [17]

Die Darstellung des Bild 19 der Lüftungsanlagen-Richtlinie entsprechend Abbildung 31 mit Einzelentlüftungsanlagen mit seitlicher Abführung der Abluft, also innerhalb desselben Geschosses ohne Überbrückung von Wänden mit Brandschutzanforderung, ist der DIN 18017-3 in der Erstfassung von 1970 entnommen. Die Darstellung ist jedoch entgegen der DIN detaillierter und geht auf die Baustoffklasse der Lüftungsleitung ein. Die durchgezogene Linie stellt eine Leitung ohne Feuerwiderstand, jedoch nichtbrennbar dar; die gestrichelte Linie stellt eine Leitung ohne Feuerwiderstand, jedoch mindestens normalentflammbar (B2) dar. In der Anmerkung erfolgt hier ein Verweis auf DIN 18017-3.

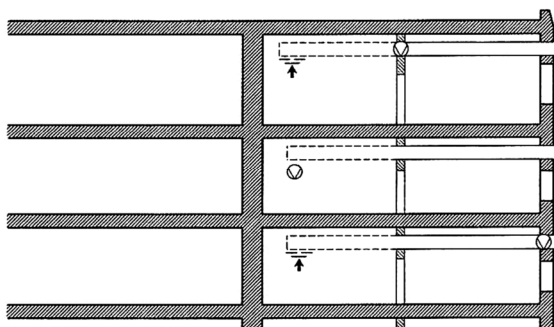


Abbildung 31: Bild 19. LüAR Fassung 1984; Einzelentlüftungsanlagen mit seitl. Abführung; [17]

Die nachfolgenden Bilder wurden ebenfalls der Erstfassung der DIN 18017-3 entnommen; in der Neufassung der Lüftungsanlagen-Richtlinie (2005) werden diese Systeme jedoch nicht mehr berücksichtigt, da sie sehr aufwendig sind und durch praktikablere Neuentwicklungen ersetzt wurden.

Die Abbildung 32 stellt eine Entlüftungsanlage mit getrennten Hauptleitungen ( $A_H$ ) mit Feuerwiderstand und zentraler Zusammenführung in einem Sammelkasten über Dach dar. Im Bildtext wird ausdrücklich auf die DIN 18017-3 verwiesen. Entgegen der Darstellung aus der DIN 18017-3 von 1970 [1] ist für den Sammelkasten eine Maximallänge von 2,5 m angegeben. Zusätzlich geht sie auf den Feuerwiderstand der Lüftungsleitung ein; die durchgezogene Linie stellt eine Leitung mit Feuerwiderstand; die gestrichelte Linie stellt eine Leitung ohne Feuerwiderstand dar; hierbei ist zu beachten, dass die zeichnerische Darstellung und Bedeutung unterschiedlich zu den Darstellungen aus Bild 19 entsprechend Abbildung 31 sind.

Für die Leitungsquerschnitte und die Verhältnisse zueinander sind folgende Regelungen aufgestellt:

- $A_V$  sowie  $A_F$   $\geq 0,5 \sum A_H$
- $A_V$  sowie  $A_F$   $\geq 1,5 \max. A_H$
- $A_S$   $\geq \sum A_H$

Hierbei sind:

- $A_H$ : lichter Querschnitt, Leitung mit Feuerwiderstand
- $A_V$ : lichter freier Durchgangsquerschnitt des Ventilators
- $A_F$ : lichter freier Querschnitt der Fortluftleitung
- $A_S$ : lichter Querschnitt des Sammelkastens
- $A_N$ : lichter Querschnitt Nebenleitung

Aufgrund der Querschnittsverhältnisse der Leitungen wurde unterstellt, dass im Brandfall ein Raucheintritt in angrenzende Geschosse durch Rückströmen über den Sammelkasten nicht erfolgt.

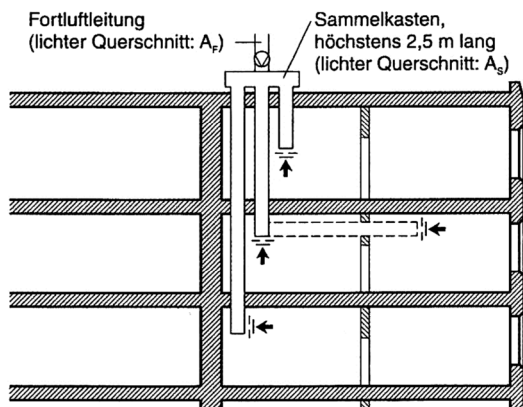


Abbildung 32: Bild 20. LüAR Fassung 1984; Zentralentlüftungsanlagen mit getrennten Hauptleitungen; [17]

Die Abbildung 33 stellt eine Zentralentlüftungsanlage mit einer gemeinsamen Hauptleitung ( $A_H$ ) und Nebenleitungen ( $A_N$ ) mit Feuerwiderstand, das sogenannte Shunt-System dar. Im Bildtext wird ausdrücklich auf die DIN 18017-3 verwiesen. Diese Darstellung entspricht weitestgehend der Darstellung aus der Norm von 1970 [1], Zusätzlich geht sie auf den Feuerwiderstand der Lüftungsleitung ein; die durchgezogene Linie stellt eine Leitung mit Feuerwiderstand; die gestrichelte Linie stellt eine Leitung ohne Feuerwiderstand dar; hierbei ist jedoch zu beachten, dass die

Darstellung in der Richtlinie mit dem Textteil irrtümlich vertauscht wurden. Für die Nebenschächte ist eine Mindestlänge von 2,2 m vorgegeben.

Für die Leitungsquerschnitte sind die folgenden Rahmenbedingungen aufgestellt:

- $A_V \geq 0,5 A_H$
- $A_V \geq \max. A_N$
- $A_H \geq 1,5 \max. A_N$

Bedingt durch die Druckverhältnisse in diesem System konnte davon ausgegangen werden, dass kein Raucheintrag über den Nebenschacht mit vorgegebener Mindestlänge in den darüber oder darunter liegenden Brandabschnitt erfolgt. Der thermische Auftrieb sowie der hydrostatische Druck sorgen für einen Unterdruck in der Haupt- und Nebenleitung. Bei Ausfall des Ventilators muss jedoch beachtet werden, dass eine ausreichende Überströmung des Laufrads gewährleistet ist. Diese Anforderung an den Ventilator findet sich jedoch weder in der Richtlinie noch in der Norm. Bei Austausch des Ventilators ergibt sich heute noch ein weiteres Problem, da aufgrund energetischer Anforderungen Ventilatoren mit Verschlussklappe eingebaut werden. Es handelt sich bei den Ventilatoren meist um Geräte mit selbsttätiger Verschlussklappe, d.h. diese wird durch den Druck des Ventilators geöffnet. Die Verschlussklappe ist also nur offen, wenn der Ventilator in Betrieb ist. Im Regelfall öffnet diese unter Unterdruck bei saugseitig montierter Verschlussklappe, bzw. im Überdruck bei ausblasseitiger montierter Verschlussklappe. Fällt jedoch der Ventilator aus, schließt auch die Klappe; somit ist ein freies Abströmen nicht mehr möglich. Durch den Verschluss der Hauptleitung bildet sich aufgrund der Thermik in der Leitung ein Überdruck gegenüber der angeschlossenen Nutzungseinheit aus und die Gefahr der Rauchübertragung besteht.

Auch dieses System findet in den Novellierungen der Lüftungsanlagen-Richtlinie keine weitere Verwendung, da die Ausführung nicht mehr gebaut wurde.

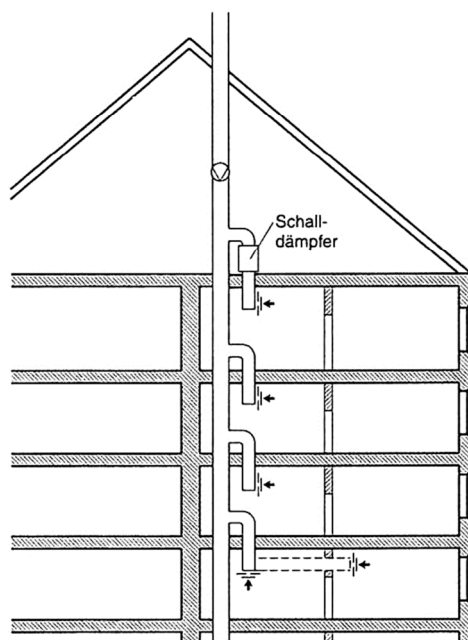


Abbildung 33: Bild 21. LüAR Fassung 1984; Zentrallüftungsanlagen mit einer Hauptleitung; [17]



Im Jahre 2005 wurde die bauaufsichtliche Richtlinie über die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen aus dem Jahre 1984 [17] durch die Neufassung als Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie (M-LüAR) [38] ersetzt. Diese Richtlinie wurde in den einzelnen Bundesländern als technische Baubestimmung nach und nach – teils mit Ergänzungen - rechtskräftig eingeführt.

Die M-LüAR sieht für Lüftungsanlagen für innenliegende Bäder nach DIN 18017-3 einen eigenen Abschnitt (Abschnitt 7) vor. Dieser Abschnitt regelt die besonderen Bestimmungen für die Lüftungsanlagen innenliegender Bäder entsprechend dem Stand 1990. Folgende Punkte werden - allgemein wiedergegeben - geregelt:

- Zulässigkeit der Verwendung von Absperrvorrichtungen der Feuerwiderstandsklasse K30/K60/K90-18017;
- Vertikale feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und eine entsprechende Feuerwiderstandsklasse besitzen;
- Schächte für Lüftungsleitungen müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und eine entsprechende Feuerwiderstandsklasse besitzen;
- Hauptleitungen im Inneren der Schächte und Anschlussleitungen müssen aus Stahlblech bestehen;
- Die Anschlussleitungen zwischen Schacht und außerhalb des Schachtes angeordneten Absperrvorrichtungen dürfen nicht länger als 6 m sein;
- Anschlussleitungen dürfen keine Brandabschnitte überbrücken;
- Maximaler Querschnitt der Absperrvorrichtung ist auf 350 cm<sup>2</sup> begrenzt;
- Maximaler Querschnitt der Hauptleitungen ist auf 1000 cm<sup>2</sup> begrenzt;
- Zulässige Ausführung als feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitung oder als feuerwiderstandsfähiger Schacht; Installationen innerhalb der luftführenden Hauptleitung sind unzulässig (Bild 6.2.1 entsprechend Abbildung 34);
- Zulässige Ausführung in einem feuerwiderstandsfähigen Schacht bis 1000 cm<sup>2</sup>; Installationen innerhalb des Schachtes sind unzulässig (Bild 6.2.2 entsprechend Abbildung 34);
- Zulässige Ausführung mit Installationen in einem feuerwiderstandsfähigen Schacht bis 1000 cm<sup>2</sup> mit mind. 100 mm dicken Mörtelverguss in der Ebene der Geschoßdecke; weitere Installationen aus nichtbrennbaren Baustoffen und fachgerechter Abschottung (Bild 6.2.3 entsprechend Abbildung 34);
- Anschluss von Dunstabzugshauben, Kochnischen und Wohnungsküchen nur entsprechend den Bestimmungen der Verwend- und Anwendbarkeitsnachweise;
- Zulässigkeit der Verwendung von Absperrvorrichtungen der Feuerwiderstandsklasse K30/K60/K90-18017 auch in Zuluftleitungen.

Die Anforderungen sind in dem Bild 6.2 der M-LüAR entsprechend Abbildung 34 zusammengefasst. Die Änderungen der in den Ländern eingeführten M-LüAR (z.B. Bayern mit Änderung vom 01.Juli 2010) verweisen auf die aktuelle DIN 18017-3: 2009-09.

Die Richtlinie gibt die Anforderungen an die Lüftungsleitung und Schächte genau vor, jedoch geht sie nicht auf die Ausführung innerhalb des Gebäudes ein.

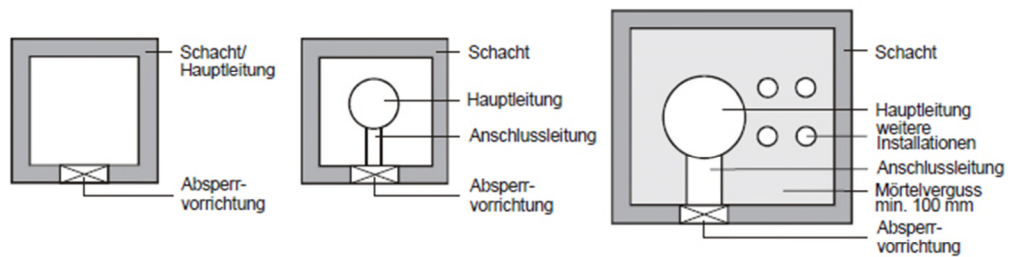


Bild 6.2.1

Bild 6.2.2

Bild 6.2.3

<b>Schacht:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F30/F60/F90 oder L30/L60/L90</li> <li>• Querschnitt maximal 1000 cm<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F30/F60/F90 oder L30/L60/L90</li> <li>• Querschnitt maximal 1000 cm<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F30/F60/F90 oder L30/L60/L90</li> <li>• Querschnitt beliebig, auch &gt; 1000 cm<sup>2</sup></li> <li>• Mörtelverguss des freien Schachtquerschnittes mindestens 100 mm dick</li> </ul>
<b>Hauptleitung:</b>	Schacht = Hauptleitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Querschnitt ohne Begrenzung, unter Beachtung des zulässigen Schachtquerschnittes,</li> <li>• Stahlblech</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Querschnitt maximal 1000 cm<sup>2</sup>,</li> <li>• Stahlblech</li> </ul>
<b>Absperrvorrichtung:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen,</li> <li>• Querschnitt maximal 350 cm<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen,</li> <li>• Querschnitt maximal 350 cm<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• brennbare Baustoffe auch für wesentliche Teile der Absperrvorrichtung zulässig,</li> <li>• Querschnitt maximal 350 cm<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Anschlussleitung:</b>	----	• aus nichtbrennbaren Baustoffen	• aus nichtbrennbaren Baustoffen
<b>Weitere Installationen</b>	• nicht zulässig	• nicht zulässig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nur aus nichtbrennbaren Baustoffen und</li> <li>• nur für nichtbrennbare Medien</li> </ul>

Abbildung 34: Bild 6.2. Schachtlösung für Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3: 1990-08; [38]

Die aktuelle Richtlinie gibt die Anforderungen an die Lüftungsleitung und Schächte genau vor, jedoch geht sie nicht auf die Ausführung innerhalb des Gebäudes ein. Sie beschreibt die Zulässigkeit in nur vertikalen Strängen, beschreibt aber nicht die Notwendigkeit der freien Abströmung über Dach. Diesbezüglich korrigiert sie nicht die irreführende Abbildung der Vorgängerversion. Bei Bild 1.1 entsprechend Abbildung 35 ist lediglich ein textlicher Verweis auf DIN 18017-3 und Abschnitt 7 der Richtlinie sowie die Zulassungsbescheide, die Abbildung zeigt aber nicht die notwendige Abströmung über Dach (ergänzter roter Pfeil – nicht in der Originalabbildung enthalten). In dieser Darstellung ist sicherlich auch ein Grund für die nicht fachgerechten Planungen zu sehen.

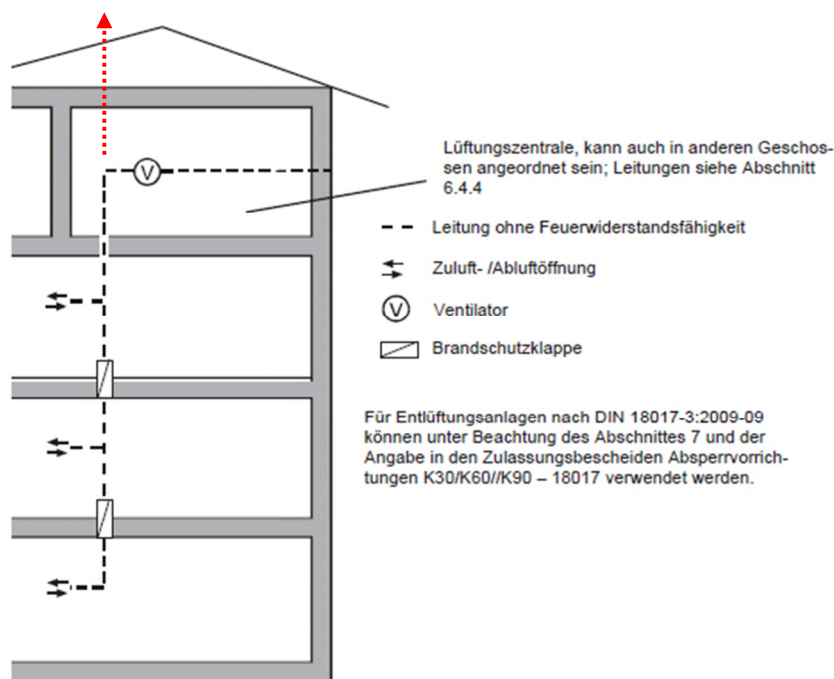


Abbildung 35: Bild 1.1. Schottlösung [38]

Abschnitt 7 der M-LüAR beschreibt nicht direkt die Zulässigkeit der Ausführung der Absperrvorrichtung in der Decke ohne feuerwiderstandsfähigen Schacht (Schottlösung), in den schematischen Darstellung gibt sie jedoch diese Ausführung in Bild 6.1 entsprechend Abbildung 36 wieder mit dem Verweis der maximal zulässigen Größe der Absperrvorrichtung mit 350 cm<sup>2</sup>.

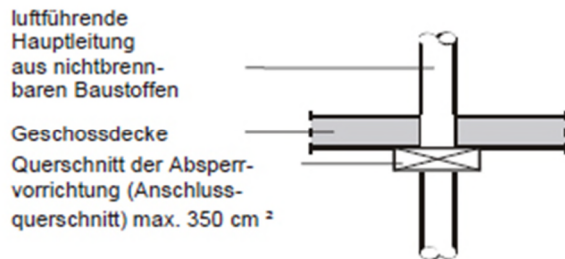
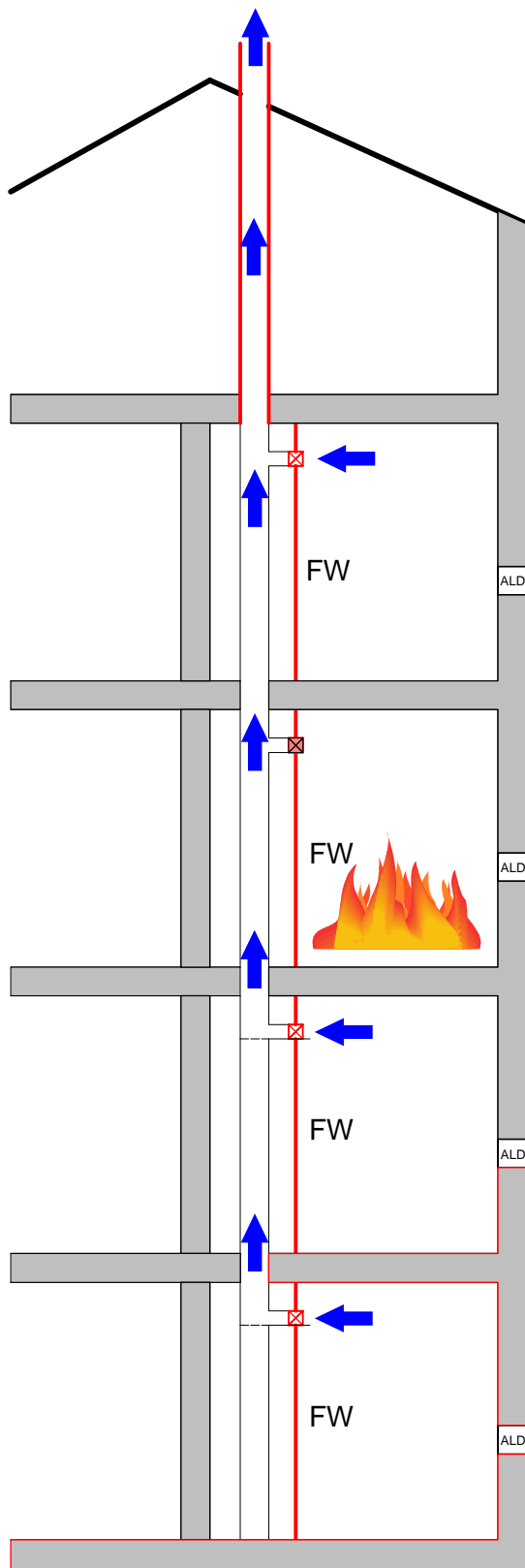


Abbildung 36: Bild 6.1. Beispiel Schottlösung [38]:

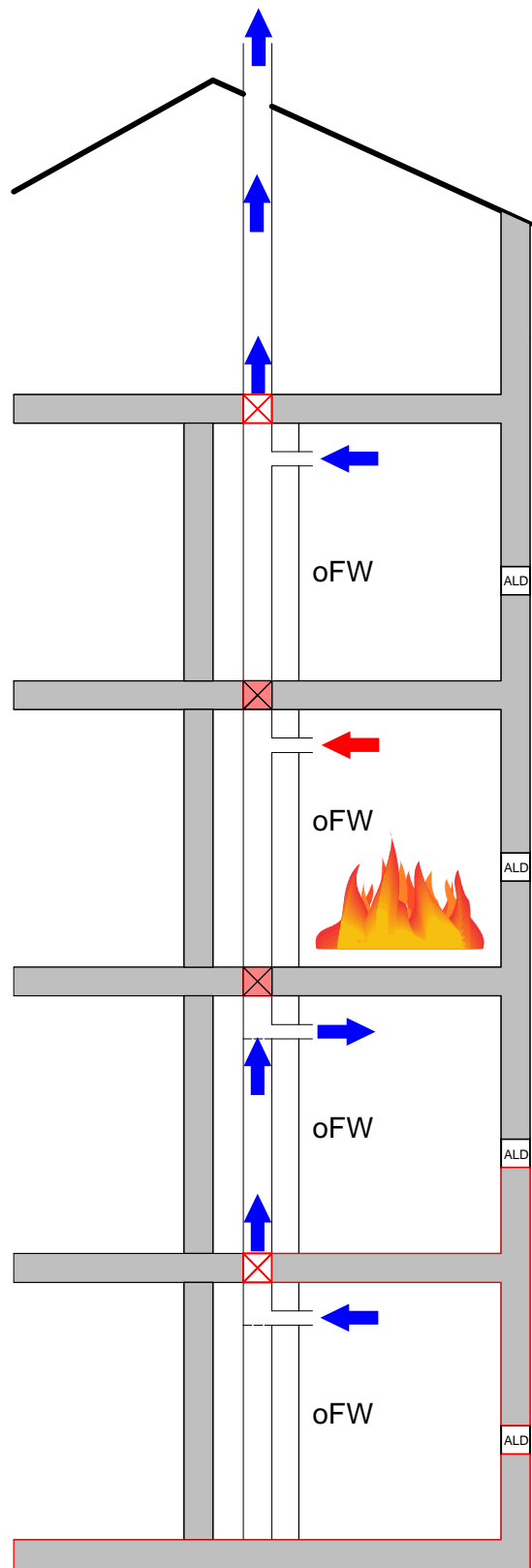
Zwischen der Schacht- und Schottlösung sind die unterschiedlichen Strömungsverhältnisse in der Hauptleitung zu erwähnen. Die nachfolgende Abbildung 37 zeigt die Unterschiede.

Bei der Schachtlösung erfolgt im Brandfall die brandschutztechnische Trennung zu der Hauptleitung durch die feuerbeständige Schachtwand (FW) und die Absperrvorrichtung (ausgelöste – geschlossene – Absperrvorrichtung ist rot hinterlegt); bei diesem System bleibt die Durchströmung der Hauptleitung erhalten.

Bei der Schottlösung erfolgt im Brandfall die brandschutztechnische Trennung in den Geschoßdecken; die Hauptleitung wird durch die Absperrvorrichtungen unterbrochen. Eine freie Abströmung über Dach kann nur noch von den Ebenen oberhalb des Brandereignisses erfolgen; der thermische Auftrieb sorgt für einen Unterdruck in der Hauptleitung. Aufgrund dieses Unterdrucks ist ein Überströmen in die darüber liegende Nutzungseinheit ausgeschlossen. Unterhalb des Brandereignisses sorgt der thermische Auftrieb für ein Überströmen von Abluft von mehreren Nutzungseinheiten; eine nicht zulässige Abluftübertragung findet statt. Da jedoch von nur einem Brandereignis auszugehen ist, stellt dies keine gefährliche Rauchübertragung dar, sondern ein hygienisches Problem, jedoch nur für den Ausnahmefall „Brand“.



Schachtlösung: Absperrvorrichtung in feuerwiderstandsfähigen Schacht



Schottlösung: Absperrvorrichtung in Geschoßdecke; Schacht ohne Feuerwiderstand

Abbildung 37: Vergleich Abströmung zwischen Schacht - Schott

## **2.5 Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen**

Die Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen [39] wurde in der Fassung April 1988 eingeführt und in Brüssel notifiziert. Diese Richtlinie beinhaltet Anforderungen, die über die Regelungen der Normung für innenliegende Bäder hinausgehen. Sie behandelt nicht nur Entlüftungsanlagen, sondern aufgrund der immer dichter werdenden Gebäudehülle auch Zuluftanlagen. Die neue Richtlinie orientiert sich nicht mehr alleine an der Norm.

Aufgrund dieser Begebenheit sah das Institut für Bautechnik im Jahre 1991 die Notwendigkeit, den Absperrvorrichtungen Bau- und Prüfgrundsätze sowohl für Zuluft- als auch Entlüftungsanlagen zuzuordnen und diese entsprechend zu überarbeiten. Voraussetzung war, dass der Aufbau der Anlage den Grundsätzen im Zusammenhang mit den angeschlossenen Räumen und Leitungsquerschnitten der Normung entspricht. Die Verwendung in Zuluftanlagen wurde in den Zulassungsrichtlinien in der Fassung 1997 [32] mit aufgenommen [40].

Schon einige Jahre vorher gab es Anfragen seitens der Industrie, Absperrvorrichtungen klassifiziert als K90-18017 auch in Zuluftleitungen analog der Normung verwenden zu dürfen. Hintergrund für diese Anfragen war ebenfalls der Bedarf einer Zuluftleitung aufgrund der stets dichter werdenden Gebäudehülle. Aufgrund der Anforderungen aus der Wärmeschutzverordnung war ein freies Nachströmen über die Undichtigkeit des Baukörpers nicht mehr möglich. Letztendlich wurden diese Anfragen positiv beschieden und die Verwendung in Zuluftanlagen wurde in die bauaufsichtlichen Prüfbescheide und den späteren allgemein bauaufsichtlichen Zulassungen übernommen.

Da diese Richtlinie auch fensterlose Küchen behandelt wurde die Verwendung in Abluftanlagen von Küchen (Kochnischen) mit Luftraten bis zu 50 m<sup>3</sup>/h ebenfalls zugelassen. Eine Verwendung in Küchen mit höheren Luftraten oder Küchen mit Wrasenanschluss wurde abgelehnt [41]. Mit einem Beschluss des zuständigen Sachverständigenausschusses von 1992 wurde die Verwendung schließlich auf Küchen mit Fenster erweitert [42].

### 3 Durchgeführte Untersuchungen

Im folgenden Kapitel werden die durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Auf Grundlage der durchgeführten Brandprüfungen nach den verschiedenen Prüfbestimmungen, den unterschiedlichen Einbau und Anschlussmöglichkeiten sowie zusätzlicher Untersuchungen erfolgt eine Systemanalyse für den Brandfall.

Diese Analyse dient als Grundlage für einen Vorschlag der Brandprüfung für das neue Wohnungslüftungssystem.

#### 3.1 Vergleich unterschiedlicher Versuchsaufbauten

Nachfolgend werden die Einflüsse der unterschiedlichen Versuchsaufbauten auf das Temperaturverhalten und die Reaktion der Absperrvorrichtung untersucht. Verglichen werden die Versuchsaufbauten entsprechend der Bau- und Prüfgrundsätze (BauPrGr) [16] für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017 und den Zulassungsrichtlinien (ZulaRi) [32] für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017 einschließlich der Festlegungen für den dreigeschossigen Versuchsaufbau [33].

Die wesentlichen Unterschiede der Prüfvorgaben nach BauPrGr [16] zu den zweigeschossigen ZulaRi [32] sind folgende:

- unterschiedliche Verschluss- und Öffnungszeiten der Verschlussklappe am obersten Schachtende.
- offener Schacht zwischen beiden Ebenen nach BauPrGr (kein Mörtelverguss der Hauptleitung)

Die wesentlichen Unterschiede der Prüfvorgaben nach den zweigeschossigen ZulaRi [32] zu den dreigeschossigen [33] sind folgende:

- zwei-zu dreigeschossiger Versuchsaufbau
- Lüfterbetrieb bei Einzellüftungsgeräten
- unterschiedliche Verschlusszeiten

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau befinden sich bei Versuchen mit Einzellüftungsgeräten zusätzlich die Lüfter im UG und Brandraum in Betrieb. Bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau wurde auf die Installation der Lüfter im Brandraum generell verzichtet; es wurde lediglich das Brandschutzgehäuse und die Absperrvorrichtungen installiert. Die Lüfter im Obergeschoss waren bei beiden Prüfvorgaben nicht in Betrieb. Mit der Installation der Lüfter im Brandraum sollen mechanische Belastungen durch den doch relativ schweren Lüftereinsatz untersucht werden; bei mehreren Brandversuchen wurde festgestellt, dass insbesondere bei der Installation außerhalb von Wänden der Lüftereinsatz zu der Zerstörung des brandschutztechnisch wirksamen Lüftergehäuses beiträgt.

Die unterschiedlichen Verschluss- und Öffnungszeiten der Verschlussklappe am oberen Schachtende sind:

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| - entsprechend BauPrGr:              | offen 16. bis 25. Minute<br>offen 46. bis 55. Minute<br>offen 76. bis 85. Minute                   |
| - entsprechend ZulaRi; 2-geschossig: | geschlossen 25. bis 30. Minute<br>geschlossen 55. bis 60. Minute<br>geschlossen 85. bis 90. Minute |
| - entsprechend ZulaRi; 3-geschossig: | geschlossen 85. bis 90. Minute   |

Das Schließen der Verschlussklappe nach ZulaRi führt bei den Versuchen teilweise zu einem Schließen der Absperrvorrichtungen; dies beruht allein auf der Versuchsführung, da ein Schließen der Mündung der Hauptleitung im Brandfall in der Praxis nicht eintritt.

Es werden die Auswirkungen im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Einbausituationen untersucht und bewertet.

## **3.2 Brandversuch mit Einzellüftungsgeräten**

### **3.2.1 Vergleich unterschiedliche Prüfverfahren mit Einzellüftungsgeräten**

Alle Prüfverfahren sind bezüglich der Einbausituation der Einzellüftungsgeräte zu unterscheiden. Hierbei sind folgende Einbausituationen zu berücksichtigen.

- auf der Wandung (mit und ohne Absperrvorrichtung)
- außerhalb der Wandung
- in der Wandung mit Brandschutzgehäuse (mit und ohne Absperrvorrichtung)

Die Einzellüfter erzeugen in der Hauptleitung einen Überdruck. Damit aufgrund des Überdrucks keine Geruchsübertragung in z.B. das darüber liegende Geschoss stattfindet sind alle Lüfter mit einer Rückschlagklappe auszustatten; die Rückschlagklappe verhindert auch die Übertragung von Kaltrauch; sie darf aus brennbaren Baustoffen bestehen.

Für die Einzellüfter ist nicht zwingend eine Absperrvorrichtung vorgeschrieben; für die Prüfung ohne Absperrvorrichtung ist ein Höhenverzug von 300 mm innerhalb des Schachtes auszuführen.

Die einzelnen Versuchsauswertungen sind im Anhang im Abschnitt 7.2 dargestellt und bewertet.

### **3.2.2 Zusammenfassung Lüftungsleitungen mit Einzellüftungsgeräten**

Bei dem direkten Vergleich zwischen zwei- und dreigeschossigem Prüfverfahren bedingt das Nachströmen kühler Umgebungsluft aus dem Untergeschoss beim dreigeschossigen Versuchsaufbau ein Abkühlen des Systems; bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau ist das nicht der Fall.

Bei dem zweigeschossigen Prüfverfahren nach BauPrGr und ZulaRi mit Absperrvorrichtungen können die unterschiedlichen Öffnungs- und Verschlusszeiten vernachlässigt werden. Mit geschlossener Absperrvorrichtung im Brandraum ist das System – sofern keine Leckagen vorhanden sind - als dicht zu bezeichnen. Es kann kein Brandgas nachströmen. Leckagen in Form von Massestrom bewirken beim Öffnen der Verschlussklappe einen Temperaturanstieg und beim Schließen der Verschlussklappe einen Temperaturabfall.

Anders verhält es sich bei den Prüfverfahren ohne Absperrvorrichtungen mit Höhenversatz der Anschlussleitung. Hier bewirkt das Öffnen der Verschlussklappe bei dem Prüfverfahren nach BauPrGr, dass Brandgas direkt über die Hauptleitung abströmen kann; die Hauptleitung wirkt wie ein Kamin (Kamineffekt); es findet eine starke Temperaturerhöhung im System statt. Mit Schließen der Verschlussklappe wird der Kamineffekt unterbunden; über die im OG angeschlossenen Lüftungsgeräte kann aufgrund der erforderlichen Rückschlagklappe kein Brandgas abströmen.

Bei dem dreigeschossigen Prüfverfahren ohne Absperrvorrichtungen stellt sich ebenfalls der Kamineffekt ein; da hier jedoch die überwiegende Zeit die Verschlussklappe offen ist, steigt die Temperatur über den Schmelzpunkt von Aluminium und die Anschlussleitung aus Aluminiumflexrohr schmilzt während des Versuchs; sie verschließt in den meisten Fällen die Öffnung zur Hauptleitung und es kann zu einem Leitungsverchluss kommen. Eine Strömung findet nur noch teilweise oder gar nicht mehr statt.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau reduzieren sich die Temperaturen im System je mehr Luftvolumen nachströmt; die nachströmende Luftmenge nimmt direkten Einfluss auf die Temperaturen.

Bezüglich des zweigeschossigen Aufbaus mit geschlossener Verschlussklappe ist anzumerken, dass dieser Versuchsaufbau nicht die Praxis von 18017-Abluftsystemen widerspiegelt. Abluftsysteme nach

DIN 18017 benötigen die freie Abströmung nach oben. Sie ist bei dieser Prüfvorgabe realitätsfremd wiedergegeben und spiegelt die Praxis nicht wieder.



### **3.3 Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen mit Feuerwiderstand**

#### **3.3.1 Vergleich unterschiedliche Prüfverfahren**

Die nachfolgend dargestellten Versuche zeigen die Prüfungen nach den Bau- und Prüfgrundsätzen [16] und den Zulassungsrichtlinien ZulaRi [32] von Absperrvorrichtungen in feuerbeständigen L90 Lüftungsleitungen im zwei- und dreigeschossigen Versuchsaufbau [33]. Anhand dieser Versuche sollen die Wärme- und Massenströme und die systembeeinflussenden Faktoren analysiert werden.

Zu unterscheiden sind bei den feuerbeständigen Lüftungsleitungen folgende Einbausituationen der Absperrvorrichtungen:

- Einbau in selbstständiger Lüftungsleitung
- Einbau in Lüftungsleitung mit innenliegendem Stahlblechkanal

Die einzelnen Versuchsauswertungen sind im Abschnitt 7.3 dargestellt und bewertet.

#### **3.3.2 Zusammenfassung Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen**

Zwischen dem zwei- und dreigeschossigen Prüfverfahren sind unterschiedliche Auswirkungen im Zusammenhang mit den prüfbedingten Verschlusszeiten der Hauptleitung zu beobachten. Bei beiden zweigeschossigen Prüfverfahren nach BauPrGr und ZulaRi herrscht ein geschlossenes System vor. Es finden keine Massenströme, also keine Strömung, statt, so dass nur der Wärmedurchgang das System beeinflusst. Lediglich Leckagen beeinflussen das Temperaturverhalten.

Im dreigeschossigen Prüfverfahren findet eine ständige Durchströmung aus dem Untergeschoß statt. Das Schließen der Verschlussklappen beeinflusst die Lufttemperaturen innerhalb der Hauptleitung; dieser kurzzeitige Effekt (Verschlusszeit von 5 Minuten) beeinflusst die Oberflächentemperaturen jedoch nicht feststellbar; ein zusätzlicher Wärmeeintrag in das System findet jedoch statt.

Mit Schließen der oberen Verschlussklappe strömt beim dreigeschossigen Prüfverfahren heiße Luft über die Absperrvorrichtung im darüber liegenden Geschoss in den Raum bis zum Auslösen dieser Absperrvorrichtung. Da das Schließen der Verschlussklappe nicht die Praxis widerspiegelt, kann dieser Effekt vernachlässigt werden. Bei geschlossener Absperrvorrichtung ohne Leckage handelt es sich hier nicht um Brandgas, sondern um durch die Lüftungsleitung erwärmte Luft in der Hauptleitung.

Die Baugröße der Absperrvorrichtungen bewirkt geringe Temperaturunterschiede an den Oberflächentemperaturen; die Lufttemperaturen gleichen sich jedoch an.

Die selbstständige Lüftungsleitung ist gegenüber der Lüftungsleitung mit innenliegendem Wickelfalzrohr als das kritischere System zu bewerten; an den Oberflächen treten hier höhere Temperaturen auf; die Lufttemperaturen gleichen sich an.

Bei allen Systemen erfüllt die feuerbeständige Lüftungsleitung ihre Aufgabe und verhindert einen Temperaturdurchgang oberhalb der zulässigen Grenzwerte.

### 3.4 Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in der Decke

#### 3.4.1 Vergleich unterschiedliche Prüfverfahren mit Absperrvorrichtungen in der Decke

Die nachfolgend dargestellten Versuche zeigen die Prüfungen nach den Bau- und Prüfgrundsätzen [16] und den Zulassungsrichtlinien ZulaRi [32] von Absperrvorrichtungen in der Decke im zwei- und dreigeschossigen [33] Versuchsaufbau. Anhand dieser Versuche sollen die Wärme- und Massenströme und die systembeeinflussenden Faktoren analysiert werden.

Umgangssprachlich werden die Absperrvorrichtungen in der Decke als Deckenschotts bezeichnet.

Zu unterscheiden sind bei dem Deckeneinbau folgende Einbausituationen der Absperrvorrichtungen:

- unter der Decke
- in der Decke
- auf der Decke

In der Bewertung stellt der Einbau unter und auf der Decke ein größeres Risiko des Versagens bezüglich der Überschreitung der zulässigen Temperaturerhöhungen auf der unbeflammten Seite dar. Das Risiko bei den Absperrvorrichtungen auf der Decke (siehe Abbildung 38) wird als geringer bewertet. Bei der Montage in der Decke bildet das intumeszierende Material einen Stopfen mit geringerer Wärmeleitung [43]. Die roten Pfeile der Abbildung 38 zeigen den Temperaturverlauf von außen nach innen und innen nach außen in Form des Wärme- und Massenstroms (siehe hierzu Punkt 7.4.2).

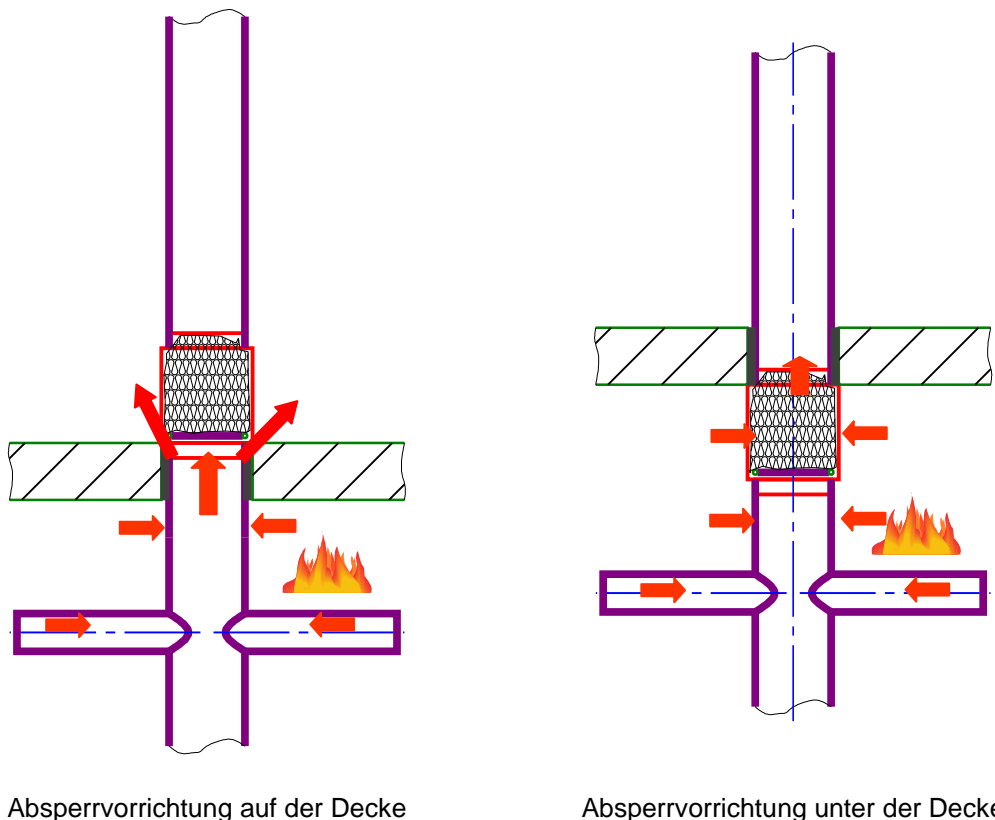


Abbildung 38: Verlaufsdiagramm der Wärmeübertragung bei der Deckenmontage [43]

Die einzelnen Versuchsauswertungen sind im Abschnitt 7.4 dargestellt und bewertet.

### **3.4.2 Zusammenfassung Einbau Absperrvorrichtungen in der Decke**

Bei den Versuchen entsprechend Punkt 7.4.1 und Punkt 7.4.3 nach den unterschiedlichen Prüfungsvorgaben ist festzustellen, dass die Oberflächenmessstellen im Abstand von 100 mm die kritischsten Werte anzeigen.

Bei der Ausführung von Deckenschotts ist die Prüfdurchführung mit unterschiedlichen Verschluss- und Öffnungszeiten von untergeordneter Rolle, sofern die Absperrvorrichtungen die an sie geforderte minimale Leckage erfüllen.

Der dreigeschossige Versuchsaufbau berücksichtigt zusätzlich die Auswirkungen auf das Untergeschoss, wobei im Untergeschoss alle gemessenen Temperaturen unter denen im Obergeschoss liegen.

Die Einbaulage der Absperrvorrichtungen (unter / in / auf der Decke) hat nur geringen Einfluss auf die Messwerte; die Montage unter der Decke ist als die kritischste zu bewerten.

### 3.5 Anzahl der Anschlüsse an die Hauptleitung in Abhängigkeit der Installation

Die Zulassungsrichtlinie für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017 [32] legt unter Punkt 4.5.1 die maximale Anschlussmöglichkeit von Abluftleitungen einer Nutzungseinheit an die Hauptleitung mit drei Anschlüssen fest; hierfür ist im Brandraum die vorgesehene Anschlusszahl einzubauen und entsprechend im Brandversuch zu prüfen. Entsprechend der Prüfung wird die Anzahl in den Verwendbarkeitsnachweisen festgelegt, so dass Systeme mit einem, zwei oder drei Anschlüssen erhältlich sind.

In den Versuchsauswertungen entsprechend Anhang Abschnitt 7.5 werden die Auswirkungen im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Einbausituationen am Beispiel von Einzellüftungsgeräten untersucht und bewertet; es wird der Einfluss des Masse- und Wärmestroms im Zusammenhang der Öffnungen durch die Anschlüsse analysiert.

Es werden drei unterschiedliche Einbausituationen unterschieden

- außerhalb der Wandung
- auf der Wandung
- in der Wandung

Außerhalb der Wandung bedeutet, dass das Lüftungsgerät sich außerhalb des feuerbeständigen Schachtes befindet. Der Anschluss an die Hauptleitung erfolgt mit Stahl-Wickelfalzrohr oder wahlweise mit Stahlflexrohr. Aufgrund negativer Erfahrung aus Brandversuchen mit Stahlflexrohr (im Brand verlor das Rohr die Festigkeit und wurde undicht) ist dieses abzulehnen.

Bei der Installation auf der Wandung erfolgt die Montage des Lüfters auf der feuerbeständigen Schachtwand; das Gerät wird umgangssprachlich „aufputz“ montiert.

Bei der Installation in der Wandung wird der Lüfter in der feuerbeständigen Schachtwand montiert und die äußere Abdeckung erfolgt in etwa flächenbündig mit der Schachtwand. Das Brandschutzgehäuse des Lüfters muss den Feuerwiderstand der Schachtwand erfüllen; das Lüftergehäuse steht in den Schacht ein und muss den Feuerwiderstand der Öffnung in der Schachtwand gewährleisten. In der Regel ist die Wandstärke des Brandschutzgehäuses dünner als die Wandstärke der Schachtwand.

Für den Brandversuch im dreigeschossigen Versuchsaufbau gilt die Festlegung, dass im Untergeschoss sowie im Brandraum die Lüfter im Betrieb, im Obergeschoss außer Betrieb, sind. Die Verschlussklappe am Leitungsende wird nur ab der 85. Minute geschlossen. Die Versuche erfolgten entsprechend den Zulassungsrichtlinien [32] jedoch mit den Festlegungen für den dreigeschossigen [33] Versuchsaufbau.

Die dargestellten Abbildungen stellen vereinfacht den jeweiligen Versuchsaufbau im Zusammenhang mit der Anschlussführung innerhalb des Schachtes dar; die Lage der Anschlüsse unterhalb der Decke variierte; Rohrbögen durch z.B. Aluflexrohre innerhalb des Schachtes waren teilweise unterschiedlich verlegt, was zu geringen Strömungsverlusten führen kann. Ebenfalls wird nicht auf die Lage der Ausblasöffnung im Lüftergehäuse (Ausblas nach hinten: oben, unten, rechts oder links; Ausblas seitlich oben, unten rechts oder links) eingegangen; diese Faktoren werden in diesem Zusammenhang als untergeordnet bewertet, so dass sie nicht dargestellt und bei der Auswertung nicht beachtet werden; bei den Versuchen hatte sich gezeigt, dass diese Faktoren für das Versuchsergebnis unbedenklich sind. Bei den Versuchen waren unterschiedliche Lüftungsgeräte mit unterschiedlichen Absperrvorrichtungen ausgeführt; auf diese produktspezifischen Eigenschaften wird in dieser Auswertung ebenfalls nicht eingegangen, da das systembedingte Verhalten dargestellt werden soll.

Die einzelnen Versuchsauswertungen sind im Abschnitt 7.5 dargestellt und bewertet.

### **3.6 Drücke im System**

Alle unterschiedlichen Prüfverfahren berücksichtigen nicht die vor und während eines Brandversuchs entstehenden Drücke in der Hauptleitung im System. Für die Zulassungsprüfungen werden neben den Beobachtungen lediglich die Temperaturmessstellen herangezogen. Bei allen Prüfverfahren ist die Untersuchung der Drücke nicht vorgesehen.

Die Temperaturentwicklung an den Messstellen steht jedoch in direktem Zusammenhang mit den Masseströmen und dadurch mit im Zusammenhang mit den Drücken im System. Um die Strömungen im System zu begreifen sind Druckmessungen erforderlich; anhand dieser Messungen können die Masse- und Wärmeströme differenziert werden und die für ein Bestehen oder Versagen relevanten Faktoren erkannt werden.

Um die entstehenden Drücke in der Hauptleitung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anschlussmöglichkeiten festzustellen, wurden die Druckmesssonden an unterschiedlichen Stellen im Leitungssystem angebracht und die Drücke aufgezeichnet; die Lage der Druckmessstellen ist jeweils den entsprechenden Zeichnungen zu entnehmen.

Die Druckmessungen erfolgten im dreigeschossigen Versuchsaufbau. Die genaue Schachtbelegung sowie Leitungsdimensionierung ist entsprechend beschrieben. Die Messungen erfolgten in Bezug auf die Umgebung.

Die einzelnen Versuchsauswertungen sind im Abschnitt 7.6 dargestellt und bewertet.

### **3.7 Störfaktoren Durchströmung**

#### **3.7.1 Lüfterbetrieb Einzellüfter Brandversuch**

Im Gegensatz zu den früheren Prüfungen wurden für den dreigeschossigen Versuchsaufbau nach den Zulassungsrichtlinien [32]; [33] wegen der mechanischen Beanspruchungen der Lüftergehäuse die Brandschutzgehäuse mit Lüftern bestückt und es wurde der Betrieb der Lüfter vor und während der Brandprüfung festgelegt. Die Lüfter im Untergeschoss sollen während der gesamten Versuchsdauer in Betrieb bleiben, wohingegen die Lüfter im Obergeschoss abgeschaltet bleiben. Die Lüfter im Brandraum wurden mit der Standardlüftung betrieben; diese Lüfter fallen kurz nach dem Start der Brandprüfung erwartungsgemäß aus und die Kunststoffkomponenten verbrennen.

Im Nachfolgenden wird der Einfluss auf das Lüftungssystem des Lüfterbetriebs untersucht.

Die einzelnen Versuchsauswertungen sind im Abschnitt 7.7 dargestellt und bewertet.

## **3.8 Küchenabluft**

### **3.8.1 Anschluss von Wohnungsküchen allgemein**

Bezüglich des Anschlusses von Küchenabluft (keine gewerbliche Küchenabluft) an DIN 18017-Abluftleitungen ist zwischen der Grundlüftung der Küche und der Dunstabzugshaube zu unterscheiden; bezüglich der Dunstabzugshaube ist zusätzlich die Unterscheidung

- mit eigenem Ventilator
- ohne eigenem Ventilator (Wrasenabzugshaube)

erforderlich.

Die Grundlüftung der innenliegenden Küche darf mit entsprechendem Filter an Abluftsysteme nach DIN 18017 angeschlossen werden.

Der Anschluss von Dunst- und Wrasenabzugshauben an die gemeinsame Abluftleitung der innenliegenden Räume ist nicht zulässig; diesbezüglich ist eine Trennung mit Feuerwiderstand der Schächte erforderlich.

Die Verlegung mehrerer Küchenabluftleitungen aus unterschiedlichen Nutzungseinheiten in einem gemeinsamen feuerwiderstandsfähigen Schacht ist zulässig [44].

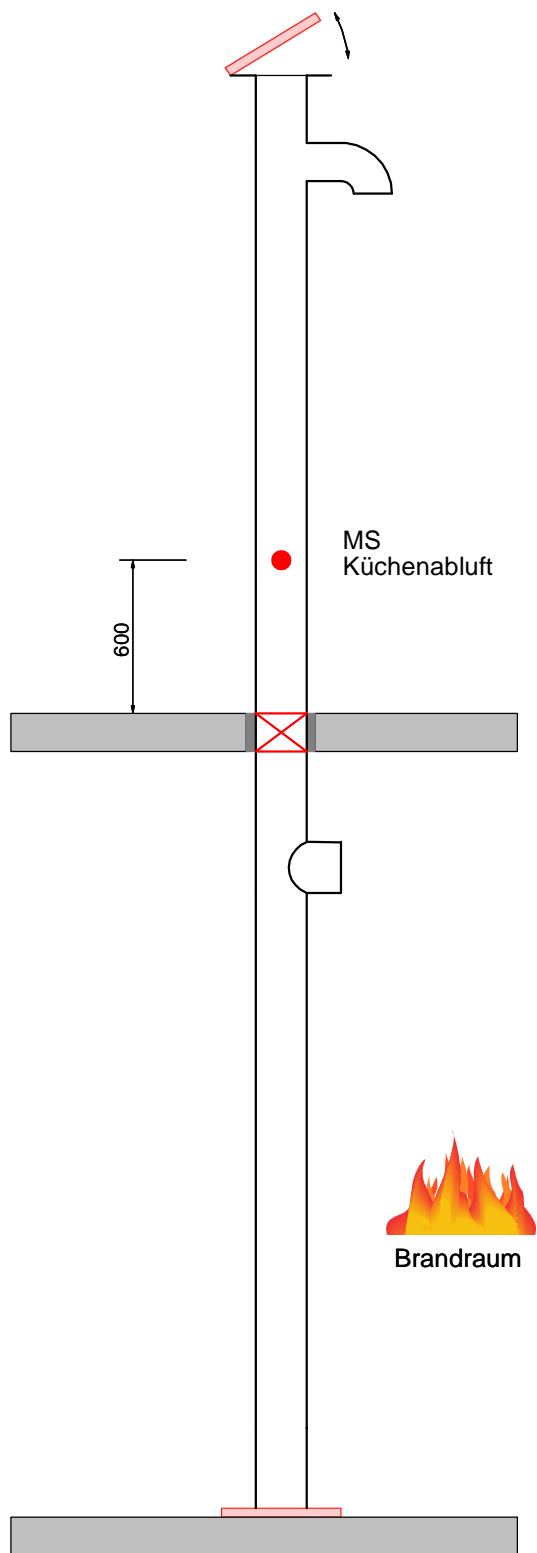
Generell sind entsprechend der M-LüAR [38] Abschnitt 7 die Bestimmungen der Verwend- und Anwendbarkeitsnachweise zu befolgen. Entsprechend dieser sind folgende Möglichkeiten zu unterscheiden:

1. Die Absperrvorrichtungen dürfen in Abluftleitungen von Wohnungsküchen verwendet werden; wird an diesen Lüftungsschacht mindestens eine Wohnungsküche angeschlossen, so müssen auch alle anderen Absperrvorrichtungen an diesem Schacht die Anforderung für Küchenabluft erfüllen; die Abluft darf ausschließlich über Leitungen aus verzinktem Stahlblech erfolgen.
2. Dunstabzugshauben mit eigenem Ventilator dürfen für die Entlüftung von Wohnungsküchen mit entsprechenden Absperrvorrichtungen in einem nicht feuerwiderstandsfähigen Schacht verwendet werden, wenn
  - Jede Dunstabzugshaube an einer eigenen verzinkten Stahlblechleitung angeschlossen wird;
  - Die Abluftleitung ab der Dunstabzugshaube öffnungslos bis zur Mündung über Dach geführt wird;
  - Keine weiteren Anschlüsse an die Abluftleitung erfolgen.
3. Die Absperrvorrichtungen dürfen in Abluftanlagen mit Wrasenabzug ohne eigenen Ventilator verwendet werden, sofern die Wrasenhauben Bestandteil einer Zentralentlüftungsanlage nach DIN 18017 sind.

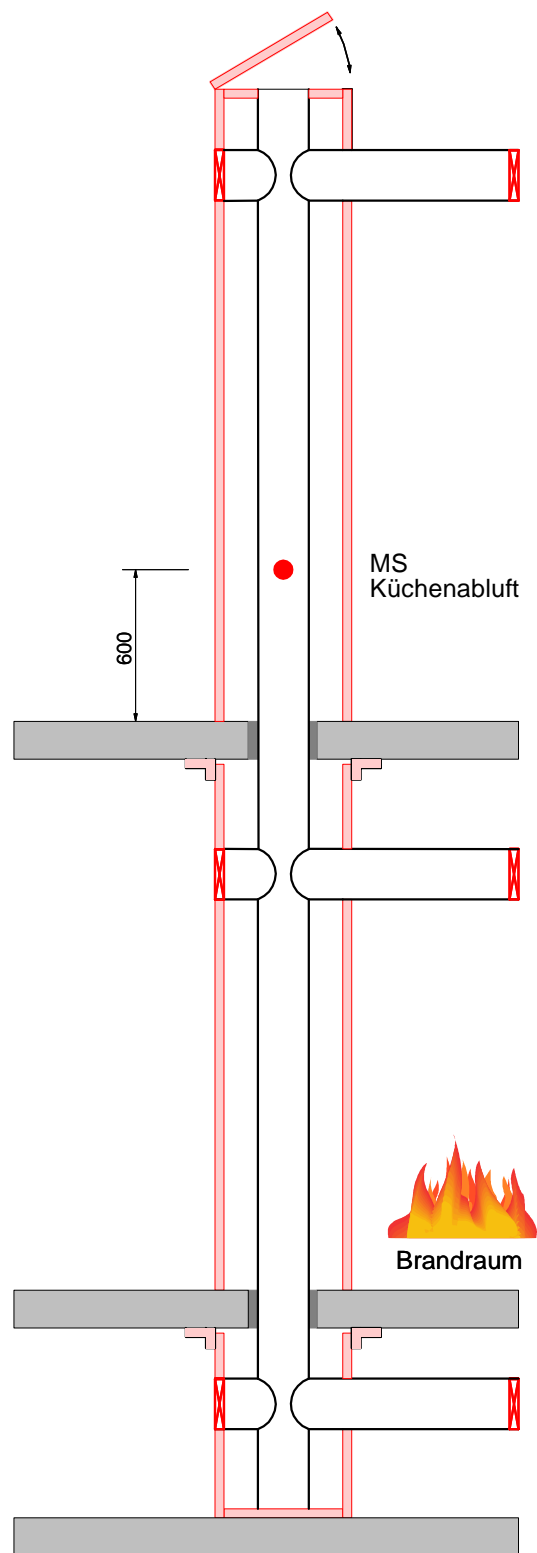
### **3.8.2 Vorgaben Wohnungsküchenabluft nach ZulaRi**

Die ZulaRi [32] legen im Punkt 1 Geltungsbereich als Prüfgrundsatz den Richtwert der Maximaltemperatur der Luft in der Hauptleitung mit 350°C fest. Gemessen wird 600 mm oberhalb des Brandraums in der Hauptleitung.

Diese Messstelle und dieser Wert gelten sowohl für die zweigeschossige als auch dreigeschossige Prüfung nach ZulaRi; in der nachfolgenden Abbildung 39 ist die Lage der Messstelle bei den unterschiedlichen Prüfverfahren dargestellt.



Lage der MS Küchenabluft beim zweigeschossigen Versuchsaufbau nach ZulaRi [32]



Lage der MS Küchenabluft beim dreigeschossigen [33] Versuchsaufbau nach ZulaRi [32]

Abbildung 39: Lage der Messstelle (MS) Küchenabluft

Küchenabluftleitungen werden aufgrund der Fettanhaftungen im Inneren der Leitung als kritisch bewertet; mit Überschreiten des Zündpunktes dieser Fettverschmutzung findet eine Durchzündung der gesamten Leitung statt.

Bei der Lage der für die Prüfung vorgegebenen Messstelle wird die obere angrenzende Nutzungseinheit betrachtet. Letztendlich wäre jedoch die Lage der Messstelle bereits im Brandraum heranzuziehen, um mich der Meinung von H. Fark anzuschließen:

Es ist von einer in allen Ebenen mit Fetten gleichermaßen verschmutzten Leitung auszugehen ist; somit beginnt ein Durchzünden der Fettrückstände bereits im Brandraum (hier sind die Temperaturen bedeutend höher) und nicht erst 600 mm in der Ebene darüber; das Durchzünden wird sich auf der Leitungsoberfläche jedoch über die gesamte Leitung erstrecken.

Bezüglich der Zündtemperaturen unterschiedlicher Fette in Zusammenhang der Abhängigkeit der Leitungssysteme sind die Masterarbeit von Uemminghaus [45] und der Forschungsbericht Nr. 318 [4] heranzuziehen; Demzufolge ist die Gefahr der Durchzündung bei gedämmten Leitungen bedeutend höher als bei ungedämmten. Aufgrund der Dämmung sind die Temperaturen im Wandungsbereich des Rohres höher.



## 4 Neues Wohnungslüftungssystem

### 4.1 Historie – Entstehung adhoc-Arbeitskreis

In unterschiedlichen Planungen, insbesondere für Wohngebäude, hatte sich die Meinung durchgesetzt, Absperrvorrichtungen nach DIN 18017-3 bei kontrollierter Wohnungslüftung einsetzen zu können. Tatsächlich wurde eine Vielzahl von Gebäuden so ausgeführt. Den großen Vorteil in den Absperrvorrichtungen nach DIN 18017-3 – neben dem Vorzug eines kostengünstigeren Produktes - sehen die Planer, Bauherren und Betreiber in den nicht instandhaltungsbehafteten Absperrvorrichtungen. Während bei Absperrvorrichtungen nach DIN EN 1366-2 in den Verwendbarkeitsnachweisen die Überprüfung der Funktion in halbjährlichem Abstand – bzw. bei zwei in einem Abstand von sechs Monaten erfolgten mangelfreien Überprüfungen nur noch in jährlichem Abstand – gefordert ist (z.B. [46]), fehlt diese Festlegung bei den DIN 18017-3 Produkten (z.B. [47]). Ein generelles Problem besteht darin, dass dem Betreiber eines Gebäudes für die widerkehrenden Prüfungen der Zutritt durch die Mieter in die Wohnungen verwehrt wird; so hat z.B. ein Wohnungsbauträger den Anteil der eigenen nicht zugänglichen Wohnungen mit etwa 30% beziffert [48].

Aufgrund dieser Situation wandten sich die Hersteller an die Bauaufsicht um diese Problematik zu diskutieren. Die Bauministerkonferenz – Arbeitskreis für Technische Gebäudeausrüstung – lud die Hersteller, Mitglieder des Arbeitskreises, das DIBt und die Prüfstellenleiter zu einem Gespräch unter dem Thema,

*„Können erleichternde Regelungen für die brandschutztechnische Ausführung und den Betrieb bei Wohnungslüftungsanlagen getroffen werden?“ [49]*

ein. In diesem Gespräch lehnte die Bauaufsicht ausdrücklich die Verwendung von Absperrvorrichtungen von DIN 18017-3 in der kontrollierten Wohnungslüftung ab und wies auf die notwendige Trennung der unterschiedlichen Systeme hin. Gleichzeitig forderte sie jedoch die Hersteller auf, Lösungsvorschläge für ein Wohnungslüftungssystem zu erarbeiten. Hierfür wurde im Normenausschuss für Heiz- und Raumluftechnik ein Arbeitskreis unter der Bezeichnung „ad-hoc Kreis – Brandschutz“ gegründet. Da das Thema Brandschutz als größte Gefahr gesehen wurde, erfolgte die Ausarbeitung unter Hinzuziehung des Verfassers dieser Arbeit insbesondere unter diesem Aspekt. Die Erfahrung der Vielzahl von Brandversuchen und die daraus gewonnen Erkenntnisse waren in das neue Konzept einzubringen.

Der Arbeitskreis tagte mehrmals<sup>9</sup> und diskutierte die unterschiedlichen Anforderungen der Wohnungslüftungssysteme sowie mögliche Gemeinsamkeiten. Grundlage für die Ausarbeitung eines neuen Wohnungslüftungssystems und für die weiteren Sitzungen ist die“ Synopse über die unterschiedlichen Regelungen für die Zulassung von Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen und Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung entsprechend DIN 18017-3“ [50] (die Synopse ist im Abschnitt 2.3 wiedergeben; sie zeigt die unterschiedlichen Prüfverfahren). Ziel sollte sein, das zu erarbeitende Wohnungslüftungssystem auch unter dem Aspekt der Europäischen Union tragfähig für die Zukunft auszuarbeiten und nicht aufgrund nationaler Prüfnormen einzuschränken. Folgende Themenschwerpunkte galt es zu berücksichtigen:

- Prüfung des DIN 18017-3-Verfahrens im europäischen Kontext
- Erarbeitung weiterer Installationsregeln
- Öffnung der Brandschutzkonzepte, um die DIN 18017-3 Regelung auch zukünftig nutzen zu können
- Umgang mit Zu- und Abluftleitungen (DIN 1946-6-Technologien) im Schacht [3]

Wesentlicher Bestandteil der Ausarbeitung ist die Trennung aus brandschutztechnischer Sicht des neu zu erarbeitenden Wohnungslüftungssystems von den bestehenden Lüftungsarten nach DIN 18017-3 und DIN 1946-6. Das System – zunächst bezeichnet als Übergangsbereich - soll nicht in die bestehenden Lüftungssysteme und Normen eingreifen, sondern als neues unabhängiges

---

<sup>9</sup> [62], [63], [51], [64]

zusätzliches System erarbeitet werden. Die Situation ist in der nachfolgenden Abbildung 40 dargestellt.

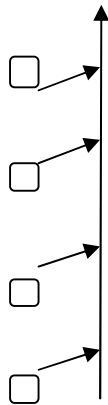
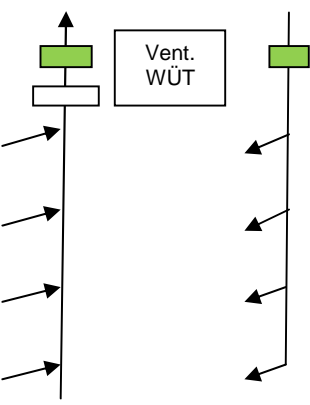
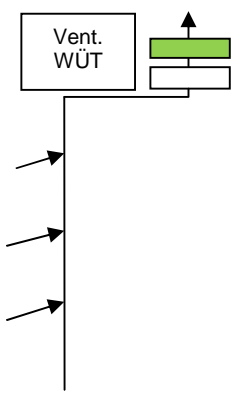
M-LüAR, Abschnitt 7	Übergangsbereich	M-LüAR, Abschnitt 4
		
<p>Abluftstrang Nach bauaufsichtlichen Zulassungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausführung – Hauptleitung</li> <li>- Ausführung – Anschlussleitung</li> </ul>	<p>Abluftstrang Strömungswiderstand des oberen Leitungsteiles offen</p> <p>Zuluftstrang Strömungswiderstand des oberen Leitungsteiles offen</p> <p>Regelungen für die Ausführung offen</p>	<p>Abluftstrang Ausführung nach M-LüAR mit entsprechenden Produkten</p> <p>Zuluftstrang Ausführung nach M-LüAR mit entsprechenden Produkten</p>

Abbildung 40: Situation Lüftungssysteme ( [51]; Seite 3)

Im Januar 2012 stellte das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) die Rahmenbedingungen für die Verwendung der Absperrvorrichtungen nach DIN 18017-3 in einem Informationsschreiben [6] dar. Hierin verweist das DIBt auf die ursprüngliche Anwendung der Lüftungsleitungen nach DIN 18017-3 und konkretisiert die Ausführung wie folgt:

- die Ventilatoren für Zentralentlüftungsanlagen müssen im Dachbereich eines Gebäudes oberhalb der obersten Luftanschlussleitung angeordnet werden,
  - der erste Spiegelstrich gilt für Lüftungsleitungen, die für die Zuluft verwendet werden gleichermaßen,
  - die einzelnen Hauptleitungen müssen grundsätzlich vertikal durch die Geschosse mit freier Abströmung vertikal über Dach geführt werden,
  - der Zulassungsgegenstand darf in Entlüftungsleitungen von Bädern, Toilettenräumen und, falls zutreffend, von Wohnungsküchen verwendet werden,
  - der Zulassungsgegenstand darf nur in Lüftungsanlagen ohne Wärmerückgewinnungsanlagen betrieben werden,
  - der Zulassungsgegenstand darf auch in Entlüftungsleitungen von Bädern und Toilettenräumen verwendet werden, die nicht als Wohngebäude (z.B. Hotels) genutzt werden,
  - die Zuluft darf maschinell ausschließlich zentral vom Dach her direkt zu den zu entlüftenden Bädern, Toiletten und falls zutreffend, zu den Wohnungsküchen geführt werden“
- ( [6]; Seite 2-3)

Mit diesem Schreiben schaffte das DIBt letztendlich Klarheit bei den Planern und auch den Herstellern, bestärkte aber zugleich die Notwendigkeit des Arbeitskreises und die Ausarbeitung eines neuen Wohnungslüftungssystems.

Das Ergebnis des Arbeitskreises wurde der Bauaufsicht<sup>10</sup> vorgestellt, um die Bereitschaft abzuklären, inwieweit die Bauaufsicht die Vorschläge des Arbeitskreises akzeptiert. Die Bauaufsicht bescheinigte dies positiv, sofern die Vorschläge den baurechtlichen Anforderungen entsprechen. Gleichzeitig wies sie nochmals auf die Notwendigkeit der Instandhaltung hin.

Durch einzelne Fachbeiträge<sup>11</sup> der Mitglieder des Arbeitskreises wurde ein Anforderungsprofil des zu erarbeitenden Wohnungslüftungssystems ausarbeitet.

Die Bauministerkonferenz lud erneut die Hersteller, die Mitglieder des Arbeitskreises, das DIBt, den Bundesverband für Wohnungslüftung e.V., den Fachverband Gebäude-Klima e.V. und die Prüfstellenleiter am 26.06.2012 zu einer Fortsetzung des Gesprächs ein [52]. In diesem Treffen stellte sie seine in eigenem Kreis erarbeiteten Vorgaben für die notwendigen Mindestanforderungen von Wohnungslüftungsanlagen innerhalb des Bauordnungsrechtes vor und fasste diese nachträglich schriftlich [53] zusammen. Die Vorgaben entsprachen weitestgehend den Ausarbeitungen des Arbeitskreises, so dass in der Diskussion Konsens bestand. Die Bauaufsicht legte fest, dass der Arbeitskreis um weitere Teilnehmer der geladenen Gäste erweitert wird, die das Lüftungskonzept unter den vorgestellten Rahmenbedingungen ausarbeiten. Die brandschutztechnischen Aspekte sowie die Einbringung in einen bauordnungsrechtlichen Rahmen sollten nun unter Leitung der Bauaufsicht in Abstimmung mit dem DIBt und den Prüfstellen erfolgen.

Der um weitere Mitglieder erweiterte offene Arbeitskreis tagte mehrmals<sup>12</sup> und arbeitete den Vorschlag als Vorlage für die Bauaufsicht für das neue Wohnungslüftungssystem aus.

Die ausgearbeiteten Unterlagen wurden am 04.12.12 der Bauministerkonferenz<sup>13</sup> vorgestellt. In diesem Kreise beschloss die Bauministerkonferenz, dass die gestellte Aufgabe seitens unseres Arbeitskreises erfüllt wurde und der Arbeitskreis Technische Gebäudeausrüstung die Möglichkeit sieht, die Lüftungsanlagenrichtlinie um einen neuen Abschnitt mit den Vorgaben des erarbeiteten Wohnungslüftungssystems zu erweitern.

Die Zielsetzung des Arbeitskreises ist, ein Wohnungslüftungssystem wie im folgenden Beispiel der Abbildung 42 unter energetischem Gesichtspunkt umsetzen zu können. Sie zeigt ein Dachgeschosses mit zwei Lüftungszentralen mit Wärmerückgewinnung; bei diesem kontrolliertem Wohnungslüftungssystem sind die Hauptleitungen aus Zu- und Abluft in einem feuerwiderstandsfähigem Schacht (hellblau dargestellt) vertikal geführt und werden im Dachbereich mit einer horizontalen Sammelleitung zusammengeführt und an eine gemeinsame Lüftungszentrale angebunden. Am obersten Ende der Hauptleitungen befindet sich jeweils eine Reinigungsöffnung (RÖ).

Die Abbildung 41 zeigt das derzeit zulässige Lüftungssystem für innenliegende Bäder. Eine Ausweitung dieses Systems auf Wohnräume mit Fenster wird seitens der Bauaufsicht abgelehnt. Die Außenluft wird am obersten Ende der vertikalen Hauptleitung angesaugt und unbehandelt in das innenliegende Bad eingebracht. Die Fortluft wird ins Freie ausgeblasen; die Ausführung eines Wärmetauschers ist nicht zulässig.

---

<sup>10</sup> Vertreten durch den Obmann des Arbeitskreises Technische Gebäudeausrüstung (Datum 18.04.12)

<sup>11</sup> [69], [70], [71], [72]

<sup>12</sup> [65], [66]

<sup>13</sup> Referenten: Berghofer, E., Händel C., Neubert, D.

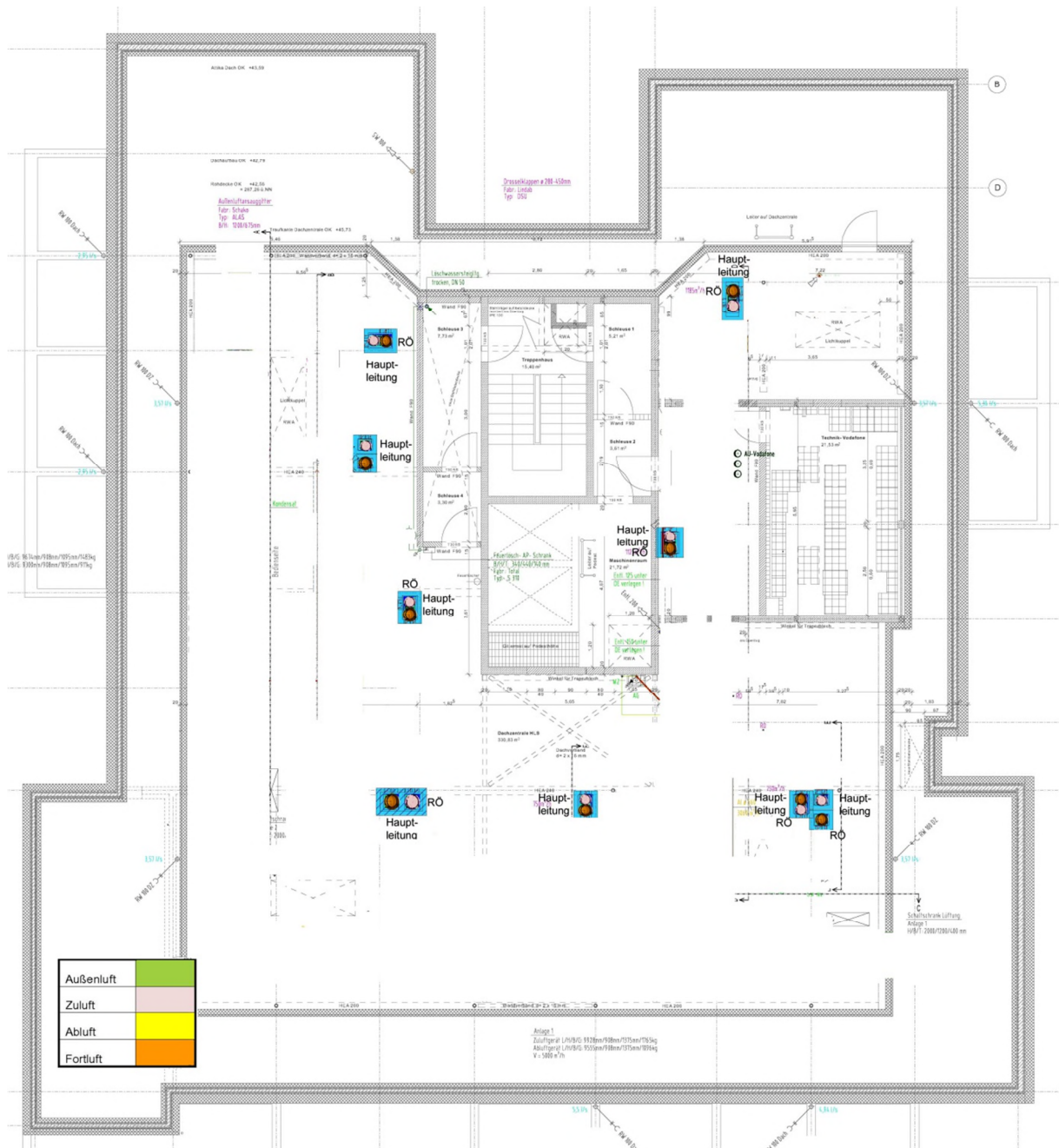


Abbildung 41: Grundrissbeispiel einer Lüftung für innenliegende Bäder [54]



## 4.2 Erarbeitetes Wohnungslüftungssystem

Das folgende Kapitel gibt das in dem Arbeitskreis ausgearbeitete Lüftungssystem<sup>14</sup> wieder. Die Dokumente wurden in den jeweiligen Treffen diskutiert und ausgearbeitet.

Da ein funktionierender Brandschutz für das Lüftungssystem Grundvoraussetzung ist, wurde hierauf der Schwerpunkt gelegt. Die Erfahrungen aus dem über Jahre bewährten Lüftungssystem nach DIN 18017-3 sollten in das neue Lüftungssystem einfließen. Die Hauptaufgabe in der Entwicklung bestand darin, die Vergleichbarkeit der Systeme aufzuzeigen und jede Abweichung brandschutztechnisch zu bewerten; diese brandschutztechnische Bewertung erfolgte anhand der vielen durchgeführten Brandversuche.

Das erarbeitete Wohnungslüftungssystem soll für Abluftanlagen nach DIN 1946-6, mit und ohne Abluftwärmepumpe und Zu-/Abluftanlagen nach DIN 1946-6 mit Wärmeübertrager und/oder Wärmepumpe angewandt werden.

Das System besteht aus einem vertikalen Lüftungsstrang. Pro Etage darf nur eine Nutzungseinheit an den Lüftungsstrang angeschlossen werden. Diese grundlegenden Parameter sind von dem 18017-3 Lüftungssystem übernommen.

Entgegen der freien Abströmung bei 18017-3-Lüftungssystemen sind Horizontalverzüge möglich. Die einzelnen vertikalen Lüftungsstränge können über einen horizontalen Lüftungsstrang zum Anschluss an eine Lüftungszentrale zusammengeführt werden. Hiermit soll die freie Abströmung über Dach entfallen, so dass die Lage der Lüftungszentrale auch im Untergeschoss der Gebäude möglich ist.

### 4.2.1 Varianten des Wohnungslüftungssystem

Die Ausführung der Wohnungslüftung ist unterteilt in folgende Varianten:

- Hauptleitung ohne Feuerwiderstand mit feuerwiderstandsfähigem Schacht:  
Der Feuerwiderstand wird durch einen feuerwiderstandsfähigen Schacht in der Wohnung sichergestellt. Die Ausführung der Hauptleitung erfolgt als nicht brennbare Stahlblechleitung aus Wickelfalzrohr. Die Ausführung der Absperrvorrichtungen erfolgt in den feuerwiderstandsfähigen Schachtwänden oder im Lüftungsgerät. Ein Verzug der Hauptleitung ist möglich (siehe Abschnitt 4.3).
- Hauptleitung mit Feuerwiderstand:  
Der Feuerwiderstand wird durch die Hauptleitung sichergestellt. Die Ausführung erfolgt als durchgehende feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitung (selbstständig oder mit Bekleidung) mit entsprechendem Verwendbarkeitsnachweis. Diese Variante eignet sich für Sanierungen, z.B. innerhalb von Schornsteinen. Die Bekleidung des Schachtes in einer Wohnung erfolgt ohne brandschutztechnische Anforderung. Die Ausführung der Absperrvorrichtungen erfolgt in der feuerwiderstandsfähigen Lüftungsleitung; eine feuerwiderstandsfähige Anschlussleitung mit ausgelagerter Absperrvorrichtung bis 500 mm Länge ist möglich. Ein Verzug der Hauptleitung ist möglich (siehe Abschnitt 4.4).
- Hauptleitung ohne Feuerwiderstand mit geschossweiser Absperrung:  
Der Feuerwiderstand wird durch eine Absperrvorrichtung in der Hauptleitung in der Geschossdecke sichergestellt. Die Ausführung der Hauptleitung erfolgt als nicht brennbare Stahlblechleitung aus Wickelfalzrohr. Die Bekleidung des Schachtes in einer Wohnung erfolgt ohne brandschutztechnische Anforderung. Ein Verzug der Hauptleitung ist möglich (siehe Abschnitt 4.5).

---

<sup>14</sup> [67] [73]



#### **4.2.2 Notwendige Kaltrauchsperrung des Wohnungslüftungssystem**

Zur Verhinderung der Rauchübertragung wird eine Kaltrauchsperrung in der Anschlussleitung der Nutzungseinheit notwendig. Aufgrund der unterschiedlichen Drücke (Überdruck und Unterdruck in Abhängigkeit der Anordnung des Lüftungsgerätes) innerhalb der Hauptleitung muss eine Kaltrauchsperrung in der Anschlussleitung eine Rauchübertragung verhindern. Die Kaltrauchsperrung muss in entgegengesetzt wirkender Luftrichtung schließen. Die Kaltrauchsperrung ist als sicherheitsrelevantes Bauteil als neues Produkt zu bewerten.

#### **4.2.3 Querschnitte des Wohnungslüftungssystem**

Der über alle Geschosse gleichbleibende lichte Querschnitt der Variante

- „Hauptleitung mit Feuerwiderstand“

wird mit maximal 1000 cm<sup>2</sup> festgelegt.

Bei einer Luftgeschwindigkeit von  $v < 5$  m/s können bis zu 1800 m<sup>3</sup>/h gefördert werden. Bei z.B. neun Etagen ist somit ein Fördervolumen von 200 m<sup>3</sup>/h je Wohnung möglich.

Der über alle Geschosse gleichbleibende lichte Querschnitt der Varianten

- Hauptleitung mit feuerwiderstandsfähigem Schacht und
- Hauptleitung mit geschossweiser Absperrung

wird mit maximal 350 cm<sup>2</sup> (Durchmesser DN200) festgelegt. Bei einer Luftgeschwindigkeit von  $v < 5$  m/s können bis zu 550 m<sup>3</sup>/h gefördert werden. Bei z.B. fünf Etagen ist somit ein Fördervolumen von 110 m<sup>3</sup>/h je Nutzungseinheit möglich.

#### **4.2.4 Notwendige Prüföffnungen des Wohnungslüftungssystem**

Am oberen und unteren Ende der vertikalen Hauptleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen.

Diese Öffnungen befinden sich außerhalb der Nutzungseinheiten, damit die Prüfung ohne Zutritt der Wohnung möglich ist.

Die Inspektion erfolgt durch z.B. Kamerabefahrung. Eine Prüfung der Absperrvorrichtung selbst kann somit als „Sichtprüfung“ erfolgen. Bei einem Großteil von Absperrvorrichtungen, die überwiegend aus intumeszierenden Baustoffen bestehen ist eine Funktionsprüfung nicht möglich, so dass ein direkter Zugang zu der Absperrvorrichtung als nicht notwendig erachtet wird.

Bei Verzügen innerhalb von Geschossen ist an jedem Verzug eine Prüföffnung vorzusehen; dies erfordert jedoch dann eine Zugänglichkeit der Bereiche.

#### **4.2.5 Anforderung an die Baustoffe des Wohnungslüftungssystem**

Die Anforderung an die Baustoffe der Hauptleitung einschließlich Dämmung wird entsprechend der M-LüAR mit nichtbrennbar festgelegt.

Schwer entflammbare Baustoffe sind innerhalb der Nutzungseinheit nach der Absperrvorrichtung möglich.

#### **4.2.6 Dokumentation**

Für die Inbetriebnahme des Wohnungslüftungssystems ist eine Dokumentation mit folgendem Mindestinhalt durch die ausführende Firma zu liefern:

- Dokumentation, Hauptleitung mit/ohne Feuerwiderstand,
- Verwend- und Anwendbarkeitsnachweise
- Produkte/Bauteile
- Lüftungssystem
- Absperrelement

#### **4.2.7 Inbetriebnahme und Instandhaltung**

Für die Inbetriebnahme sind eine Prüfung auf Vollständigkeit sowie eine Funktionsprüfung der Anlage erforderlich.

Für die Instandhaltung wird ein maximales Inspektionsintervall von 6 Jahren festgelegt. Anhand der Inspektion hat durch den Auftragnehmer eine Gefährdungsanalyse zu erfolgen, die die weiteren Maßnahmen wie z.B. Reinigung und folgendes Inspektionsintervall festlegt.





#### 4.3.2 Abluftanlage mit Zentrale im UG

Die Abbildung 44 zeigt gleiches Abluftsystem entsprechend Abbildung 43, jedoch mit Lüftungszentrale im Untergeschoss; alternativ ist hier die Anordnung der oberen Prüfföffnung in der Nutzungseinheit möglich, was jedoch den nicht praktikablen Zutritt zu der Wohnung bedeuten würde.

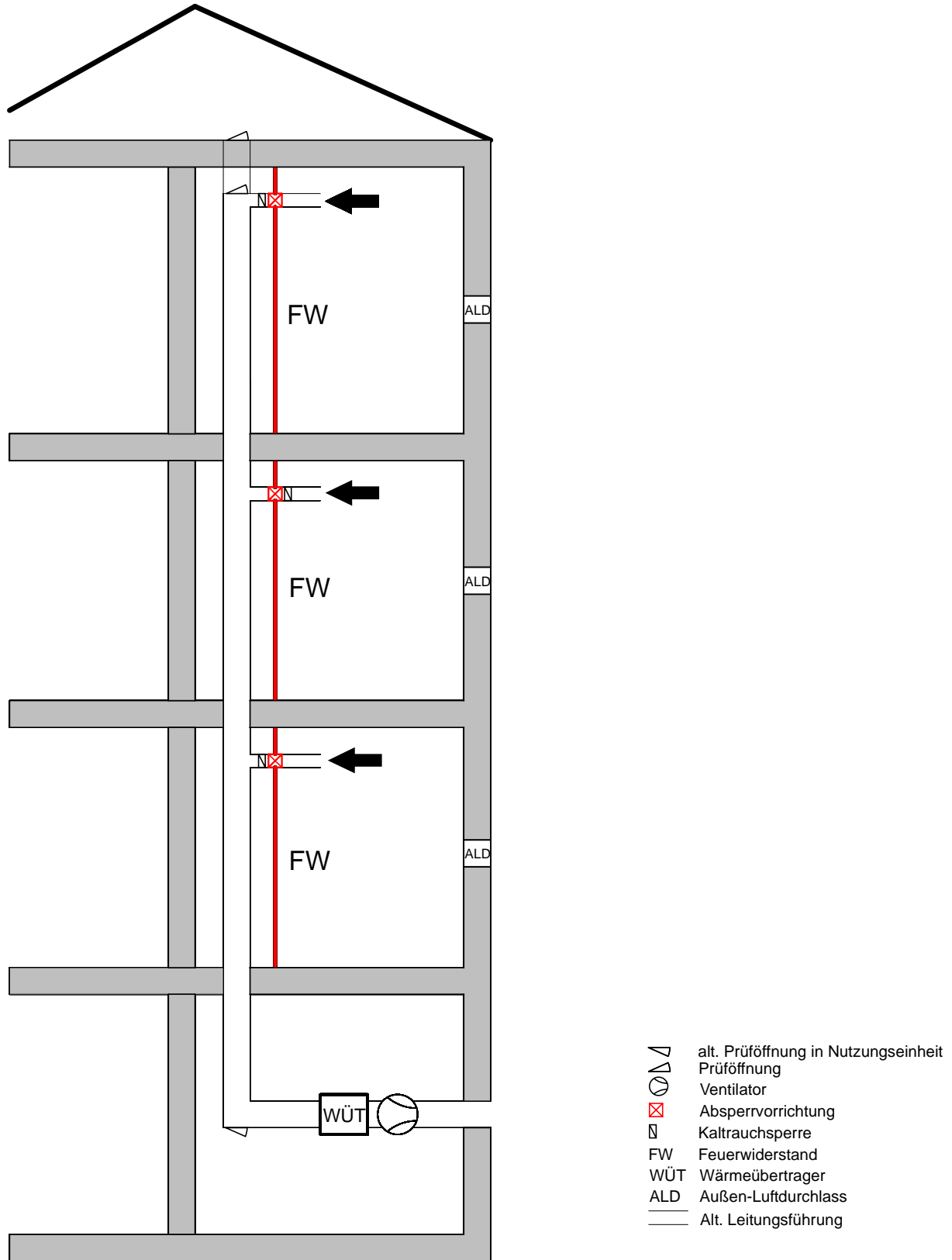


Abbildung 44: Hauptleitung ohne FW - Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG

### 4.3.3 Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät (Unit)

Die Abbildung 45 zeigt eine Abluftanlage mit feuerwiderstandsfähigen (FW) Schacht, Hauptleitung ohne Feuerwiderstand und Wohnungslüftungsgerät. Die Absperrvorrichtung und Kaltrauchsperr sind in der Schachtwand ausgeführt. Dargestellt ist die Kaltrauchsperr vor und nach der Absperrvorrichtung; diese Anordnung ergibt sich aus dem Baustoffverhalten der Kaltrauchsperr. Bei diesem System ist vorstellbar, dass die Kaltrauchsperr Bestandteil des Lüftungsgerätes ist, ähnlich den Einzelentlüftungsgeräten nach DIN 18017-3. An oberster und unterster Stelle der vertikalen Lüftungsleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen; alternativ ist die Anordnung der unteren Prüföffnung auch in der Nutzungseinheit möglich, was jedoch den nicht praktikablen Zutritt zu der Wohnung bedeuten würde.

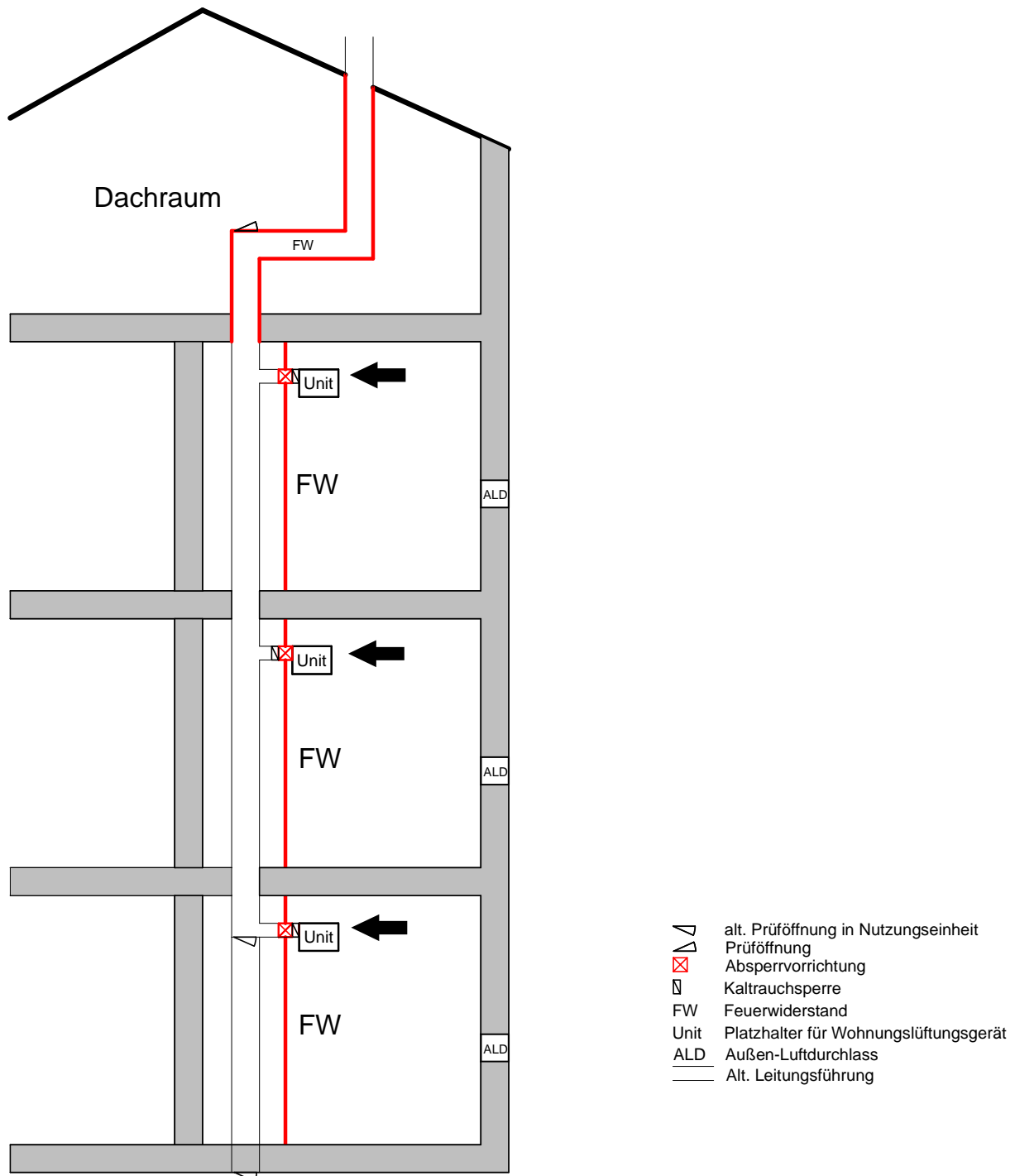


Abbildung 45: Hauptleitung ohne FW - Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät

#### **4.3.4 Bewertung der Systeme Abluftanlagen mit feuerwiderstandsfähigem Schacht**

Die vorgestellten Abluftanlagen stellen das einfachste Lüftungssystem dar. Für den Neubau ist diese Variante nicht empfehlenswert, da die Wärmerückgewinnung nicht über die Zuluft erfolgt; insbesondere bei den Varianten mit Wohnungslüftungsgerät erweist sich dies schwierig.

Die Ausführung eines feuerwiderstandsfähigen Schachtes als Schachtwand erweist sich in der Baupraxis ebenfalls als kompliziert, da weitere in dem Schacht geführte Leitung (z.B. Wasser) ebenfalls bei Durchdringung brandschutztechnisch abgeschottet werden müssen.

Die Lage der Lüftungszentrale kann entsprechend der baulichen Begebenheit angepasst werden.

Dieses System ist aus Gründen der Vollständigkeit mit aufgenommen. Im Wesentlichen kann es bei Sanierungen bestehender Abluftanlagen im Bestand angesetzt werden.

#### 4.3.5 Zu- und Abluftanlage mit Zentrale im OG

Die Abbildung 46 zeigt eine Zu- und Abluftanlage mit feuerwiderstandsfähigen (FW) Schacht, Hauptleitung ohne Feuerwiderstand und Lüftungszentrale im Obergeschoss. Die Absperrvorrichtung und Kaltrauchsperr sind in der Schachtwand ausgeführt. Dargestellt ist auch hier die Kaltrauchsperr vor und nach der Absperrvorrichtung. An oberster und unterster Stelle der vertikalen Lüftungsleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen; die untere Prüföffnung ist hier nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

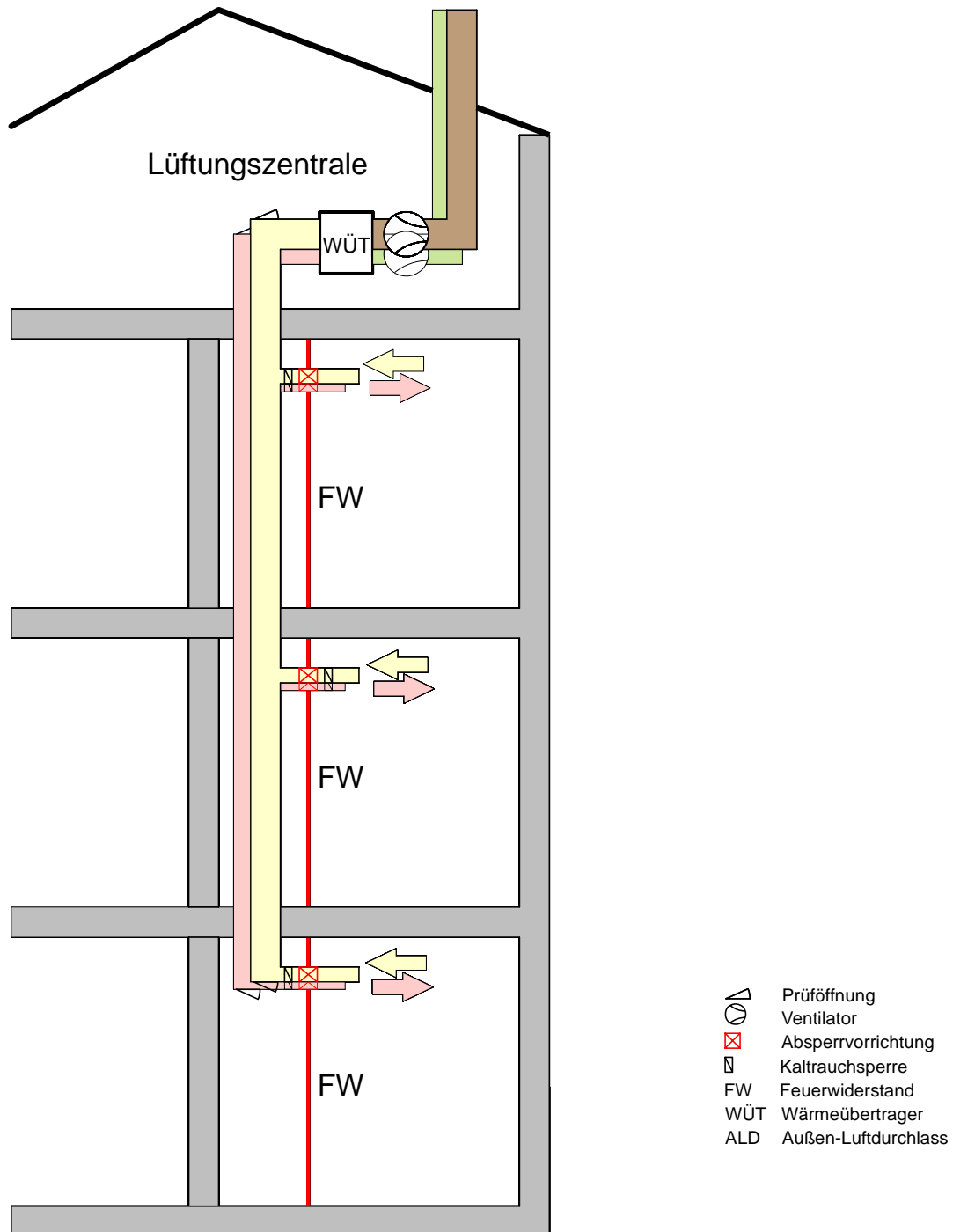


Abbildung 46: Hauptleitung ohne FW – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im OG

#### 4.3.6 Zu- und Abluftanlage mit Zentrale im UG

Die Abbildung 47 zeigt gleiches Abluftsystem entsprechend Abbildung 46, jedoch mit Lüftungszentrale im Untergeschoss; die obere Prüfföffnung ist hier nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

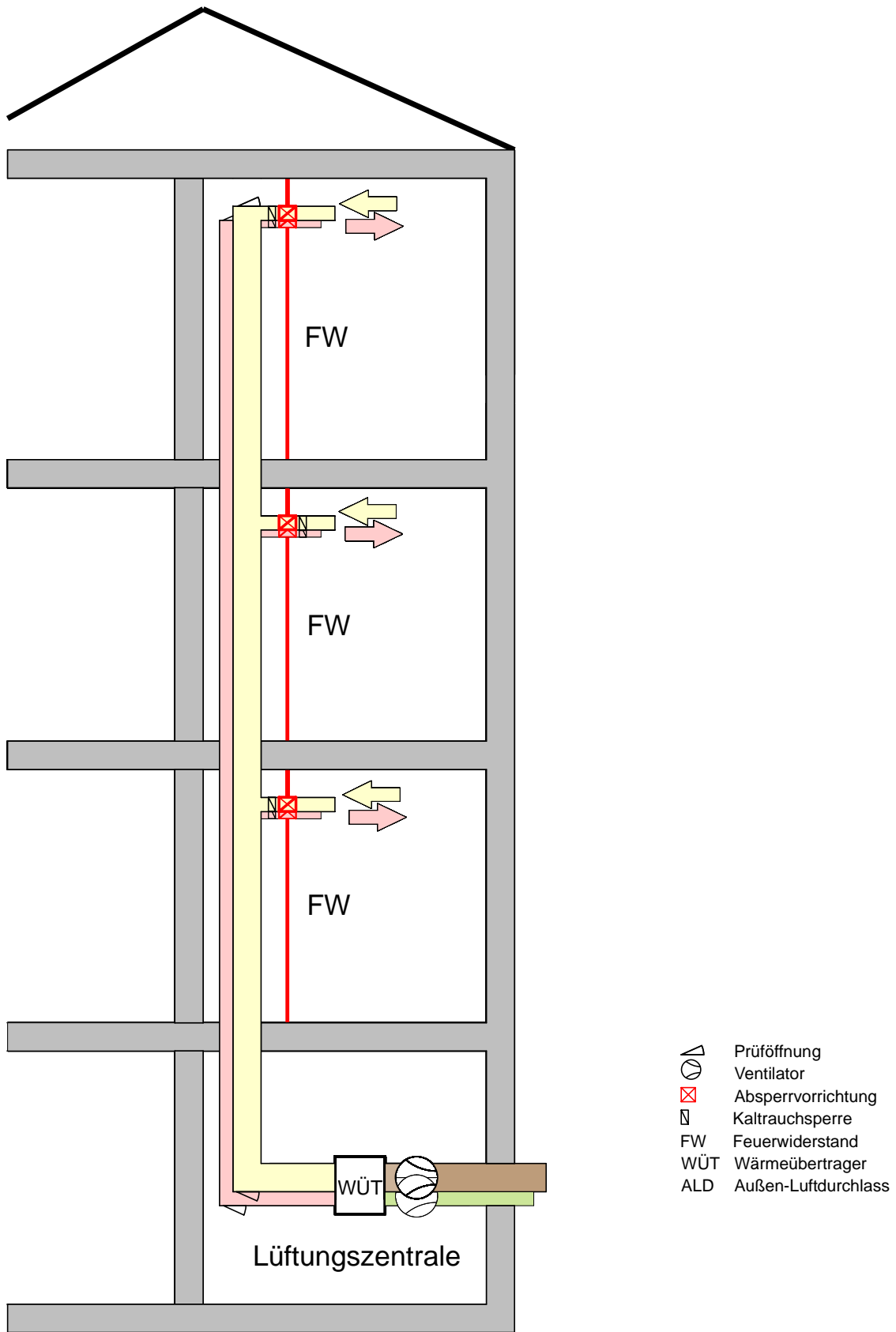


Abbildung 47: Hauptleitung ohne FW – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG

#### 4.3.7 Zu- und Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät

Die Abbildung 48 zeigt eine Zu- und Abluftanlage mit feuerwiderstandsfähigen (FW) Schacht, Hauptleitung ohne Feuerwiderstand und Wohnungslüftungsgerät. Die Absperrvorrichtung und Kaltrauchsperrung sind in der Schachtwand ausgeführt. Dargestellt ist die Kaltrauchsperrung vor und nach der Absperrvorrichtung. An oberster und unterster Stelle der vertikalen Lüftungsleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen; die untere Prüföffnung ist nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

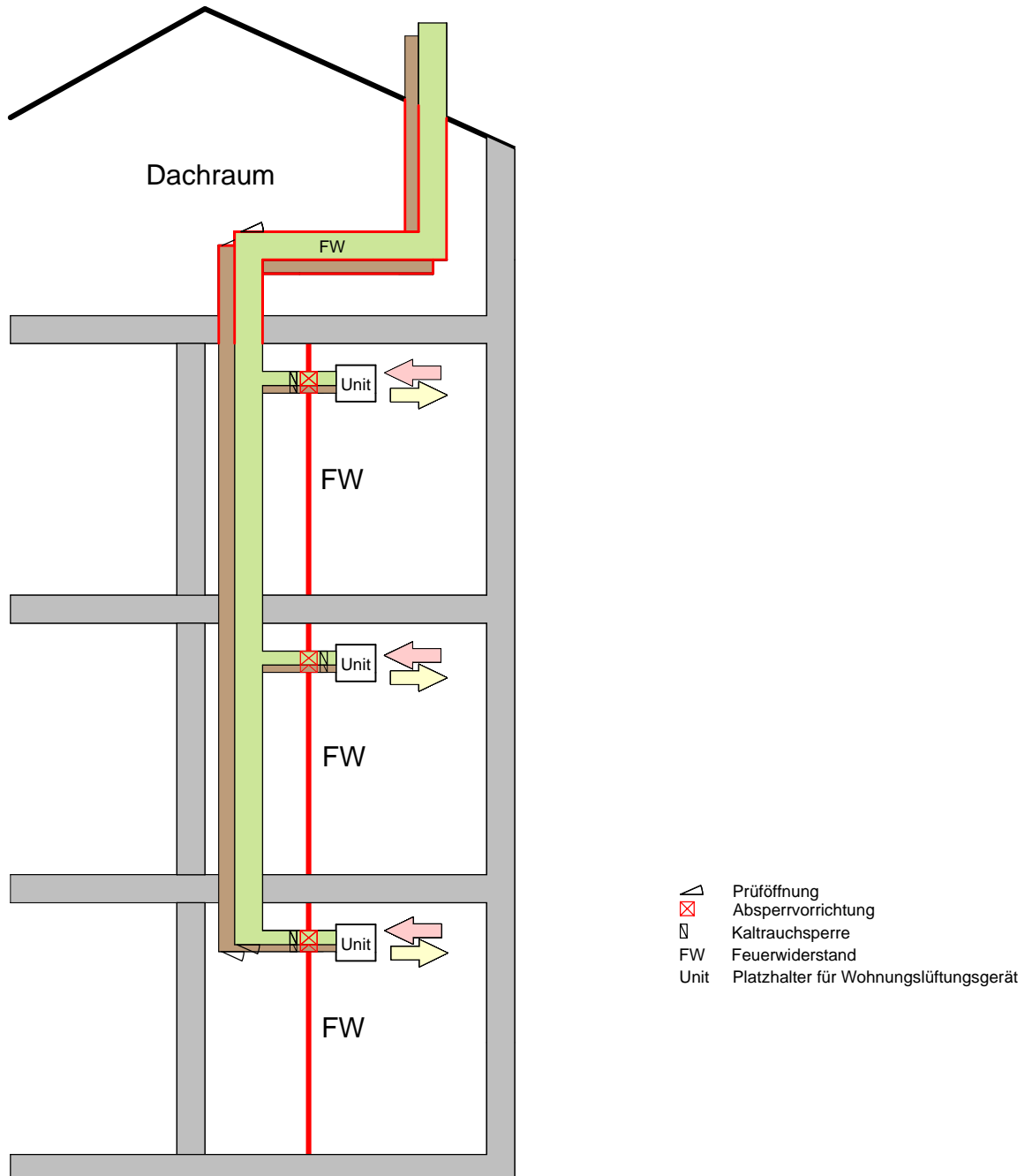


Abbildung 48: Hauptleitung ohne FW – Zu- und Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät

#### 4.3.8 Zu- und Abluftanlage mit Horizontalverzug im OG

Die Abbildung 49 zeigt zwei Zu- und Abluftsysteme von unterschiedlichen Nutzungseinheiten mit Lüftungszentrale im OG und Horizontalverzug. Die beiden vertikalen Hauptleitungen werden in der horizontalen Sammelleitung zu der Lüftungszentrale geführt: An jeder vertikalen Hauptleitung sind Prüföffnungen notwendig. Unterschieden wird im OG zwischen dem Dachraum, in dem die Ausführung einer feuerwiderstandsfähigen (FW) Lüftungsleitung aufgrund des eigenen Brandabschnittes „Dachraum“ erforderlich ist und der Einfädung der Lüftungsleitung ohne Feuerwiderstand in die Lüftungszentrale entsprechend M-LüAR [38].

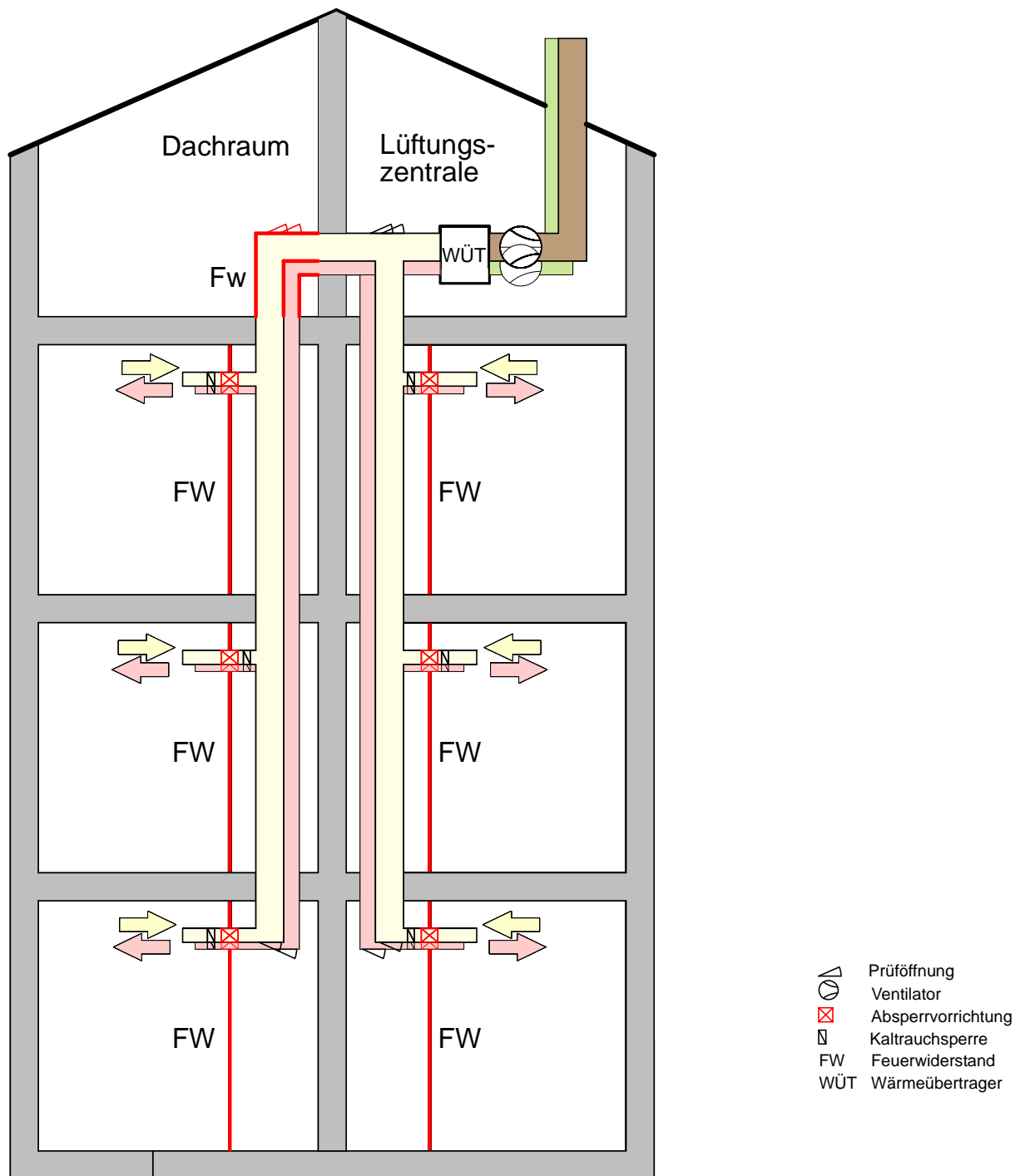


Abbildung 49: Hauptleitung ohne FW – Zusammenführung im OG



#### **4.3.9 Bewertung der Systeme Zu- und Abluftanlagen mit feuerwiderstandsfähigem Schacht**

Diese Lüftungssysteme bieten alle Möglichkeiten der kontrollierten Wohnraumlüftung. Die Wärmerückgewinnung erfolgt entweder zentral in einer Lüftungszentrale im DG oder UG oder dezentral in der Wohnung mittels entsprechendem Wohnungslüftungsgerät.

Die Ausführung des feuerwiderstandsfähigen Schachtes ist jedoch auch hier kritisch zu sehen, da weitere in dem Schacht geführte Leitung (z.B. Wasser) ebenfalls bei Durchdringung brandschutztechnisch abgeschottet werden müssen. Diesbezüglich ist zu empfehlen, die Lüftungsleitungen von den weiteren Installationen brandschutztechnisch getrennt zu führen.

#### **4.4 Hauptleitung mit Feuerwiderstand**

Die Ausführung der Hauptleitung mit Feuerwiderstand ist analog Abschnitt 4.3 zu sehen; auf eine zeichnerische Darstellung wird verzichtet.

Die Schnittstelle zwischen vertikaler Hauptleitung und Nutzungseinheit ist in der Abbildung 59 dargestellt.

##### **4.4.1 Bewertung der Systeme Hauptleitung mit Feuerwiderstand**

Dieses System soll insbesondere auf den Gebäudebestand eingehen; so kann z.B. die Lüftungsleitung in stillgelegten Kaminen als feuerbeständige Hauptleitung eingebracht werden.

Bei einer Neuinstallation ist zu berücksichtigen, dass in der Regel der feuerwiderstandsfähige Lüftungsschacht zusätzlich aus optischen Gründen durch eine weitere Schachtwand abgetrennt wird; dies bedeutet eine größere Schachttiefe.

#### **4.5 Hauptleitung ohne Feuerwiderstand mit geschossweiser Absperrung**

Das System mit Ausführung der Absperrvorrichtungen in der Decke wurde seitens der Bauministerkonferenz am 04.12.2012 abgelehnt, da die Vorgaben der Bauaufsicht Absperrvorrichtungen in der Schachtwand forderten.

Das System mit geschossweiser Absperrung in der Decke ist jedoch als gleichwertig (zu einer Absperrvorrichtung in der Schachtwand) zu bewerten. Es erfordert jedoch einen abgeänderten Prüfaufbau.

Diesbezüglich ist anzumerken, dass die geltenden Prüfvorschriften entsprechend der Zulassungsrichtlinien nach DIN 18017-3 [32] und [33] die unterschiedlichen Systeme nicht berücksichtigt.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnitt eines Gebäudes als Prinzipskizze.

#### 4.5.1 Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im OG

Die Abbildung 50 zeigt eine Abluftanlage mit Absperrvorrichtung in der Decke und mit Hauptleitung und Schachtwand ohne Feuerwiderstand sowie Lüftungszentrale im Obergeschoss; optional ist die Ausführung eines Wärmeübertragers (WÜT) möglich. Die Kaltrauchsperrung ist in der Anschlussleitung in der Nutzungseinheit ausgeführt. An oberster und unterster Stelle der vertikalen Lüftungsleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen; hier ist die untere Prüföffnung nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

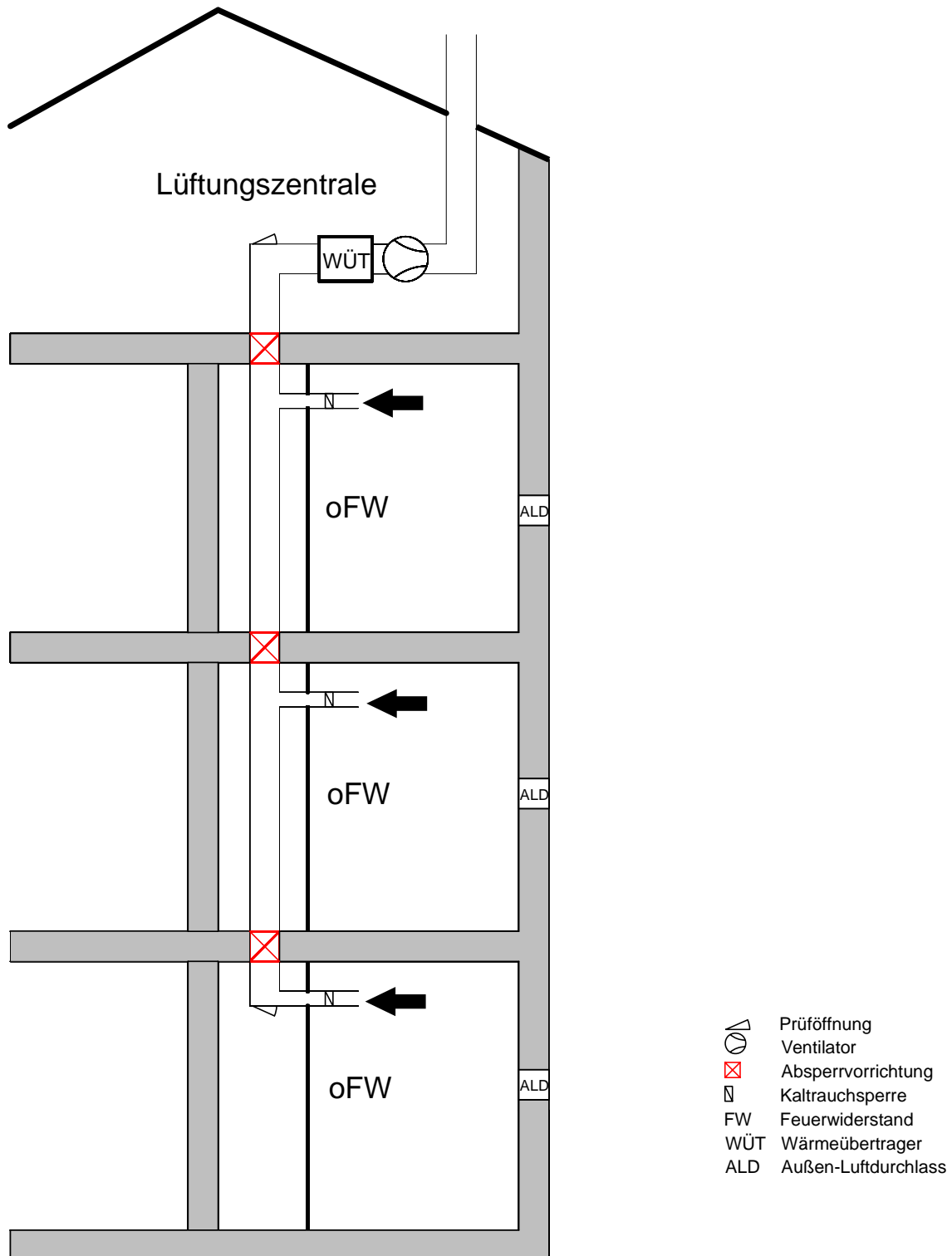


Abbildung 50: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke - Abluftanlage mit Zentrallüfter im OG

#### 4.5.2 Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im UG

Die Abbildung 51 zeigt gleiches Abluftsystem entsprechend Abbildung 50, jedoch mit Lüftungszentrale im Untergeschoss; hier ist die obere Prüfoffnung nur in der Nutzungseinheit dargestellt, was jedoch den nicht praktikablen Zutritt zu der Wohnung bedeuten würde.

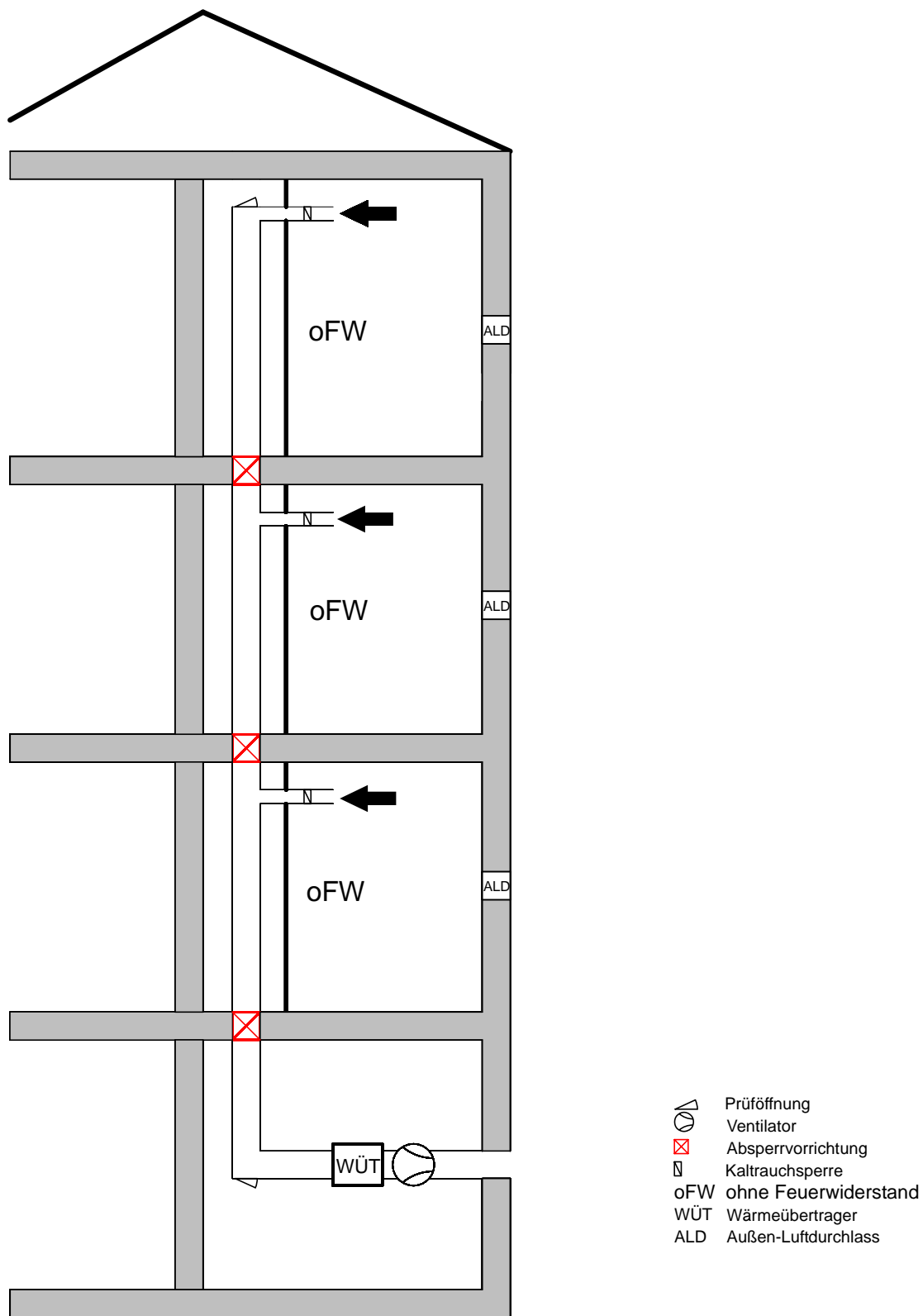


Abbildung 51: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke - Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG

#### 4.5.3 Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Wohnungslüftungsgerät (Unit)

Die Abbildung 52 zeigt eine Abluftanlage mit Schacht ohne Feuerwiderstand, Hauptleitung ohne Feuerwiderstand und Wohnungslüftungsgerät. Die Absperrvorrichtung ist in der Decke und die Kaltrauch Sperre ist in der Schachtwand ausgeführt. Bei diesem System ist vorstellbar, dass die Kaltrauch Sperre Bestandteil des Lüftungsgerätes ist, ähnlich den Einzelentlüftungsgeräten nach DIN 18017-3. An oberster und unterster Stelle der vertikalen Lüftungsleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen; die untere Prüföffnung ist nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

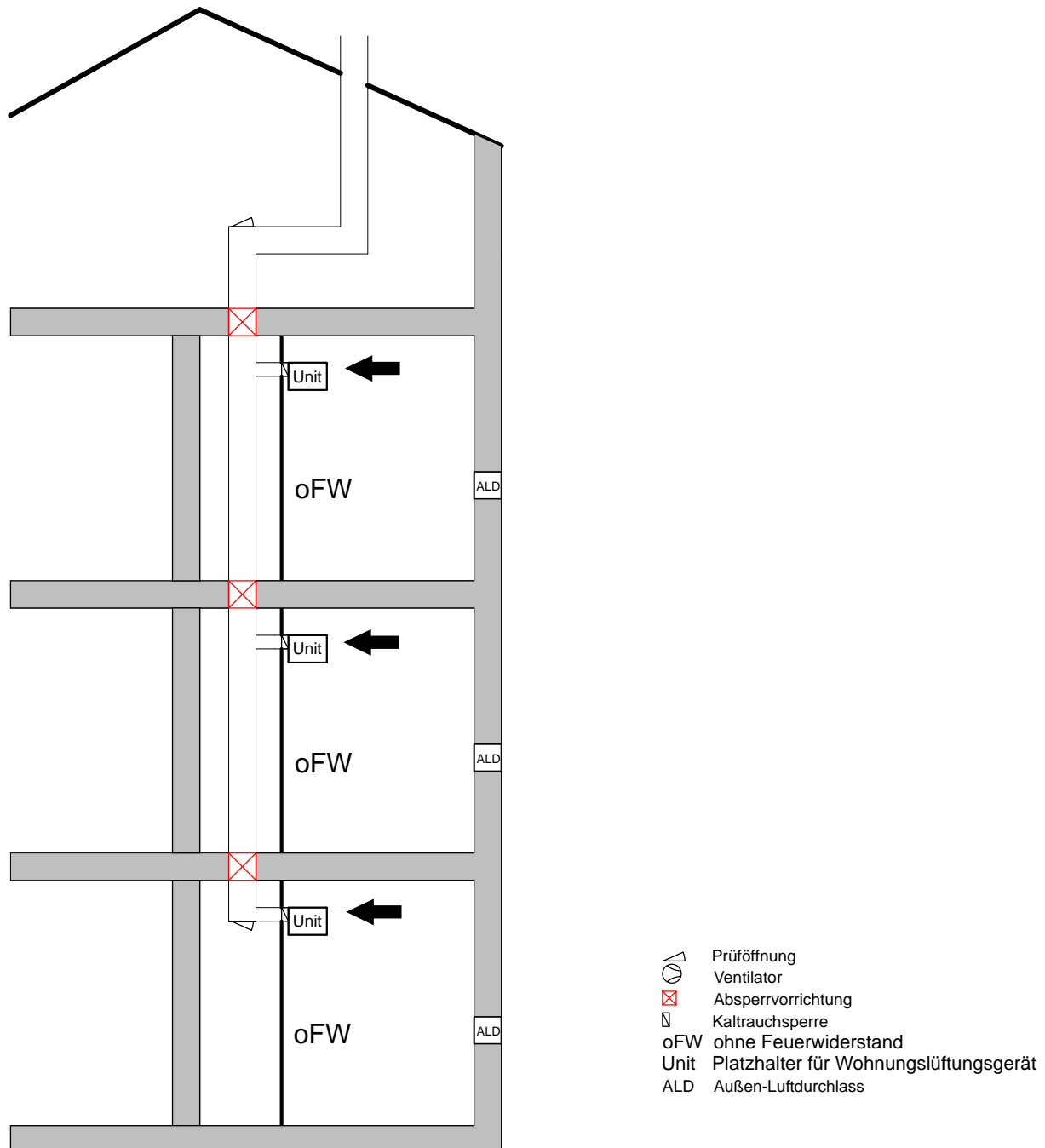


Abbildung 52: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke - Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät

#### **4.5.4 Bewertung der Systeme Abluftanlagen mit Absperrvorrichtung in der Decke**

Wie unter Abschnitt 4.3.4 ist die reine Abluftanlage nur der Vollständigkeit wegen aufgenommen.

Die Ausführung der Absperrvorrichtung in der Decke ist jedoch positiver zu bewerten als die Ausführung mit feuerwiderstandsfähigem Schacht. Alle weiteren in dem Schacht befindlichen Installationen werden ebenfalls in der Decke (dies ist i. d. R. eine Stb-Decke) brandschutztechnisch abgeschottet, sodass keine komplizierten brandschutztechnischen Durchdringungen in der Schachtwand erfolgen müssen.

Die Lage der Lüftungszentrale wird ebenfalls der baulichen Begebenheit angepasst.

#### 4.5.5 Zu- und Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im OG

Die Abbildung 53 zeigt eine Zu- und Abluftanlage mit Schacht ohne Feuerwiderstand, Hauptleitung ohne Feuerwiderstand und Lüftungszentrale im Obergeschoss. Die Absperrvorrichtung ist in der Decke und die Kaltrauchsperrre ist in der Schachtwand ausgeführt. An oberster und unterster Stelle der vertikalen Lüftungsleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen; die untere Prüföffnung ist hier nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

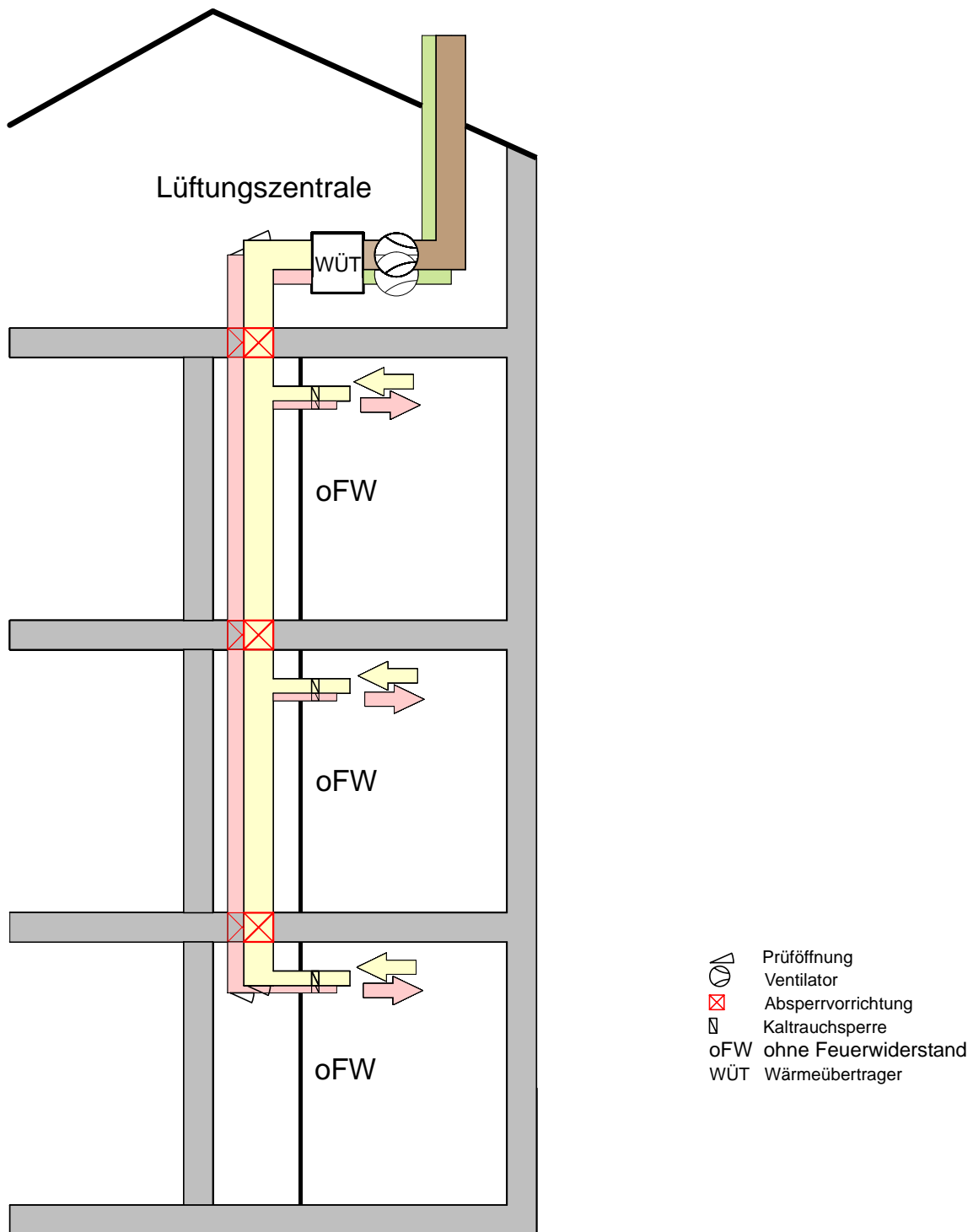


Abbildung 53: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im OG

#### 4.5.6 Zu- und Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Zentrale im UG

Die Abbildung 54 zeigt gleiches Abluftsystem entsprechend Abbildung 53, jedoch mit Lüftungszentrale im Untergeschoss; die obere Prüföffnung ist hier nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

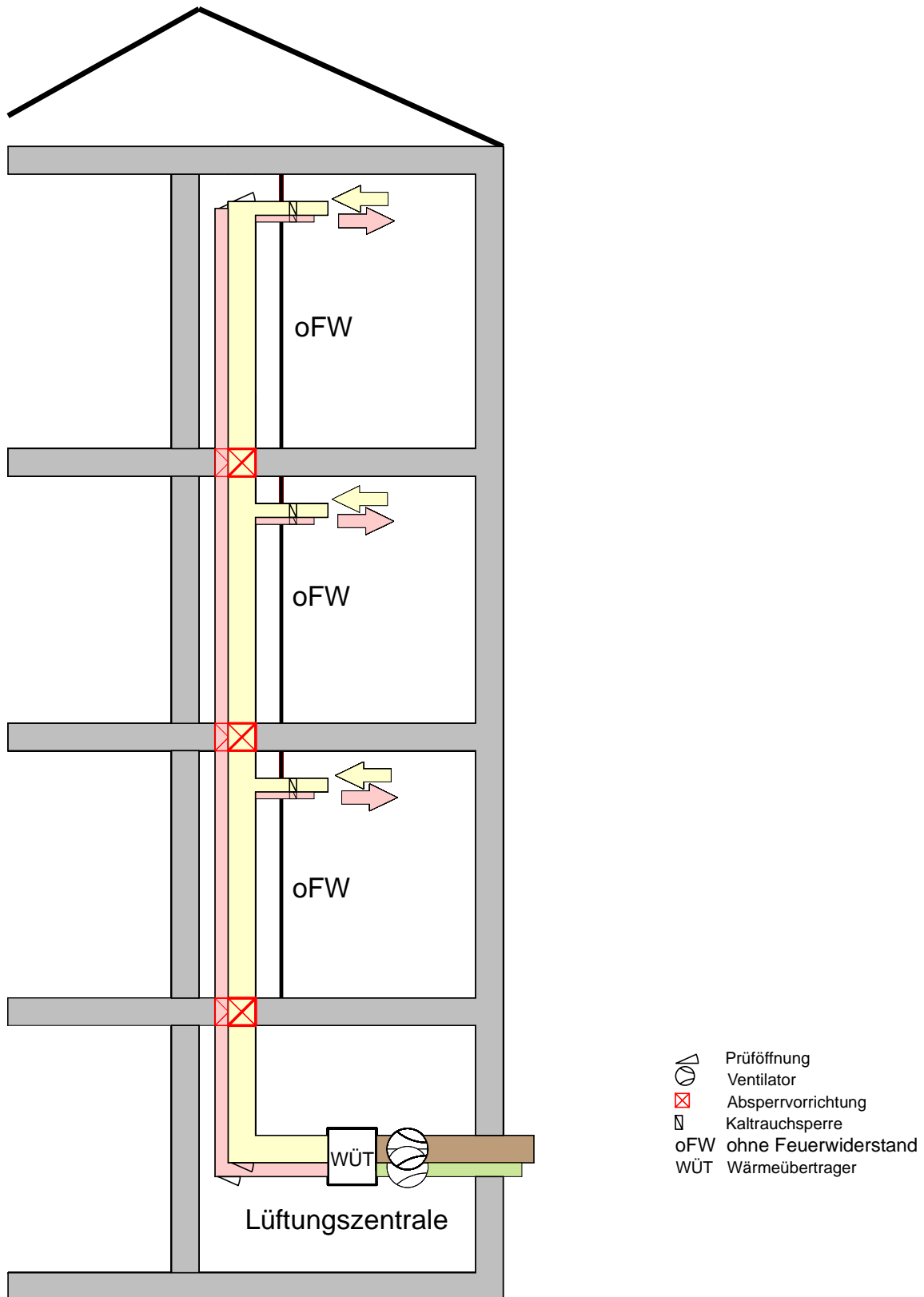


Abbildung 54: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG

#### 4.5.7 Zu- und Abluftanlage mit Absperrvorrichtung Decke und Wohnungslüftungsgerät

Die Abbildung 55 zeigt eine Zu- und Abluftanlage mit Schacht ohne Feuerwiderstand, Hauptleitung ohne Feuerwiderstand und Wohnungslüftungsgerät. Die Absperrvorrichtung ist in der Decke und die Kaltrauchsperrre ist vor dem Wohnungslüftungsgerät ausgeführt. An oberster und unterster Stelle der vertikalen Lüftungsleitung sind Prüföffnungen für die Inspektion und Instandhaltung vorzusehen; die untere Prüföffnung ist hier nur in der Nutzungseinheit dargestellt.

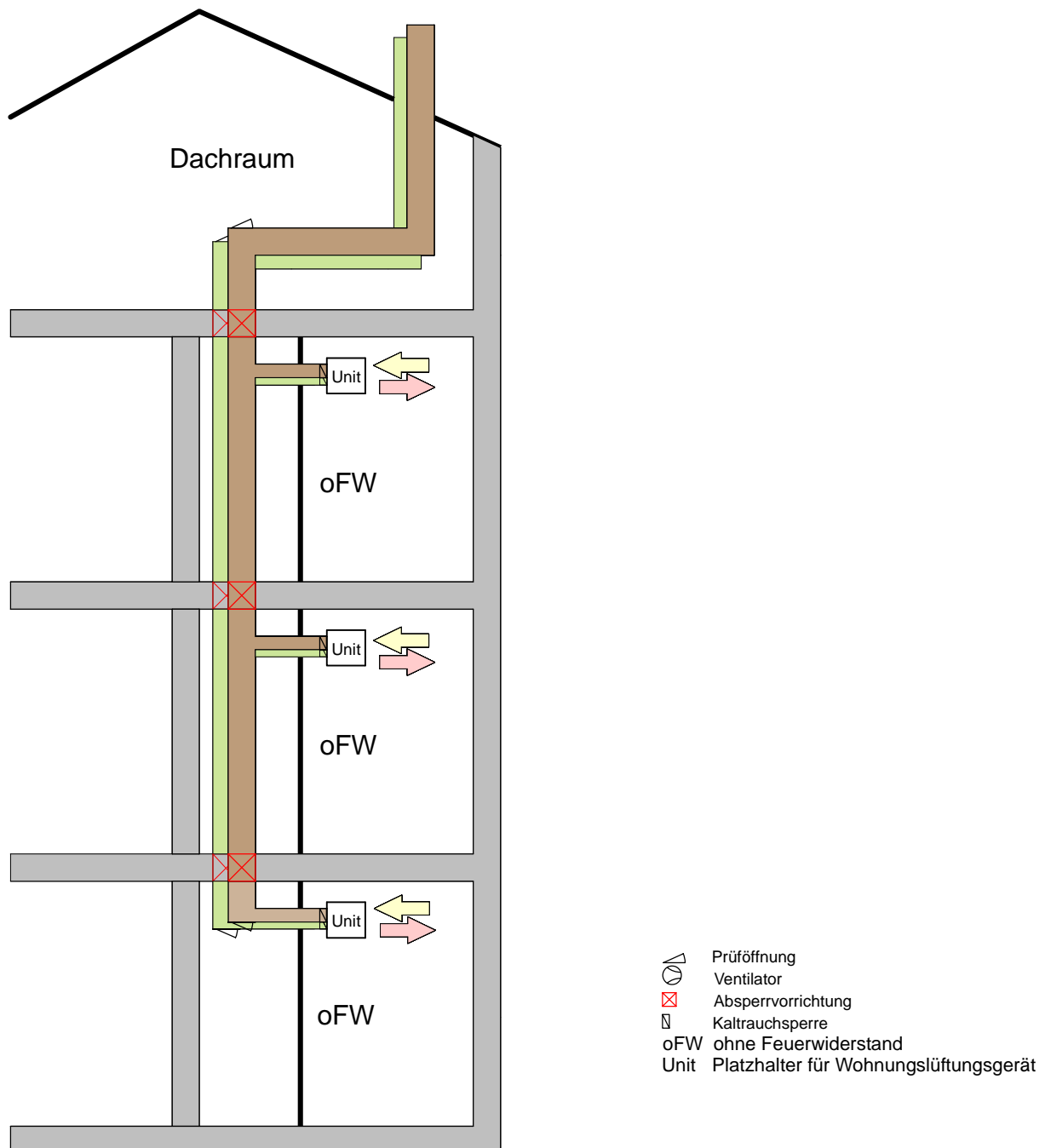


Abbildung 55: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke – Zu- und Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät





#### 4.5.9 Bewertung der Systeme Zu- und Abluftanlagen mit Absperrvorrichtung in der Decke

Diese Lüftungssysteme bieten alle Möglichkeiten der kontrollierten Wohnraumlüftung. Die Wärmerückgewinnung erfolgt analog Abschnitt 4.3.9 zentral in einer Lüftungszentrale im DG oder UG oder dezentral in der Wohnung mittels entsprechenden Wohnungslüftungsgeräts.

Aufgrund des Wegfalls des Feuerwiderstands der Schachtwand wird dieses System in der Ausführung aus brandschutztechnischer Sicht als die sicherste Variante bewertet.

Aufgrund der Deckenschottung entfällt im UG, bzw. Dachraum ebenfalls die Anforderung der Ausführung einer feuerwiderstandsfähigen horizontalen Sammel-Lüftungsleitung bis zur Lüftungszentrale.

Bereits bei den am Markt erhältlichen Absperrvorrichtungen in der Anforderung K90-18017 entfällt die Anforderung an einen feuerwiderstandsfähigen Schacht, da alle Temperaturkriterien in der Brandprüfung eingehalten sind.

#### 4.6 Anschlussleitungen

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die unterschiedlichen Ausführungsmöglichkeiten der Schnittstelle zwischen der vertikalen Hauptleitung und der Nutzungseinheit jeweils als Prinzipdetail.

##### 4.6.1 Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähigem Schacht mit Wohnungslüftungsgerät

Die Abbildung 57 zeigt die Schnittstelle bei Hauptleitung ohne Feuerwiderstand zwischen feuerwiderstandsfähigem (FW) Schacht und Nutzungseinheit. Die Lage der vertikalen Lüftungsleitung und des Wohnungslüftungsgerätes kann sich an beliebiger Stelle in der Wohnung befinden. Das Lüftungsgerät wird am ehesten im Bad oder Flur ausgeführt werden, da diese Räume keine Aufenthaltsräume sind und somit keine Anforderung an die Raumhöhe besteht; d.h. in diesen Bereichen kann die Decke tiefer abgehängt werden.

Im Bereich der Absperrvorrichtung ist eine Prüföffnung vorzusehen für Instandhaltungsarbeiten und Reinigungsmaßnahmen an der Absperrvorrichtung. Ebenfalls ist eine Prüföffnung im Bereich des Wohnungslüftungsgerätes vorzusehen.

Bei Wohnungslüftungsgeräten ist vorstellbar, dass die Kaltrauchsperrung Bestandteil des Lüftungsgerätes ist, ähnlich den Einzelentlüftungsgeräten nach DIN 18017-3.

Die Anschlussleitung nach der Absperrvorrichtung ist als schwerentflammbar gekennzeichnet.

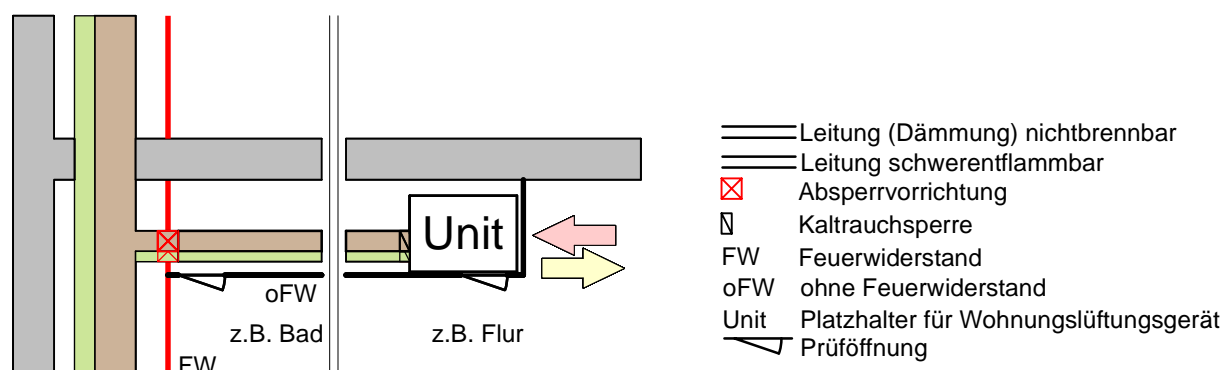


Abbildung 57: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähigem Schacht mit Wohnungslüftungsgerät

#### 4.6.2 Hauptleitung mit geschosswiseer Absperrung mit Wohnungslüftungsgerät

Die Abbildung 58 zeigt die Schnittstelle bei Hauptleitung und Schacht ohne Feuerwiderstand und Nutzungseinheit. Bezüglich der Lage der vertikalen Lüftungsleitung und des Wohnungslüftungsgerätes verhält es sich entsprechend Abschnitt 4.6.1.

Im Bereich der Absperrvorrichtung ist keine Prüföffnung erforderlich, da die Absperrvorrichtungen in der Decke wartungsfrei sind und bei Beschädigung ausgetauscht werden müssen; die Überprüfung der Absperrvorrichtung und Reinigungsmaßnahmen erfolgen von der oberen oder unteren Prüföffnung in der Hauptleitung. Eine Prüföffnung im Bereich des Wohnungslüftungsgerätes ist vorzusehen.

Die Anschlussleitung nach der Absperrvorrichtung ist als nichtbrennbar gekennzeichnet, da die Absperrvorrichtung in der Hauptleitung ausgeführt ist und die Anschlussleitung nicht durch eine Absperrvorrichtung von der Hauptleitung getrennt ist.

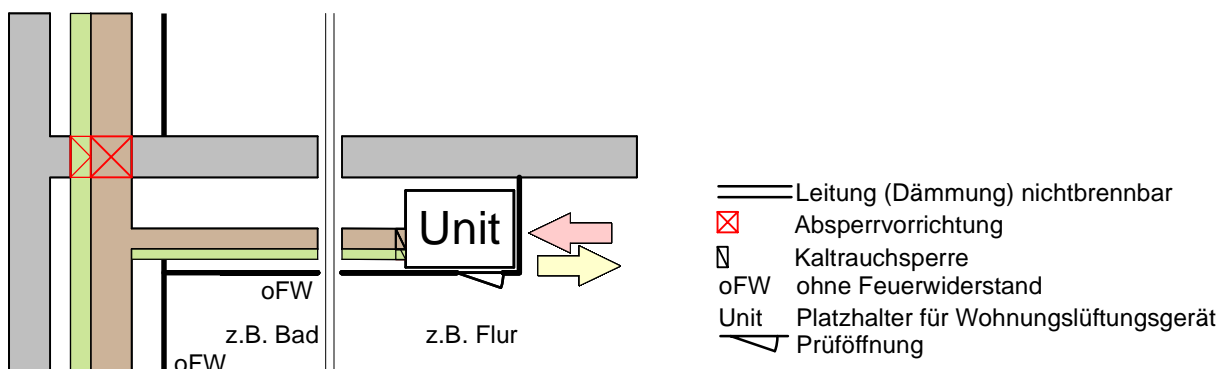


Abbildung 58: Prüföffnung bei Schacht ohne FW mit Wohnungslüftungsgerät

#### 4.6.3 Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Wohnungslüftungsgerät

Die Abbildung 59 zeigt die Schnittstelle bei der feuerwiderstandsfähigen Hauptleitung und Nutzungseinheit. Die Anschlussleitung ist von der Hauptleitung bis zur Absperrvorrichtung mit Feuerwiderstand auszuführen; hierbei ist zu beachten, dass die Anschlussleitung bis zu der Absperrvorrichtung nicht länger als 500 mm sein darf. Dieser Maximalabstand ist notwendig, damit bei einer Kamerabefahrung die Überprüfung der ausgelagerten Absperrvorrichtung möglich ist.

Bezüglich der Lage der vertikalen Lüftungsleitung und des Wohnungslüftungsgerätes verhält es sich entsprechend Abschnitt 4.6.1.

Diese Ausführung berücksichtigt insbesondere Sanierungen im Gebäudebestand, wie z.B. die Verlegung der Hauptleitung in toten Kaminen.

Die Abbildung zeigt im Bereich der Absperrvorrichtung eine Prüföffnung; Für Instandhaltungsarbeiten ist diese nicht erforderlich, da ein Maximalmaß der Anschlussleitung festgelegt ist. Für notwendige Reinigungsmaßnahmen an der Absperrvorrichtung muss die Zugänglichkeit über die die Prüföffnung im Bereich des Wohnungslüftungsgerätes gewährleistet sein.

Die Anschlussleitung nach der Absperrvorrichtung ist als schwerentflammbar gekennzeichnet.

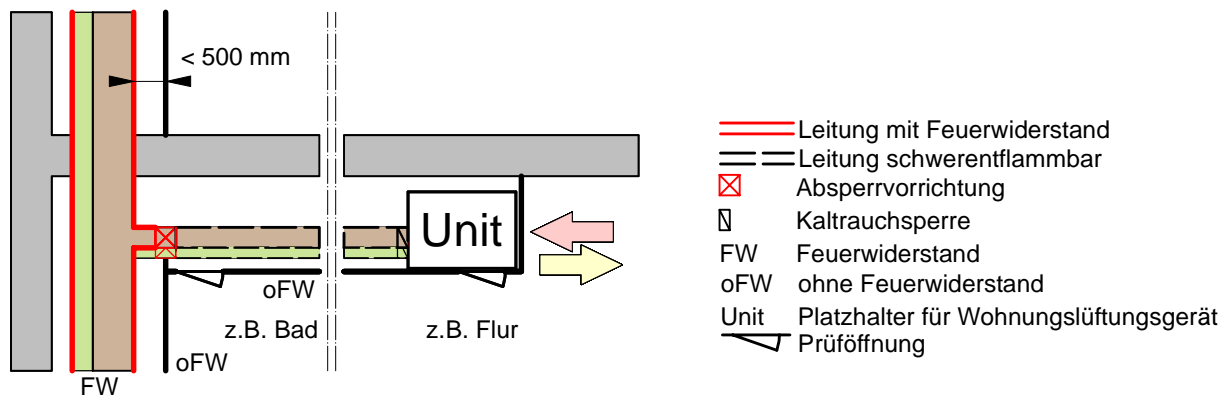


Abbildung 59: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Wohnungslüftungsgerät

#### 4.6.4 Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Zu- und Abluftventil

Die Abbildung 60 zeigt die Schnittstelle bei der feuerwiderstandsfähigen Hauptleitung und Nutzungseinheit mit Lüftungszentrale und Zu- und Abluftventilen in der Nutzungseinheit. Die Anschlussleitung ist von der Hauptleitung bis zur Absperrvorrichtung mit Feuerwiderstand auszuführen. Bezüglich der Lage der vertikalen Lüftungsleitung verhält es sich entsprechend Abschnitt 4.6.1.

Diese Ausführung berücksichtigt insbesondere Sanierungen im Gebäudebestand.

Im Bereich der Absperrvorrichtung und Kaltrauchsperrung ist jeweils eine Prüföffnung für Instandhaltungsarbeiten und Reinigungsmaßnahmen vorzusehen. Idealerweise sind Absperrvorrichtung und Kaltrauchsperrung über eine Prüföffnung zugänglich.

Die Anschlussleitung nach der Absperrvorrichtung ist als schwerentflammbar gekennzeichnet.

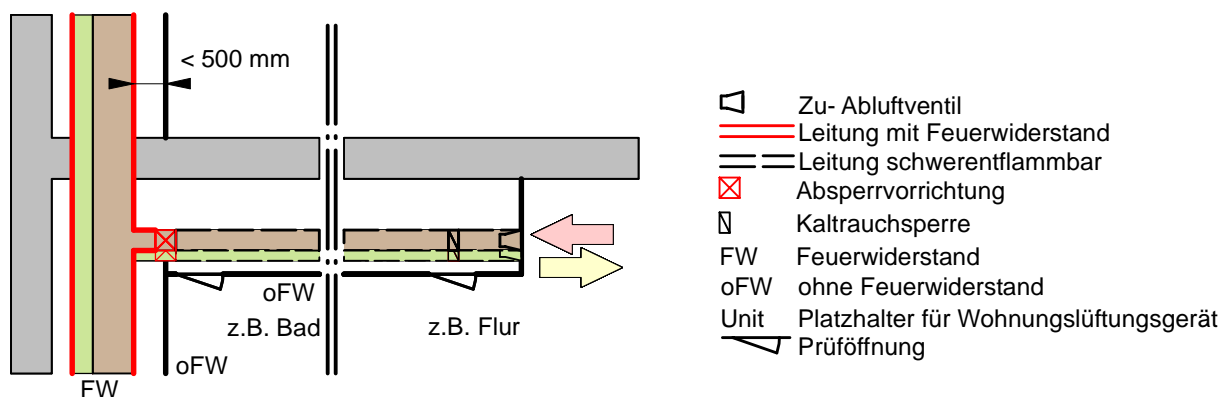


Abbildung 60: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Zu- und Abluftventil

#### 4.6.5 Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung direkt an der Lüftungsleitung

Die Abbildung 61 zeigt die Schnittstelle bei der feuerwiderstandsfähigen Hauptleitung und Nutzungseinheit mit Lüftungszentrale direkt an der Lüftungsleitung. Die Anschlussleitung ist von der Hauptleitung bis zur Absperrvorrichtung mit Feuerwiderstand auszuführen. Bezüglich der Lage der vertikalen Lüftungsleitung verhält es sich entsprechend Abschnitt 4.6.1.

Diese Ausführung berücksichtigt insbesondere Sanierungen im Gebäudebestand.

Bei diesem Beispiel ist keine Prüföffnung im Bereich der Absperrvorrichtung und Kaltrauchsperrung vorzusehen, da beide über das Zu- und Abluftventil zugänglich sind.

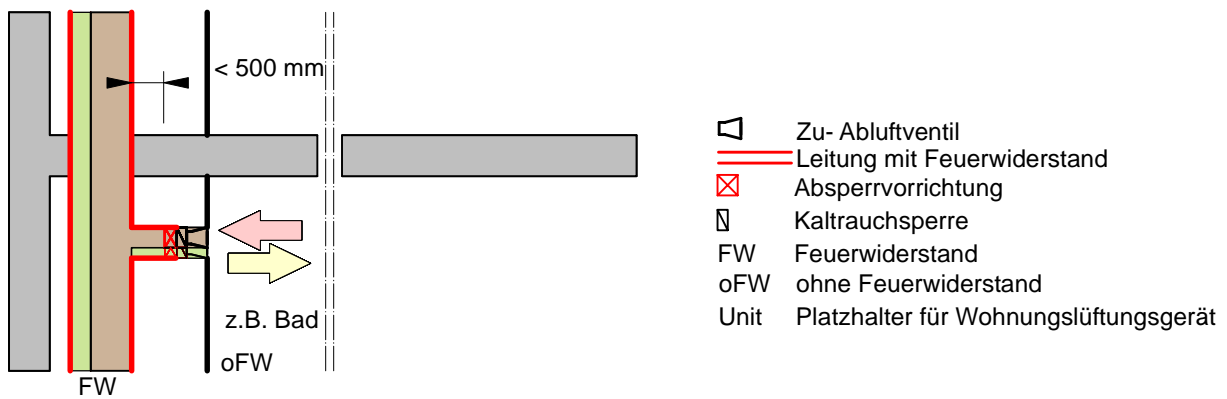


Abbildung 61: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Zu- und Abluftventil

## 5 Prüfvorschlag für das Neue Wohnungslüftungssystem

### 5.1 Allgemein

Im Kapitel 3 wurden die Massen- und Wärmeströme der unterschiedlichen Versuchsaufbauten und unterschiedlichen Einbausituationen dargestellt. Die Einflussfaktoren auf das System im Brandfall sind damit bekannt, so dass auf dieser Basis ein sicherer Prüfvorschlag für das neue Wohnungslüftungssystem abgeleitet werden kann.

Prinzipiell ist festzustellen, dass der dreigeschossige Versuchsaufbau das Lüftungssystem ganzheitlich abbildet; alle Situationen in einem Gebäude finden sich in diesem Versuchsaufbau wieder. Der bisherige zweigeschossige Versuchsaufbau gibt dies nicht wieder und ist deshalb zu verwerfen.

Generell ist jedoch zwischen den Einbausituationen der Absperrvorrichtung in der Decke und in der Schachtwand zu unterscheiden. Diese Unterscheidung erfolgt bei den bisherigen Prüfungen nicht. Die Differenzierung ist jedoch dringend notwendig, da die Auswirkungen auf die Massen- und Wärmeströme in den Lüftungssystemen grundlegend unterschiedlich sind. Bei einer zentralen Lüftungsanlage mit Absperrvorrichtung in der Decke besteht - insbesondere bei der Lage der Absperrvorrichtung direkt unterhalb der Lüftungszentrale - die Gefahr, dass die Druckverhältnisse in der Hauptleitung die Absperrvorrichtung zerstören.

Die Unterscheidung zwischen zentralem und dezentralem Lüftungsgerät fällt bei dem Neuen Wohnungslüftungssystem im Vergleich zu dem Abluftsystem nach DIN 18017-3 nicht ins Gewicht. Es wird prinzipiell von einem Überdruck aufgrund des Wegfalls der freien Abströmung ausgegangen. Der entstehende Überdruck aufgrund des thermischen Auftriebs oder bedingt durch die Lüftungsgeräte erfordert die Ausführung einer Kaltrauchsperrung. Die Kaltrauchsperrung muss die Funktion der bekannten Rückschlagklappe der Einzellüftungsgeräte nach DIN 18017-3 erfüllen; die Kaltrauchsperrung schließt in die gegenüber der Planung vorgesehene entgegengesetzte Luftrichtung. Sie verhindert aus brandschutztechnischer Sicht den Raucheintrag infolge eines Überdrucks aus der vertikalen Hauptleitung in die Nutzungseinheit. Zur Zeit sind Kaltrauchsperrungen lediglich in der Bauregelliste [55] im Teil C Punkt 3.3 enthalten; dies bedeutet, dass es hierfür weder Technische Baubestimmungen noch allgemein anerkannte Regeln der Technik gibt und die Kaltrauchsperrung für die Erfüllung bauordnungsrechtlicher Anforderungen nur eine untergeordnete Bedeutung haben.

Das Neue Wohnungslüftungssystem ist als System im dreigeschossigen Versuchsaufbau zu prüfen; in diesem Prüfaufbau besteht das abgebildete System aus

- Absperrvorrichtung mit Kaltrauchsperrung
- Lüftungsleitung, bzw. Schacht
- Absperrvorrichtung mit Kaltrauchsperrung

Bei dieser Prüfung soll bezüglich der Lage der Messstellen auf die europäische Normung (und nicht wie bislang bei DIN 18017-3 Prüfungen auf die nationale Normung) Bezug genommen werden. Dies soll eine eventuelle spätere europäische Klassifizierung – bei Interesse der Nachbarstaaten an diesem System – ermöglichen und spätere aufwendige Nachprüfungen vermeiden.

Als Beurteilungskriterium sind die Temperaturkriterien nach DIN EN 1366-1 als -Einzel- und Mittelwerte zugrunde zu legen.

Eine Kombination der Kaltrauchsperrung mit den Wohnungslüftungsgeräten analog der Einzelabluftgeräte nach DIN 18017-3 erscheint möglich, ist jedoch keine Voraussetzung. Hierfür sind von den Herstellern praktikable Lösungen zu entwickeln.

Die Lage (Richtung von Hauptleitung zur Wohnung) der Kaltrauchsperrung nach der Absperrvorrichtung in der Nutzungseinheit (vgl. die Darstellungen aus Kapitel 4) wird als günstigere bewertet. Die Absperrvorrichtung stellt einen zusätzlichen Schutz der Kaltrauchsperrung dar; es wird verhindert, dass hohe Lufttemperaturen die Kaltrauchsperrung zerstören, bzw. hohe konstruktionstechnische Anforderungen zu stellen sind. Hintergrund dieser Überlegung stellen bereits am Markt erhältliche Kaltrauchsperrungen (z.B. Kaltrauchsperrung KRS-M der Geba Bartholomäus GmbH) mit einer

temperaturbeständigen Membran bis 260°C dar. In diesem Falle muss die Absperrvorrichtung sicherstellen, dass die Lufttemperatur an der Kaltrauchsperrung <260°C ist.

Bei Abluftsystemen nach DIN 18017-3 stellen in der Praxis die Regelabstände nach Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie zu den angrenzenden Leitungen ein großes Problem dar. Es wird für dieses System vorgeschlagen, dass die vertikale Lüftungsleitung (Hauptleitung) allseitig durch Bauplatten (systemabhängig als Brandschutzbauplatte oder Gipskartonplatte) abzutrennen ist. Diese strikte Planungsvorgabe wird einer fehlerhaften Ausführung vorbeugen; der Planer muss diesen zusätzlichen Platzbedarf – der letztendlich sehr gering ist – von Beginn seiner Planung berücksichtigen. Die Vielzahl von verwirrenden Erleichterungen – wie bislang existent – soll hierdurch beseitigt werden.

Für alle Varianten des Neuen Wohnungslüftungssystems ist ein Deckenverschluss mit Mörtel mit mind. 100 mm Dicke bis zur Hauptleitung / feuerwiderstandsfähigen Lüftungsleitung erforderlich.

Die Regelungen für Küchenabluft entsprechend DIN 18017-3 sind für das neue Wohnungslüftungssystem ebenfalls anwendbar. Die Lage für die heranzuziehende Temperaturmessstelle (Messstelle TK entsprechend Abbildung 62, Abbildung 63 und Abbildung 64) in der Hauptleitung ist jedoch innerhalb des Brandraumes anzubringen; ein Durchzünden innerhalb der Hauptleitung beginnt im Brandraum und nicht erst oberhalb von diesem.

## **5.2 Prüfung der Auslöseeinrichtung**

Die Prüfung des Fehlauselöseverhaltens und Auslöseverhaltens entsprechend DIN 18017-3 hat sich für die Systemprüfung bewährt und ist ebenfalls für das Neue Wohnungslüftungssystem anwendbar. Eine weitere Entwicklung diesbezüglich ist nicht erforderlich.

Begründung:

Aufgrund der Systemprüfung wird das Brandverhalten innerhalb des Gesamtsystems nachgewiesen; eine Prüfung nach den Prüfgrundsätzen für temperaturgesteuerte Auslöseeinrichtungen entsprechend ISO 10294-4 wie bei der Produktprüfung der konventionellen Absperrvorrichtungen wird als nicht notwendig erachtet.

### **5.2.1 Fehlauselöseverhalten**

Das Fehlauselöseverhalten bei temperaturgesteuerten Auslöseeinrichtungen ist bei 65°C während einer Stunde bei der kleinsten und größten Baugröße zu untersuchen. Die Probekörper dürfen während dieser Zeit nicht auslösen.

Diese Untersuchung wird an mindestens fünf Probekörpern durchgeführt.

### **5.2.2 Auslöseverhalten**

Das Auslöseverhalten erfolgt mit einer festgelegten Prüfeinrichtung entsprechend des Forschungsberichts Nr. 00/317 [56]. Hierfür sind die Probekörper mit einer Lufttemperatur von 160°C und einer Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/s zu durchströmen. Die Probekörper müssen innerhalb von 10 Minuten geschlossen sein; dabei müssen alle brandschutztechnischen Absperrlemente der Absperrvorrichtung bis auf die Intumeszenzmaterialien innerhalb von 10 Minuten ihre vorgesehene Endlage erreicht haben.

Diese Untersuchung wird an mindestens fünf Probekörpern durchgeführt.

### 5.3 Brandversuch

In dem dreigeschossigen Versuchsaufbau sind die größten Probekörper bestehend aus Absperrvorrichtung, Kaltrauchsperre und Lüftungsgeräte (bei dezentralen Geräten) praxisgerecht einzubauen.

Je Geschoss ist nur ein Anschluss vorzusehen; soll mehr als ein Anschluss vorgesehen werden, so ist die maximale Anzahl von Anschlüssen im Brandraum einzubauen; in dem Unter- und Obergeschoss ist jeweils nur ein Anschluss ausreichend. Eine entsprechende vorgegebene Luftströmung muss gewährleistet sein.

Begründung:

Es ist davon auszugehen, dass mit einem Anschluss die komplette Nutzungseinheit (Wohnung) versorgt werden kann (insbesondere bei dezentralen Lüftungsgeräten). Sollten mehrere Anschlüsse vorgesehen werden (wie bei Abluftanlagen nach DIN 18017-3) ist die Maximalanzahl zu prüfen; die Untersuchungen entsprechend Kapitel 3 zeigten, dass der Temperatureintrag in die Hauptleitung in direktem Zusammenhang mit der Größe der Öffnung zur Nutzungseinheit (Anschlussöffnung) steht.

Bei dezentralen Lüftungsgeräten sind die Lüftungsgeräte im Brandraum und Obergeschoss auszuführen; im Untergeschoss kann auf das Lüftungsgerät verzichtet werden. Ein Betrieb erfolgt entsprechend der vorgegebenen Strömungsgeschwindigkeit und dem vorgegebenen Druck. Das Lüftungsgerät kann mit Schließen der Absperrvorrichtung abschalten, sofern seitens des Herstellers eine automatische Abschaltung, z.B. mittels Differenzdrucksensors, vorgesehen ist; in diesem Fall wird die Funktion der automatischen Abschaltung mit dem Brandversuch nachgewiesen.

Bei zentralen und dezentralen Lüftungsgeräten ist in der Zu- und Abluftleitung (Hauptleitung) jeweils eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,15m/s einzustellen.

Begründung:

Die Untersuchungen entsprechend Kapitel 3 zeigten, dass eine ständige und geringe Durchströmung der Hauptleitung den größten Stress für das System bedeutet. Eine starke Durchströmung aus dem Untergeschoss fördert kühle Luft, die das gesamte System abkühlt (vgl. Kapitel 7.7 neu Abschalten des Ventilators im UG und den damit in Verbindung stehendem Temperaturanstieg). Bei komplettem Wegfall der Durchströmung findet kein Massenstrom statt, wie aus den Untersuchungen der zweigeschossigen Versuchsaufbauten ersichtlich ist.

Bei dem Brandversuch werden folgende Einbaulagen unterschieden:

- Absperrvorrichtung in der Schachtwand mit Feuerwiderstand
- Absperrvorrichtung in der Lüftungsleitung mit Feuerwiderstand
- Absperrvorrichtung in der Decke

Bei der Einbaulage der Absperrvorrichtung in der Decke ist nach Schließen der obersten Absperrvorrichtung ein festzulegender Druck einzustellen; der Hersteller legt den Betriebsdruck seiner Konstruktion für die Prüfung fest. Bei Ausstattung des Lüfters mit Differenzdrucksensor und automatischer Abschaltung, ist dies im Brandversuch zu prüfen; der Druck in der Hauptleitung ist nach Schließen der Absperrvorrichtung für die restliche Versuchsdauer auf 50 Pa einzustellen.

Begründung:

Bei einem Brandereignis in dem obersten Geschoss des Gebäudes mit zentraler Lüftungsanlage im Dachraum kann sich die oberste Absperrvorrichtung direkt unterhalb des Lüftungsgerätes befinden. Der Druck des Ventilators (ausgelegt für das gesamte Gebäude) wirkt auf die Absperrvorrichtung. Dieser Druck kann zu einer Zerstörung der Absperrvorrichtung führen. Generell ist hier meine Empfehlung, das Lüftungsgerät mit einem Differenzdrucksensor auszustatten, damit der Ventilator mit Schließen der Absperrvorrichtung abschaltet.



Die Einbausituation der Absperrvorrichtung für den Brandversuch bei Einbaulage in der Schachtwand / Lüftungsleitung wird mit in / auf der Schachtwand / Lüftungsleitung festgelegt; diese Einbausituation deckt folgende Einbausituationen ab:

- Absperrvorrichtung in/auf und außerhalb der Schachtwand
- Absperrvorrichtung in/auf und außerhalb der Lüftungsleitung

Begründung:

Bezüglich der Lage der Absperrvorrichtungen (Einbausituation) kann das Neue Wohnungslüftungssystem gegenüber der Regelungen für Abluftanlagen nach DIN 18017-3 vereinfacht werden. Die Lage „in“, bzw. „auf“ der Schacht- (Lüftungs-)wand wird als gleichwertig angesehen, da diese von der Bauart der Absperrvorrichtung abhängig ist und durch den Hersteller festgelegt wird. Die Einbausituation innerhalb der Wandung für dezentrale Lüftungsgeräte entfällt aufgrund der größeren und komplexeren Lüftungsgeräte und soll prinzipiell ausgeschlossen werden. Die Untersuchungen entsprechend Kapitel 3.5 zeigten, dass die Einbausituation der Absperrvorrichtung auf der Schachtwand den größten Temperatureintrag in die Hauptleitung zulässt.

### **5.3.1 Absperrvorrichtung in der Schachtwand**

Die Einbausituation in der Schachtwand deckt die Situationen auf und außerhalb der Schachtwand ab.

Die Lage der Anschlussleitung befindet sich direkt unterhalb der Decke; diese Einbaulage deckt die praxisübliche Ausführung unter Berücksichtigung der Reduzierung der Abhanghöhe von Unterdecken ab. Gleichzeitig werden mit dieser Lage die Auswirkungen der Deckendurchbiegung auf die Absperrvorrichtung nachgewiesen.

Entsprechend Abbildung 62, Abbildung 63 und Abbildung 64 wird auf die Lage von weiteren Messstellen (T2) auf der Schachtwand im Untergeschoss und den Anschlussleitungen im Unter- und Obergeschoss verzichtet; die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass der Temperatureintrag an den Messstellen T1 am höchsten ist und sich an den weiter entfernten Messstellen T2 kaum noch bemerkbar macht.

Die Hauptleitung ist aus Stahl-Wickelfalzrohr (nichtbrennbar) herzustellen.

Die Anschlussleitung ist bis zur Absperrvorrichtung aus Stahl-Wickelfalzrohr (nichtbrennbar) herzustellen; ab der Absperrvorrichtung (in Richtung Raum) kann die Leitung aus schwer entflammaren Baustoffen ausgeführt werden.

Begründung:

Mit den Temperaturmessstellen T1 auf der Anschlussleitung (Oberfläche und Lufttemperatur) im Obergeschoss wird die entsprechende Dichtigkeit der Absperrvorrichtung nachgewiesen, d.h. die maximal zulässigen Temperaturen müssen  $<180\text{ K}$  sein). Mit diesem Nachweis bestehen keine Bedenken bezüglich des Anschlusses mit schwer entflammaren Baustoffen.



### **5.3.2 Absperrvorrichtung in der Lüftungsleitung**

Die Einbausituation in der Lüftungsleitung deckt die Situationen auf und außerhalb der Lüftungsleitung ab.

Die Lage der Absperrvorrichtung befindet sich direkt unterhalb der Decke; diese Einbaulage deckt die praxisübliche Ausführung unter Berücksichtigung der Reduzierung der Abhanghöhe von Unterdecken ab. Gleichzeitig werden mit dieser Lage die Auswirkungen der Deckendurchbiegung auf die Absperrvorrichtung nachgewiesen.

Entsprechend Abbildung 62, Abbildung 63 und Abbildung 64 wird auf die Lage von weiteren Messstellen (T2) auf der Schachtwand im Untergeschoss und den Anschlussleitungen im Unter- und Obergeschoss verzichtet; die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass der Temperatureintrag an den Messstellen T1 am höchsten ist und sich an den weiter entfernten Messstellen T2 kaum noch bemerkbar macht.

Die Hauptleitung (Lüftungsleitung) ist entsprechend gültigem Verwend- und Anwendbarkeitsnachweis herzustellen.

Die Anschlussleitung ist bis zur Absperrvorrichtung aus Stahl-Wickelfalzrohr (nichtbrennbar) herzustellen; ab der Absperrvorrichtung kann die Leitung aus schwer entflammaren Baustoffen ausgeführt werden.

Begründung:

Mit den Temperaturmessstellen T1 auf der Anschlussleitung (Oberfläche und Lufttemperatur) wird die entsprechende Dichtigkeit der Absperrvorrichtung nachgewiesen, d.h. die maximal zulässigen Temperaturen müssen  $<180\text{ K}$  sein). Mit diesem Nachweis bestehen keine Bedenken bezüglich des Anschlusses mit schwer entflammaren Baustoffen.

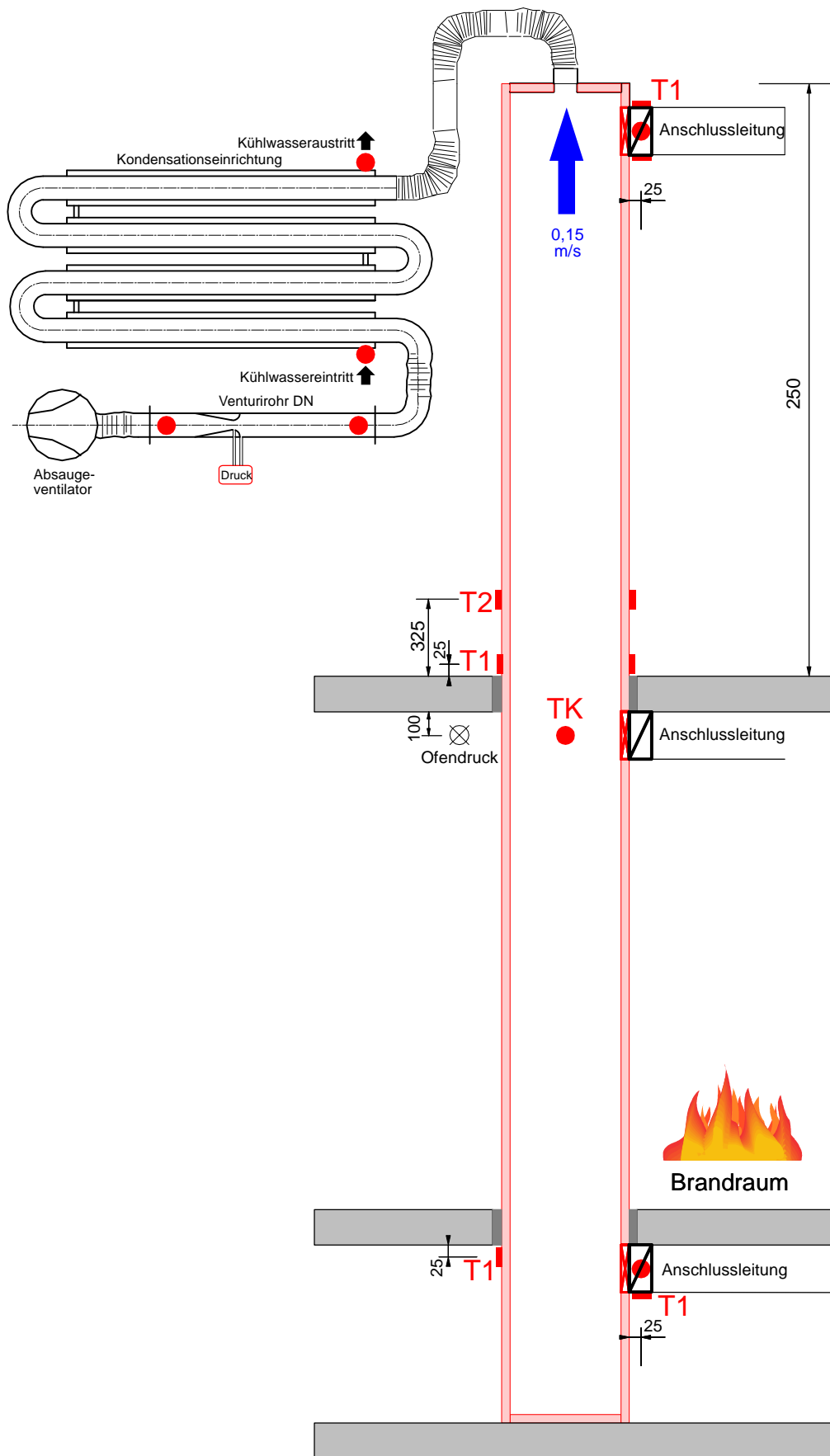


Abbildung 63: Versuchsaufbau – Absperrvorrichtung in der Lüftungsleitung

### **5.3.3 Absperrvorrichtung in der Decke**

Die Hauptleitung und Anschlussleitung ist aus Stahl-Wickelfalzrohr (nichtbrennbar) herzustellen.

Die Lage der Kaltrauchsperrung wird für den Brandversuch in der Schachtwand festgelegt; nach positiver Prüfung kann sie an beliebiger Stelle in der Anschlussleitung zwischen Hauptleitung und erstem Luftaus-/einlass erfolgen; bei Lüftungsgeräten mit integrierter Kaltrauchsperrung muss für den Brandversuch das Lüftungsgerät an der Schachtwand angrenzen.

Die Lage der Absperrvorrichtung befindet sich direkt unterhalb der Decke; diese Einbaulage deckt die praxisübliche Ausführung unter Berücksichtigung der Reduzierung der Abhanghöhe von Unterdecken ab. Gleichzeitig werden mit dieser Lage die Auswirkungen der Deckendurchbiegung auf die Absperrvorrichtung nachgewiesen.

Entsprechend Abbildung 62, Abbildung 63 und Abbildung 64 wird auf die Lage von weiteren Messstellen (T2) auf der Schachtwand im Untergeschoss und den Anschlussleitungen im Unter- und Obergeschoss verzichtet; die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass der Temperatureintrag an den Messstellen T1 am höchsten ist und sich an den weiter entfernten Messstellen T2 kaum noch bemerkbar macht.

Die Anschlussleitung ist komplett aus Stahl-Wickelfalzrohr (nichtbrennbar) herzustellen.

Begründung:

Aufgrund der Lage der Absperrvorrichtung in der Hauptleitung in der Decke entfällt in dem System die zusätzliche Schachtwand / Lüftungsleitung mit Feuerwiderstand; somit besteht aus brandschutztechnischer Sicht keine klar definierte Schnittstelle zwischen Haupt- und Anschlussleitung, so dass die Anschlussleitung ebenfalls aus Stahl-Wickelfalzrohr (nichtbrennbar) herzustellen ist.

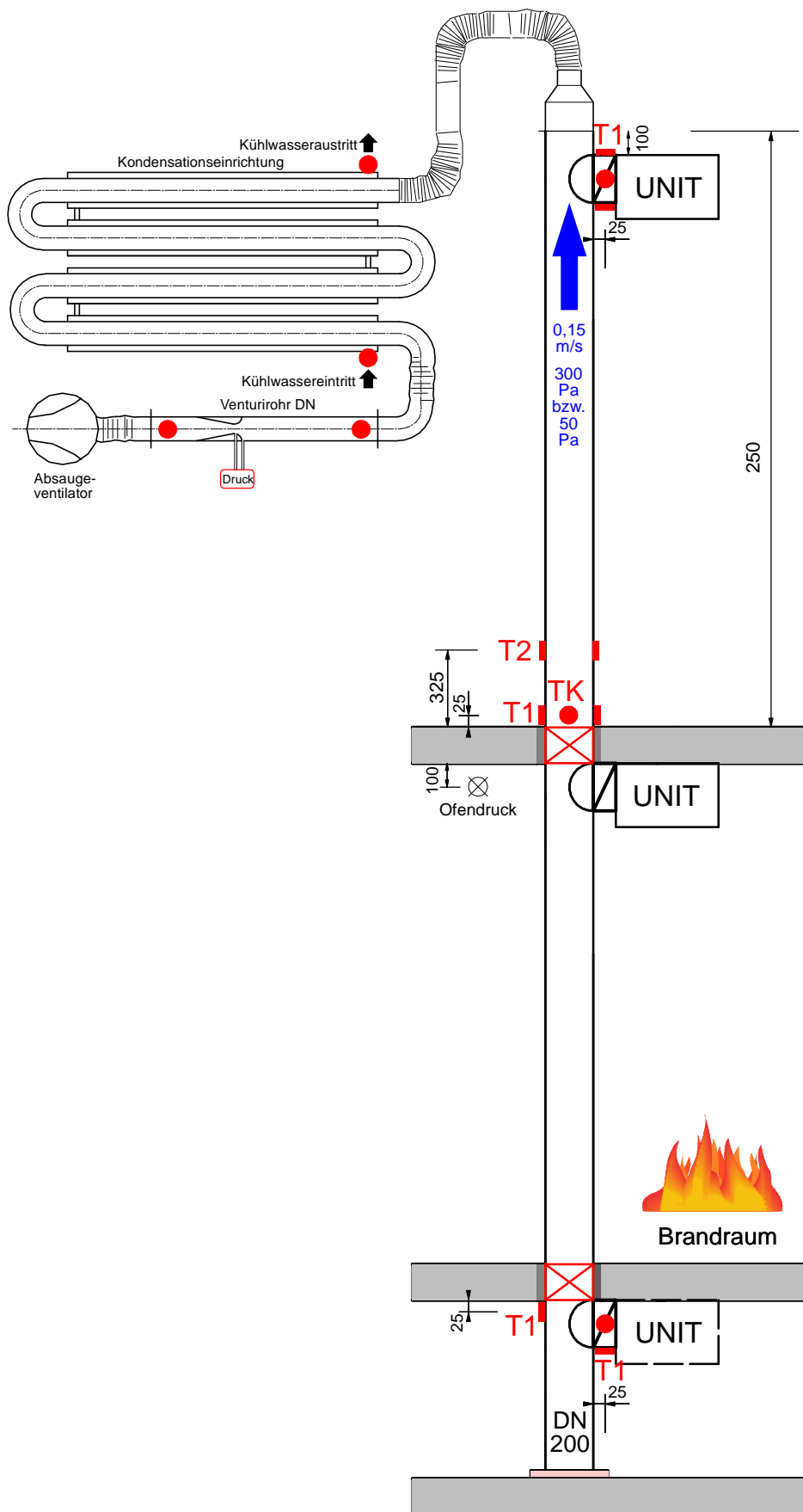


Abbildung 64: Versuchsaufbau – Absperrvorrichtung in der Decke

### **5.3.4 Anschluss von Küchenabluft**

Für den Anschluss von Küchenabluft (nicht gewerbliche Küche) ohne eigenen Ventilator gilt der Richtwert von 350°C im Inneren der Hauptleitung. Die Lage der Messstelle (TK) befindet sich an der Schnittstelle zwischen Haupt- und Anschlussleitung im Brandraum für die Varianten

- Absperrvorrichtung in der Schachtwand und
- Absperrvorrichtung in der Lüftungsleitung.

Für die Variante

- Absperrvorrichtung in der Decke

ist die Lage der Messstelle in direkter Nähe der Absperrvorrichtung oberhalb des Brandraums festgelegt.

Begründung:

Die höchste Temperatur in und auf der Lüftungsleitung (Varianten Absperrvorrichtung in der Schachtwand und Lüftungsleitung) besteht im Brandraum aufgrund der Wärmeübertragung. Mit dem Leckagestrom über die geschlossenen Absperrvorrichtung und dem Wärmedurchgang über die Schachtwand ist die Lufttemperatur in der Lüftungsleitung in Höhe der Anschlussleitung am größten. Somit ist für das Zünden der Fettanhaftungen in dieser Höhe am ehesten die erforderliche Zündtemperatur auf der Oberfläche zu erwarten. Bei Erreichen der Zündtemperatur ist ein Durchzünden der gesamten vertikalen Hauptleitung zu erwarten.

Diesbezüglich verweise ich auch auf die Bewertung entsprechend Abschnitt 3.8.2.

Der Anschluss von Küchenabluft mit eigenem Ventilator und ohne eigenen Ventilator (Wrasenabzugshaube) an das Wohnungslüftungssystem ist nicht möglich; diesbezüglich sind die Regelungen entsprechend Abluftanlagen nach DIN 18017-3 zu übertragen.

Der Anschluss der Grundlüftung der Küche hat mit entsprechendem Filter zu erfolgen.

Begründung:

Auch durch eine nicht gewerbliche Küchennutzung entsteht bei direkter Küchenabluft ein hoher Fetteintrag in die Lüftungsleitung. Trotz der vorgeschriebenen Inspektionen wird dieser Fetteintrag als zu hohes Risiko bewertet.

## 6 Ausschau

Das in dieser Arbeit entwickelte Wohnungslüftungssystem berücksichtigt die gesetzlichen Anforderungen der Energieeinsparverordnung. Mit dem systemzugehörigen Prüfvorschlag werden zudem die erforderlichen Anforderungen an den Brandschutz nachgewiesen.

Durch die intensive Zusammenarbeit mit der Industrie ist sichergestellt, dass die Bedürfnisse des Marktes in das System eingeflossen sind. Der Systemgedanke gewährleistet zudem ein kostengünstiges Wohnungslüftungssystem. Unter der ganzheitlichen Betrachtung können teure anlagentechnische Komponenten kostengünstig dauerhaft durch bauliche Maßnahmen kompensiert werden.

Es ist sichergestellt, dass die politisch gewollten und geforderten Ziele der Energieeinsparung nicht zu unüberschaubaren finanziellen Kosten führen. Der Gesetzgeber ist in der Verantwortung, die Energieeinsparung auch bezahlbar zu halten.

Weiterführende Gespräche mit den Baubehörden zeigten aber auch, dass aufgrund des europäischen Binnenmarktes europäisch zugelassene Produkte gefordert werden. Es besteht die Befürchtung, dass die Bundesrepublik Deutschland verklagt wird, da sie sich dem europäischen Markt nicht öffnet und nationale Insellösungen anstrebt. Diesbezüglich hat die Bundesrepublik bereits ein Verfahren in erster Instanz verloren [57]. Der Prüfvorschlag geht nicht auf die europäische Klassifizierung der zu verwendenden Absperrvorrichtungen ein. Es soll größtmögliche Freiheit bestehen, um die Innovation der Hersteller nicht unnötig einzuschränken. Das Argument des europäischen Binnenmarktes ist jedoch nachvollziehbar. Deshalb ist der Gedanke der ausgearbeiteten Systemprüfung umso wichtiger. So könnte zum Beispiel eine europäisch klassifizierte Absperrvorrichtung in der relativ einfachen Anforderung E30 (Raumabschluss für 30 Minuten) in dem erarbeiteten Wohnungslüftungssystem das Schutzziel, die Übertragung von Feuer und Rauch zu verhindern, während 90 Minuten erfüllen. Es wäre somit die Anforderung EI90S (Raumabschluss, Wärmedämmung und Rauchabschluss für 90 Minuten) erfüllt. Die Forderungen der EU-Gesetzgeber wären eingehalten. Das Schutzziel ist erfüllt. Der Gesetzgeber darf als nationale Aufgabe das Wohnungslüftungssystem in der Lüftungsanlagen Richtlinie entsprechend regeln.

Andererseits besteht jedoch die Befürchtung, dass die Bauaufsicht eine europäisch klassifizierte Absperrvorrichtung in der Anforderung EI90S fordert und den Systemgedanken vollkommen außer Acht lässt. Mit dieser Forderung würde sie die europäischen Regelungen in einem Masse umsetzen, das den Erfindungsreichtum in Deutschland über Gebühr einschränken würde. Dies darf nicht das Ziel sein. Es wäre nicht nachvollziehbar, dass bei einem Lüftungssystem für Wohnungen, einem relativ überschaubaren Bereich, die gleichen Komponenten wie bei einem Großflughafen ausgeführt werden müssen. Der gesetzlich geforderte Brandschutz ist in beiden Fällen nachgewiesen. Für die Wohnungslüftung ist der Nachweis allerdings exakt an die vorherrschenden Lüftungstechnischen Anforderungen angepasst.



## 7 Anhang

### 7.1 Systemzeichnungen der Wohnungslüftung nach DIN 1946-6

#### 7.1.1 Zeichnung und Erläuterung Freie Lüftung

##### 7.1.1.1 Querlüftung (Feuchteschutz) QLFS:

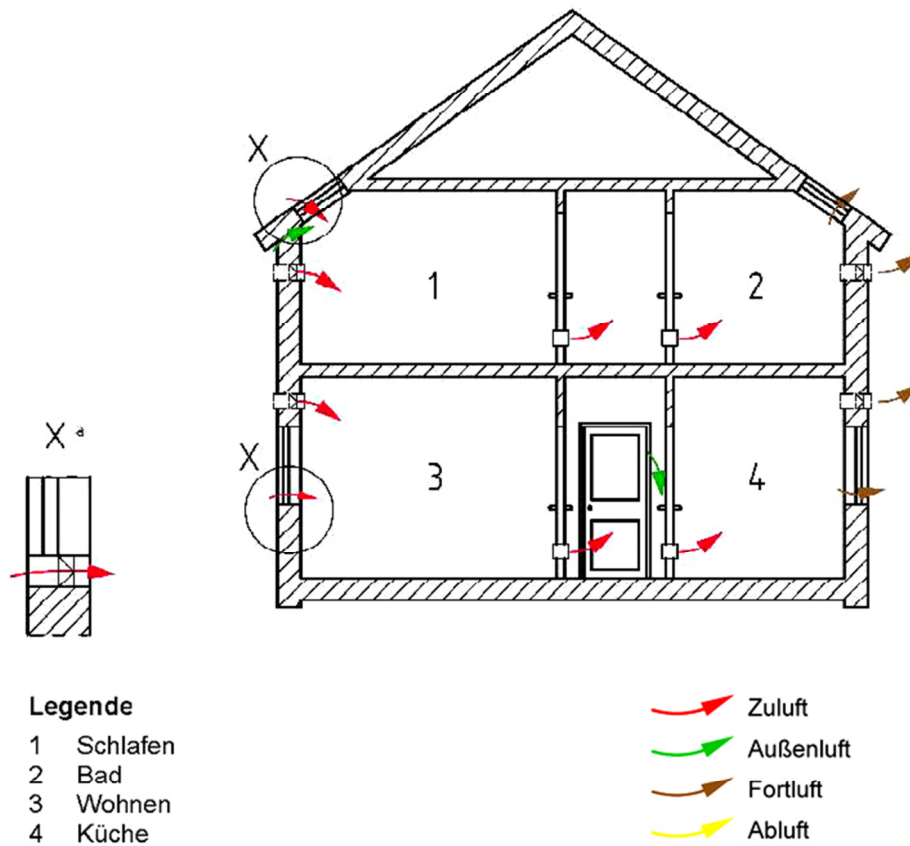


Abbildung 65: Bild A.1 - Freie Lüftung, Querlüftung (Feuchteschutz); [2]

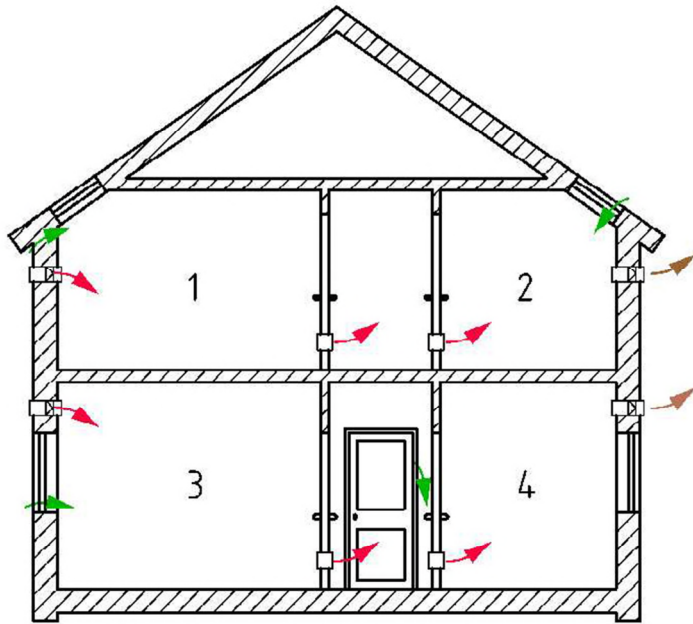
Unter Außenluft ist die Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen) gemeint.

Die Zuluft wird gewollt der Wohnung zugeführt. Hier ist zu unterscheiden zwischen der Zuluft, die über Außen-Luftdurchlässe (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit eingebracht wird.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

Die Lüftung zum Feuchteschutz wird ohne Nutzerunterstützung (manuelles Öffnen von Fenstern) ausgelegt. Da die Undichtigkeit der Gebäudehülle begrenzt ist, sind gegebenenfalls Außen-Luftdurchlässe oder Lüftungsschächte vorzusehen; innerhalb der Nutzungseinheit muss eine Querlüftung mittels Überströmung funktionieren.

### 7.1.1.2 Querlüftung QL:



#### Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche


-  Zuluft
-  Außenluft
-  Fortluft
-  Abluft

Abbildung 66: Bild A.2 - Freie Lüftung, Querlüftung; DIN 1946-6; [2]

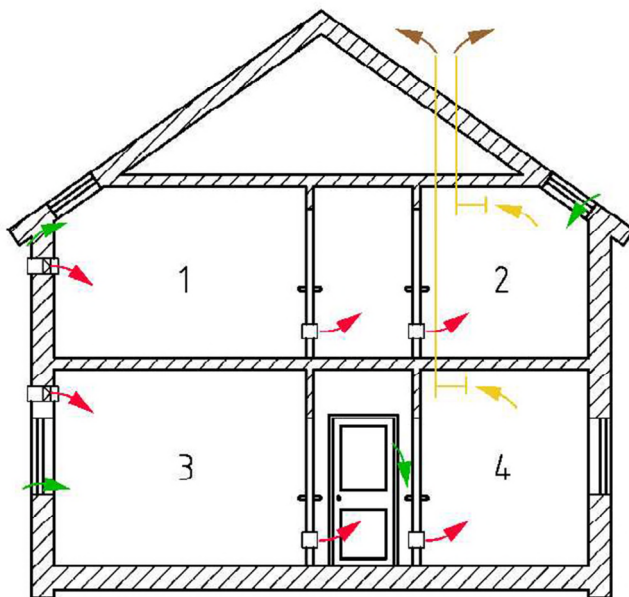
Hier besteht die Außenluft aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) und der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster.

Die Zuluft ist zu unterscheiden zwischen der, die über Außen-Luftdurchlässe (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) und der, die durch Überström-Luftdurchlässe innerhalb der Nutzungseinheit eingebracht wird.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

Für die Querlüftung ohne Feuchteschutz ist eine Nutzerunterstützung (manuelles Öffnen von Fenstern) zu berücksichtigen

### 7.1.1.3 Schachtlüftung SL:



#### Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

-  Zuluft
-  Außenluft
-  Fortluft
-  Abluft

Abbildung 67: Bild A.3 - Freie Lüftung, Schachtlüftung; DIN 1946-6; [2]

Hier besteht die Außenluft aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) und der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster.

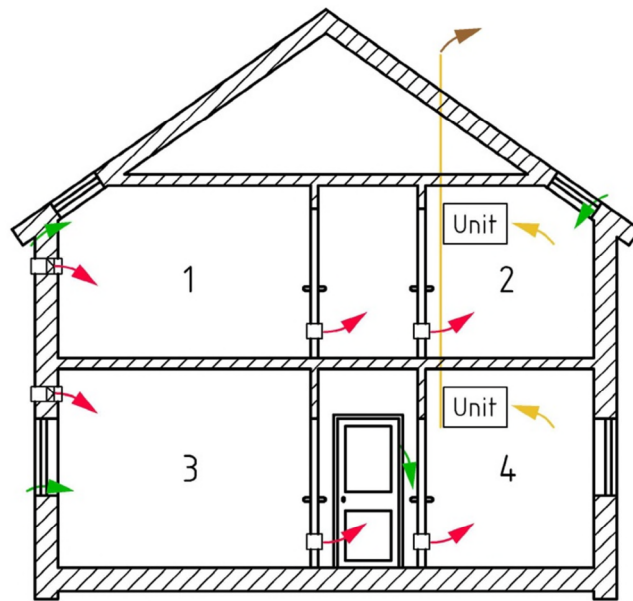
Die gewollt der Wohnung zugeführte Zuluft ist zu unterscheiden zwischen der Außenluft, die über Außen-Luftdurchlässe (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit eingebracht wird.

Die Abluft wird über einen vertikalen Schacht abgeführt. Bei der vertikalen Schachtführung ist der Brandschutz zu beachten, wenn der Schacht eine andere Nutzungseinheit durchdringt. Dargestellte Abbildung zeigt eine Nutzungseinheit über zwei Ebenen, jedoch mit getrennter Schachtführung (zwei einzelne Schächte).

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

## 7.1.2 Zeichnung und Erläuterung ventilatorgestützte Lüftung

### 7.1.2.1 Abluftsystem, Einzelventilator-Lüftungsanlage im EFH



#### Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

-  Zuluft
-  Außenluft
-  Fortluft
-  Abluft

Abbildung 68: Bild A.4 - Abluftsystem, Einzelventilator-Lüftungsanlage mit ALD im EFH; [2]

Bei diesem Abluftsystem wird die Abluft mittels Ventilatoren im Wohnraum über einen Sammelschacht ins Freie abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für ein Wohnungslüftungsgerät. Diese Abbildung ist unter Berücksichtigung der Brandschutzanforderungen analog auch auf ein Mehrfamilienhaus (MFH) übertragbar.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) - und der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster.

Die Zuluft ist zu unterscheiden zwischen der Außenluft, die über Außen-Luftdurchlässe (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit eingebracht wird.

Die Abluft wird über einen vertikalen Schacht abgeführt. In diesem Fall besteht der Schacht aus einer Sammelleitung. Die Norm verweist, dass dieses Abluftsystem der Entlüftungsanlage mit gemeinsamer Abluftleitung (Bild 2 in DIN 18017-3) entspricht, jedoch ist diesbezüglich anzumerken, dass DIN 18017-3 für innenliegende Räume ohne Außenfenster gilt; der in der Abbildung dargestellte Schacht verbindet zwar Küche und Bad (Raum Nr. 2 und 4), diese Räume besitzen jedoch ein Fenster. Bei Ausführung im Mehrfamilienhaus ist der Brandschutz zu beachten, da der gemeinsame Schacht eine andere Nutzungseinheit durchdringt.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

### 7.1.2.2 Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im EFH

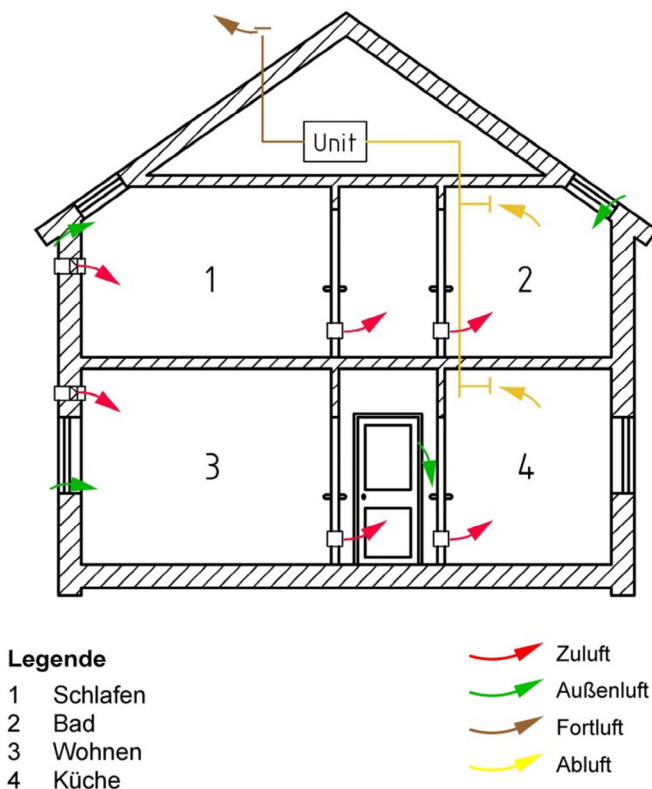


Abbildung 69: Bild A.5 - Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit ALD im EFH; [2]

Bei diesem Abluftsystem wird die Abluft direkt über einen Lüftungsschacht im Einfamilienhaus (EFH) mittels eines zentralen Ventilators im Dachraum ins Freie abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für ein Zentrallüftungsgerät.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) - und der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster.

Die Zuluft ist zu unterscheiden zwischen der Außenluft, die über Außen-Luftdurchlässe (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit eingebracht wird.

Die Abluft wird über einen vertikalen Schacht abgeführt. In diesem Fall besteht der Schacht aus einer Sammelleitung.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

### 7.1.2.3 Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im MFH

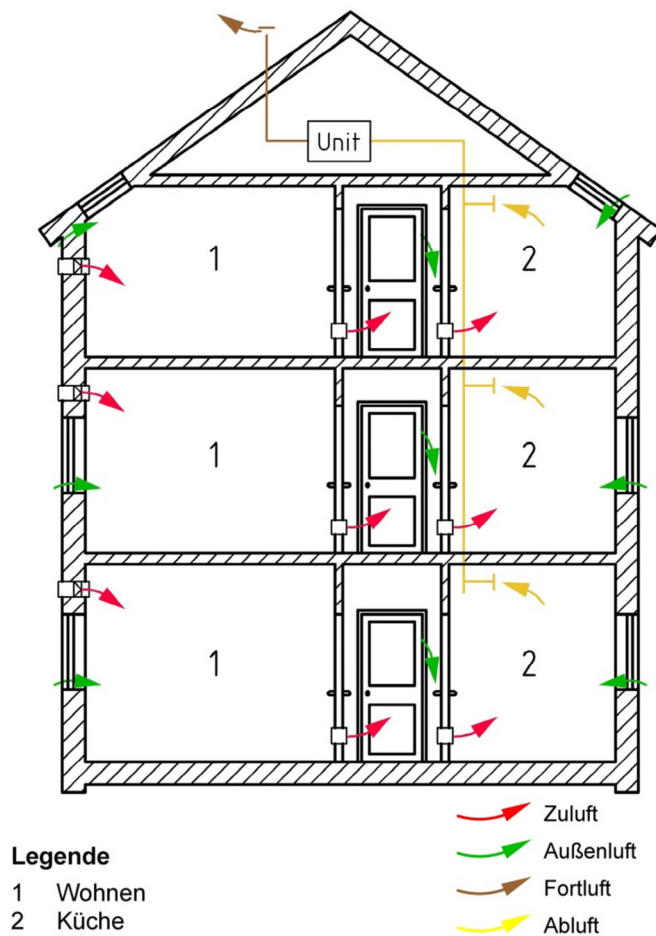


Abbildung 70: Bild A.6 - Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit ALD im MFH; [2]

Bei diesem Abluftsystem wird die Abluft direkt über einen gemeinsamen Lüftungsschacht im Mehrfamilienhaus mittels eines zentralen Ventilators im Dachraum ins Freie abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für ein Zentrallüftungsgerät. Mit Abluft-Wohnungs-Lüftungsgerät ist dieses System analog auch im EFH anwendbar.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) - und der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster.

Die Zuluft ist zu unterscheiden zwischen der Außenluft, die über Außen-Luftdurchlässe (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit eingebracht wird.

Die Abluft wird über einen vertikalen Schacht abgeführt. In diesem Fall besteht der Schacht aus einer Sammelleitung. Bei Ausführung im Mehrfamilienhaus ist der Brandschutz zu beachten, da der gemeinsame Schacht andere Nutzungseinheiten durchdringt. Generell erlaubt DIN 18017-3 keinen horizontalen Leitungsverzug, wie hier dargestellt, sondern fordert eine freie Abströmung über Dach.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

#### 7.1.2.4 Zuluftsystem, Anordnung in einer Nutzungseinheit

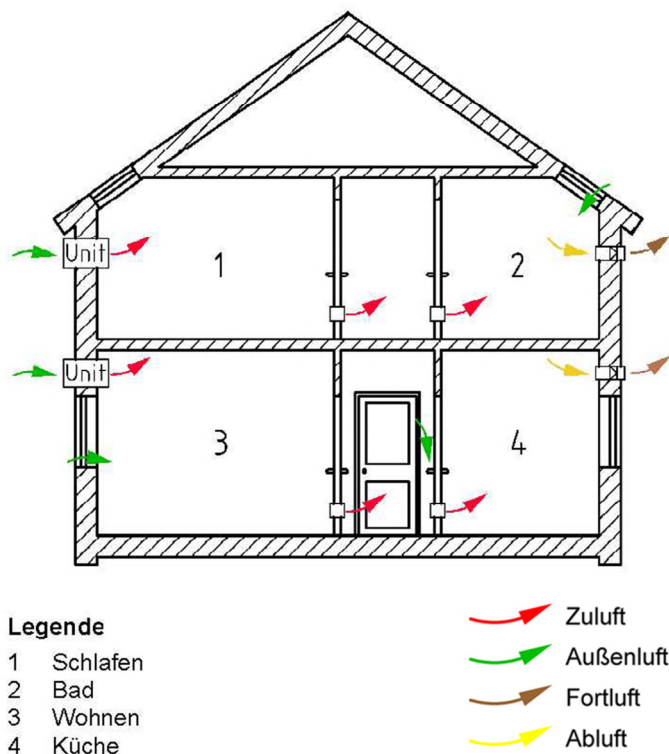


Abbildung 71: Bild A.7 - Zuluftsystem, Anordnung in einer Nutzungseinheit; [2]

Bei diesem Zuluftsystem wird die Zuluft direkt über mehrere Wohnungslüftungsgeräte in einer Nutzungseinheit eingebracht. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für ein Wohnungslüftungsgerät.

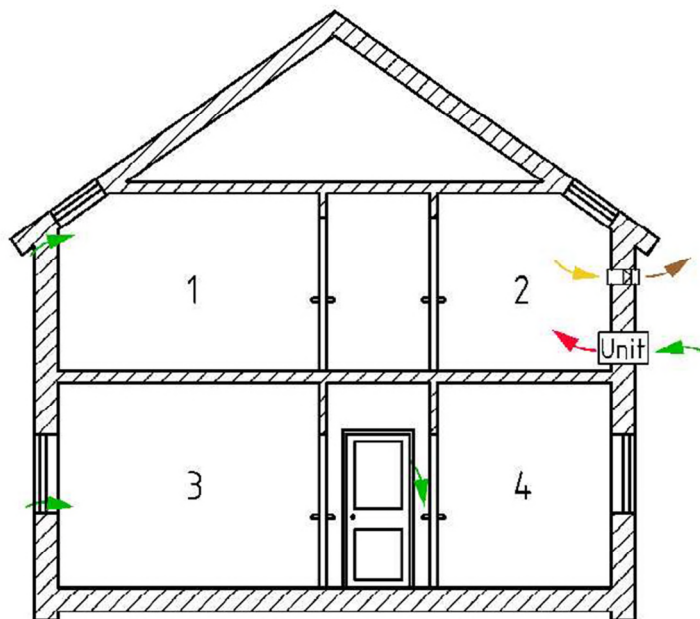
Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) -, der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der einzubringenden ventilatorgestützten Zuluft durch die Wohnungslüftungsgeräte.

Die Zuluft ist zu unterscheiden zwischen der Außenluft, die über Außen-Luftdurchlässe (z.B. eigenständig in der Wand oder integriert in Fenstern) und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit eingebracht wird.

Die Abluft wird über mehrere Außen-Luftdurchlässe (ALD) abgeführt.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

### 7.1.2.5 Zuluftsystem, Anordnung in einem Raum einer Nutzungseinheit



#### Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

-  Zuluft
-  Außenluft
-  Fortluft
-  Abluft

Abbildung 72: Bild A.8 - Zuluftsystem, Anordnung in einem Raum einer Nutzungseinheit; [2]

Bei diesem Zuluftsystem erfolgt die Einbringung der Zuluft wie vor über ein Wohnungslüftungsgerät, jedoch lediglich in einem Raum einer Nutzungseinheit. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für ein Wohnungslüftungsgerät.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) -, der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der einzubringenden ventilatorgestützten Zuluft durch das Wohnungslüftungsgerät.

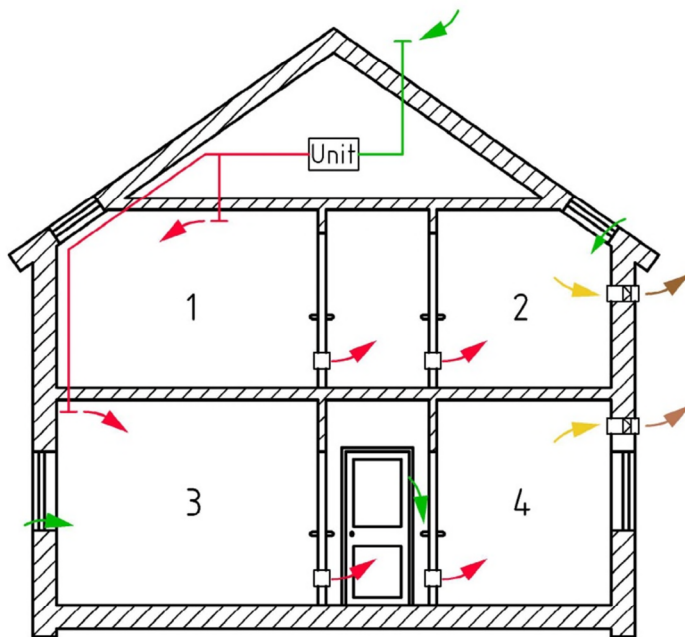
Die Zuluft wird über das Wohnungslüftungsgerät der Wohnung zugeführt. Überström-Luftdurchlässe innerhalb der Nutzungseinheit sind hier nicht dargestellt und vorgesehen.

Die Abluft wird über einen Außen-Luftdurchlässe (ALD) abgeführt.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.



### 7.1.2.6 Zuluftsystem, zentrale Anordnung



#### Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

-  Zuluft
-  Außenluft
-  Fortluft
-  Abluft

Abbildung 73: Bild A.9 - Zuluftsystem, zentrale Anordnung; [2]

Bei diesem Zuluftsystem wird die Zuluft direkt über ein zentral angeordnetes Wohnungslüftungsgerät in die Nutzungseinheit eingebracht. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für das zentrale Wohnungslüftungsgerät.

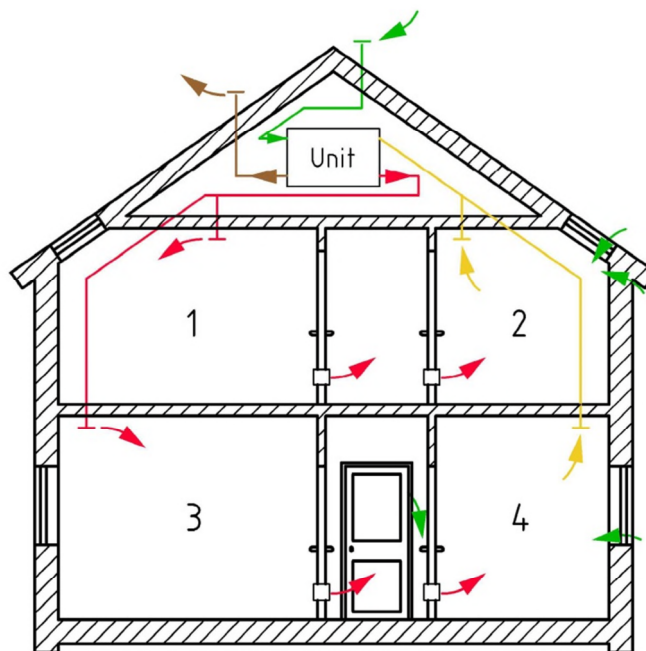
Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) -, der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der einzubringenden ventilatorgestützten Zuluft durch das zentrale Wohnungslüftungsgerät.

Die Zuluft wird über das zentrale Wohnungslüftungsgerät in Leitungen einzelnen Räumen der Wohnung zugeführt. Die Unterverteilung erfolgt durch Überström-Luftdurchlässe innerhalb der Nutzungseinheit. Zu unterscheiden ist die ventilatorgestützte Zuluft und die Zuluft über die ÜLD.

Die Abluft wird über mehrere Außen-Luftdurchlässe (ALD) abgeführt.

Die Fortluft wird direkt ins Freie abgeführt.

### 7.1.2.7 Zu-/Abluftsystem, Wohnungslüftungsgerät im EFH



#### Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

-  Zuluft
-  Außenluft
-  Fortluft
-  Abluft

Abbildung 74: Bild A.10 - Zu-/Abluftsystem, Wohnungs-Lüftungsgerät im EFH; [2]

Bei diesem Zu-Abluftsystem wird die Zuluft über ein zentrales Wohnungslüftungsgerät in eine Nutzungseinheit (Einfamilienhaus) eingebracht. Die Abluft wird über das zentrale Wohnungslüftungsgerät abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für das zentrale Wohnungslüftungsgerät.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) -, der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der einzubringenden ventilatorgestützten Zuluft durch das zentrale Wohnungslüftungsgerät.

Die Zuluft wird über das zentrale Wohnungslüftungsgerät einzelnen Räumen in Leitungen zugeführt. Die Unterscheidung besteht hier in der ventilatorgestützten Zuluft und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit.

Die Abluft wird über das zentrale Wohnungslüftungsgerät aus einzelnen Räumen in Leitungen abgeführt.

Die Fortluft wird aus dem zentralen Wohnungslüftungsgerät direkt ins Freie abgeführt.

### 7.1.2.8 Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im MFH

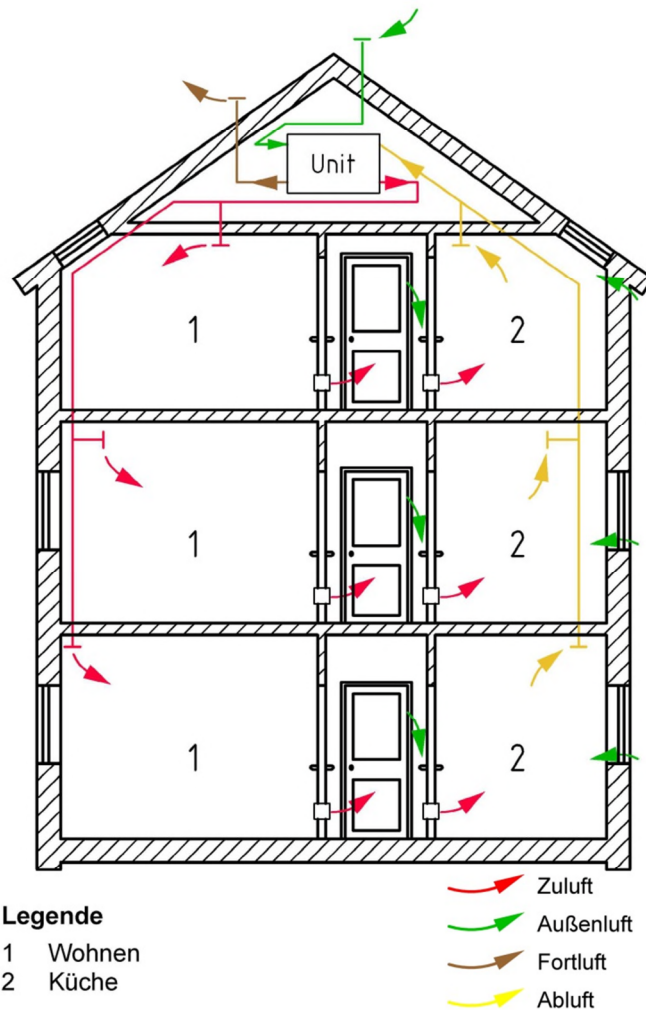


Abbildung 75: Bild A.11 - Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im MFH; [2]

Bei diesem Zu-Abluftsystem wird die Zuluft über eine Zentralventilator-Lüftungsanlage in mehrere Nutzungseinheiten (Mehrfamilienhaus) eingebracht. Die Abluft wird über die Zentralventilator-Lüftungsanlage abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für die Zentralventilator-Lüftungsanlage.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) -, der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der einzubringenden ventilatorgestützten Zuluft durch die Zentralventilator-Lüftungsanlage.

Die Zuluft wird über die Zentralventilator-Lüftungsanlage in einzelne Räume mehrerer Nutzungseinheiten (Trennung hier geschossweise) in einer gemeinsamen Leitung zugeführt. Die Unterscheidung besteht hier in der ventilatorgestützten Außenluft und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit. Um den Brandschutz zu gewährleisten sind zwischen den Nutzungseinheiten Absperrvorrichtungen (Brandschutzklappen) notwendig.

Die Abluft wird über die Zentralventilator-Lüftungsanlage aus einzelnen Räumen mehrerer Nutzungseinheiten in einer gemeinsamen Leitung abgeführt. Um auch hier den Brandschutz zu gewährleisten sind zwischen den Nutzungseinheiten Absperrvorrichtungen (Brandschutzklappen) notwendig.

Die Fortluft wird aus der Zentralventilator-Lüftungsanlage direkt ins Freie abgeführt.

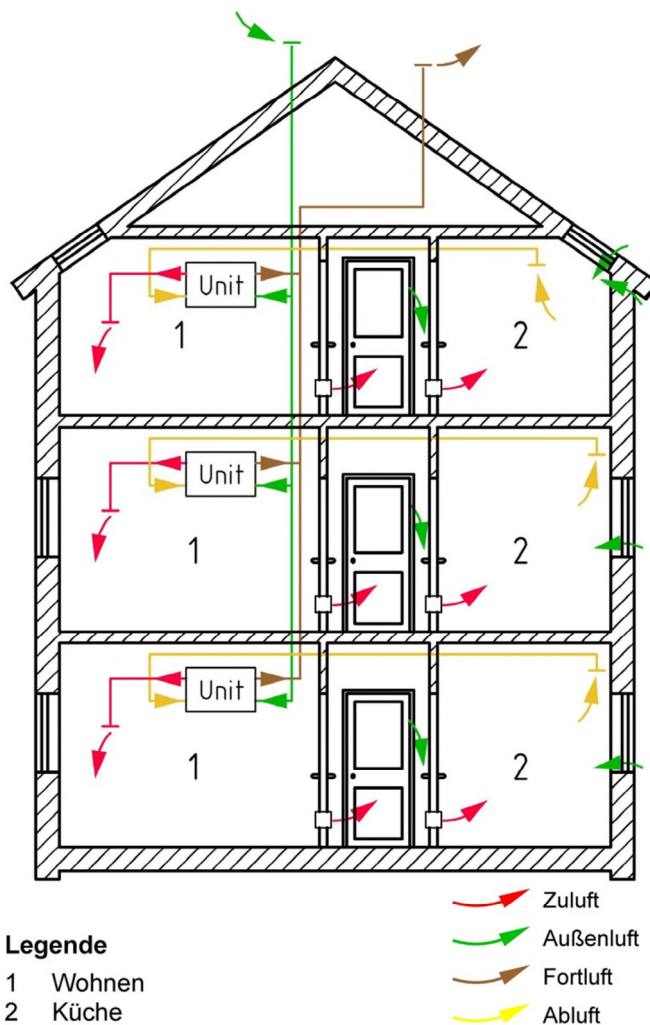


Abbildung 76: Bild A.12 - Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit Wohnungs-Lüftungsgerät im MFH; [2]

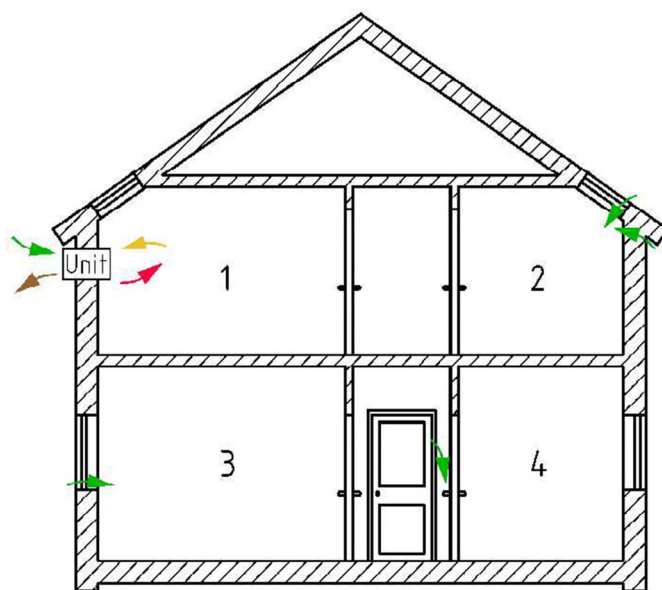
Bei diesem Zu-Abluftsystem wird die Zuluft über Wohnungs-Lüftungsgeräte in mehrere Nutzungseinheiten (Mehrfamilienhaus) über einen zentrale Stelle eingebracht. Die Abluft wird über die Wohnungs-Lüftungsgeräte zentral abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für die Wohnungs-Lüftungsgeräte.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) –, der gewollt zugeführten Zuluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der von zentrale Stelle in einer Leitung geführten einzubringenden Zuluft durch die Wohnungs-Lüftungsgeräte.

Die Zuluft wird jeweils über die Wohnungs-Lüftungsgeräte in einer Nutzungseinheit zugeführt. Die Unterscheidung besteht hier in der zentral angesaugten Außenluft und den Überström-Luftdurchlässen innerhalb der Nutzungseinheit. Um den Brandschutz zu gewährleisten sind zwischen den Nutzungseinheiten Absperrvorrichtungen (Brandschutzklappen) notwendig.

Die Abluft wird jeweils über die Wohnungs-Lüftungsgeräte in einer Nutzungseinheit angesaugt und als Fortluft über eine Leitung zentral ins Freie abgeführt. Um auch hier den Brandschutz zu gewährleisten sind zwischen den Nutzungseinheiten Absperrvorrichtungen (Brandschutzklappen) notwendig.

### 7.1.2.10 Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät mit WRG, in einer Wohnung



#### Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

-  Zuluft
-  Außenluft
-  Fortluft
-  Abluft

Abbildung 77: Bild A.13 - Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät mit WRG, in einer Wohnung; [2]

Bei diesem Zu-Abluftsystem wird die Zuluft über ein Einzelraum-Lüftungsgerät in einer Wohnung eingebracht. Die Abluft wird über dasselbe Einzelraum-Lüftungsgerät abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist Platzhalter für das Einzelraum-Lüftungsgerät; in dem speziellen Fall mit Wärmerückgewinnung.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) –, der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der einzubringenden Zuluft durch das Einzelraum-Lüftungsgerät.

Die Zuluft wird über das Einzelraum-Lüftungsgerät direkt der Wohnung zugeführt. Eine Luftverteilung innerhalb der Wohnung über Überström-Luftdurchlässe ist bei diesem Beispiel nicht vorgesehen.

Die Abluft wird über das Einzelraum-Lüftungsgerät direkt abgeführt und als Fortluft ausgeblasen.

### 7.1.2.11 Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät, in einem Raum

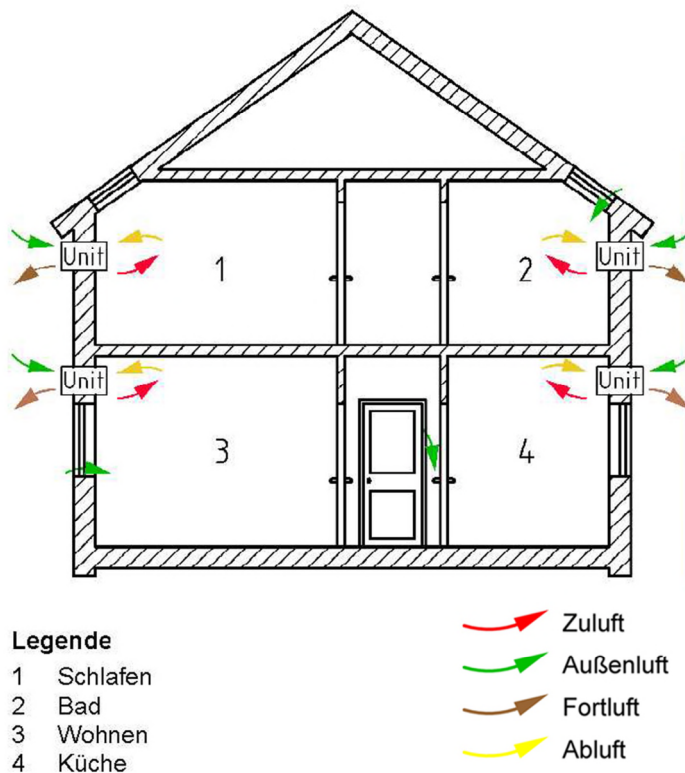


Abbildung 78: Bild A.14 - Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät, in einem Raum; [2]

Bei diesem Zu-Abluftsystem wird die Zuluft über ein Einzelraum-Lüftungsgerät in jedem Raum einer Nutzungseinheit eingebracht. Die Abluft wird jeweils über dasselbe Einzelraum-Lüftungsgerät abgeführt. Das Symbol „Unit“ ist jeweils Platzhalter für das Einzelraum-Lüftungsgeräte.

Die in das Gebäude eingebrachte Luft besteht aus der Außenluft - aus der Undichtigkeit der Gebäudehülle (wie z.B. Türen, Fenster, Schnittstellen Übergänge) –, der gewollt zugeführten Außenluft durch manuelles Öffnen der Fenster und der einzubringenden Zuluft durch das Einzelraum-Lüftungsgerät.

Die Zuluft wird über das Einzelraum-Lüftungsgerät direkt dem einzelnen Raum zugeführt. Eine Luftverteilung innerhalb der Wohnung über Überström-Luftdurchlässe ist bei diesem Beispiel nicht vorgesehen und nicht erforderlich.

Die Abluft wird über das Einzelraum-Lüftungsgerät in jedem Raum direkt abgeführt und als Fortluft ausgeblasen.

## **7.2 Versuchsauswertungen Brandversuch mit Einzellüftungsgeräten**

### **7.2.1 Vergleich 2 Anschlüsse auf Wandung mit BSK (Brandversuch Nr. 1 und Nr. 2)**

Die Abbildung 79 zeigt die Versuchsaufbauten mit zwei Anschlüssen (jeweils DN80) und Absperrvorrichtungen auf der Wandung im Brandraum nach den Bau- und Prüfgrundsätzen [16] (Abbildung links) mit zweigeschossigen Versuchsaufbau und den Zulassungsrichtlinien [32] mit dreigeschossigem Versuchsaufbau [33] (Abbildung rechts).

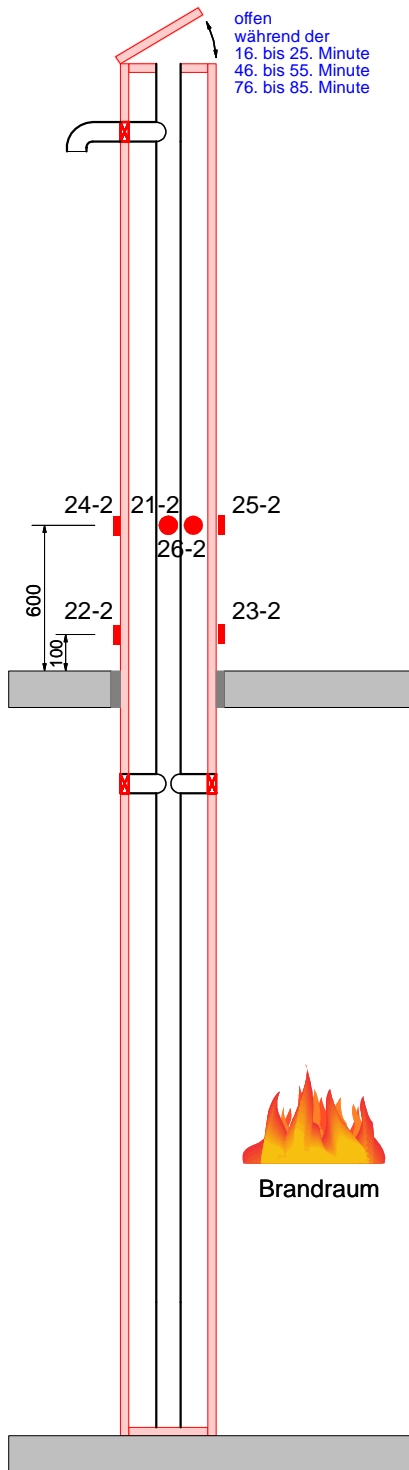
Die Versuche sind aufgrund der gleichen Installation (gleiche Absperrvorrichtungen) annähernd vergleichbar; aufgrund des Zweitraumanschlusses erfolgt - bedingt durch die Einbausituation - jedoch ein höherer Temperatureintrag in den Schacht.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau befanden sich die Lüfter mit einem Fördervolumen von jeweils 40 m<sup>3</sup>/h im Untergeschoss und im Brandraum in Betrieb. Die Lüfter im Brandraum fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus.

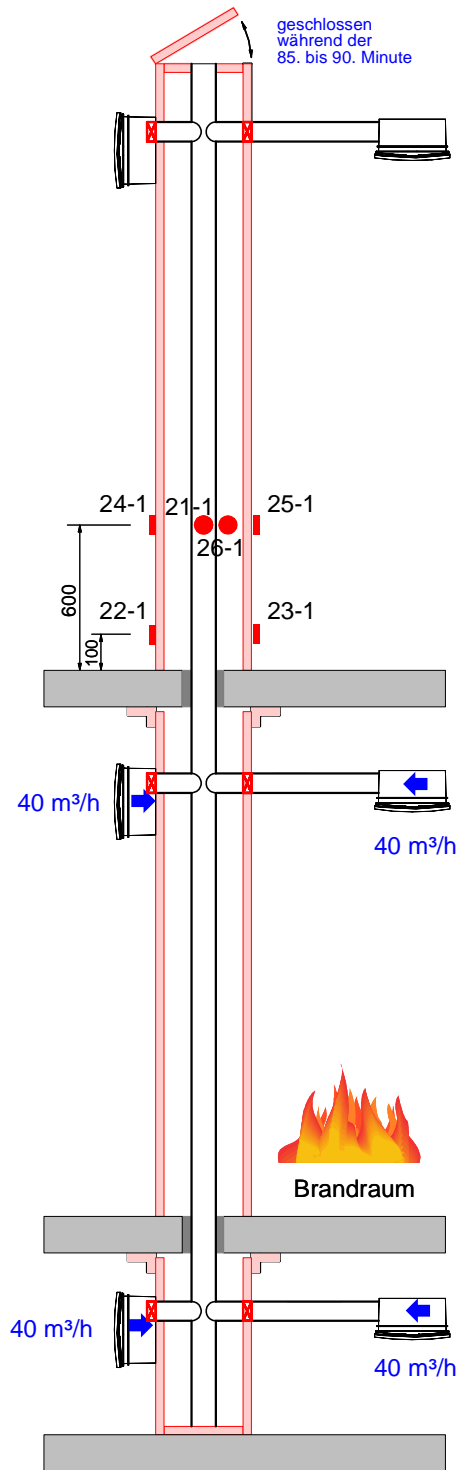
Die Auswirkung der unterschiedlichen Versuchsaufbauten und -durchführungen wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Anschlussleitungen im Obergeschoss bewertet.

Bei beiden Versuchsaufbauten lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum innerhalb der ersten Minute (Temperaturausschlag der Lufttemperaturen).

Bei dem Versuch nach BauPrGr war nach dem Brandversuch ebenfalls im Obergeschoss ausgelöst, jedoch ist der Zeitpunkt des Schließens anhand eines Temperaturausschlages nicht festzustellen. Bei dem Versuch nach ZulaRi löste eine Absperrvorrichtung im OG aus und eine blieb offen; Zeitpunkt des Auslösens war in der 86. Minute nach Schließen der oberen Verschlussklappe.



Schacht mit 2 Anschlüssen mit BSK auf der Wandung im Brandraum entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig (Brandversuch Nr. 1)



Schacht mit 2 Anschlüssen mit BSK auf der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi [32]; 3-geschossig [33] (Brandversuch Nr. 2)

Abbildung 79: Vergleich BauPrGr zu ZulaRi dreigeschossig – Lüfter auf der Wandung mit BSK



### Schacht 3: Temperaturerhöhung innen im Schacht

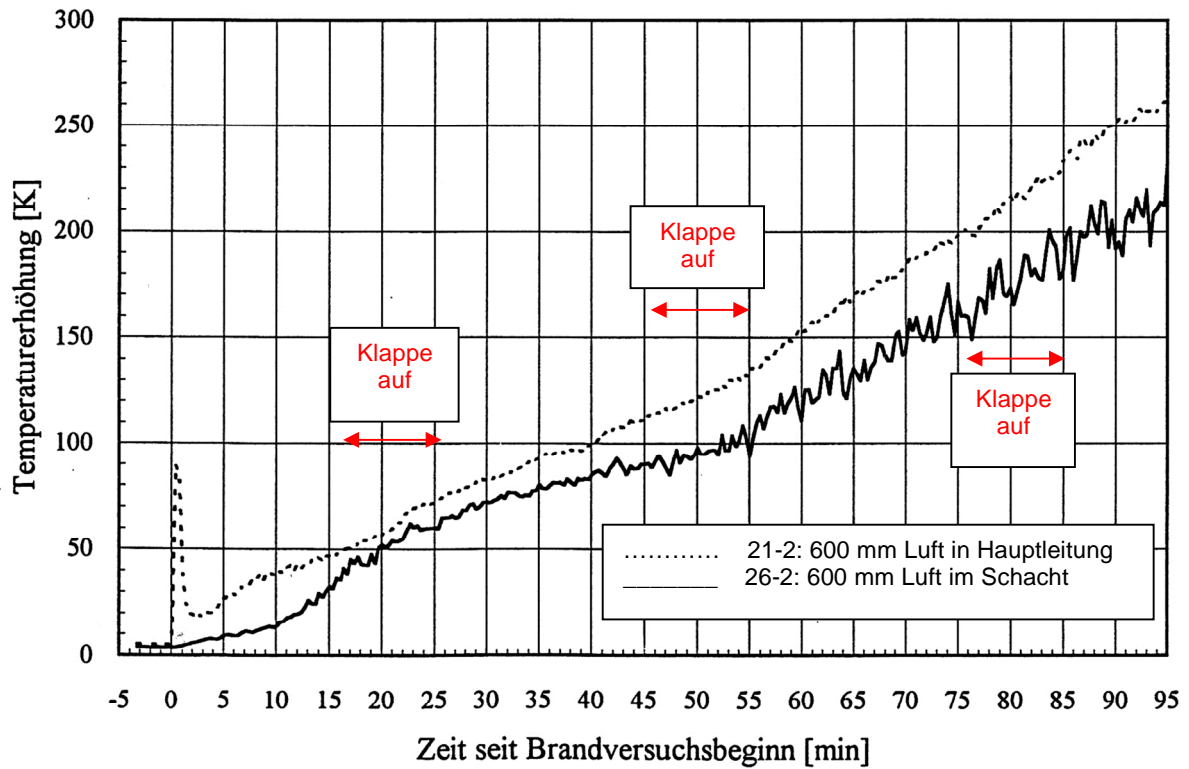


Abbildung 80: Versuchsaufbau auf Wandung nach BauPrGr; 2-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG

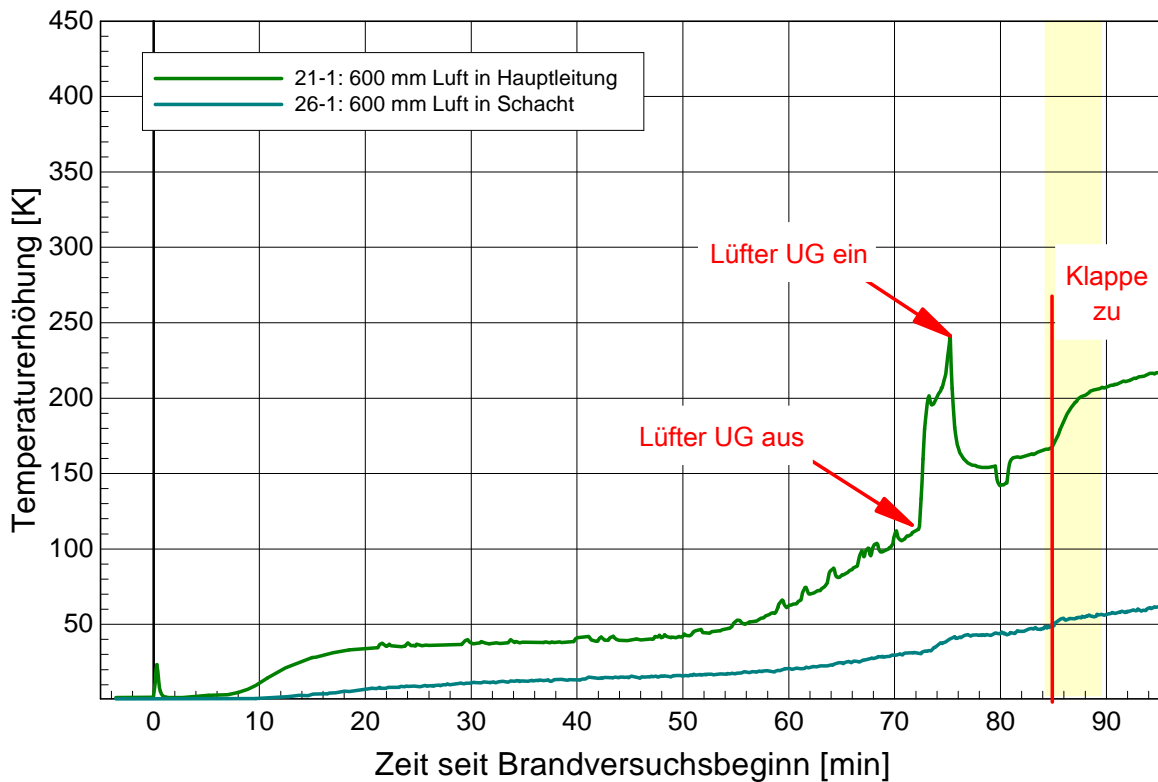


Abbildung 81: Versuchsaufbau auf Wandung nach ZulaRi; 3-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG

Die Abbildung 80 und Abbildung 81 vergleichen die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung und im Schacht 600 mm über der Decke des Brandraums; an dem Messpunkt in der Hauptleitung ist der Einfluss der Temperaturübertragung am höchsten.

Wie bei Abbildung 80 zu erkennen ist, bewirkt das Öffnen der Verschlussklappe am oberen Schachtende keinen Temperaturschlag; die Temperaturen steigen konstant an. Auf die Temperaturmessstelle im Schacht hat das Öffnen ebenfalls keinen Einfluss. Das System ist in sich geschlossen. Ein Abströmen durch den Lüfter im OG verhindert die Rückschlagklappe und nach Auslösen der Absperrvorrichtung zusätzlich diese. Ein Temperatureintrag erfolgt nur über den Wärmestrom also den Wärmedurchgang; mit Öffnen der Verschlussklappe ist zwar das System oben offen, jedoch kann keine Luft aus dem Brandraum nachströmen. Aufgrund des fehlenden Vergusses der Hauptleitung innerhalb des Schachtes findet eine gleichmäßige Temperaturschichtung und –verteilung innerhalb des Schachtes statt.

Die Temperaturen mit zweigeschossigem Versuchsaufbau sind höher als die Temperaturen mit dreigeschossigen Versuchsaufbau; die nachströmende kalte Luft aus dem UG im dreigeschossigen Versuchsaufbau bewirkt diesen Temperaturunterschied durch eine Durchmischung mit stetig nachströmender kalter Luft. Erst mit dem kurzzeitigen Ausschalten des Lüfters im UG steigen die Temperaturen rapide an; da das System jedoch oben offen ist, kann dennoch Luft abströmen, bedingt durch nachströmende Luft über den ausgeschalteten Lüfter im UG; eine Luftströmung ist nach wie vor vorhanden, jedoch mit einer wesentlich geringeren Luftmenge und geringeren Durchmischung, so dass es zu dieser Temperaturerhöhung kommt; die Luftmenge ist bestimmt durch den thermischen Auftrieb.

Die Abbildung 82 und Abbildung 83 vergleichen die Oberflächentemperaturen im Obergeschoss auf der äußeren Schachtwand, also den Wärmedurchgang durch die Brandschutzbauplatte. Hier sind die Temperaturen bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau höher, dies ist einerseits dadurch bedingt, dass der Mörtelverguss um die Hauptleitung fehlt, andererseits durch den nachströmenden kühlenden Luftstrom aus dem Untergeschoss des dreigeschossigen Versuchsaufbaus. Das Öffnen, bzw. Schließen der oberen Verschlussklappe macht sich bei den Oberflächentemperaturen nicht bemerkbar. Die Temperaturschwankungen mit Abflachung der Temperaturen bei Abbildung 82 ist durch die Wasserhaltelinie der Brandschutzbauplatten und dem damit austretendem Wasserdampf bedingt.

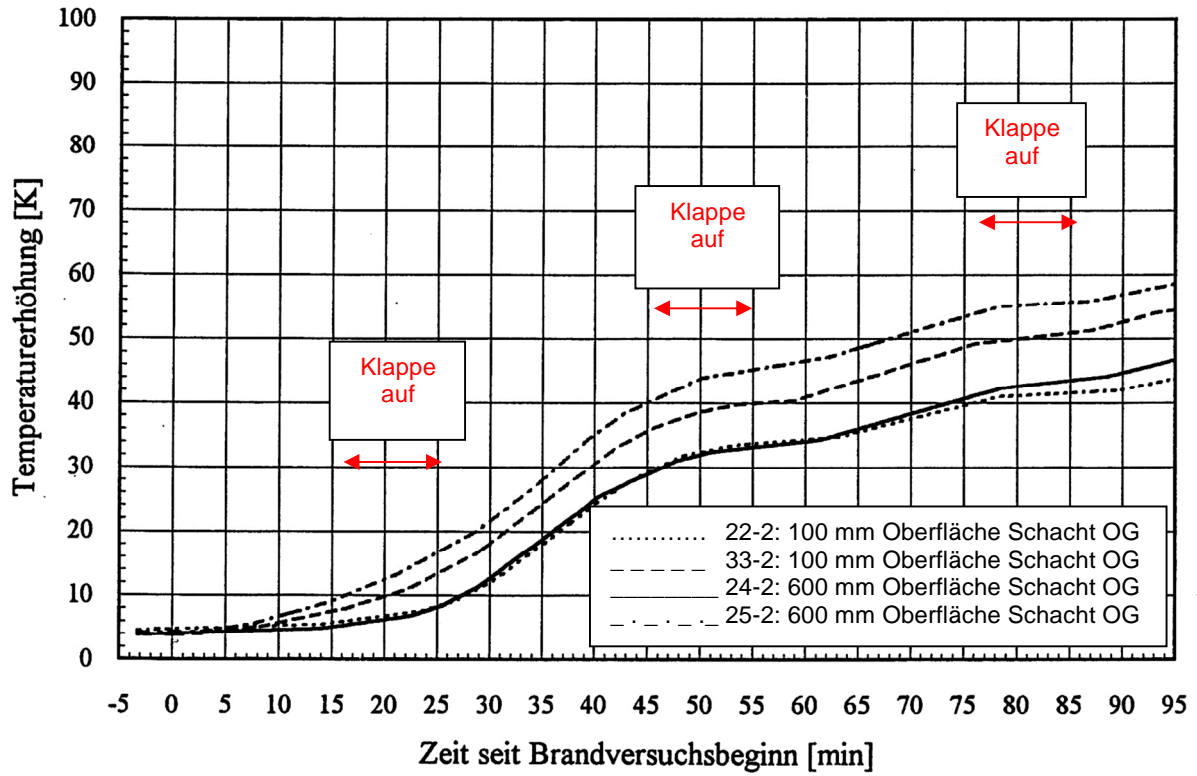


Abbildung 82: Versuchsaufbau auf Wandung nach BauPrGr; 2-geschossig –  
Oberflächentemperaturen OG

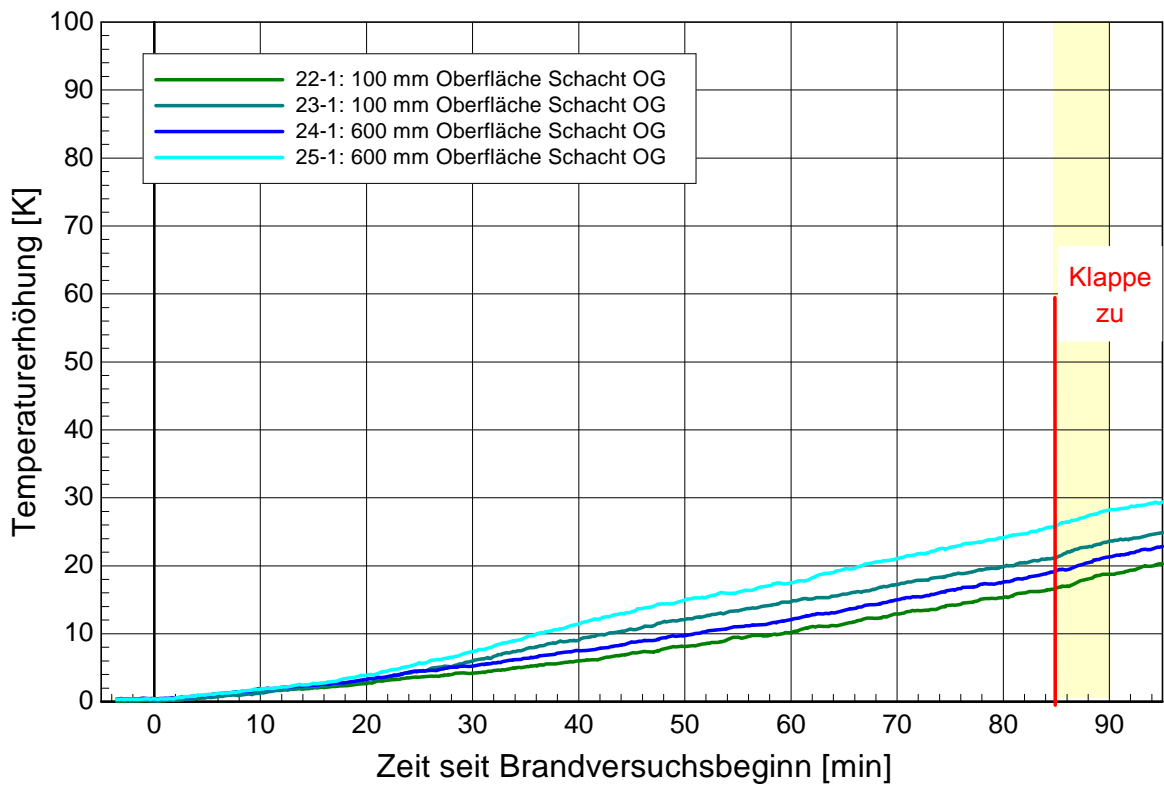


Abbildung 83: Versuchsaufbau auf Wandung nach ZulaRi; 3-geschossig – Oberflächentemperaturen  
OG

### **7.2.2 Vergleich 2 Anschlüsse in Wandung mit Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 1 und Nr. 2)**

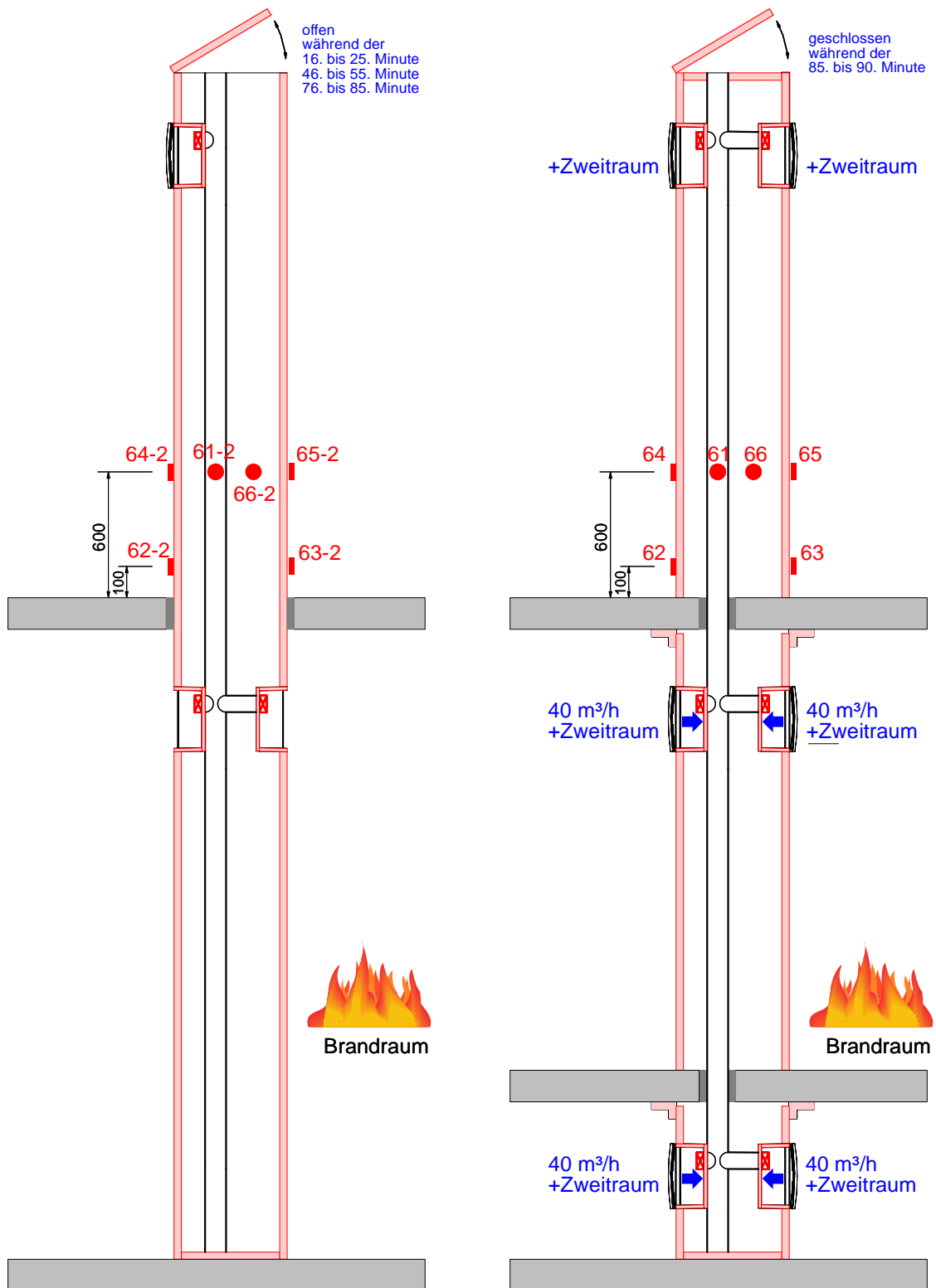
Die Abbildung 84 zeigt die Versuchsaufbauten mit zwei Anschlüssen (jeweils DN80) und Absperrvorrichtungen im Brandraum in der Wandung mit Absperrvorrichtungen nach den Bau- und Prüfgrundsätzen [16] (Abbildung links) mit zweigeschossigen Versuchsaufbau und den Zulassungsrichtlinien [32] mit dreigeschossigem Versuchsaufbau [33] (Abbildung rechts).

Die Versuche sind aufgrund der gleichen Installation annähernd vergleichbar; aufgrund des Zweitraumanschlusses erfolgt - bedingt durch die Einbausituation - jedoch ein höherer Temperatureintrag in den Schacht.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau befanden sich die Lüfter mit einem Fördervolumen von jeweils 40 m<sup>3</sup>/h im Untergeschoss und Brandraum in Betrieb. Die Lüfter im Brandraum fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus.

Die Auswirkung der unterschiedlichen Versuchsaufbauten und -durchführungen wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Anschlussleitungen im Obergeschoss bewertet.

Bei dem Versuchsaufbau nach BauPrGr lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum ca. nach 3,5 Minuten (Temperaturausschlag der Lufttemperaturen) aus. Ebenfalls war die Absperrvorrichtung nach dem Brandversuch im Obergeschoss ausgelöst, jedoch ist der Zeitpunkt des Schließens anhand eines Temperaturausschlages nicht festzustellen. Bei dem Versuch nach ZulaRi lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum innerhalb der ersten Minute aus (Temperaturausschlag der Lufttemperatur); beide Absperrvorrichtung im OG hatten ebenfalls ausgelöst; Zeitpunkt des Auslösens war in der 86. Minute nach Schließen der oberen Verschlussklappe. Die Absperrvorrichtungen im Untergeschoss hatten nicht ausgelöst.



Schacht mit 2 Anschlüssen mit BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig (Brandversuch Nr. 1)

Schacht mit 2 Anschlüssen mit BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi [32]; 3-geschossig [33] (Brandversuch Nr. 2)

Abbildung 84: Vergleich BauPrGr zu ZulaRi dreigeschossig – Lüfter in der Wandung mit BSK

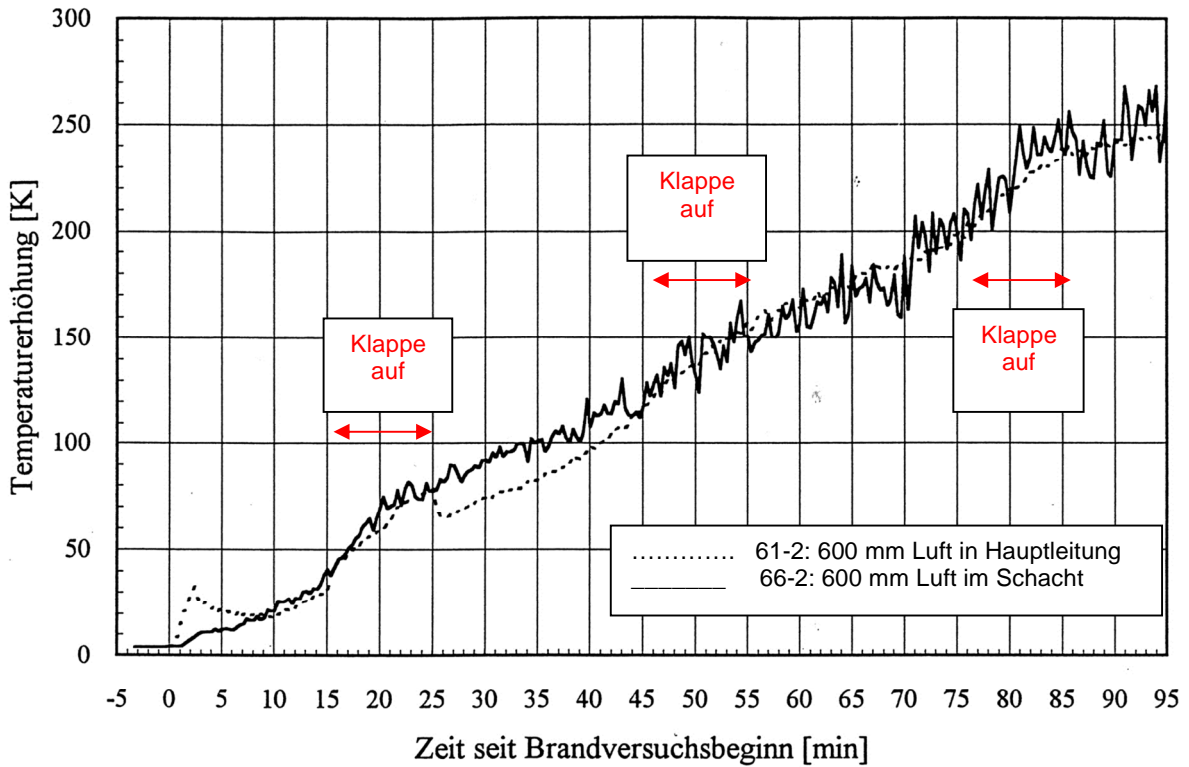


Abbildung 85: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach BauPrGr; 2-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG

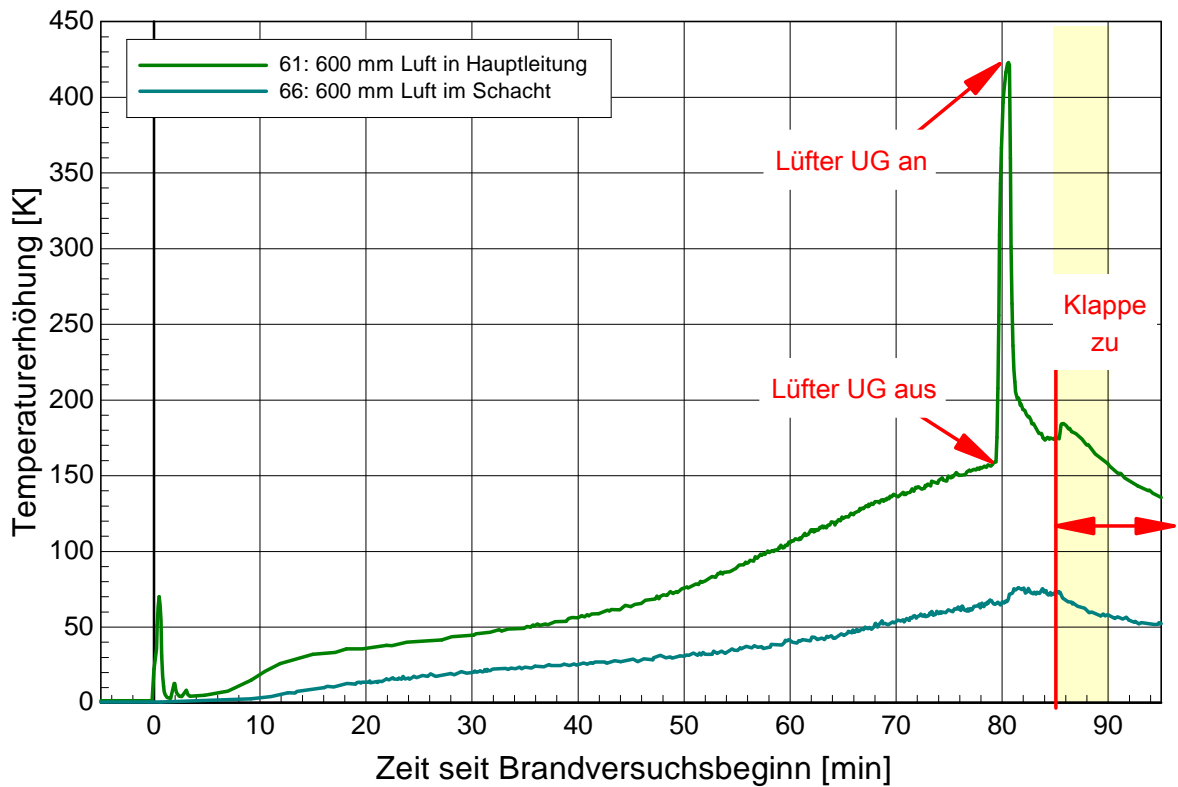


Abbildung 86: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach ZulaRi; 3-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG

Die Abbildung 85 und Abbildung 86 vergleichen die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung und im Schacht 600 mm über der Decke des Brandraums; an dem Messpunkt in der Hauptleitung ist der Einfluss der Temperaturübertragung bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau nach ZulaRi am höchsten. Bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau nach BauPrGr sind die Temperaturen in der Hauptleitung und im Schacht annähernd gleich; dies ist auf den fehlenden Deckenverguss und der über beide Ebenen durchgehenden Luftsäule zurück zu führen.

Wie bei Abbildung 85 zu erkennen ist, bewirkt das Öffnen der Verschlussklappe am oberen Schachtende jeweils nur eine minimale Temperaturerhöhung; am stärksten ist diese in der 16. bis 25. Minute zu erkennen. Auf die Temperaturmessstelle im Schacht hat das Öffnen ebenfalls nur einen geringen Einfluss. Das System ist in sich geschlossen. Ein Temperatureintrag erfolgt nur über den Wärmestrom also den Wärmedurchgang; mit Öffnen der Verschlussklappe ist zwar das System oben offen, jedoch kann keine Luft aus dem Brandraum nachströmen; die Absperrvorrichtung ist dicht. Lediglich geringfügige Leckagen bewirken die festzustellende Temperaturerhöhung.

Die Temperaturen mit zweigeschossigem Versuchsaufbau sind höher als die Temperaturen mit dreigeschossigen Versuchsaufbau; die nachströmende kalte Luft aus dem UG im dreigeschossigen Versuchsaufbau bewirkt diesen Temperaturunterschied durch eine Durchmischung mit stetig nachströmender kalter Luft. Erst mit dem kurzzeitigen Ausschalten des Lüfters im UG steigen die Temperaturen rapide an; da das System jedoch oben offen ist, kann dennoch Luft abströmen, bedingt durch nachströmende Luft über den ausgeschalteten Lüfter im UG; eine Luftströmung ist nach wie vor vorhanden, jedoch mit einer wesentlich geringeren Luftmenge und geringeren Durchmischung, so dass es zu dieser Temperaturerhöhung kommt; die Luftmenge ist bestimmt durch den thermischen Auftrieb.

Die Abbildung 87 und Abbildung 88 vergleichen die Oberflächentemperaturen im Obergeschoss auf der äußeren Schachtwand, also den Wärmedurchgang durch die Brandschutzbauplatte. Auch hier sind die Temperaturen bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau höher. Der nachströmende Luftstrom bewirkt diese Abkühlung; ebenfalls nimmt der fehlende Mörtelverguss Einfluss auf diese Temperaturen. Das Öffnen, bzw. Schließen der oberen Verschlussklappe macht sich bei den Oberflächentemperaturen nicht bemerkbar.

Die Temperaturkurve aus Abbildung 87 ist bedingt durch die Wasserhaltelinie der Brandschutzbauplatten des Schachtes.

Das Ausschalten des Lüfters im UG bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau bewirkt entsprechend Abbildung 88 keinen Temperaturschlag bei den Oberflächentemperaturen; der Temperaturdurchgang durch die Brandschutzbauplatte ist zu träge, als dass er sich auf der abgewandten Oberfläche bemerkbar macht.

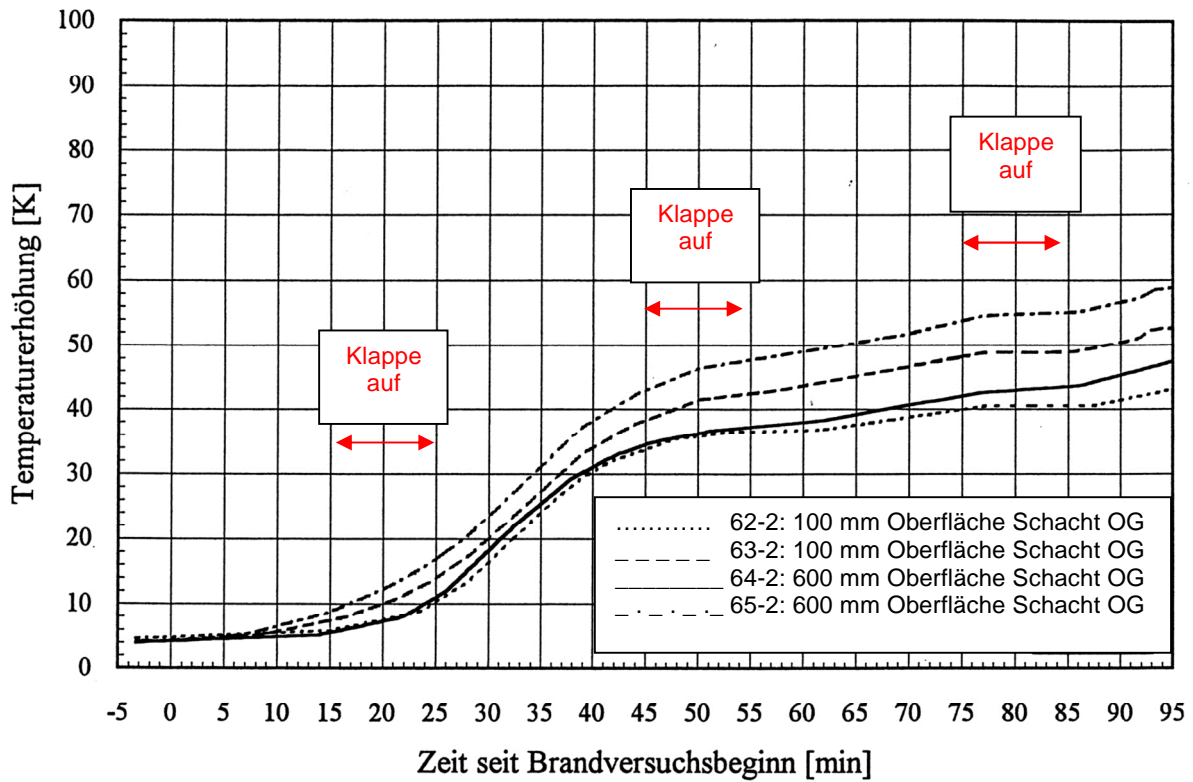


Abbildung 87: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach BauPrGr; 2-geschossig –  
Oberflächentemperaturen OG

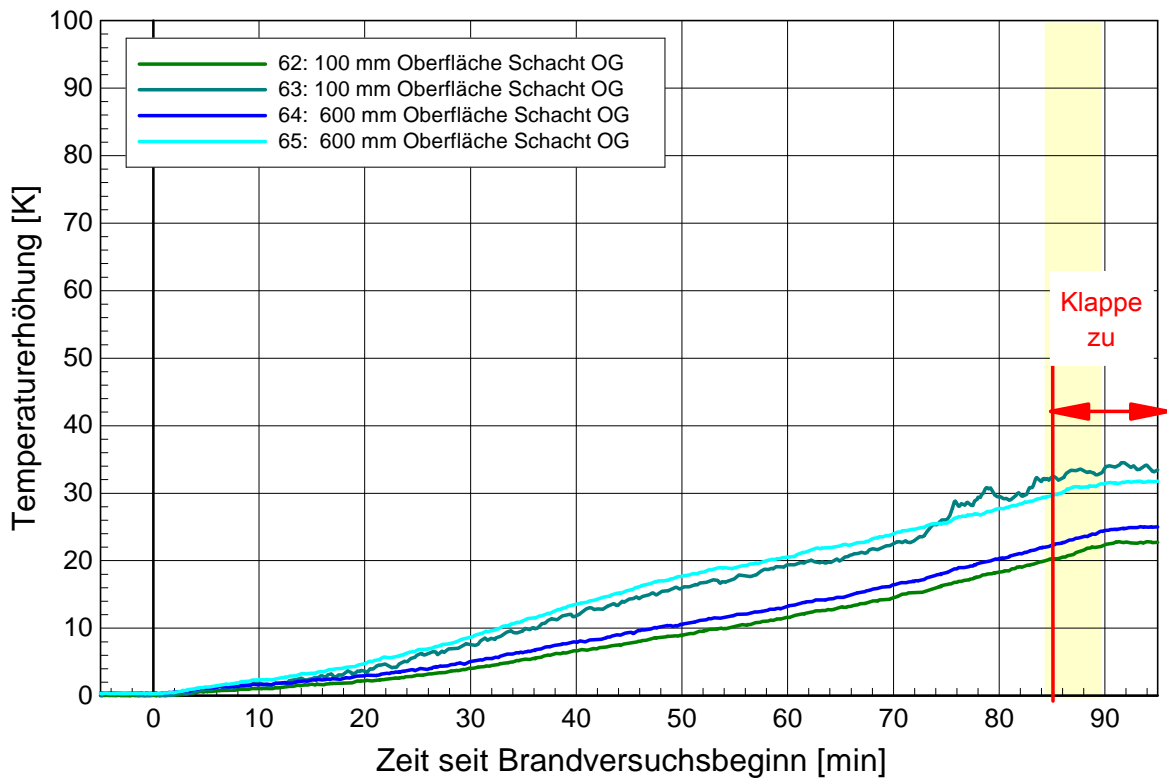


Abbildung 88: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach ZulaRi; 3-geschossig –  
Oberflächentemperaturen OG



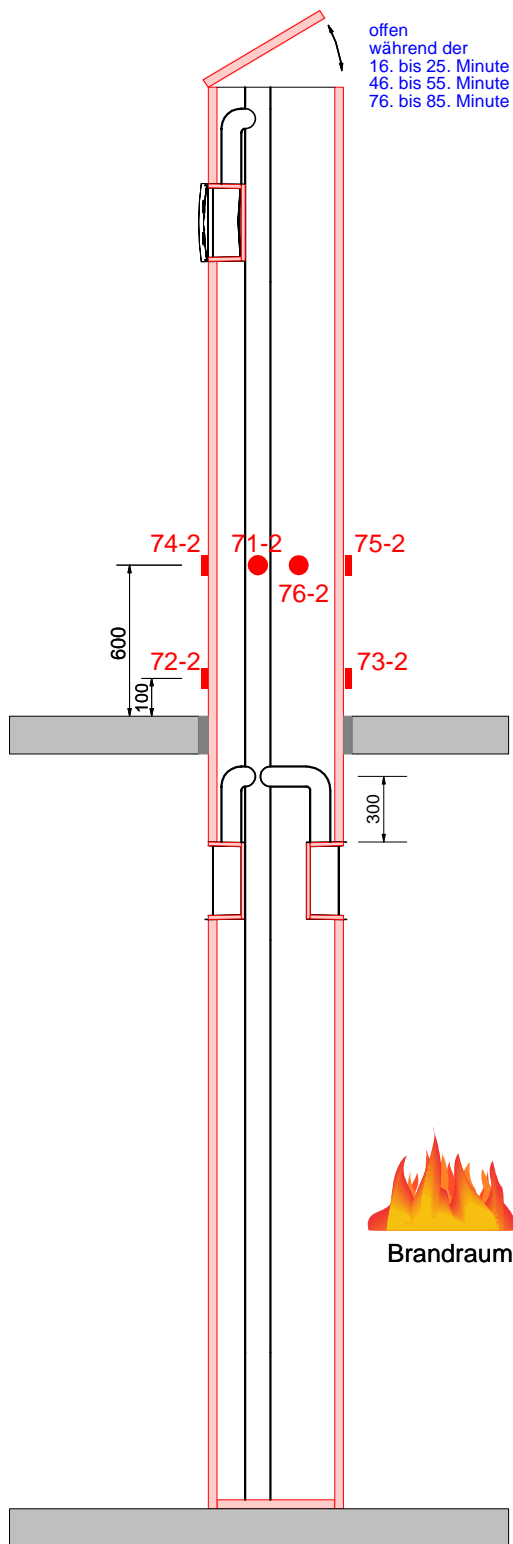
### **7.2.3 Vergleich 2 Anschlüsse in Wandung ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 1 und Nr. 2)**

Die Abbildung 89 zeigt die Versuchsaufbauten mit zwei Anschlüssen (jeweils DN80) und Absperrvorrichtungen im Brandraum in der Wandung ohne Absperrvorrichtungen und Höhenverzug nach den Bau- und Prüfgrundsätzen [16] (Abbildung links) mit zweigeschossigen Versuchsaufbau und den Zulassungsrichtlinien [32] mit dreigeschossigem Versuchsaufbau [33] (Abbildung rechts).

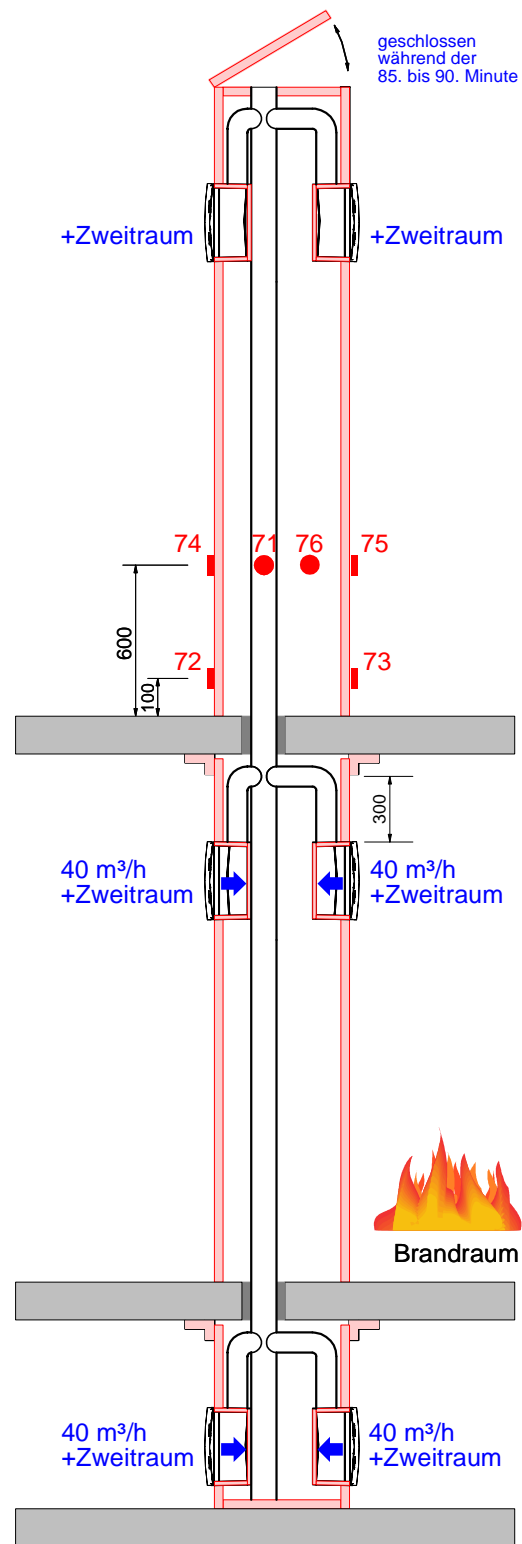
Die Versuche sind aufgrund der gleichen Installation annähernd vergleichbar; aufgrund des Zweitraumanschlusses erfolgt bedingt durch die Einbausituation jedoch ein höherer Temperatureintrag in den Schacht.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau befanden sich die Lüfter mit einem Fördervolumen von jeweils 40 m<sup>3</sup>/h im Untergeschoss und Brandraum in Betrieb. Die Lüfter im Brandraum fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus.

Die Auswirkung der unterschiedlichen Versuchsaufbauten und -durchführungen wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes im Obergeschoss bewertet.



offen  
während der  
16. bis 25. Minute  
46. bis 55. Minute  
76. bis 85. Minute



geschlossen  
während der  
85. bis 90. Minute

+Zweitraum +Zweitraum

40 m<sup>3</sup>/h +Zweitraum 40 m<sup>3</sup>/h +Zweitraum

40 m<sup>3</sup>/h +Zweitraum 40 m<sup>3</sup>/h +Zweitraum

Schacht mit 2 Anschlüssen ohne BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig (Brandversuch Nr. 1)

Schacht mit 2 Anschlüssen ohne BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi [32]; 3-geschossig [33] (Brandversuch Nr. 2)

Abbildung 89: Vergleich BauPrGr zu ZulaRi dreigeschossig – Lüfter in der Wandung ohne BSK

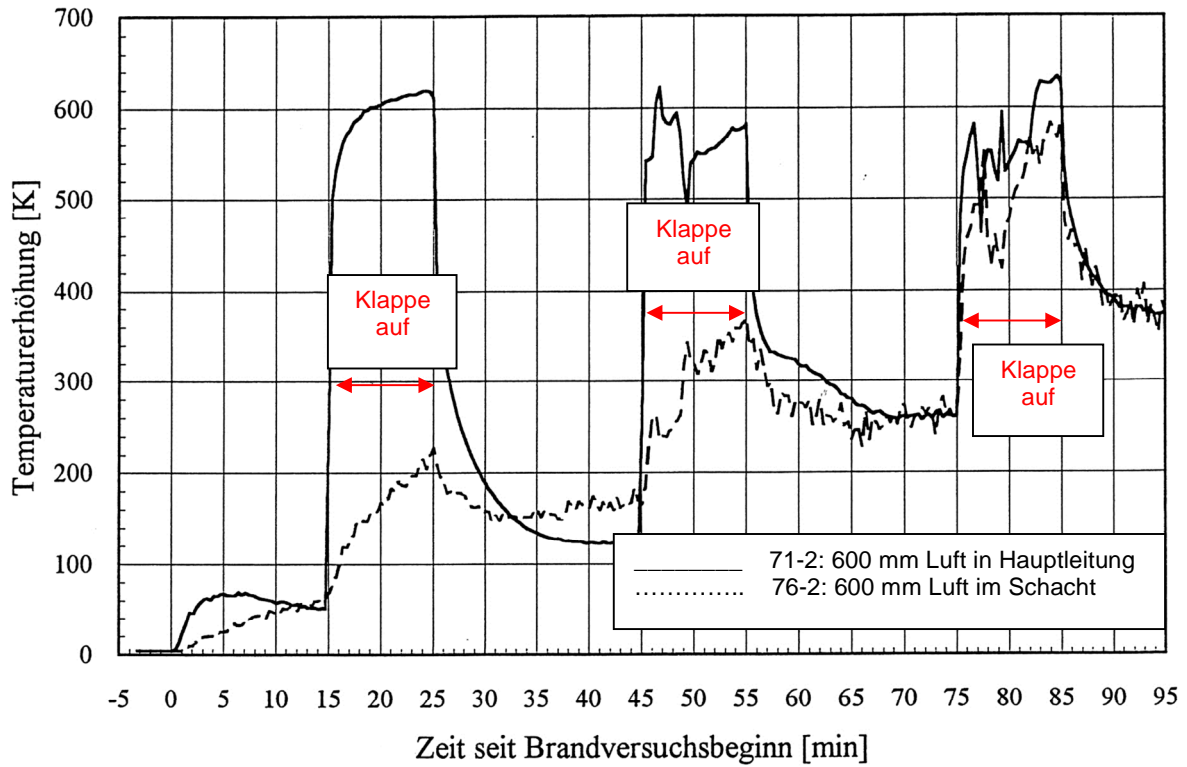


Abbildung 90: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach BauPrGr; 2-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG ohne BSK

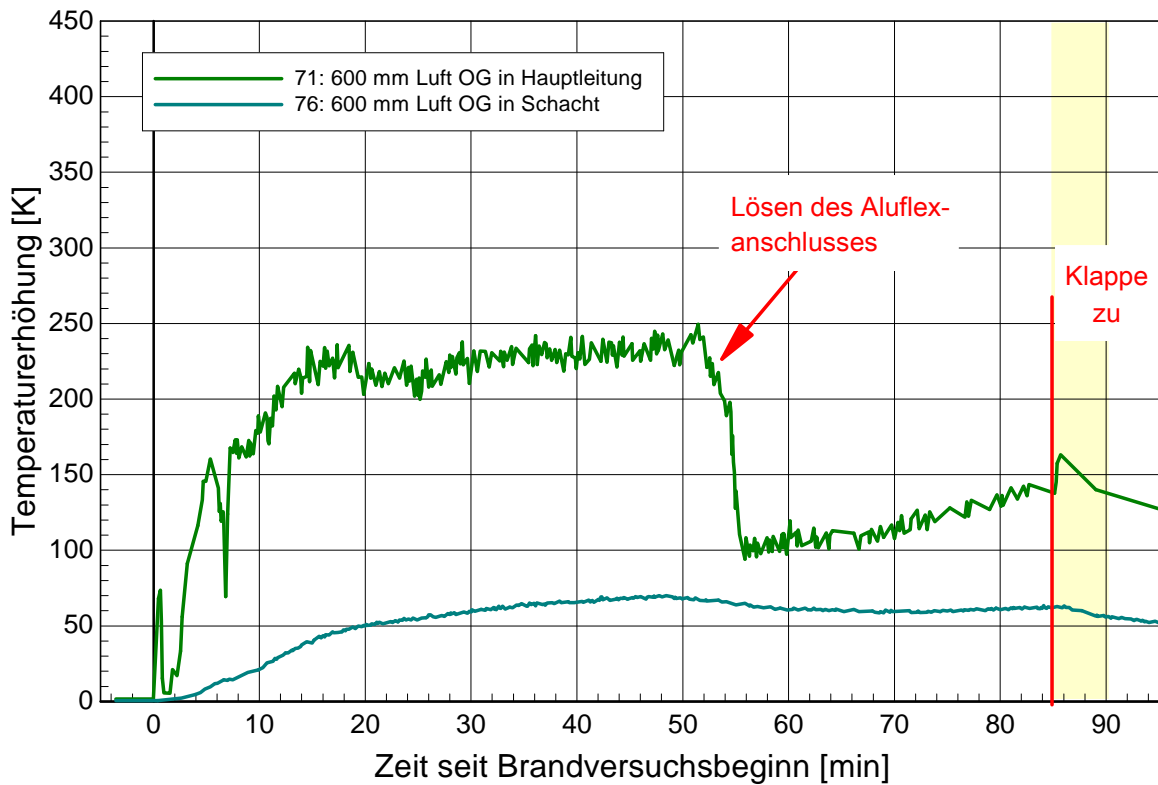


Abbildung 91: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach ZulaRi; 3-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG ohne BSK

Die Abbildung 90 und Abbildung 91 vergleichen die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung und im Schacht 600 mm über der Decke des Brandraums; an dem Messpunkt in der Hauptleitung ist der Einfluss der Wärmeübertragung am höchsten.

Wie bei Abbildung 90 zu erkennen ist, bewirkt das Öffnen der Verschlussklappe in der Hauptleitung jeweils einen massiven Temperaturanstieg, der nach dem Schließen wieder massiv abfällt, jedoch erst nach ca. 15 Minuten sich im Gleichgewicht einpendelt; von der 16. bis 25. Minute folgt der Temperaturverlauf noch dem gleichmäßigen Temperaturanstieg der Einheitstemperaturkurve (ETK), jedoch mit einer Differenz um ca. 180 K. Beim zweiten (56. bis 65. Minute) und dritten (76. bis 85. Minute) Öffnen ist der Temperaturverlauf der ETK nicht mehr zu erkennen, sondern starken Temperaturschwankungen mit einer Maximaltemperatur bei ca. 620 K. Aufgrund der fehlenden Absperrvorrichtung wird mit Öffnen der oberen Verschlussklappe das geschlossene System geöffnet; das Brandgas strömt direkt nach oben aufgrund des thermischen Auftriebs ab. Bei der geöffneten Verschlussklappe von der 16. bis 25. Minute ist der innere Anschluss aus Aluflexrohr im Schacht noch vorhanden – es besteht eine direkte Verbindung zur Hauptleitung -, was an dem Nachzeichnen der ETK zu erkennen ist; bei dem erneuten Öffnen hat sich der Anschluss gelöst, wodurch die Temperaturschwankungen durch die indirekte Verbindung zu erklären sind. Bei diesem Versuchsaufbau bewirkt der vorgegebene Höhenversatz von 300 mm nur eine geringe Temperaturreduzierung; im Wesentlichen besteht die Temperaturreduzierung aus dem Wegbrennen des Aluminiumflexrohres und der sich hierdurch ergebenden indirekten Verbindung zur Hauptleitung.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau entsprechend Abbildung 91 sind die Lufttemperaturen beeinflusst durch das Nachströmen aus dem UG. Erst mit Lösen des Aluminiumflexrohranschlusses im Brandraum und der sich hieraus ergebenden indirekten Verbindung zur Hauptleitung fällt die Temperatur ab.

Entsprechend Abbildung 92 zeichnet sich der Temperaturverlauf analog der Lufttemperaturen in der Hauptleitung zeitversetzt ab; die hohen Temperatureusschläge spiegeln sich jedoch nur geringfügig wider bedingt durch den trägen Wärmedurchgang durch die Brandschutzbauplatte. Der Temperaturverlauf gibt auch hier die Wasserhaltelinie der Brandschutzbauplatten wider. Generell ist zu den Oberflächentemperaturen jedoch anzumerken, dass diese mit einer Temperaturerhöhung von max. 70 K nach 90 Minuten weit unter den zulässigen Grenzwerten von 180 K Einzelwert, bzw. 140 K Mittelwert liegen.

Die Oberflächentemperaturen entsprechend Abbildung 93 steigen konstant an, wobei ab dem Zeitpunkt des Lösens des Aluminiumflexrohranschlusses eine Abschwächung des Temperaturanstiegs bedingt durch die niedrigeren Lufttemperaturen zu erkennen ist. Die Maximalwerte dieser Temperaturen sind im Vergleich zu dem zweigeschossigen Versuchsaufbau niedriger.

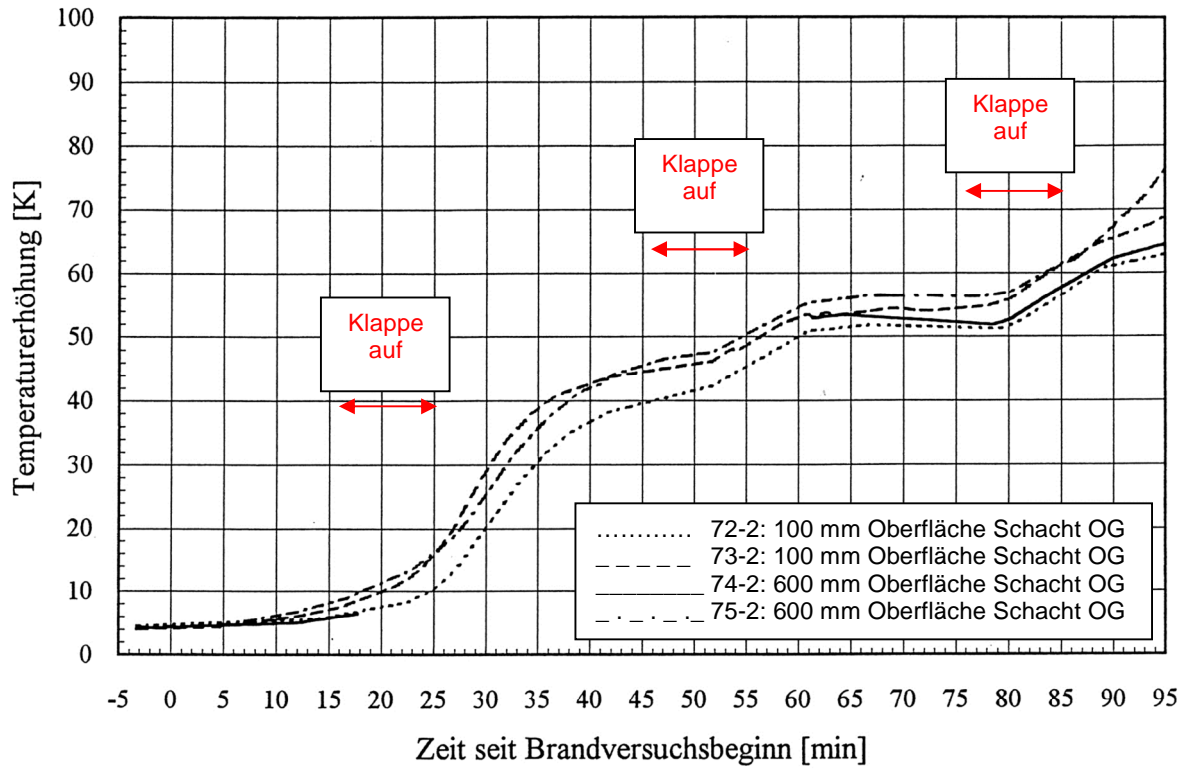


Abbildung 92: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach BauPrGr; 2-geschossig –  
Oberflächentemperaturen OG

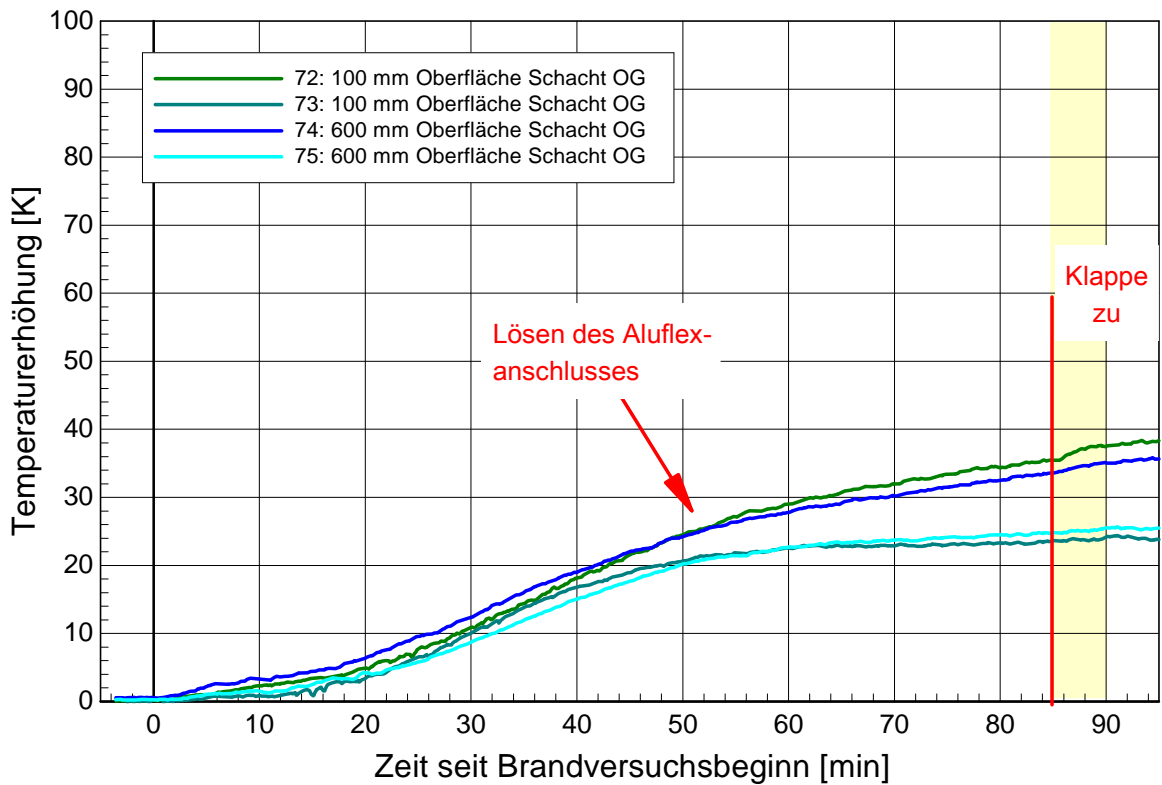


Abbildung 93: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach ZulaRi; 3-geschossig –  
Oberflächentemperaturen OG

## **7.2.4 Vergleich Versuchsaufbau nach ZulaRi zweigeschossig und dreigeschossig**

### **7.2.4.1 Vergleich 3 Anschlüsse in Wandung mit BSK (Brandversuch Nr. 3 und Nr. 4)**

Die Abbildung 94 zeigt die Versuchsaufbauten mit jeweils drei Anschlüssen (jeweils DN80) und Absperrvorrichtungen auf der Wandung im Brandraum nach den ZulaRi mit zweigeschossigen Versuchsaufbau [32] (Abbildung links) und den ZulaRi mit den Festlegungen für den dreigeschossigen Versuchsaufbau [33] (Abbildung rechts).

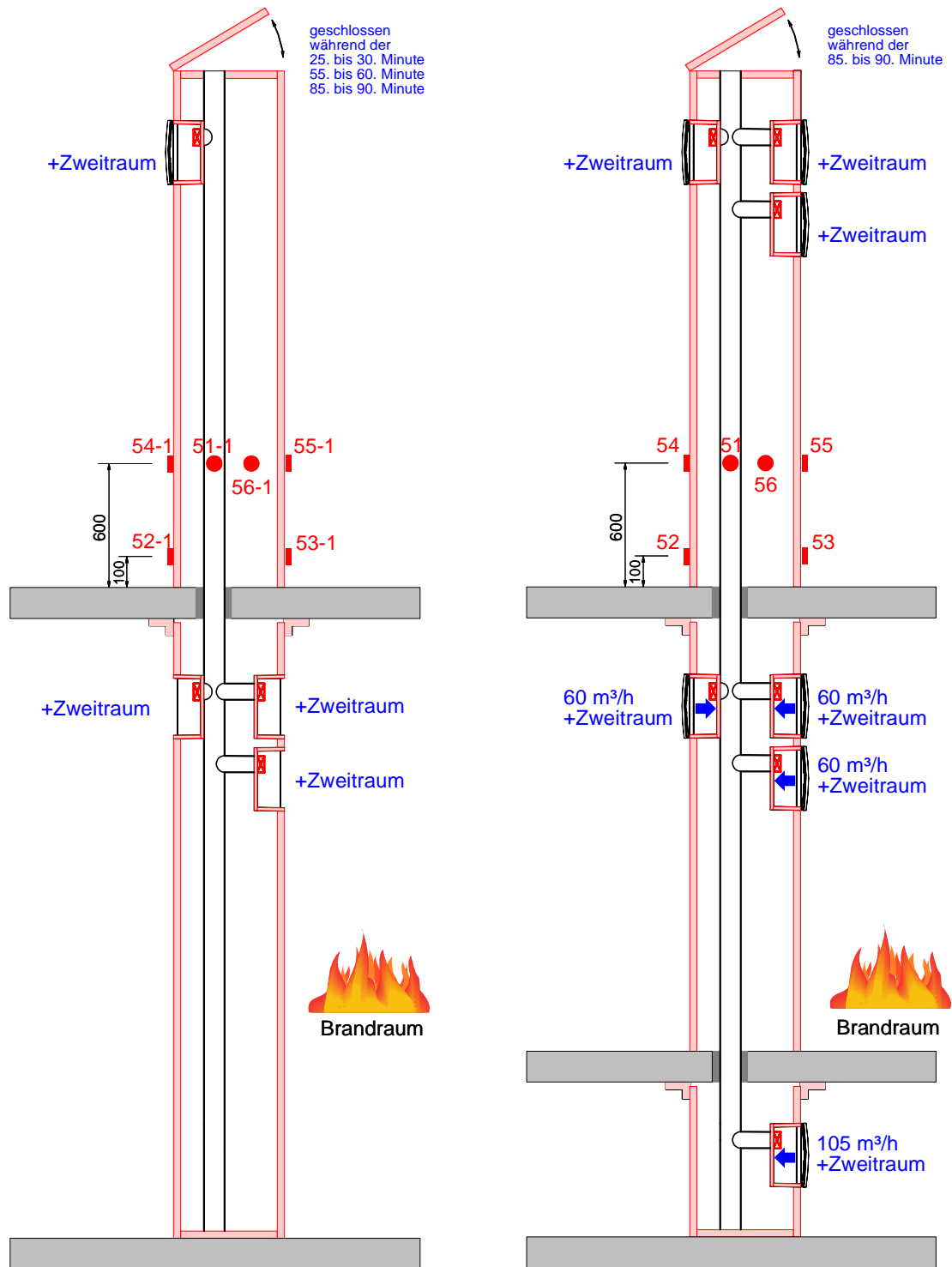
Die Versuche sind aufgrund der gleichen Installation direkt miteinander vergleichbar. Die Vergleiche zeigen die Unterschiede zwischen dem zwei- und dreigeschossigen Versuchsaufbau mit dem Einfluss des Untergeschosses und dem dort angeschlossenen Lüfter.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau wurde ein Lüfter im Untergeschoss mit einem Fördervolumen von 105 m<sup>3</sup>/h und im Brandraum mit jeweils 60 m<sup>3</sup>/h montiert. Die Lüfter im Brandraum fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus.

Die Auswirkung der unterschiedlichen Versuchsaufbauten und -durchführungen wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Anschlussleitungen im Obergeschoss bewertet.

Bei dem Versuchsaufbau nach ZulaRi zweigeschossig lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum ca. nach 3,5 Minuten (Temperaturausschlag der Lufttemperaturen) aus. Ebenfalls war die Absperrvorrichtung nach dem Brandversuch im Obergeschoss ausgelöst, jedoch ist der Zeitpunkt des Schließens anhand eines Temperaturausschlages nicht festzustellen. Bei dem Versuch nach ZulaRi lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum innerhalb der ersten Minute aus (Temperaturausschlag der Lufttemperatur); beide Absperrvorrichtung im OG hatten ebenfalls ausgelöst; Zeitpunkt des Auslösens war in der 86. Minute nach Schließen der oberen Verschlussklappe. Die Absperrvorrichtungen im Untergeschoss hatten nicht ausgelöst.

Bei dem Versuchsaufbau nach ZulaRi zweigeschossig lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum innerhalb der ersten zwei Minuten (Temperaturausschlag der Lufttemperaturen) aus. Ebenfalls war die Absperrvorrichtung nach dem Brandversuch im Obergeschoss ausgelöst, jedoch ist der Zeitpunkt des Schließens anhand eines Temperaturausschlages nicht festzustellen. Bei dem Versuch nach ZulaRi dreigeschossig lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum innerhalb der ersten Minute aus (Temperaturausschlag der Lufttemperatur); die Absperrvorrichtung im OG hatte ebenfalls ausgelöst; Zeitpunkt war in der 66. Und 78. Und 81. Minute (Temperaturausschläge der Lufttemperatur). Die Absperrvorrichtungen im Untergeschoss hatten nicht ausgelöst.



Schacht mit 3 Anschlüssen mit BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi [32]; zweigeschossig (Brandversuch Nr. 3)

Schacht mit 3 Anschlüssen mit BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi [32]; 3-geschossig [33] (Brandversuch Nr. 4)

Abbildung 94: Vergleich ZulaRi zwei- und dreigeschossig – Lüfter in der Wandung mit BSK

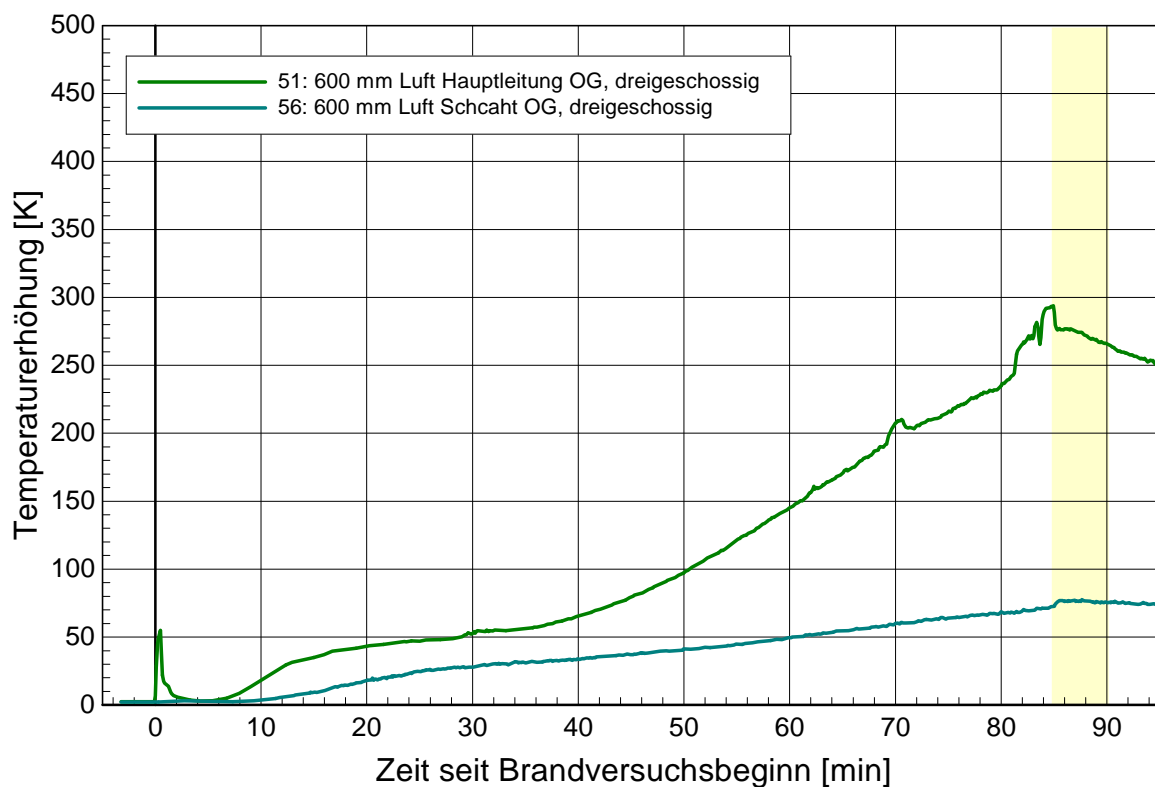
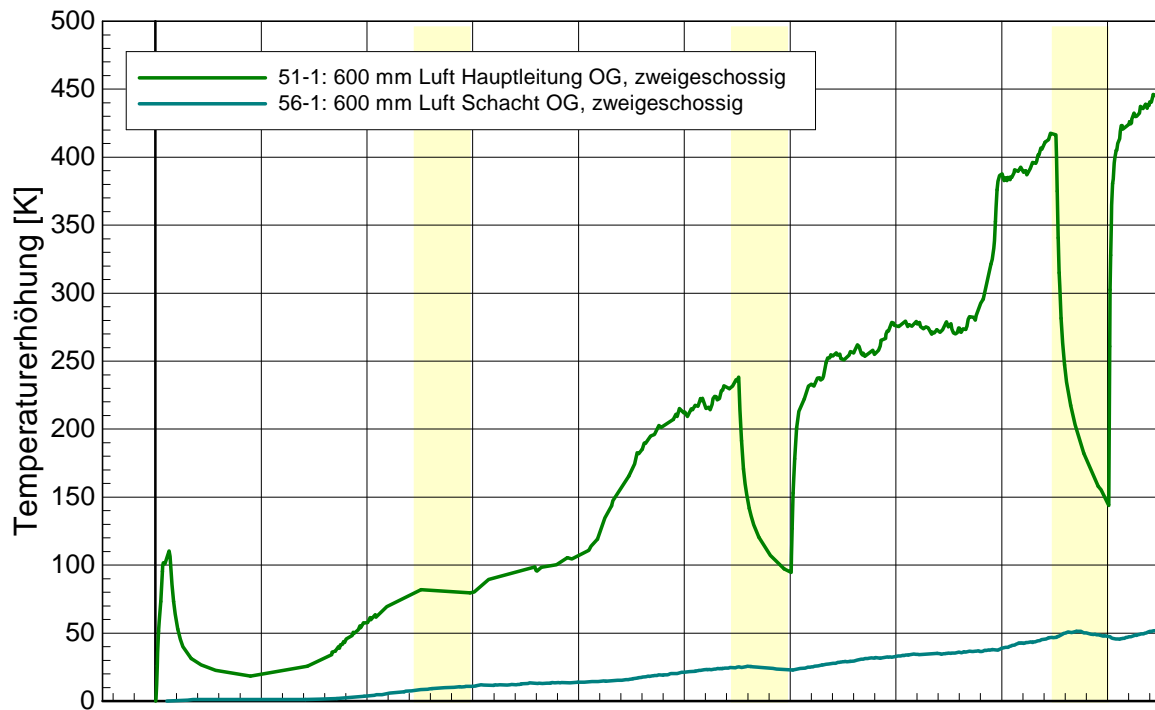


Abbildung 95: Vergleich ZulaRi; zwei- zu dreigeschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG

Die Abbildung 95 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung und im Schacht 600 mm über der Decke des Brandraums zwischen dem zwei- und dreigeschossigen Versuchsaufbau; an dem Messpunkt in der Hauptleitung ist der Einfluss der Temperaturübertragung am höchsten, was an der Temperaturhöhe zu erkennen ist, während sich die Temperaturschwankungen beim zweigeschossigen Versuchsaufbau bei der Lufttemperatur im Schacht nur sehr geringfügig bemerkbar machen.



Bei dem Vergleich ist zu berücksichtigen, dass nur bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau von der 25. bis zur 30. Minute und von der 55. bis zur 60. Minute die Verschlussklappe geschlossen wurde. Nur ab der 85. Minute wurde bei beiden Versuchen die Verschlussklappe geschlossen (bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau wurde sie ab der ca. 83. Minute geschlossen).

Es ist festzustellen, dass das Schließen der Verschlussklappe bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau zu einem starken Temperaturabfall führt. Es ist ein genau entgegengesetztes Verhalten wie bei der Prüfung mit geschlossener Verschlussklappe nach den BauPrGr entsprechend Punkt 3.2.1 zu beobachten. Zunächst muss das System als geschlossenes System bewertet werden, da alle Absperrvorrichtungen auslösten. Aus der oben offenen Hauptleitung kann keine Luft, bzw. Brandgas abströmen, da die Absperrvorrichtungen geschlossen sind; da jedoch ein Abströmen stattfindet (festzustellen an dem Temperaturschlag), können nur die Leckagen der Absperrvorrichtungen zu dieser Temperaturschwankung führen. Mit Schließen der oberen Verschlussklappe wird das System komplett dicht, so dass auch die Leckagen nicht mehr abströmen können; es bildet sich ein Luftstau - es findet keine Strömung statt – und die Temperatur fällt ab.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau ist dieser starke Temperaturabfall ab der ca. 85. Minute nicht zu beobachten; kühle Luft strömt aus dem Untergeschoss nach und die Leckagen der geschlossenen Absperrvorrichtungen machen sich aufgrund der Überdrucks in der Hauptleitung nur geringfügig bemerkbar; hier ist lediglich der Temperaturunterschied der durch dem Wärmestrom aufgeheizten nachströmenden Luft festzustellen.

Die Abbildung 96 und Abbildung 97 vergleichen die Oberflächentemperaturen im Obergeschoss auf der Schachtwand, also den Wärmedurchgang durch die Brandschutzbauplatte. Der jeweils hohe Temperaturunterschied bei beiden Versuchen zwischen der rechten und linken Seite ist bedingt durch den Abstand der Hauptleitung zur Schachtwand, da sich diese nicht mittig im Schacht befand.

Die Temperaturentwicklung der Oberflächen kann bei beiden Versuchen als gleich beschrieben werden.

Prinzipiell ist festzuhalten, dass die Lufttemperaturen bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau höher sind. Bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau wird das Kriterium für den Anschluss von Küchenabluft (MS51-1 entsprechend Abbildung 95 Grenzwert  $<350^{\circ}\text{C}$ ) nicht erreicht.

Die Oberflächentemperaturen liegen bei beiden Versuchen weit unter dem zulässigen Grenzwert von 180 K.

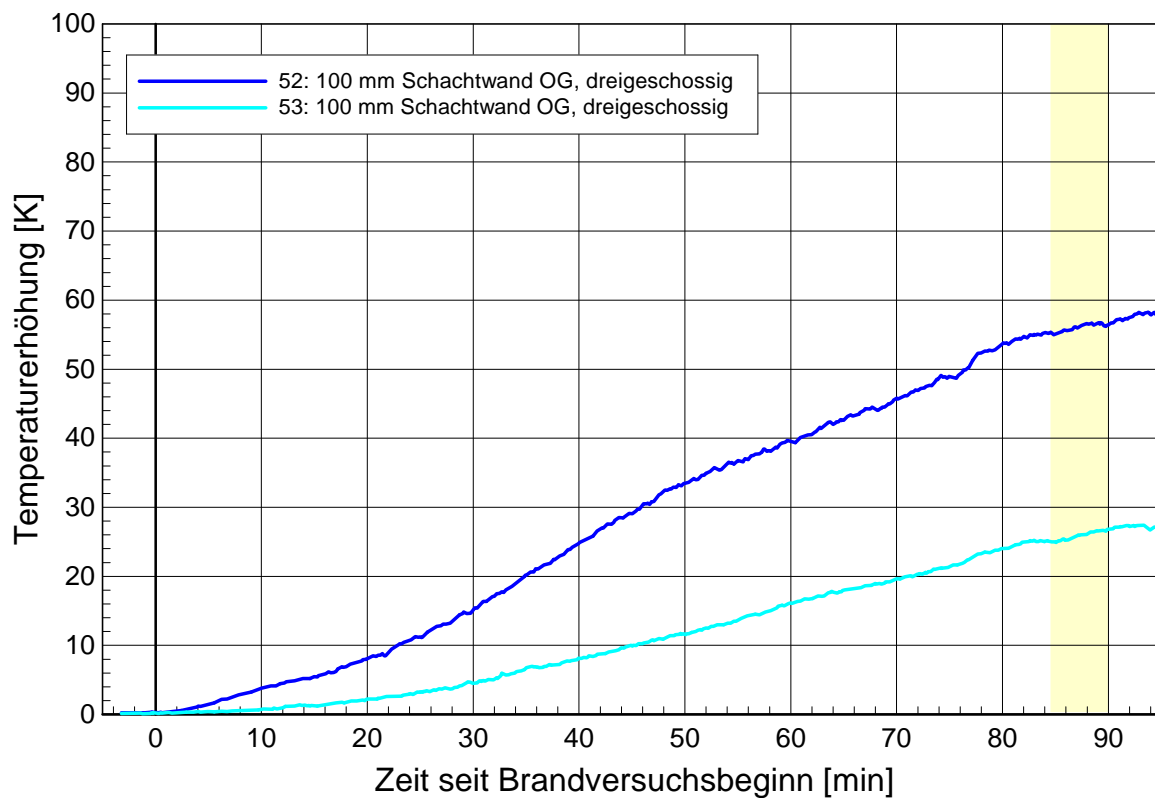
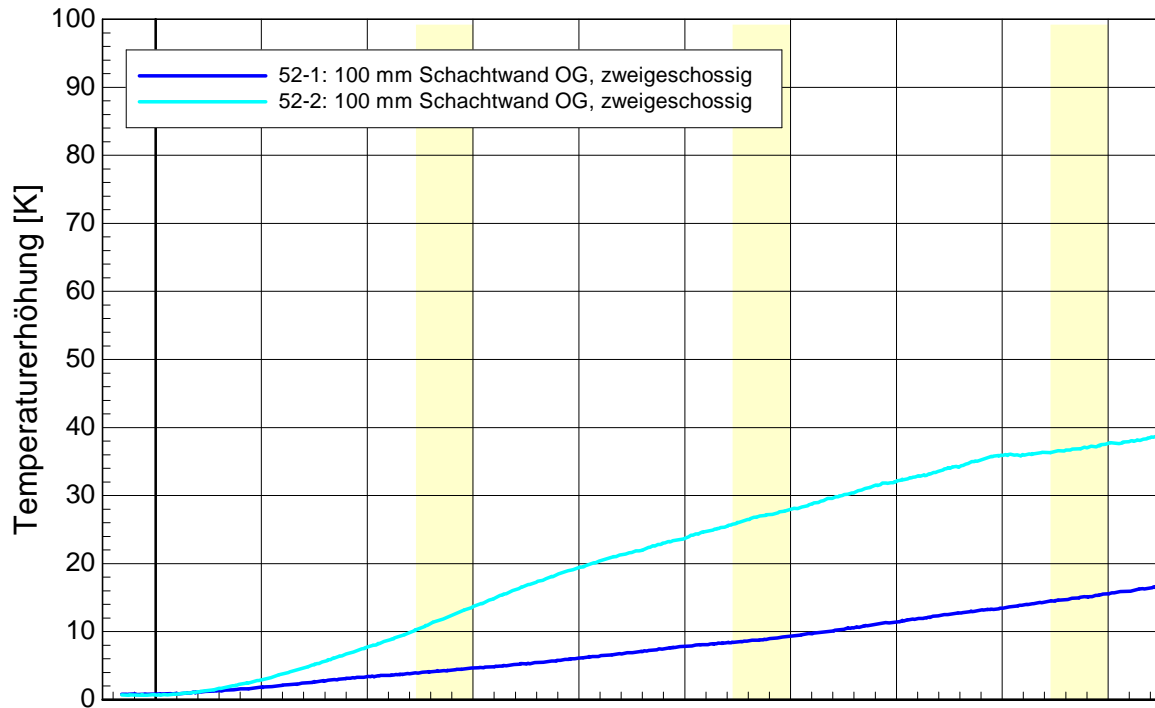


Abbildung 96: Vergleich ZulaRi; zwei- zu dreigeschossig – Oberflächentemperaturen 100 mm OG

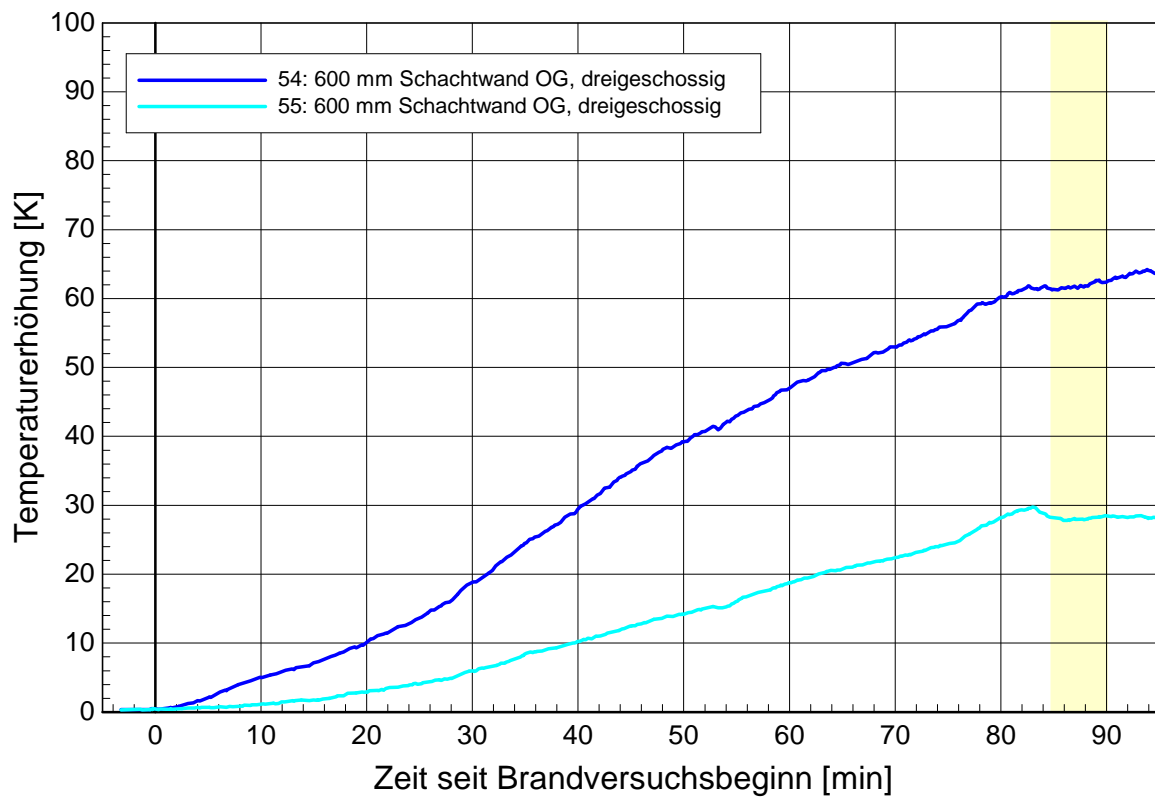
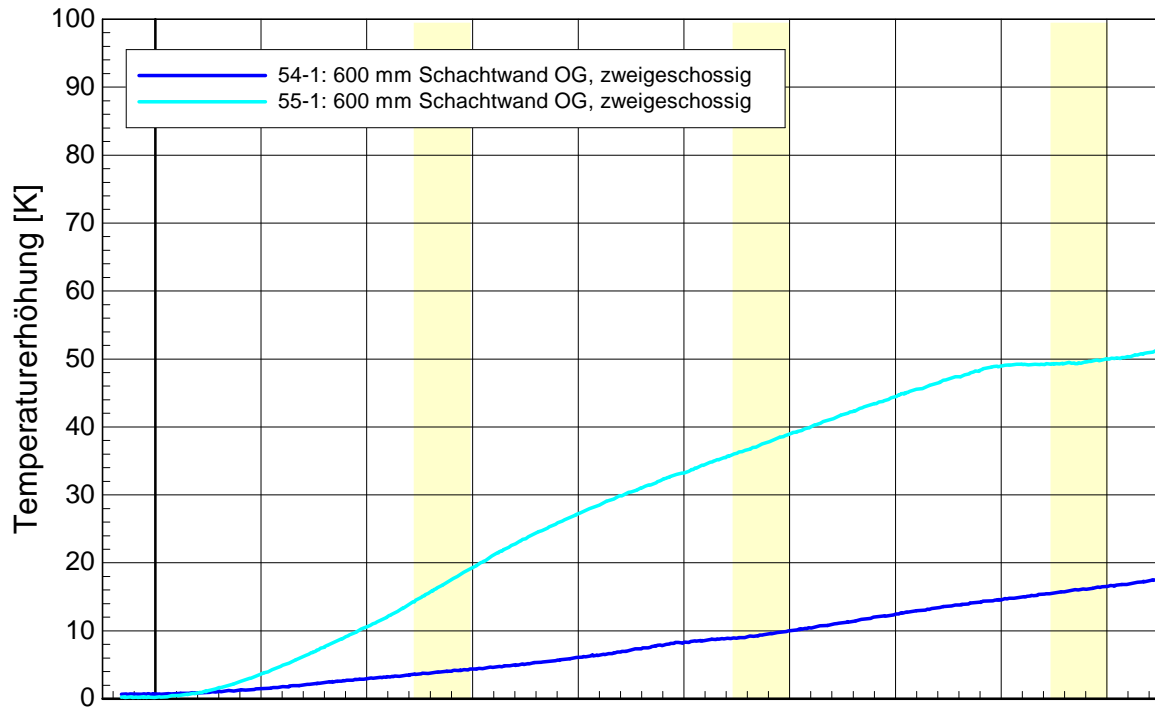


Abbildung 97: Vergleich ZulaRi; zwei- zu dreigeschossig – Oberflächentemperaturen 600 mm OG

### **7.3 Versuchsauswertungen Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in Lüftungsleitungen**

#### **7.3.1 Vergleich Absperrvorrichtung in L90-Lüftungsleitung mit und ohne BSK (Brandversuch Nr. 5 und Nr. 6)**

In diesem Abschnitt werden die Strömungsverhältnisse im zweigeschossigen Versuchsaufbau nach den BauPrGr mit und ohne Absperrvorrichtung dargestellt. Den Aufbau ohne Absperrvorrichtung gibt die Prüfvorschrift nicht vor, jedoch fiel bei einem Brandversuch nach der ca. 40. Minute die Absperrvorrichtung im Brandraum aus der Lüftungsleitung heraus, so dass diese Ergebnisse die Massenströme sehr deutlich veranschaulichen; der Einfachheit halber wird dieser Versuch im Folgenden als Aufbau ohne Absperrvorrichtung (BSK) im Brandraum bezeichnet.

Die Abbildung 98 zeigt den zweigeschossigen Versuchsaufbau mit Absperrvorrichtung (DN160) im Brandraum (Abbildung links) und ohne Absperrvorrichtung (DN160) im Brandraum (Abbildung rechts). Die Versuchsdurchführung ist identisch, bezüglich des Versuchsaufbaus unterscheiden sich die feuerbeständigen L90 Lüftungsleitungen, jedoch sind beide L90 über einen Verwendbarkeitsnachweis geregelt.

Die Temperaturmessstellen MS 2 und MS 5 geben die Lufttemperatur innerhalb der Lüftungsleitung oberhalb des Brandraums wieder; an diesen Messstellen ist jede Veränderung im System am besten abzulesen. Innerhalb der Lüftungsleitung besteht zwischen Brandraum und Obergeschoss ein Luftverbund.

Die Abbildung 99 zeigt die Temperaturen (MS 2 und MS 5) innerhalb der Lüftungsleitung und an der Absperrvorrichtung im Obergeschoss des positiven Versuchsverlaufs und die Abbildung 100 zeigt den negativen Versuchsverlauf. Bei dem Vergleich beider Diagramme ist die unterschiedliche Temperaturskala zu berücksichtigen (Abbildung 99 bis 220 K und Abbildung 100 bis 950 K), insofern ist der Temperaturverlauf der Lufttemperaturen bis zur 45. Minute vergleichbar; das zeitlich versetzte Schließen der Absperrvorrichtungen im Obergeschoss (mit BSK im Brandraum in der 26. Minute und ohne BSK im Brandraum in der 9. Minute) bedingt jedoch ein unterschiedliches Strömungsverhalten und einen unterschiedlichen Temperaturverlauf durch das Öffnen der oberen Verschlussklappe von der 16. bis zur 25. Minute; hier fallen die Temperaturen an der Absperrvorrichtung im OG ab; diese Abfallen resultiert aus dem Nachströmen kühler Umgebungsluft in die Lüftungsleitung durch die offene Absperrvorrichtung; durch die ab der 9. Minute geschlossenen Absperrvorrichtung ist ein Nachströmen nicht möglich.

Das Schließen der Absperrvorrichtung im Obergeschoss bei dem Versuch entsprechend Abbildung 100 macht sich im Temperaturverlauf nicht bemerkbar.

Das Herausfallen der Absperrvorrichtung im Brandraum in der 40. Minute entsprechend Abbildung 100 macht sich in dem System zunächst nicht bemerkbar; erst mit Öffnen der oberen Verschlussklappe beginnt ein rapider Temperaturanstieg, der mit Schließen der Verschlussklappe wieder leicht sinkt, jedoch den ursprünglichen Ausgangspunkt nicht erreicht. Mit Öffnen der Verschlussklappe und fehlender Absperrvorrichtung kann das Brandgas durch die Lüftungsleitung wie in einem Kamin durch thermischen Auftrieb frei abströmen. Im Gegenvergleich entsprechend Abbildung 99 verhindert die geschlossene Absperrvorrichtung (egal mit welchem Wärmedurchgang) ein Abströmen. Mit Schließen der Verschlussklappe wird die freie Abströmung unterbunden.

Das Öffnen der Verschlussklappe von der 46. bis 55. Minute und 76. bis 85. Minute bei dem Versuch mit funktionierender Absperrvorrichtung im Brandraum entsprechend Abbildung 99 bewirkt einen Temperaturabfall an den Messstellen bei der Absperrvorrichtung im Obergeschoss; der Unterdruck bedingt durch den thermischen Auftrieb in der Lüftungsleitung mit geöffneter Verschlussklappe saugt einen Luftstrom als Leckage durch die geschlossene Absperrvorrichtung, der die Messstellen an der Absperrvorrichtung kühlt.

Die Abbildung 101 und Abbildung 102 zeigen die Oberflächentemperaturen auf der Lüftungsleitung im Obergeschoss 100 mm über der Geschossdecke und die Abbildung 103 und Abbildung 104 600 mm über der Geschossdecke. Die Messstellen MS7, MS8, MS11 und MS12 bei Abbildung 101 und

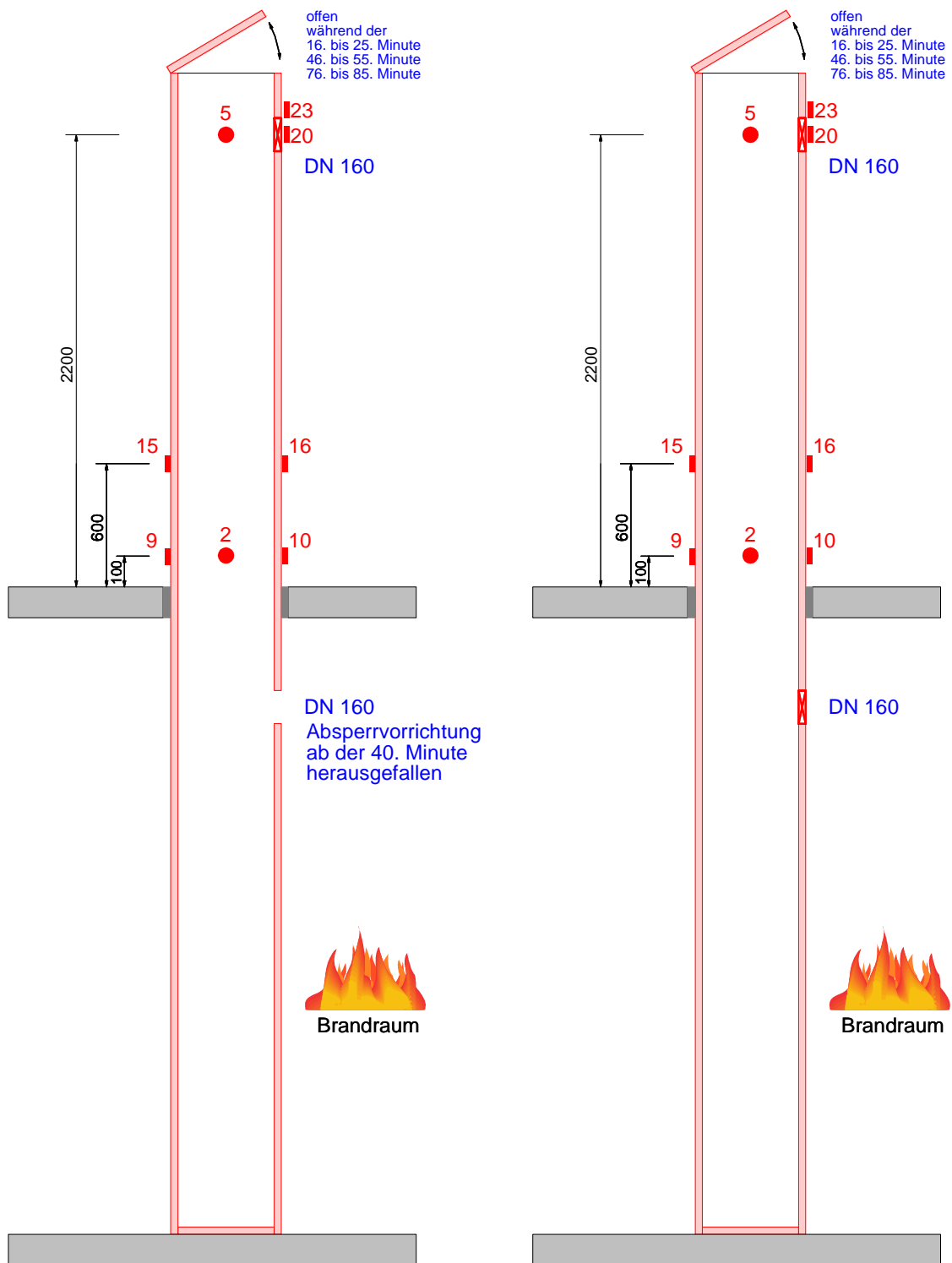
Abbildung 102 und die Messstellen MS13, MS14, MS17 und MS18 bei Abbildung 103 und Abbildung 104 sind nicht zu berücksichtigen.

Diese Messstellen zeigen den Wärmedurchgang durch die Wand der Lüftungsleitung; sie geben nicht den massiven Temperaturanstieg nach Herabfallen der Absperrvorrichtung und Öffnen der Verschlussklappe wieder.

Entsprechend Abbildung 99 ist der eintretende Kühleffekt mit Öffnen der Verschlussklappe zu beobachten. Entsprechend Abbildung 100 ist der gegenteilige Effekt durch die freie Abströmung festzustellen.

Während der 90 Minuten Versuchsdauer wird Wasserdampf aus den Brandschutzbauplatten ausgetrieben, so dass der Temperaturverlauf dem üblichen Verlauf bis zur Wasserhaltelinie – die hier nicht erreicht wird - entspricht.

Die Oberflächentemperaturen analog Abbildung 102 und Abbildung 104 befinden sich unterhalb der maximal zulässigen Grenzwerte, so dass das Herausfallen der Absperrvorrichtung sich an diesen Messstellen nicht kritisch auswirkte; lediglich aufgrund der Messstellen (MS20 und MS23) an der Absperrvorrichtung im Obergeschoss traten unzulässige Temperaturen, die zu einer negativen Beurteilung führen müssen, auf.



Schacht mit BSK im Brandraum entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig (Brandversuch Nr. 5)

Schacht ohne BSK im Brandraum entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig (Brandversuch Nr. 6)

Abbildung 98: Vergleich BauPrGr zweigeschossig – mit und ohne Absperrvorrichtung

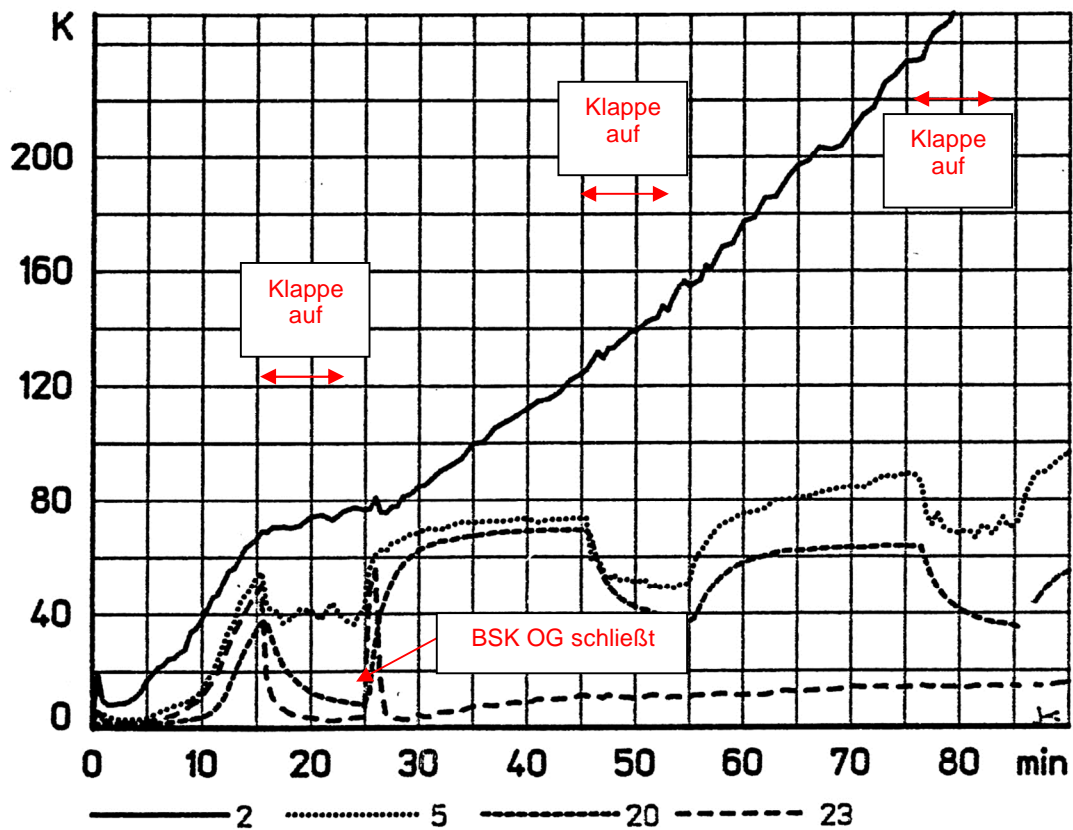


Abbildung 99: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Luft- und Oberflächentemperaturen

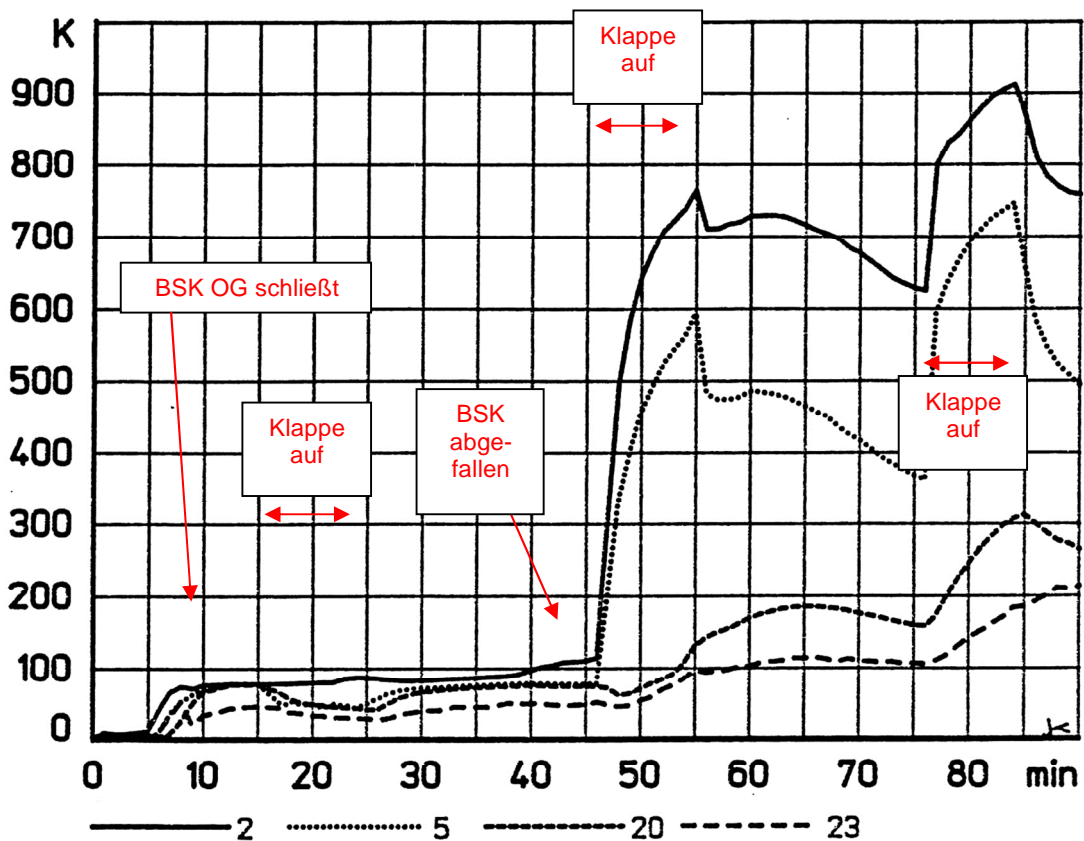


Abbildung 100: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig ohne BSK – Lufttemperaturen

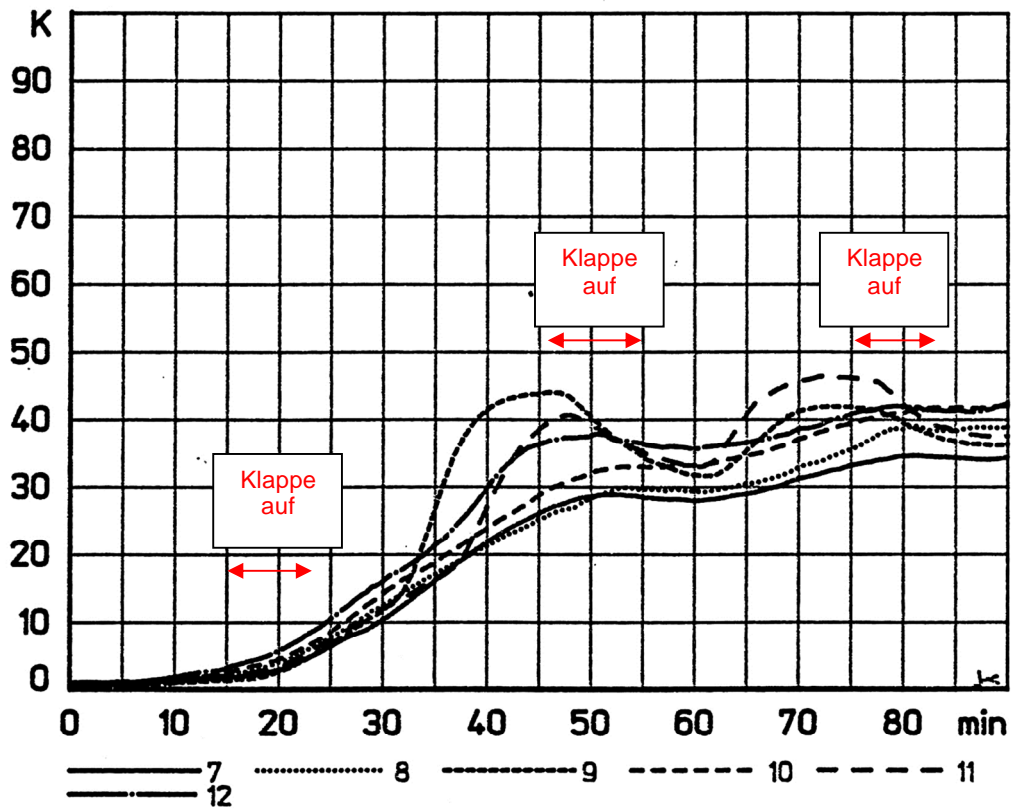


Abbildung 101: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen 100 mm

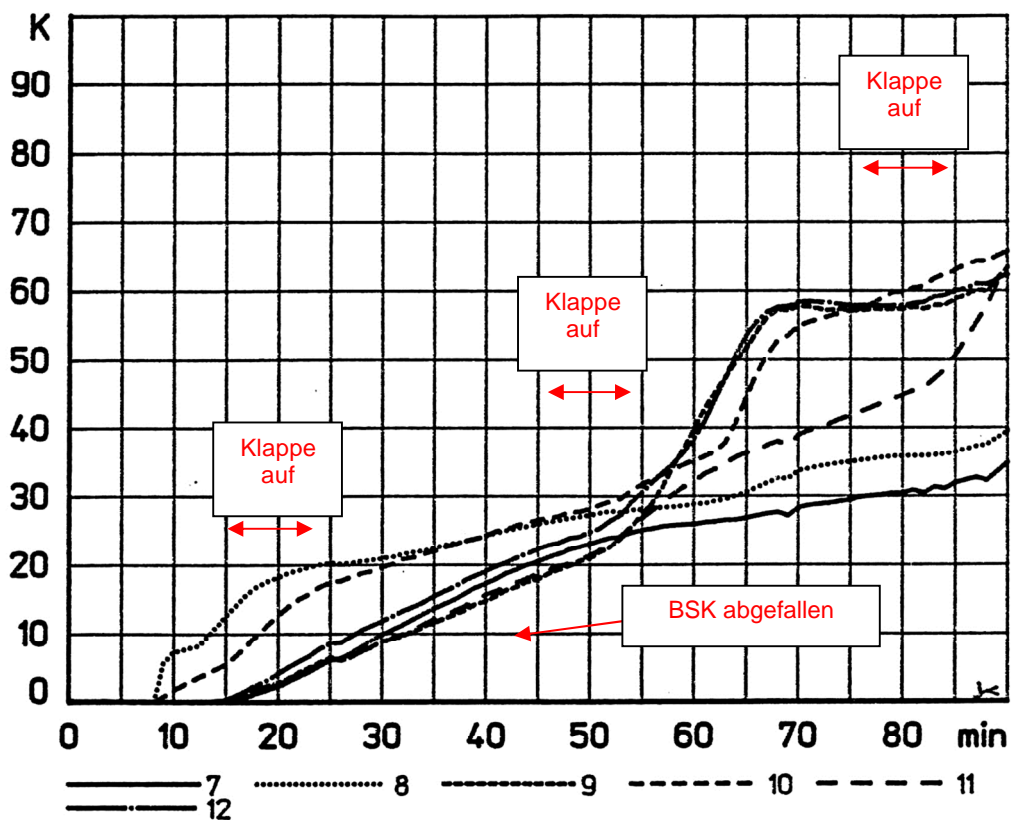


Abbildung 102: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig ohne BSK – Oberflächentemperaturen 100 mm



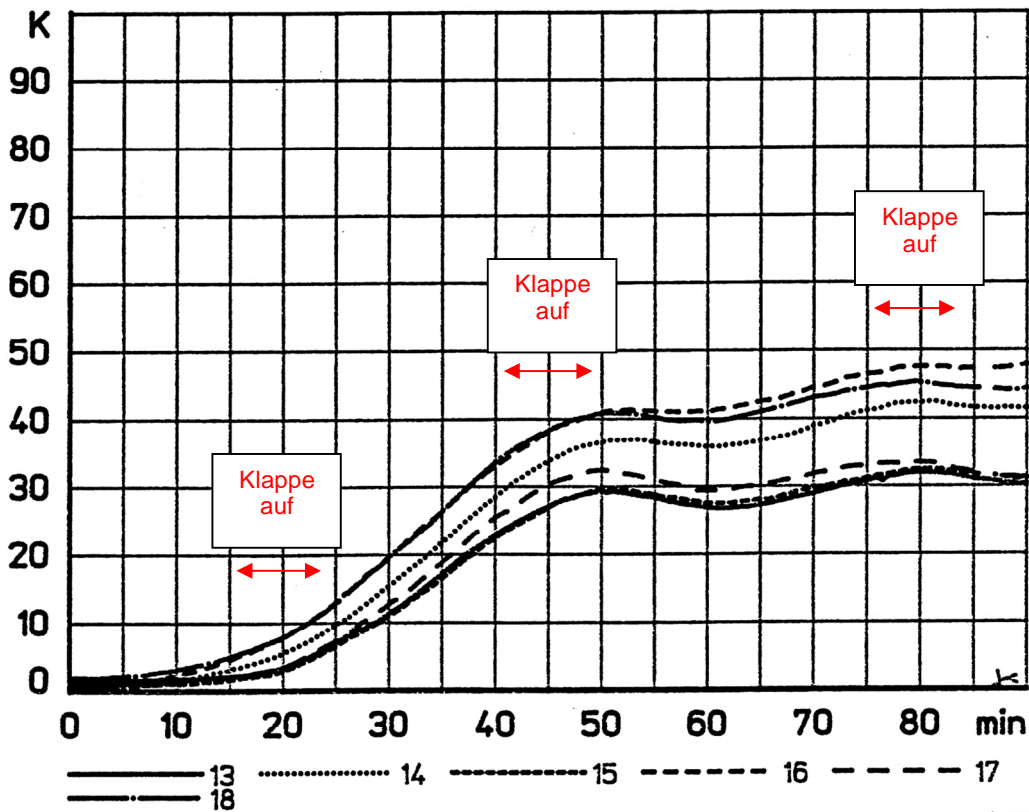


Abbildung 103: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen 600 mm

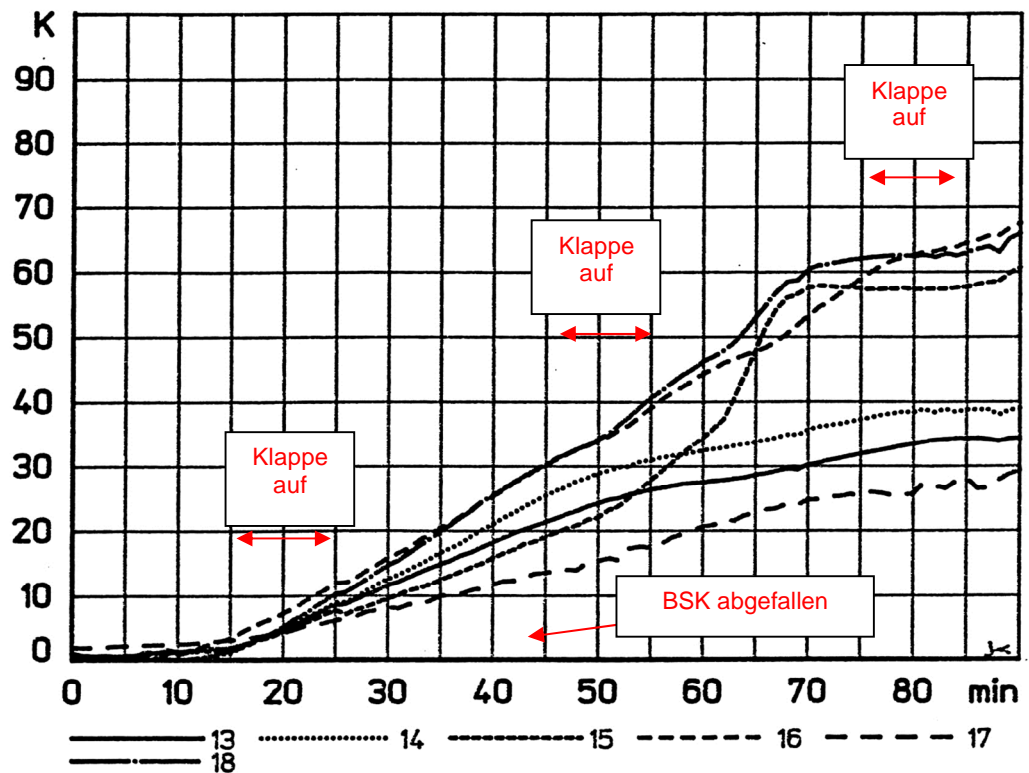


Abbildung 104: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig ohne BSK – Oberflächentemperaturen 600 mm

### **7.3.2 Vergleich Absperrvorrichtung in L90-Lüftungsleitung nach BauPrGr und ZulaRi zweigeschossig (Brandversuch Nr. 6 und Nr. 7)**

Die Abbildung 105 zeigt den Versuchsaufbau mit einer Absperrvorrichtung (DN160) im Brandraum (Abbildung links) nach den BauPrGr [16] und mit zwei Absperrvorrichtungen (jeweils DN175) im Brandraum (Abbildung rechts) nach den ZulaRi [32]. Beide Versuche sind zweigeschossig.

Aufgrund der unterschiedlichen Versuchsdurchführung und Ausführung sind die Ergebnisse nicht direkt miteinander vergleichbar. Ziel ist jedoch, die Unterschiede der Versuchsdurchführungen darzustellen und zu analysieren.

Die feuerbeständigen L90 Lüftungsleitungen unterscheiden sich in der Ausführung; es sind jedoch beide über einen Verwendbarkeitsnachweis geregelt. Die Absperrvorrichtungen unterscheiden sich in der Anzahl, Größe und Bauart.

Die Auswirkung der Versuchsdurchführung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung und an der Absperrvorrichtung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Oberflächentemperaturen an der Absperrvorrichtung im Obergeschoss bewertet.

Die Lufttemperaturmessstellen im Obergeschoss sind in den beiden Versuchen in unterschiedlichen Höhen angeordnet; diese Höhendifferenz bewirkt einen Temperaturunterschied; hierauf wird nicht weiter eingegangen.

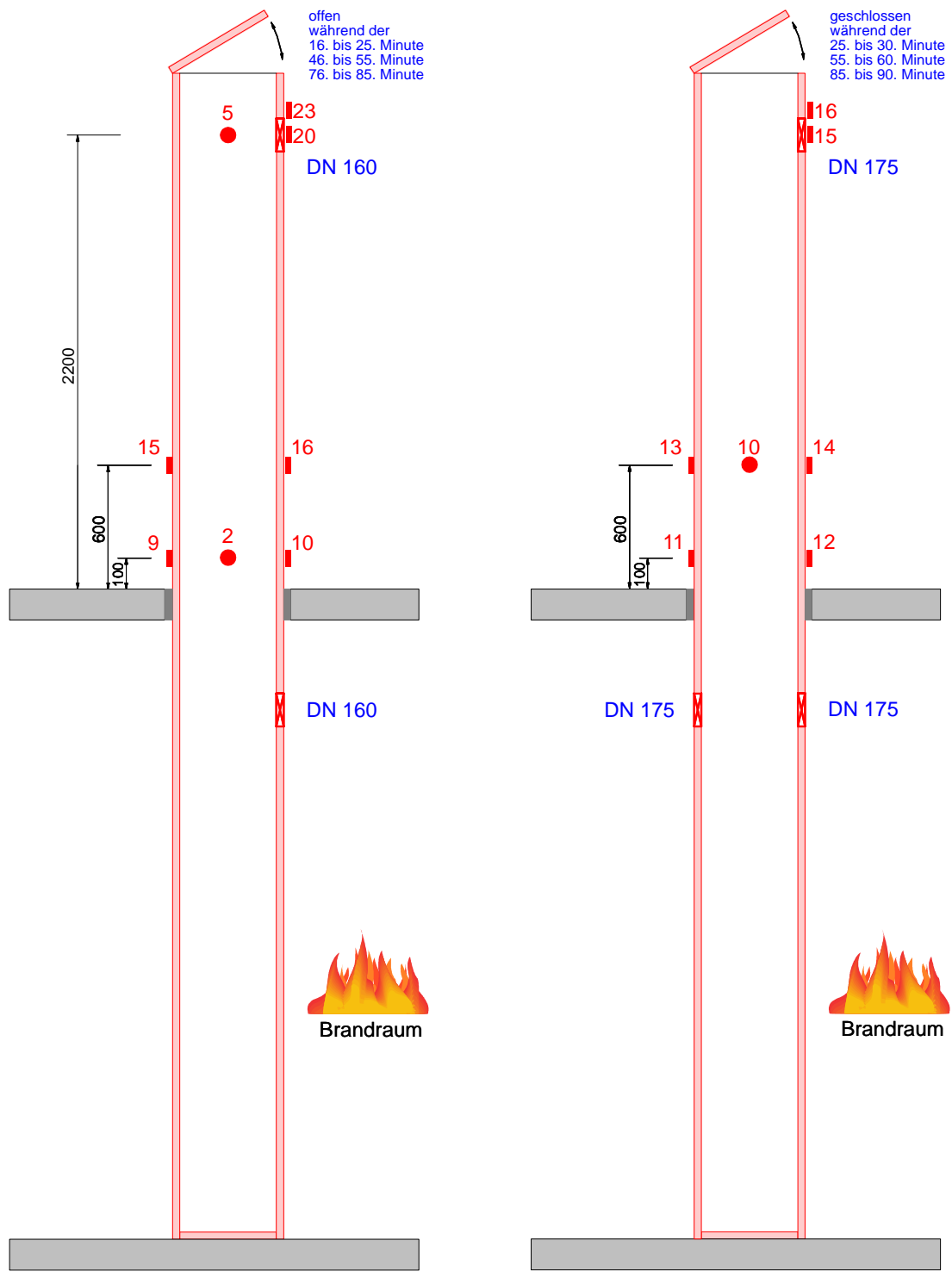
Der Versuch nach BauPrGr entspricht Punkt 7.3.

Der Vergleich der Abbildung 106 und Abbildung 107 zeigt die Lufttemperaturen oberhalb des Brandraums in der feuerbeständigen Lüftungsleitung. Es ist festzustellen, dass das Öffnen oder Schließen der oberen Verschlussklappe kaum Einfluss auf die Lufttemperaturen über dem Brandraum nimmt; es findet keine Strömung statt. Die Lufttemperaturen bei dem Versuch nach ZulaRi sind erwartungsgemäß höher, aufgrund der größeren Fläche der Absperrvorrichtungen (2 x DN175 gegenüber 1 x DN160) und den damit verbundenen Wärmedurchgang durch die Absperrvorrichtungen.

Das Temperaturverhalten der Luftmessstelle bei der Absperrvorrichtung im OG entsprechend Abbildung 106 ist in Punkt 7.3 beschrieben; diese Temperatur fällt ab mit Öffnen der Verschlussklappe durch das Nachströmen von Umgebungsluft von außen nach innen in den Schacht. Die Temperatur der Luftmessstelle bei der Absperrvorrichtung im OG entsprechend Abbildung 107 steigt mit Schließen der Verschlussklappe; Brandgas strömt durch die Absperrvorrichtung von innen nach außen; die Absperrvorrichtung ist offen; die Temperatur des Brandgases ist zu niedrig um ein Schließen der Absperrvorrichtung zu bewirken.

Die Temperaturen auf der Oberfläche der Lüftungsleitung bei 100 mm und 600 mm entsprechend Abbildung 108, Abbildung 109, Abbildung 110 und Abbildung 111 steigen kontinuierlich an; der Temperaturdurchgang durch die Brandschutzbauplatte der Lüftungsleitung ist zu träge als dass das Schließen oder Öffnen der Verschlussklappe einen Einfluss auf die Temperaturen nimmt.

Die Messstellen MS7, MS8, MS11 und MS12 bei Abbildung 108 und die Messstellen MS13, MS14, MS17 und MS18 bei Abbildung 110 sind nicht zu berücksichtigen (diese sind für den Vergleich irrelevant und in der Abbildung 105 nicht dargestellt).



Schacht mit BSK im Brandraum  
entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig  
(Brandversuch Nr. 6)

Schacht mit 2 BSK im Brandraum  
entsprechend ZulaRi [32]; zweigeschossig  
(Brandversuch Nr. 7)

Abbildung 105: Vergleich BauPrGr mit ZulaRi zweigeschossig

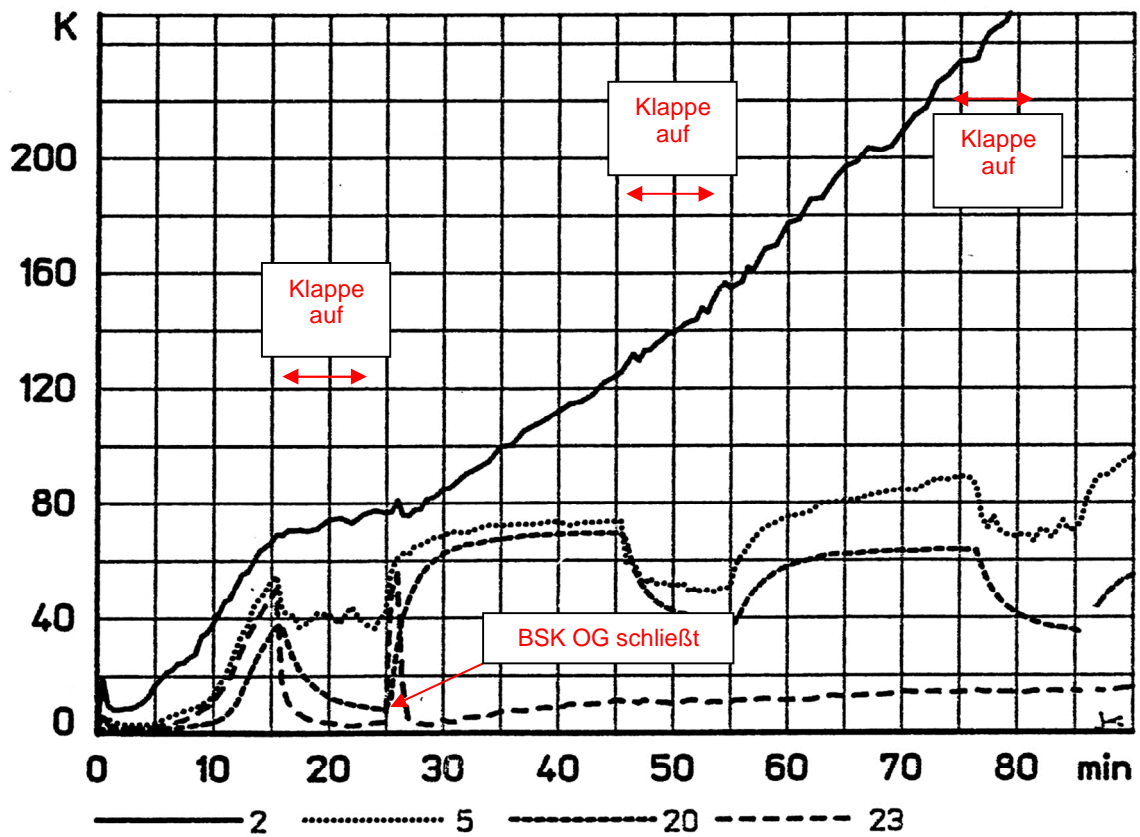


Abbildung 106: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Luft- und BSK OG

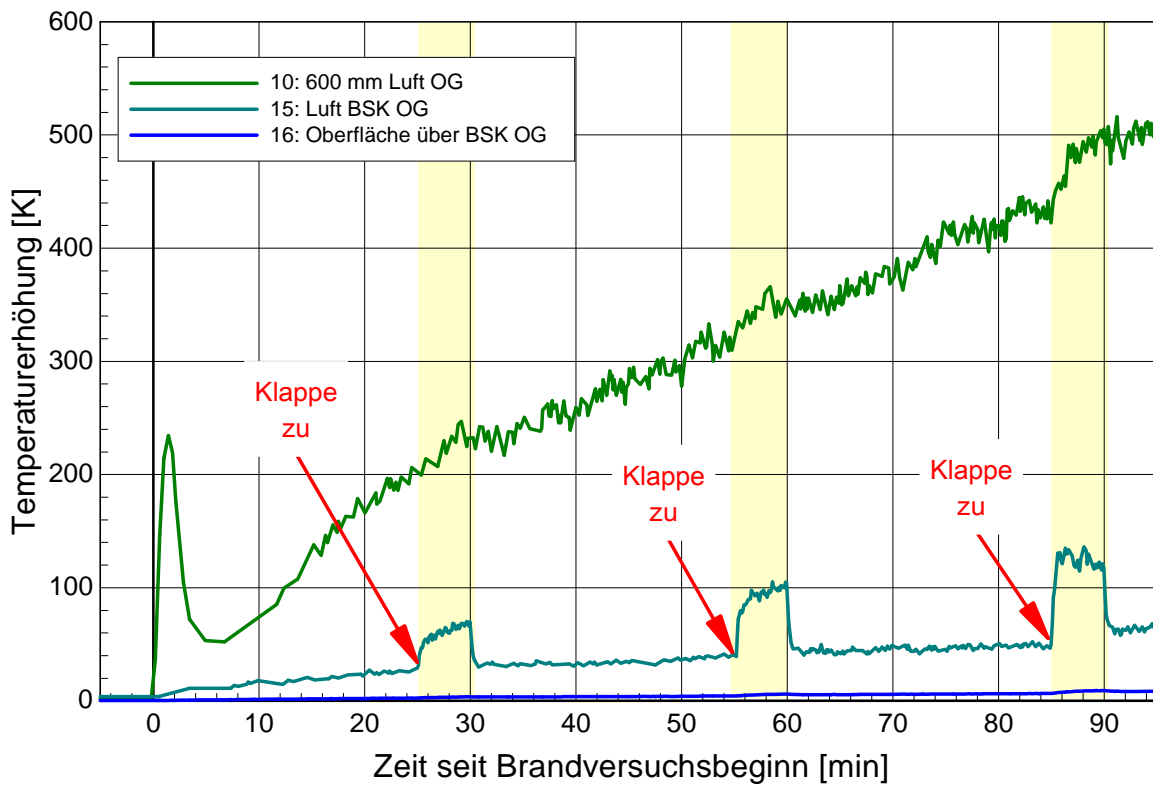


Abbildung 107: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 2-geschossig mit zwei BSK – Luft- und BSK OG

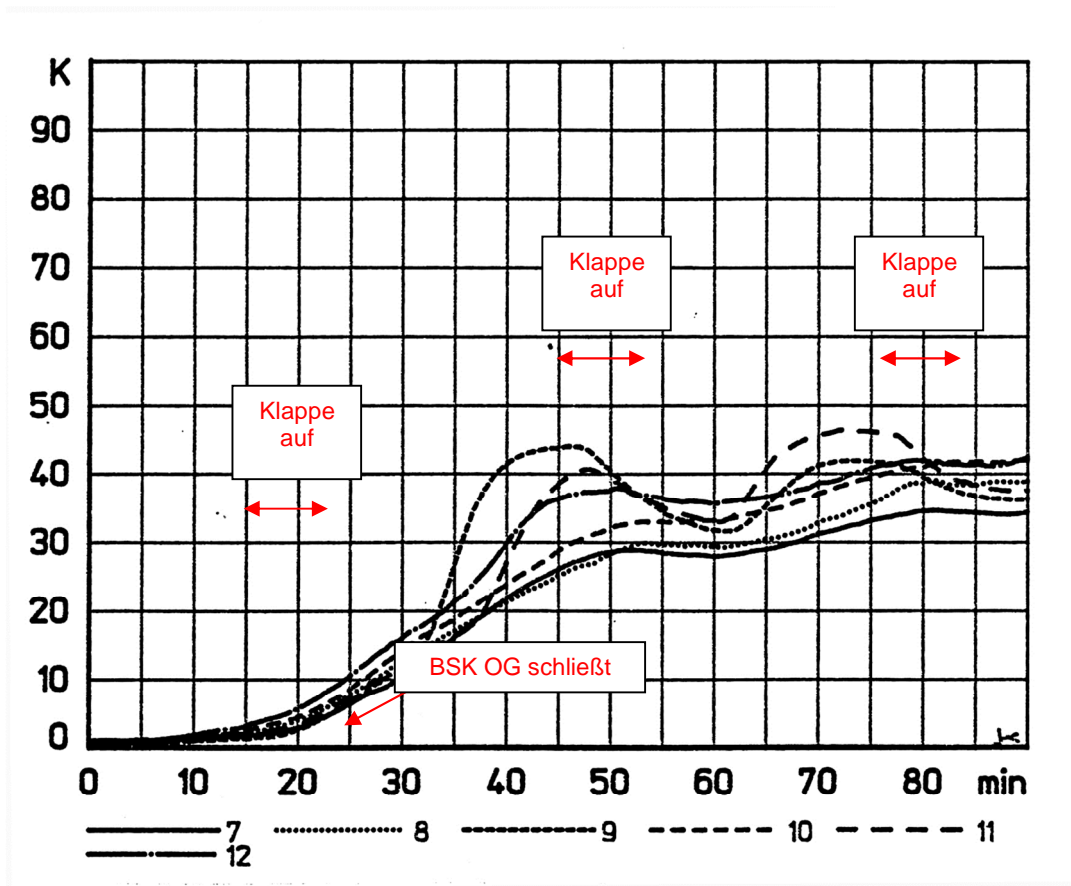


Abbildung 108: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm

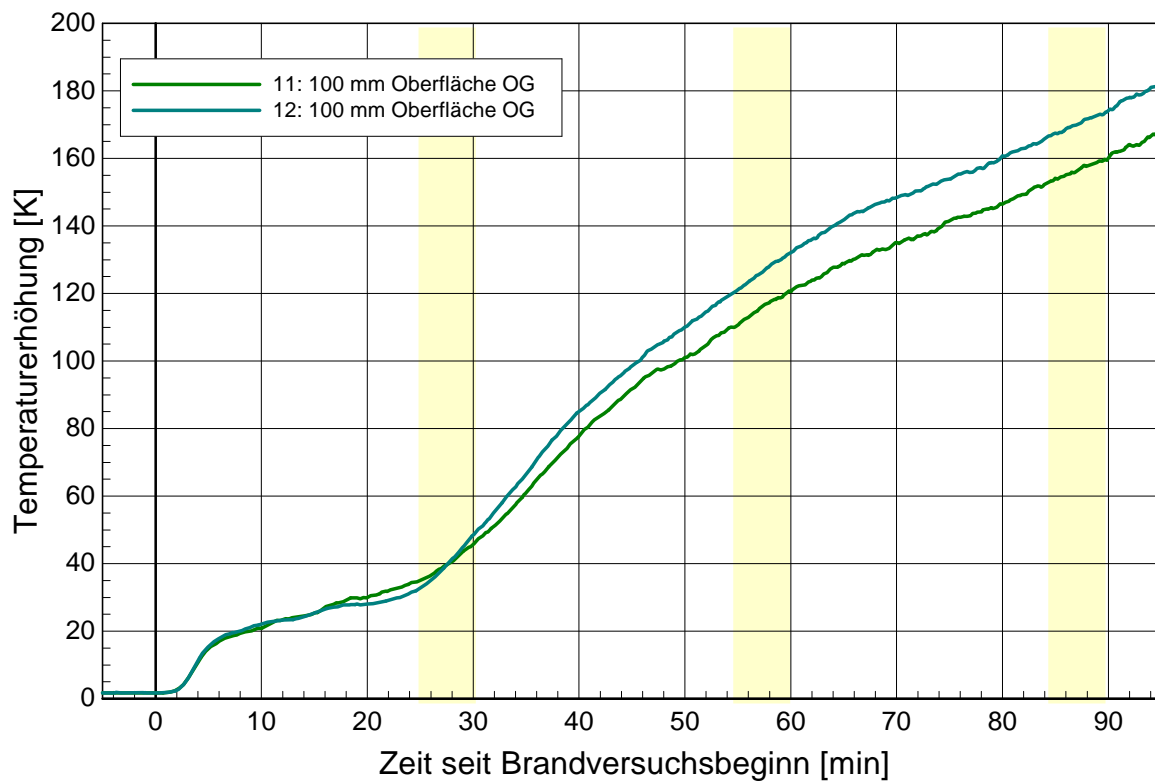


Abbildung 109: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 2-geschossig mit zwei BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm

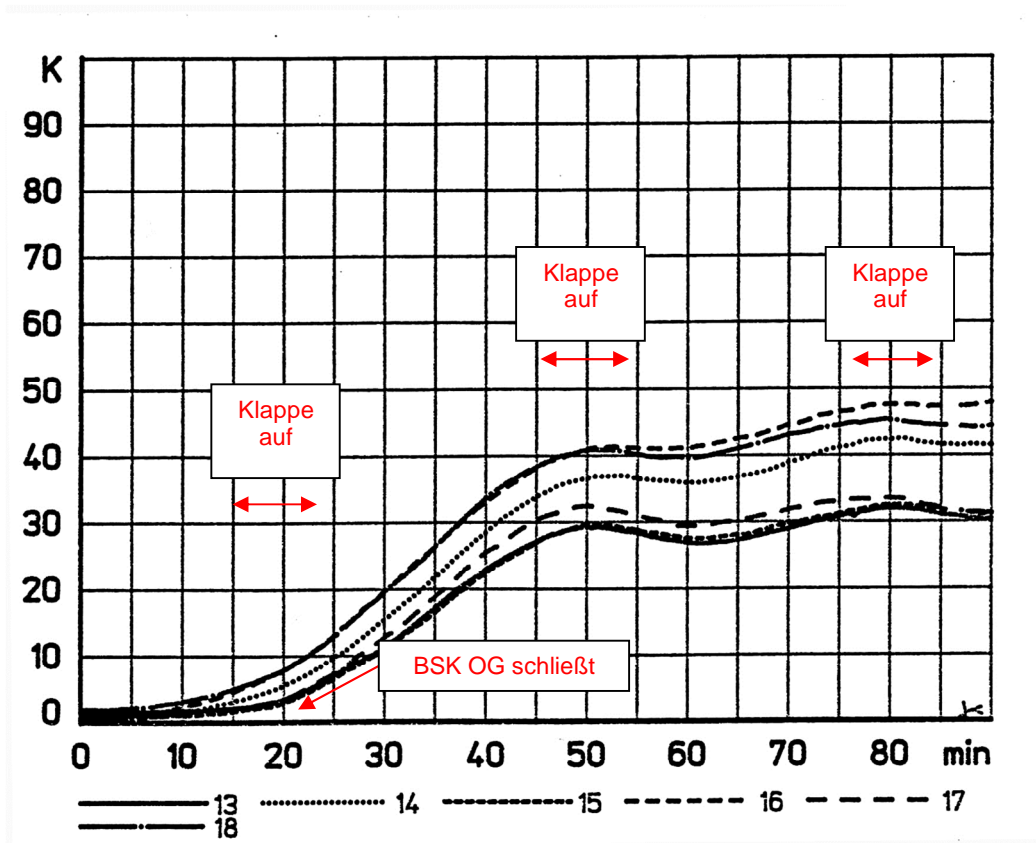


Abbildung 110: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm

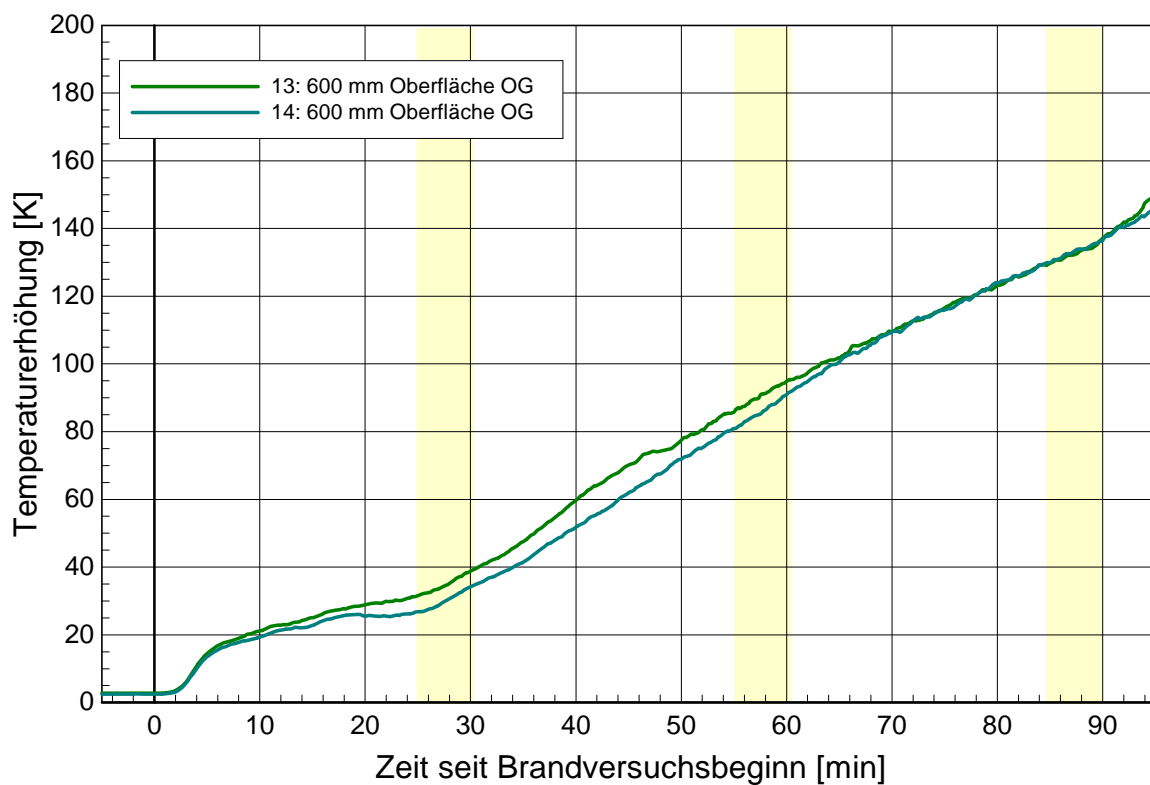


Abbildung 111: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 2-geschossig mit zwei BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 160 mm

### **7.3.3 Vergleich Absperrvorrichtung in L90-Lüftungsleitung nach ZulaRi zweigeschossig mit dreigeschossig (Brandversuch Nr. 7)**

Die Abbildung 115 zeigt den Versuchsaufbau mit zwei Absperrvorrichtungen (DN175) im Brandraum (Abbildung links) nach den ZulaRi [32] mit zweigeschossigem Versuchsaufbau und mit zwei Absperrvorrichtungen (jeweils DN175) im Brandraum (Abbildung rechts) nach den ZulaRi [32] mit dreigeschossigem Versuchsaufbau [33].

Aufgrund der der identischen Ausführung, Größe, Anzahl und Bauart sind die Ergebnisse direkt miteinander vergleichbar. Es werden die Auswirkungen des unterschiedlichen Versuchsaufbaus zwischen zwei- und dreigeschossig dargestellt und analysiert.

Die feuerbeständigen L90 Lüftungsleitungen sind in der Ausführung identisch; die Absperrvorrichtungen sind in der Anzahl, Größe und Bauart identisch.

Die Auswirkungen werden anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Oberflächentemperaturen an der Absperrvorrichtung im Obergeschoss bewertet; zusätzlich erfolgt in dem dreigeschossigen Versuchsaufbau eine Druckmessung im Schacht in Höhe der Absperrvorrichtungen im Brandraum.

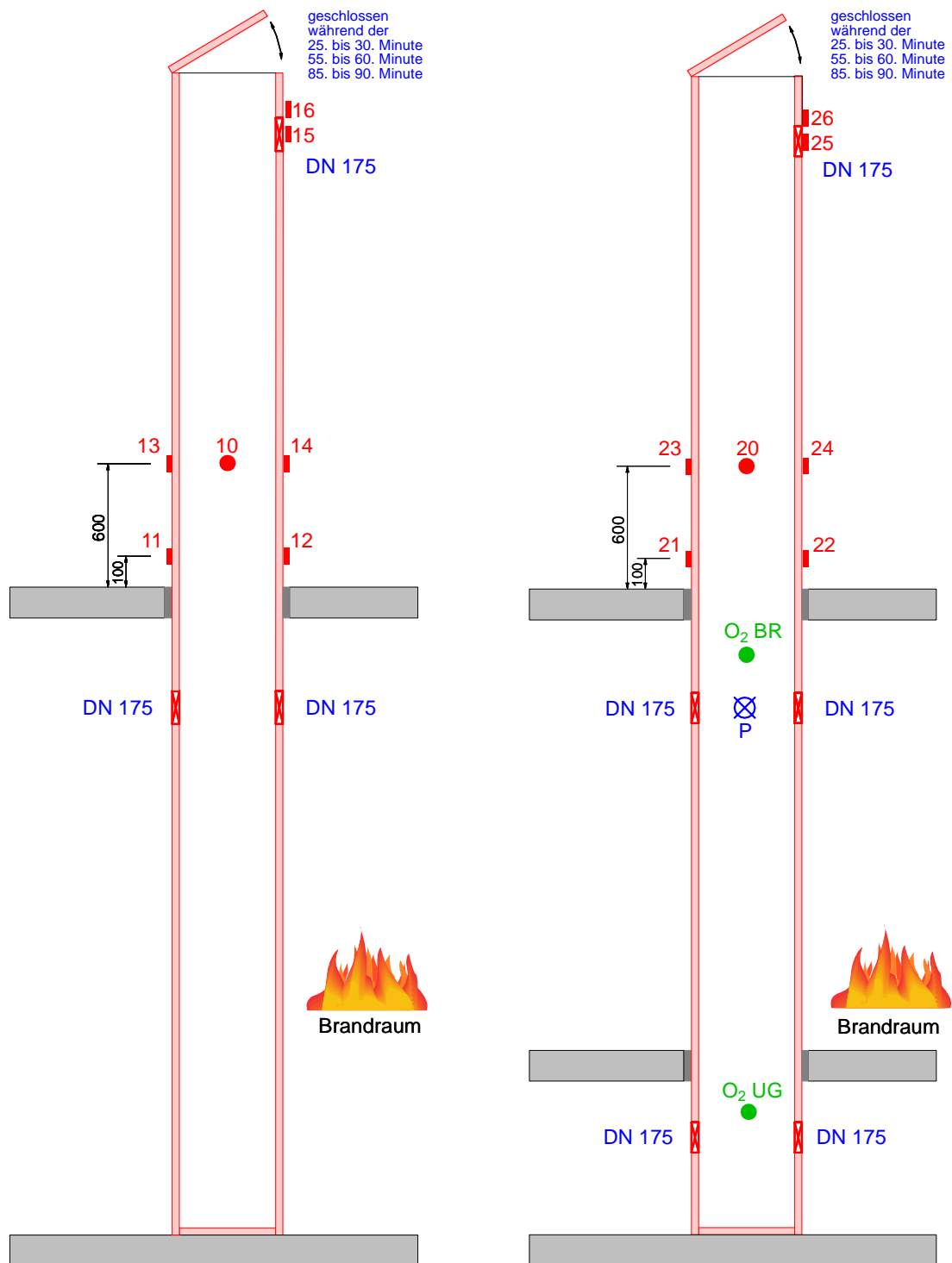
Der Versuch nach ZulaRi zweigeschossig entspricht Punkt 7.3.2.

Bei beiden Versuchsaufbauten lösten die Absperrvorrichtungen im Brandraum in der ersten Minute (Temperaturausschlag der Lufttemperaturen) aus. Die Absperrvorrichtungen im Obergeschoss lösten bei beiden Versuchen nicht aus.

Die Abbildung 113 zeigt die Entwicklung der Lufttemperatur innerhalb des Schachtes beider Versuchsaufbauten. Bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau macht sich das Schließen der oberen Verschlussklappe nicht bemerkbar; das System ist geschlossen, es kann keine Luft aus dem Brandraum über die geschlossene Absperrvorrichtung abströmen. Die Lufttemperatur im zweigeschossigen Versuchsaufbau ist höher, da in dem dreigeschossigen Versuch kühle Luft aus dem Untergeschoss nachströmt.

Bei dem dreigeschossigen Versuch bewirkt das Schließen der Verschlussklappe jeweils einen starken Temperaturanstieg; zur Verdeutlichung des Strömungsverhältnisses ist in dieser Abbildung der Druck innerhalb des Schachtes dargestellt. Luft strömt aus dem Untergeschoss nach, so dass in der Hauptleitung aufgrund des thermischen Auftriebs eine ständige Strömung stattfindet; in der Leitung herrscht ein Unterdruck. Mit Schließen der Verschlussklappe wird die freie Abströmung nach oben unterbunden, jedoch kann die Luft über die Absperrvorrichtung im Obergeschoss entweichen; aufgrund der Luftumlenkung und des geringeren Querschnitts entsteht in der Leitung ein Überdruck; die Strömungsgeschwindigkeit wird reduziert, was an dem Temperaturanstieg festzustellen ist; aufgrund der geringeren Strömung strömt aus dem UG weniger kühle Luft nach und eine stärkere Wärmeübertragung findet im Brandraum statt.

An den Oberflächentemperaturen entsprechend Abbildung 114 sind die unterschiedlichen Lufttemperaturen nachvollziehbar; Die Oberflächentemperaturen des zweigeschossigen Versuchs sind höher. Die Verschlusszeiten der Klappe sind an diesen Temperaturen aufgrund des trägen Temperaturdurchgangs nicht abzulesen. Beide Messfühler bei 100 mm und ein Messfühler bei 600 mm bei dem dreigeschossigen Versuch ausgefallen. Alle Oberflächentemperaturen sind geringer als der maximal zulässige Grenzwert, wobei sich die Temperaturen bei dem zweigeschossigen Versuch dem Grenzwert von 180 K nach 90 Minuten sehr annähern.



Schacht mit 2 BSK im Brandraum entsprechend ZulaRi [32]; zweigeschossig (Brandversuch Nr. 7)

Schacht mit 2 BSK im Brandraum entsprechend ZulaRi [32]; dreigeschossig [33] (Brandversuch Nr. 7)

Abbildung 112: Vergleich ZulaRi zweigeschossig mit dreigeschossig



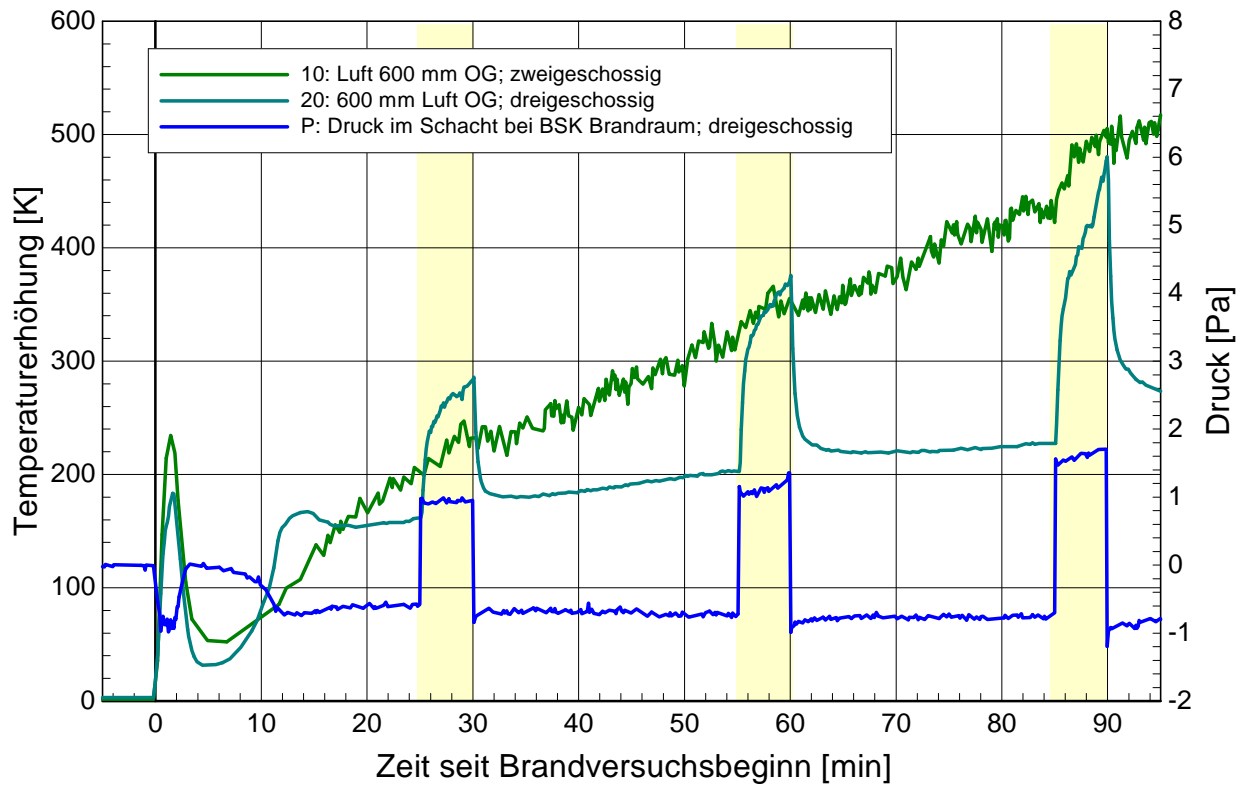


Abbildung 113: Versuchsaufbau nach ZulaRi – Lufttemperaturen zwei- und dreigeschossig

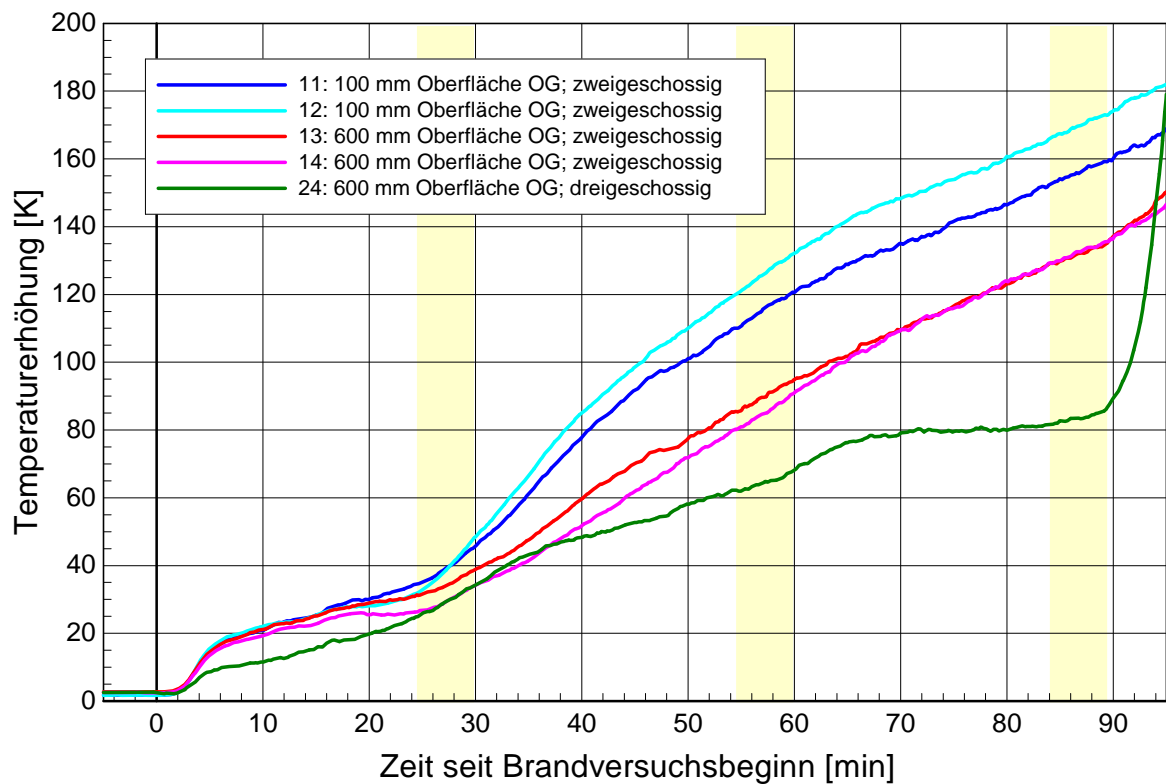


Abbildung 114: Versuchsaufbau nach ZulaRi; Oberflächentemperaturen zwei- und dreigeschossig<sup>15</sup>

<sup>15</sup> MS 21 bis MS 23 sind ausgefallen

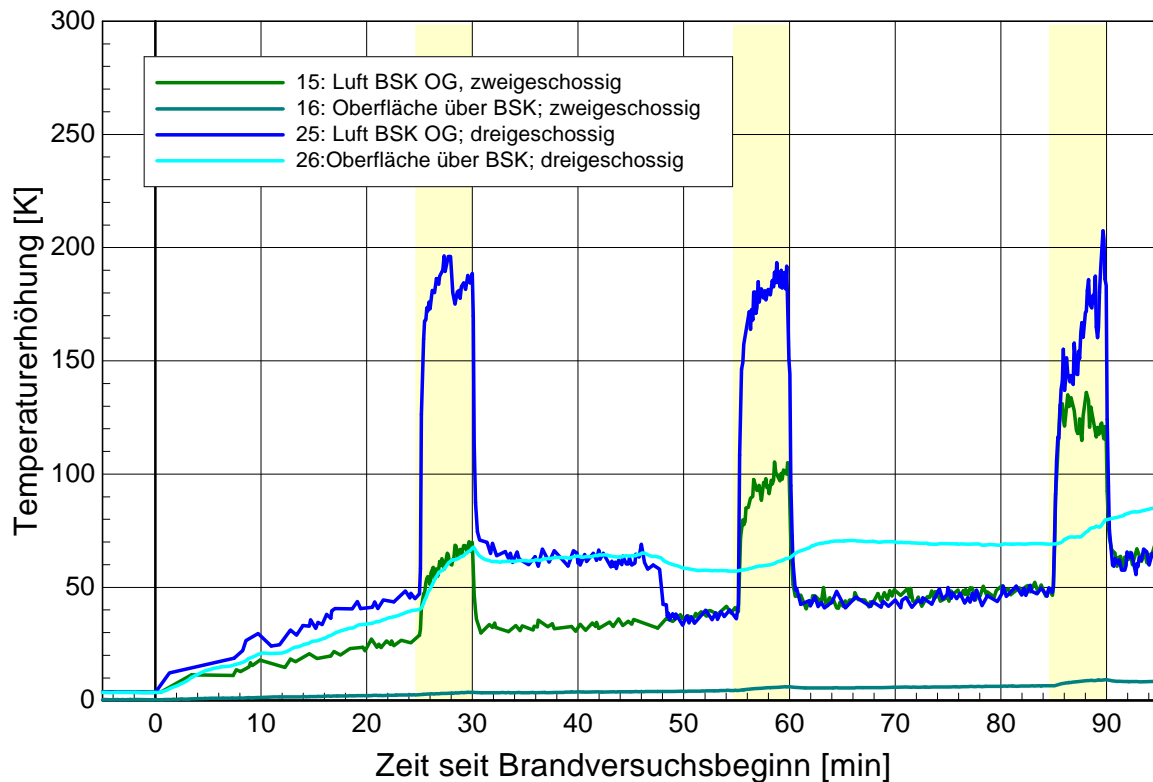


Abbildung 115: Versuchsaufbau nach ZulaRi; Luft- und Oberflächentemperaturen zwei- und dreigeschossig

Die Lufttemperaturen entsprechend Abbildung 115 zeigen den Durchgang der Luft durch die Absperrvorrichtungen bei geschlossener Verschlussklappe; hier ist die höhere Lufttemperatur bei dem dreigeschossigen Versuch – wie vor beschrieben – zu erkennen; ebenfalls ist die Oberflächentemperatur oberhalb der Absperrvorrichtung bei dem dreigeschossigen Versuch höher; dies resultiert aus der ständigen Durchströmung der Hauptleitung, während im Gegensatz bei dem zweigeschossigen Versuch aufgrund des geschlossenen Systems kaum eine Strömung stattfindet. Aufgrund des höheren Massenstroms werden die Brandgastemperaturen weiter in das System getragen, weshalb bei dem dreigeschossigen Versuch die vom Brandraum entfernten Temperaturen höher sind als bei dem zweigeschossigen Versuchsaufbau; hier besteht der Massestrom lediglich aus den Leckagen durch die Absperrvorrichtungen im Brandraum und eventuelle Leckagen durch die L90 Lüftungsleitung.

Die Abbildung 116 zeigt Sauerstoffmessungen des dreigeschossigen Versuchsaufbaus bis zur 35. Minute; verglichen wird die Sauerstoffkonzentration im Untergeschoss oberhalb der Absperrvorrichtungen mit der Sauerstoffkonzentration im Brandraum oberhalb der Absperrvorrichtungen jeweils in der Lüftungsleitung. Anhand der Sauerstoffmessungen lassen sich Leckagen des Systems feststellen und mit weiteren Messungen auch bestimmen. Dieses Verfahren wird z.B. bei Entrauchungsleitungen angewandt. Die Sauerstoffkonzentration in der Umgebungsluft beträgt ca. 21%; im Brandraum ist diese Konzentration geringer. Vor Versuchsstart beträgt die Sauerstoffkonzentration an beiden Messpunkten den gleichen Wert mit ca. 21%; mit Versuchsstart fällt dieser Wert im Brandraum bis zum Schließen der Absperrvorrichtungen (Minute 2) stark ab, dies bedeutet, dass Brandgas aus dem Brandraum in die Lüftungsleitung eindringt; nach dem Schließen der Absperrvorrichtungen reduziert sich die Brandgasmenge. Bis zur ca. zwölften Minute sind die Druckverhältnisse im Brandraum eingeregelt und die Sauerstoffkonzentration pendelt sich bei ca. 19,6% ein; das Mischungsverhältnis setzt sich aus der aus dem Untergeschoss nachströmenden Luft und Leckagemengen aus dem Brandraum zusammen; die Druckmessung spiegelt das Verhältnis

wieder. Im Untergeschoss reduziert sich die Sauerstoffmenge nur sehr gering aufgrund der entgegengesetzten Strömungsrichtung.

Mit Schließen der oberen Verschlussklappe (25. Bis 30. Minute) ändern sich die Druckverhältnisse von einem Unterdruck in einen Überdruck in der Lüftungsleitung; der Auftrieb bricht ab, es strömt aus dem Untergeschoss keine Umgebungsluft nach und die Sauerstoffkonzentration reduziert sich. Mit Öffnen der Verschlussklappe strömt wieder Umgebungsluft nach und die Sauerstoffkonzentration steigt an. (Anmerkung: Die Sauerstoffmessung reagiert aufgrund des trägeren Messsystems etwas verspätet; die Druckmessung reagiert sofort)

Insgesamt steigt die Sauerstoffkonzentration an dem Messpunkt im Brandraum an aufgrund der fortschreitenden Abdichtung der Absperrvorrichtung durch intumeszierende Materialien.

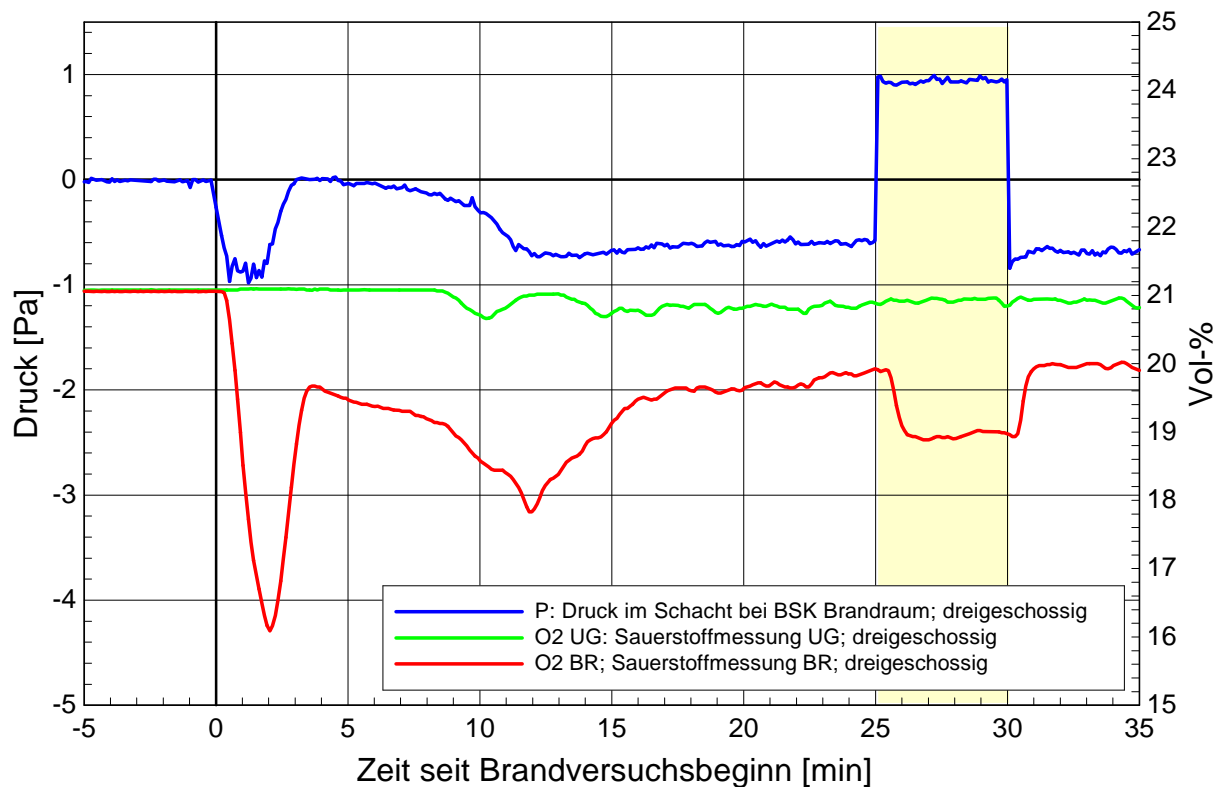


Abbildung 116: Versuchsaufbau nach ZulaRi; Sauerstoff und Druckmessung; dreigeschossig

#### **7.3.4 Vergleich Absperrvorrichtung unterschiedlicher Größe in L90-Lüftungsleitung nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 8)**

Die Abbildung 117 zeigt den Versuchsaufbau mit jeweils zwei Absperrvorrichtungen unterschiedlicher Größe in selbstständigen L90 Lüftungsleitungen nach den ZulaRi [32] mit dreigeschossigem Versuchsaufbau [33].

Die feuerbeständigen L90 Lüftungsleitungen entsprechen der vorgegebenen Ausführung entsprechend den ZulaRi [32]. Die Absperrvorrichtungen unterscheiden sich nur in der Größe. Die Absperrvorrichtungen sind jeweils in und außerhalb der Wandung eingebaut; aufgrund der unterschiedlichen Einbausituation erfolgt ein unterschiedlicher Temperatureintrag in die Lüftungsleitung, der bei diesem Vergleich jedoch nicht berücksichtigt wird.

Aufgrund der gleichen Versuchsdurchführung und Ausführung sind die Ergebnisse direkt miteinander vergleichbar. Dieser Vergleich soll die Auswirkungen der unterschiedlichen Baugröße der Absperrvorrichtungen aufzeigen.

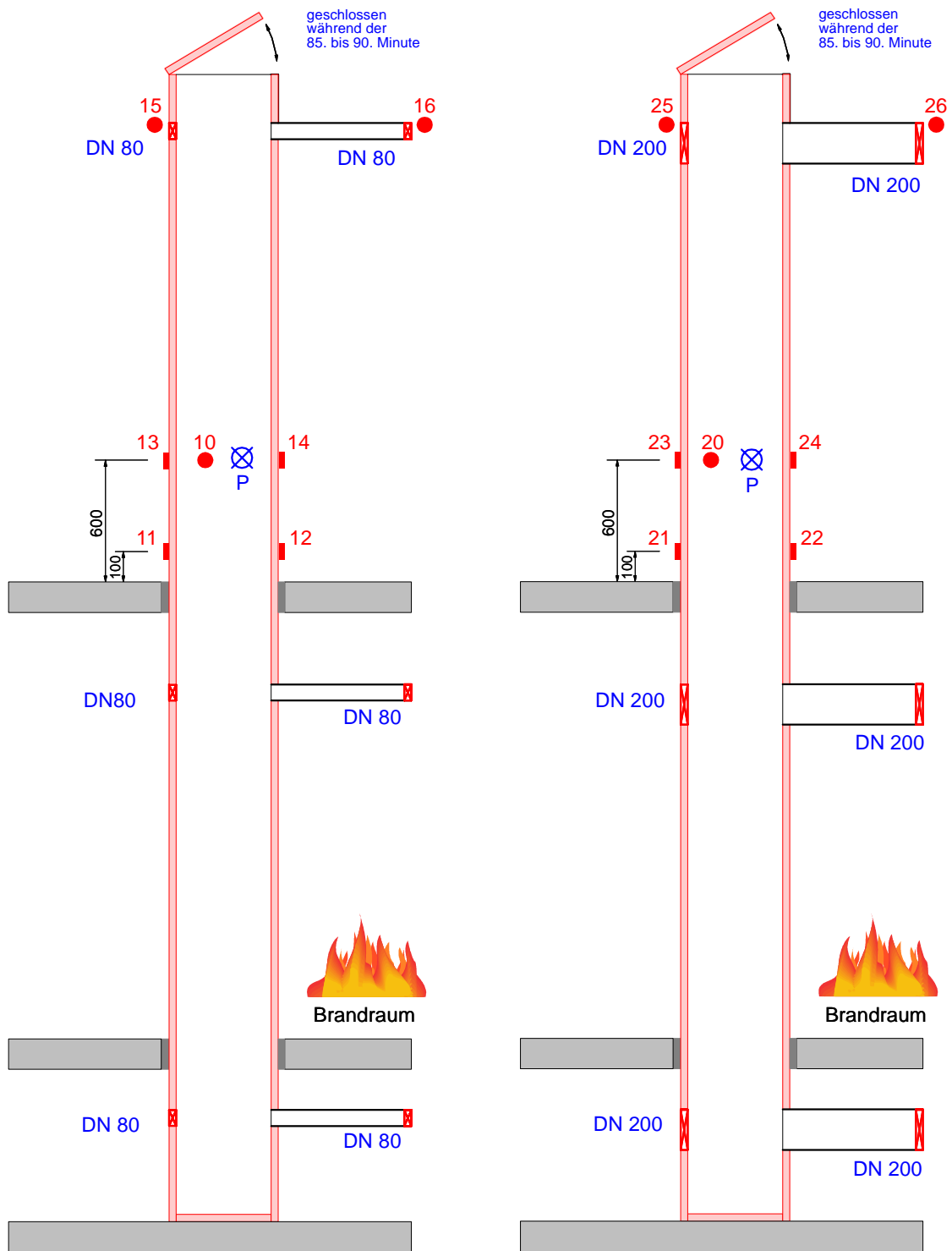
Die Auswirkung der Versuchsdurchführung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Oberflächentemperaturen an den Absperrvorrichtungen im Obergeschoss bewertet.

Die Absperrvorrichtungen im Brandraum lösten bei beiden Versuchen kurz nach Versuchsbeginn aus; die Absperrvorrichtungen im Obergeschoss lösten während der Versuchsdauer von 90 Minuten nicht aus, jedoch nach der 90. Minuten; es schlossen jeweils die Absperrvorrichtungen in der Schachtwand vor den Absperrvorrichtungen außerhalb der Wandung. Alle Absperrvorrichtungen im Untergeschoss lösten nicht aus.

Der Vergleich der Abbildung 118 zeigt die Lufttemperaturen oberhalb des Brandraums in der feuerbeständigen Lüftungsleitung (Schacht) und die Lufttemperaturen an den Absperrvorrichtungen im OG. Der Temperaturanstieg der Lufttemperaturen in der Lüftungsleitung ist erwartungsgemäß bei dem Versuch mit den größeren Absperrvorrichtungen höher, jedoch nähern sich die Temperaturen gegen Versuchsende an; aufgrund der größeren Absperrvorrichtungen im Untergeschoss kann mehr Luft aus dem UG nachströmen; entsprechend Abbildung 121 stellt sich in dieser Leitung ein gering höherer Unterdruck ein, so dass ein größerer Massenstrom fließt. Auch nähern sich die Druckverhältnisse gegen Ende des Versuchs an; hieraus lässt sich folgern, dass der Wärmedurchgang durch die L90 Leitung nach längerer Versuchsdauer den Druck in der Leitung bestimmt; der Wärmedurchgang durch die Absperrvorrichtung (mit aufschäumenden Materialien gut isoliert) ist vernachlässigbar.

Mit Schließen der Verschlussklappe wird der Luftstrom durch die Absperrvorrichtungen im Obergeschoss umgeleitet, was durch dem Temperaturanstieg an diesen Stellen feststellbar ist; der Druck in der Lüftungsleitung steigt aufgrund des größeren Widerstandes an und wandelt sich in einen Überdruck; aufgrund der Durchströmung der Absperrvorrichtungen schließen diese teilweise ab der 85. Minute (die Absperrvorrichtungen in der Schachtwand schlossen früher). Der Überdruck ist bei der Lüftungsleitung mit den kleineren Absperrvorrichtungen höher aufgrund des größeren Widerstandes.

Die Oberflächen entsprechend Abbildung 119 und Abbildung 120 steigen stetig an; die Größe der Absperrvorrichtungen spielt nur eine untergeordnete Rolle; die Temperaturen differieren in einem Bereich von ca. 5 K zwischen den unterschiedlichen Größen.



Schacht mit 2 BSK DN80 entsprechend ZulaRi [32]; dreigeschossig [33] (Brandversuch Nr. 8)

Schacht mit 2 BSK DN200 entsprechend ZulaRi [32]; dreigeschossig [33] (Brandversuch Nr. 8)

Abbildung 117: Vergleich unterschiedliche Größe der BSK; ZulaRi dreigeschossig

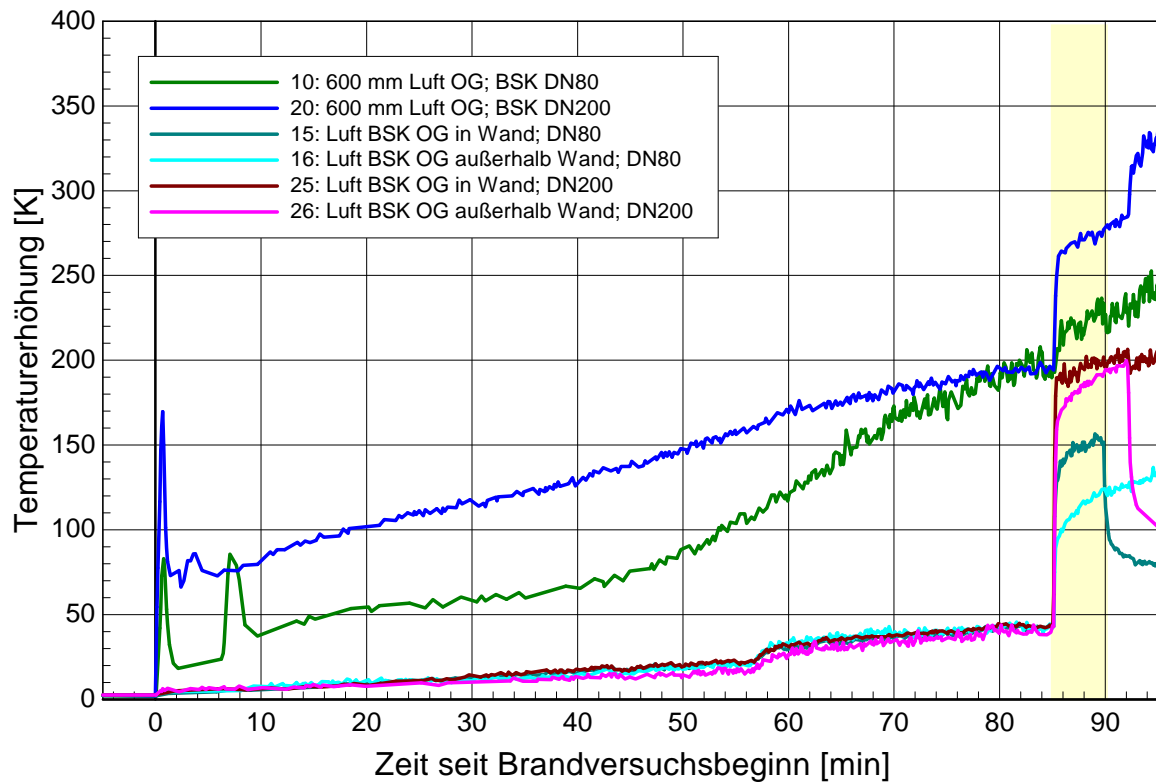


Abbildung 118: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Lufttemperaturen

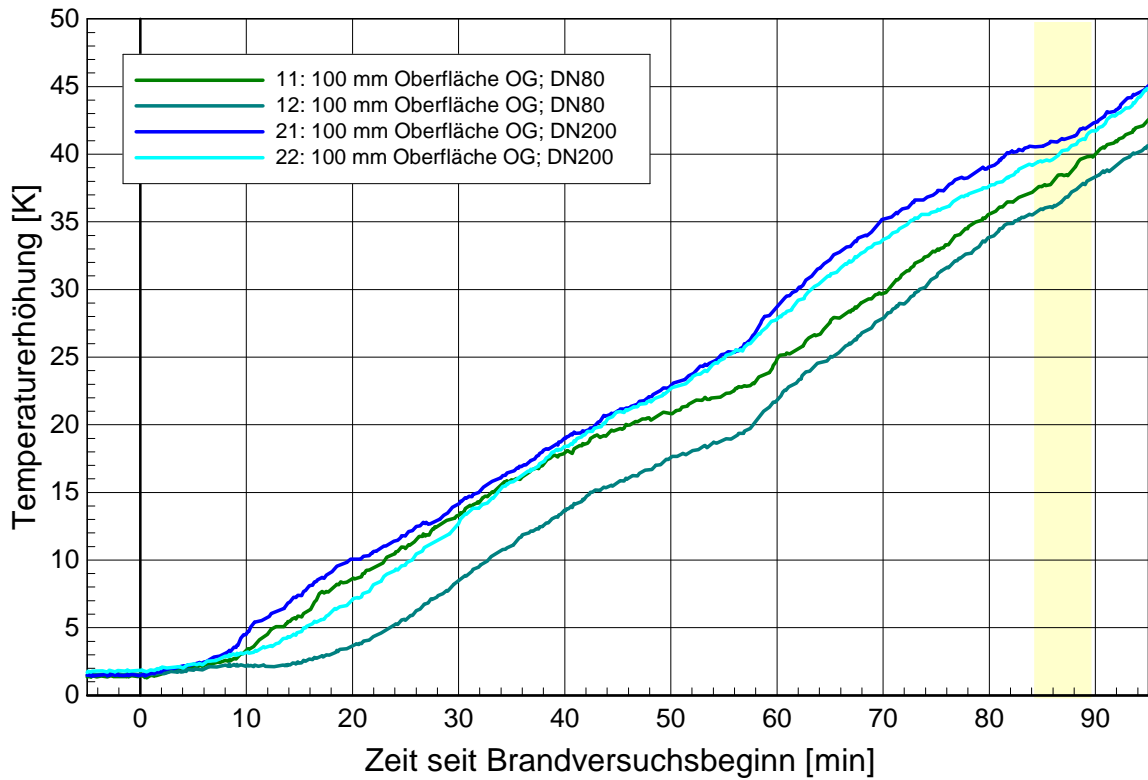


Abbildung 119: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Oberflächentemperaturen 100 mm

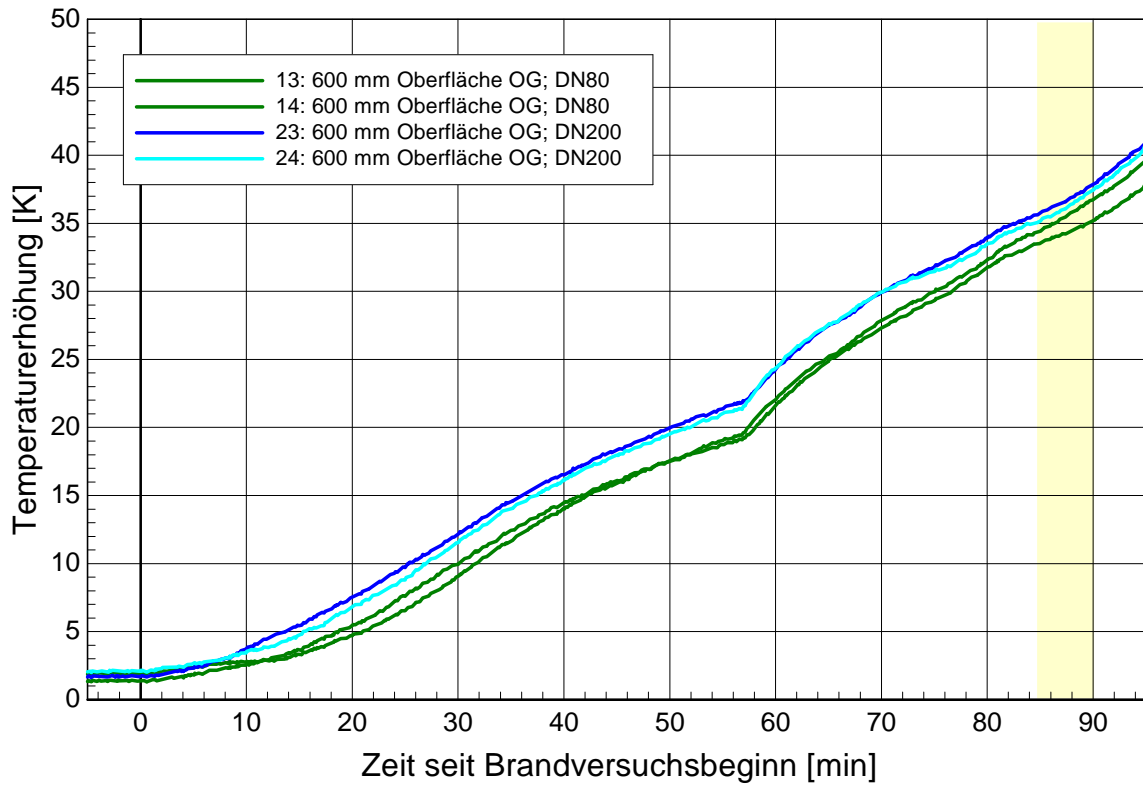


Abbildung 120: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Oberflächentemperaturen 600 mm

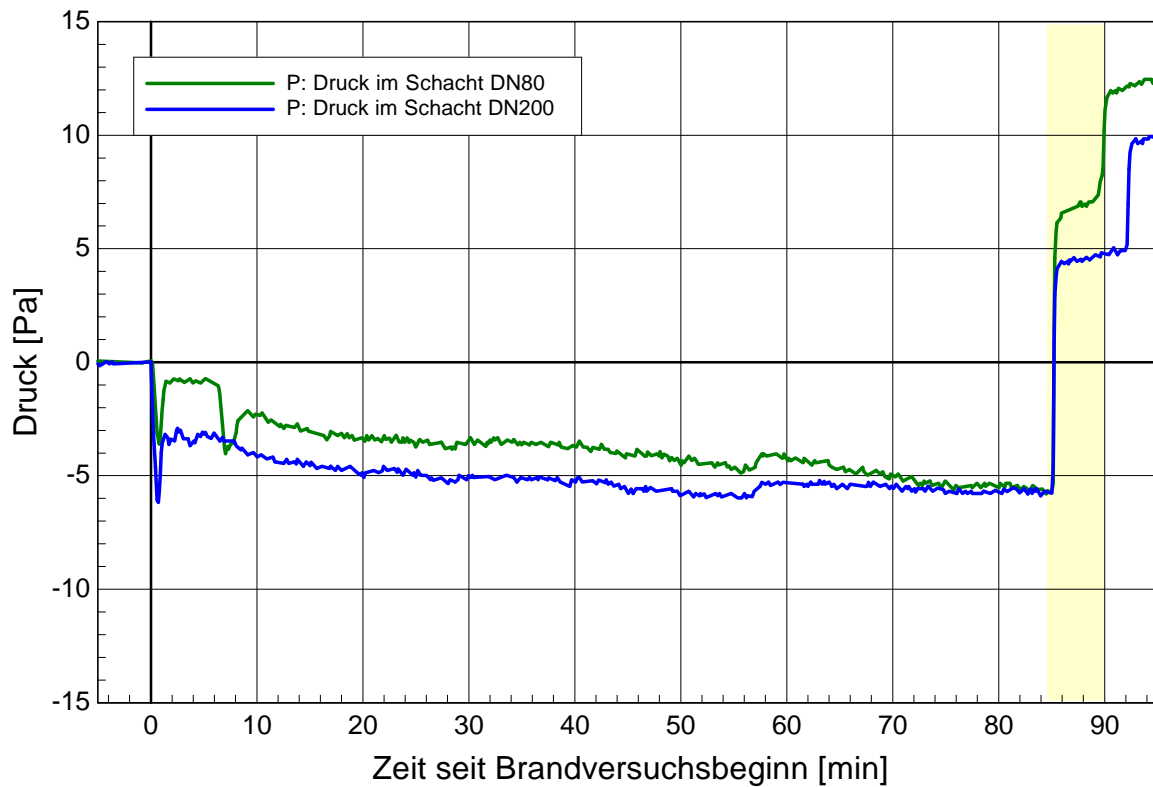


Abbildung 121: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Drücke in der Lüftungsleitung

### **7.3.5 Vergleich L90-Lüftungsleitung selbstständig mit L90 Lüftungsleitung mit innenliegendem Wickelfalzrohr nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 9)**

Die Abbildung 122 zeigt den Versuchsaufbau mit jeweils zwei Absperrvorrichtungen in einer selbstständigen L90 Lüftungsleitung und einer L90 Lüftungsleitung mit innenliegendem Stahl-Wickelfalzrohr nach den ZulaRi [32] mit dreigeschossigem Versuchsaufbau [33].

Die feuerbeständigen L90 Lüftungsleitungen entsprechen den Ausführungen der ZulaRi [32]. Die Absperrvorrichtungen sind in beiden Versuchen gleich; sie sind jeweils in und außerhalb der Wandung eingebaut; in der Geschossdecke ist das innenliegende Wickelfalzrohr eingemörtelt, so dass kein Luftverbund außerhalb der Hauptleitung im Schacht besteht. Aufgrund der unterschiedlichen Einbausituation erfolgt ein unterschiedlicher Temperatureintrag in die Lüftungsleitung, der bei diesem Vergleich jedoch nicht berücksichtigt wird.

Aufgrund der gleichen Versuchsdurchführung mit gleichen Absperrvorrichtungen jedoch unterschiedlicher Lüftungsleitung sind die Ergebnisse direkt miteinander vergleichbar. Dieser Vergleich soll die Auswirkungen der unterschiedlichen L90 Lüftungsleitungen aufzeigen.

Die Auswirkung der Versuchsdurchführung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen der Lüftungsleitung und den Oberflächentemperaturen an den Absperrvorrichtungen im Obergeschoss bewertet. Zusätzlich erfolgten in der selbstständigen Lüftungsleitungen Druck- und Sauerstoffmessungen.

Die Absperrvorrichtungen im Brandraum lösten bei beiden Versuchen innerhalb der ersten Minute nach Versuchsbeginn aus; die Absperrvorrichtungen im Obergeschoss lösten alle nach Schließen der Verschlussklappe ab der ca. 86. Minuten aus. Alle Absperrvorrichtungen im Untergeschoss lösten nicht aus.

Der Vergleich der Abbildung 123 zeigt die Lufttemperaturen oberhalb des Brandraums in den unterschiedlichen luftführenden Lüftungsleitungen und die Lufttemperatur in dem Schacht mit Wickelfalzrohr zwischen Schacht und Hauptleitung. Zunächst ist die Lufttemperatur in der Hauptleitung aus Wickelfalzrohr niedriger, jedoch gleichen sich die Temperaturen gegen Ende des Versuchs an; die Lufttemperatur wird über den Wärmedurchgang durch die Absperrvorrichtung direkt erwärmt und in der Wickelfalz-Hauptleitung indirekt; der Wärmedurchgang erfolgt durch die Brandschutzbauplatte in den Schacht und von dort durch das Wickelfalzrohr zur Luft im Wickelfalzrohr; das Wickelfalzrohr muss zusätzlich mit erwärmt werden; gleichzeitig kann dieses Wärme im Deckendurchgang über die Einmörtelung abgeben; dieses System durchwärmt sich langsamer; der Mörtelverguss und letztendlich die Massivdecke wirken als Wärmespeicher. Die Lufttemperatur (MS37) zwischen Hauptleitung und Schacht im OG zeigt den Temperaturunterschied zwischen Luft in und Luft außerhalb der Hauptleitung.

Mit Schließen der Verschlussklappe wird der Luftstrom durch die Absperrvorrichtungen im Obergeschoss umgeleitet, was durch dem Temperaturanstieg an diesen Stellen feststellbar ist; die Absperrvorrichtungen reagieren sehr schnell und schließen ab der 86. Minute, was an dem sofortigen Temperaturrückgang festzustellen ist.

Die Oberflächen entsprechend Abbildung 125 und Abbildung 126 steigen stetig an; der Temperaturunterschied zwischen den unterschiedlichen Lüftungsleitungen liegt bis ca. 20 K. Der Wärmedurchgang erfolgt bei dem innenliegenden Wickelfalzrohr über die Rohrwandung in den Luftraum zwischen luftführender Leitung und Schachtwand während das abströmende Brandgas bei der selbstständigen Lüftungsleitungen direkten Kontakt mit der Schachtwand hat.





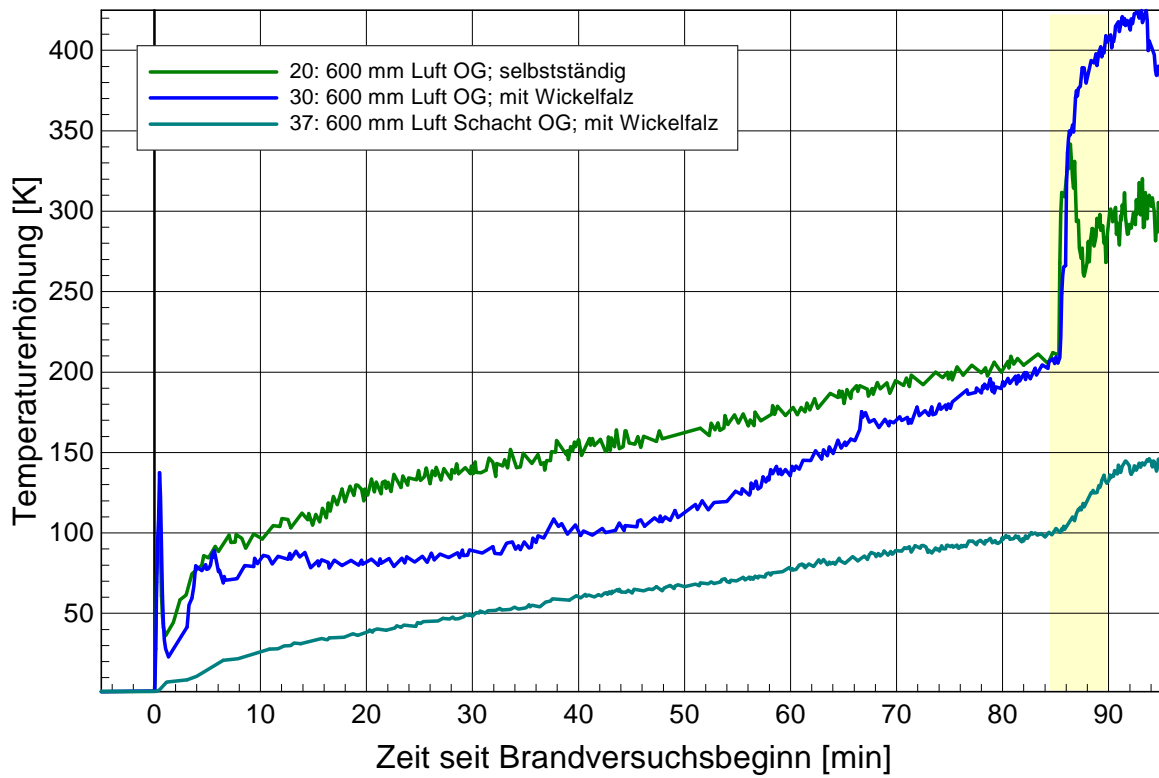


Abbildung 123: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Lüftungsleitung – Lufttemperaturen

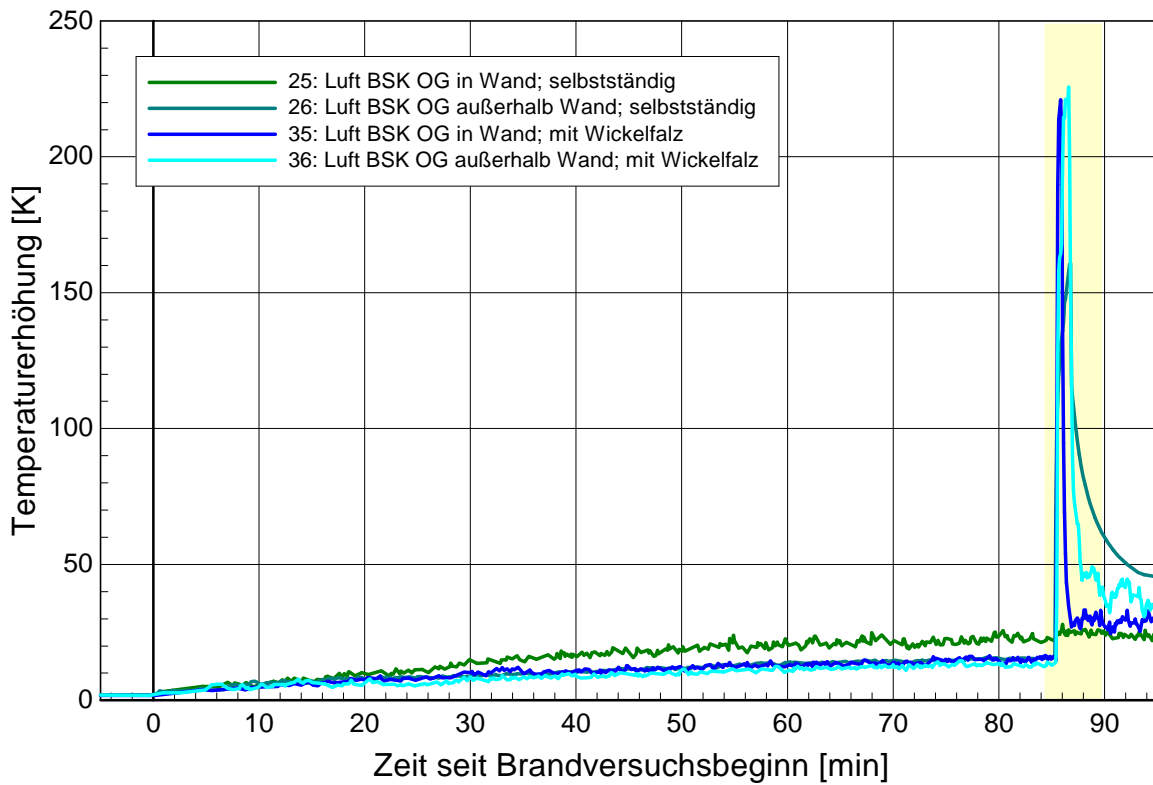


Abbildung 124: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Lüftungsleitung – Lufttemperaturen Absperrvorrichtungen OG

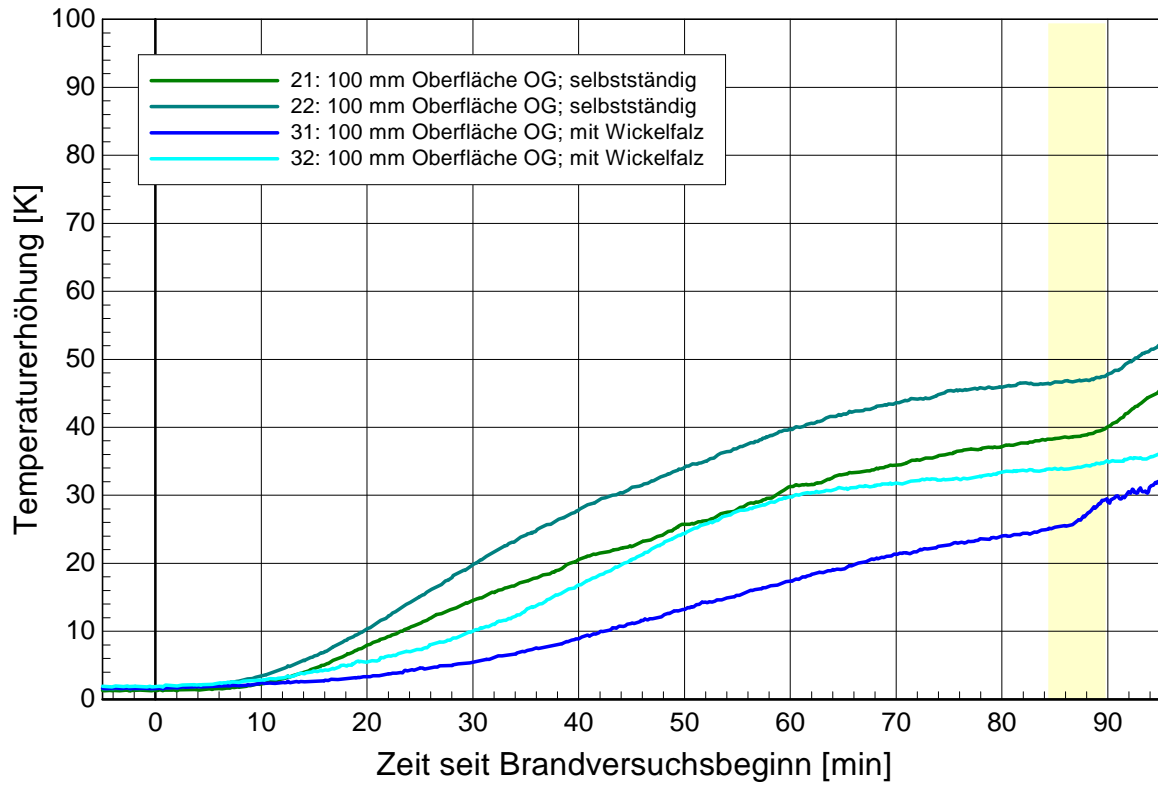


Abbildung 125: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße –  
Oberflächentemperaturen 100 mm

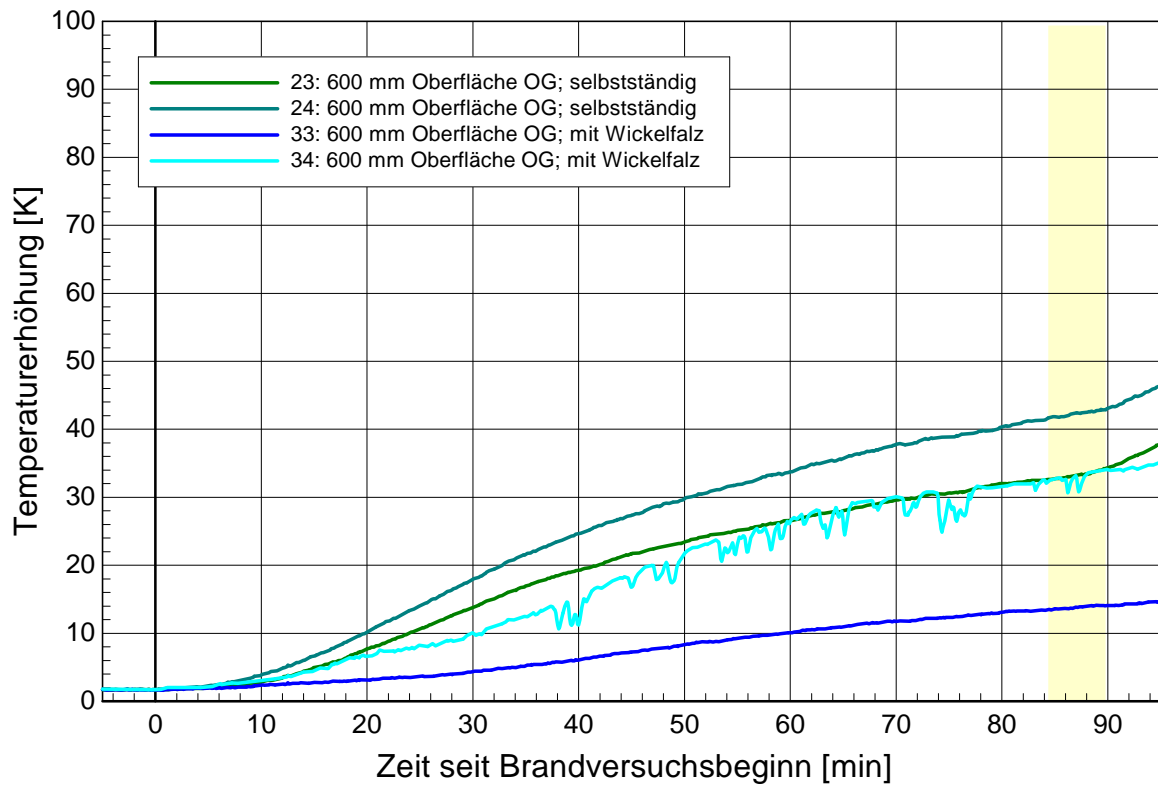


Abbildung 126: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße –  
Oberflächentemperaturen 600 mm

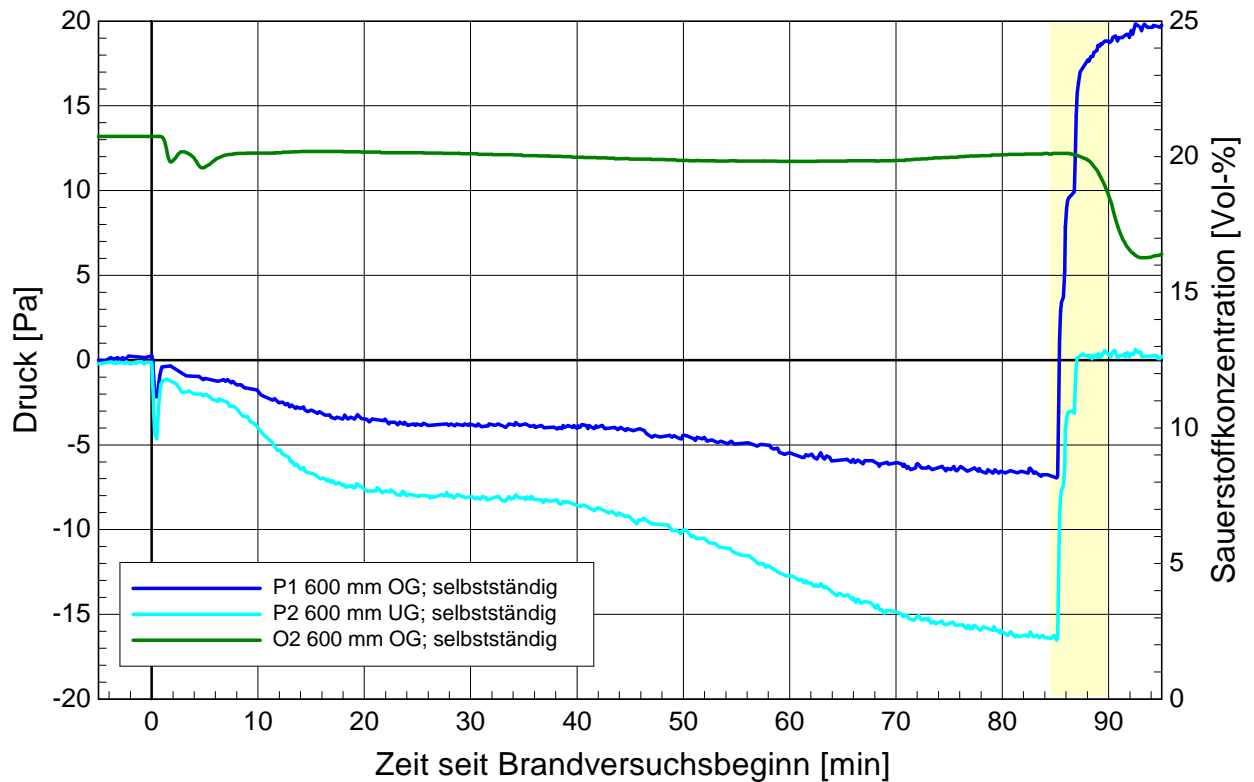


Abbildung 127: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig selbstständig; Druck und O<sub>2</sub>

Die Druckmessungen entsprechend Abbildung 127 zeigen einen stetig ansteigenden Unterdruck in der Leitung; der Unterdruck an der Messstelle im Untergeschoss ist höher. Mit Schließen der Verschlussklappe entsteht in der Leitung ein Überdruck, da diese ein freies Abströmen verhindert.

Die Sauerstoffmessung zeigt einen relativ gleichbleibenden Wert über die gesamte Versuchsdauer aufgrund der nachströmenden Frischluft aus dem UG. Mit Schließen der Verschlussklappe sinkt die Sauerstoffkonzentration; ein Abströmen wird unterbunden, weniger Frischluft strömt nach und Brandgas sammelt sich in der Lüftungsleitung.

## **7.4 Versuchsauswertungen Brandversuch mit Absperrvorrichtungen in der Decke**

### **7.4.1 Vergleich Absperrvorrichtungen in der Decke in unterschiedlicher Größe nach BauPrGr (Brandversuch Nr. 10 Ltg. 1 und 2)**

In diesem Abschnitt werden die Strömungsverhältnisse im zweigeschossigen Versuchsaufbau nach den BauPrGr [16] mit Absperrvorrichtung in der Decke dargestellt und der Einfluss von unterschiedlichen Größenabmessungen untersucht.

Die Abbildung 128 zeigt den zweigeschossigen Versuchsaufbau nach den BauPrGr mit einer Absperrvorrichtung (DN200) in der Decke über dem Brandraum (Abbildung links) und einer Absperrvorrichtung (DN100) in der Decke über dem Brandraum (Abbildung rechts). Die Versuchsdurchführung ist identisch, lediglich die Größe der Hauptleitung mit der Größe der Absperrvorrichtungen differiert.

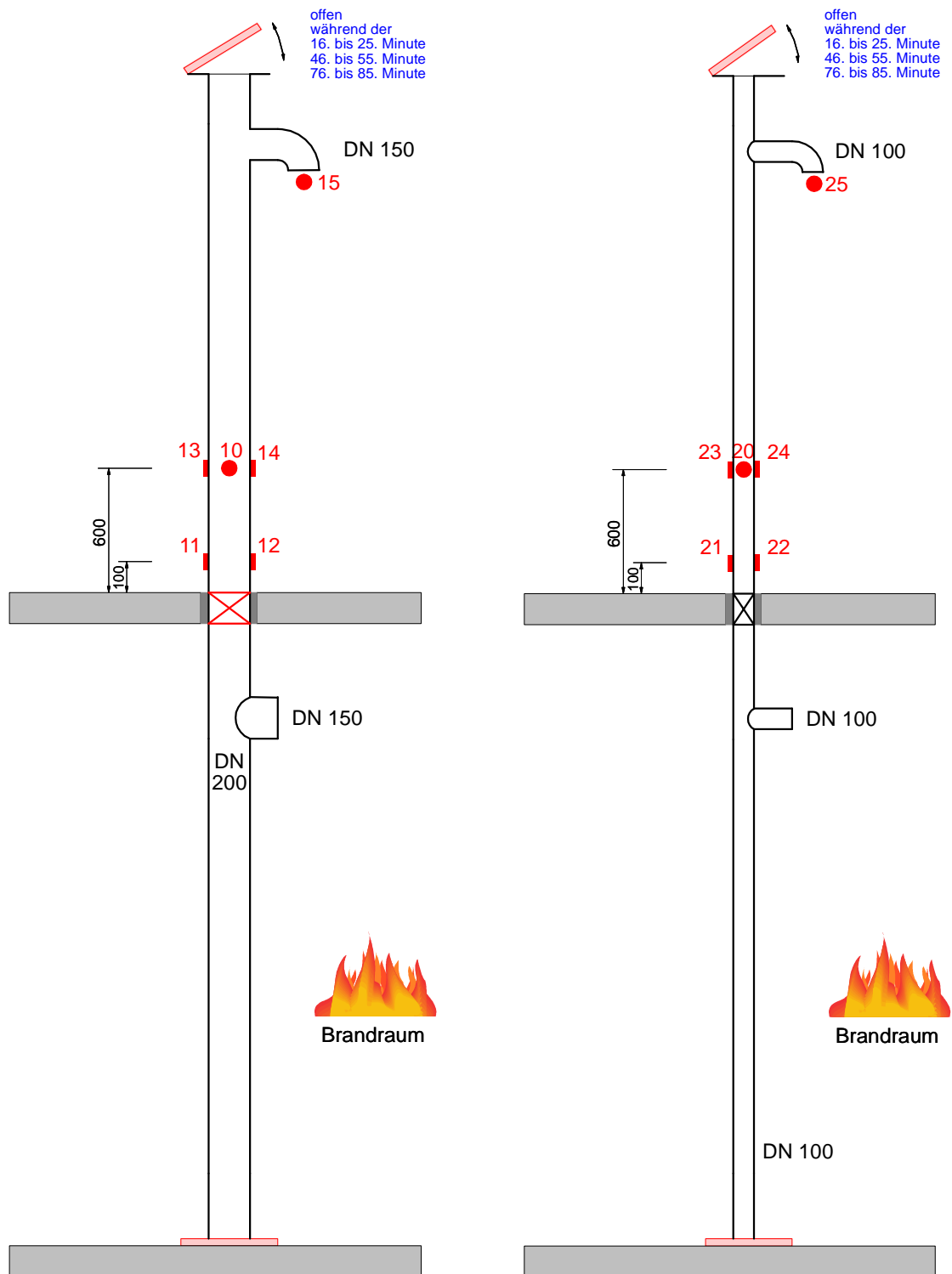
Entgegen der BauPrGr wurde oberhalb des Abzweigs im Obergeschoss auf eine Absperrvorrichtung verzichtet; die Anordnung der oberen Absperrvorrichtung steht letztendlich im Widerspruch zu dem Prüfverfahren selbst, da diese – sobald sie auslöst – der geschlossenen Verschlussklappe gleichgestellt werden kann und das weitere Öffnen von der 46. bis 55. Minute und 76. bis 85. Minute keine weiteren Auswirkungen auf das System bewirken würde.

Die Auswirkung der Versuchsdurchführung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung und am Krümmer sowie der Oberflächentemperaturen der Lüftungsleitung im Obergeschoss bewertet.

Die Absperrvorrichtungen in beiden Versuchen lösten innerhalb von ca. zwei Minuten aus; da die Absperrvorrichtungen mit Aufschäumern bestückt sind, verlangsamt sich das Abkühlen der Temperaturen aufgrund der Reaktion des Aufschäumers und erreicht ein relatives Minimum nach ca. 20 Minuten. In diesem Zeitraum sind Temperaturschwankungen auf ein nicht gleichmäßiges Schließen der Absperrvorrichtung aufgrund des ungleichmäßigen Reagierens der intumeszierenden Stoffe zurückzuführen.

Die Temperaturmessstellen MS 10 und MS 20 zeigen die Lufttemperatur direkt oberhalb des Brandraums; an diesen Messstellen ist jede Veränderung im System direkt ohne zeitliche Verzögerung abzulesen; es ist bei dieser Installation in der Geschossdecke festzustellen, dass sich das Öffnen der oberen Verschlussklappe in den Lufttemperaturen nicht bemerkbar macht. Die Absperrvorrichtung in der Decke trennt den Brandraum von dem Obergeschoss; sie dichtet so gut ab, dass Luft-Leckageströme vernachlässigbar sind; diese finden nicht statt, da auch an den Lufttemperaturen vor dem Krümmer im OG mit Öffnen der Verschlussklappe keine Temperaturveränderung festzustellen ist. In diesem System finden keine Massenströme, sondern lediglich Wärmeströme statt.

Dies wird bestätigt durch die Oberflächentemperaturen entsprechend Abbildung 130 und Abbildung 131; die Oberflächentemperaturen 100 mm oberhalb der Decke sind höher als die entfernteren bei 600 mm; aufgrund der größeren Oberfläche sind die Temperaturen der größeren Baugröße höher; dies beeinflusst jedoch nur die Messstellen bei 100 mm; bei 600 mm macht sich die Baugröße nicht mehr bemerkbar.



Schacht mit BSK DN200 in der Decke  
entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig  
(Brandversuch Nr. 10)

Schacht mit BSK DN100 in der Decke  
entsprechend BauPrGr [16]; zweigeschossig  
(Brandversuch Nr. 10)

Abbildung 128: Vergleich BauPrGr zweigeschossig – mit unterschiedlicher Größe der  
Absperrvorrichtung

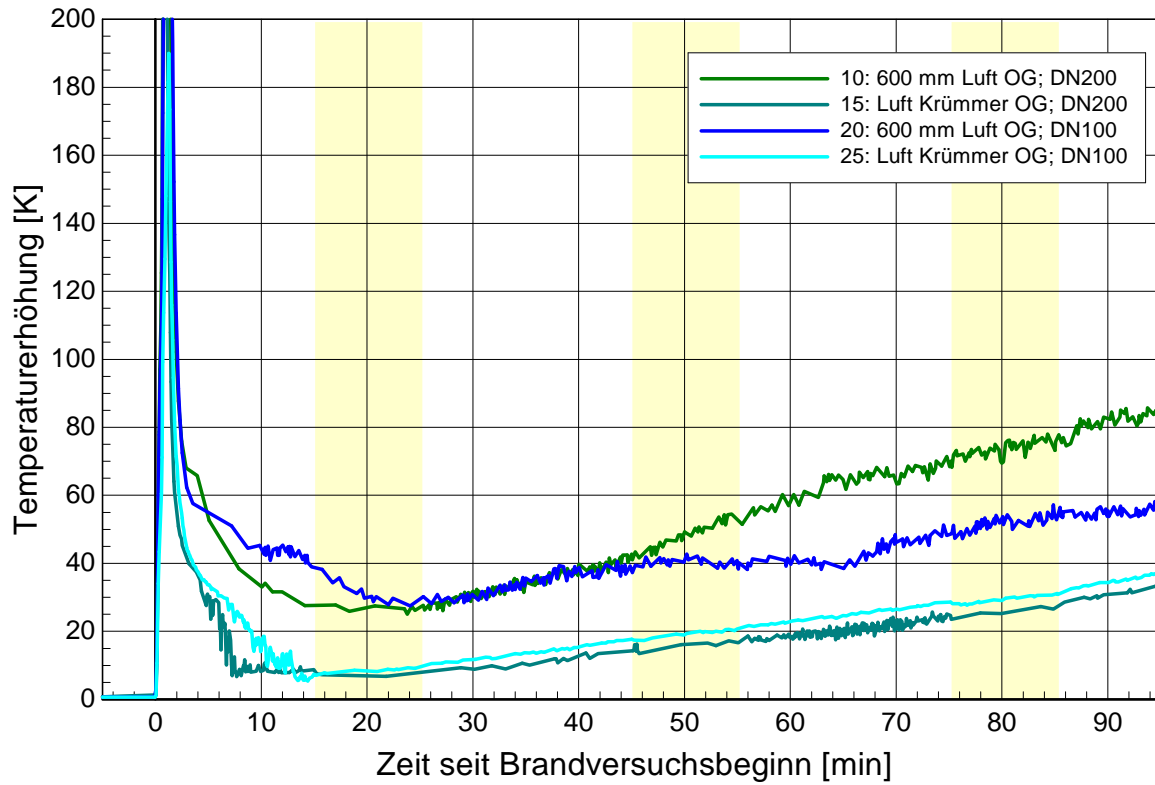


Abbildung 129: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Lufttemperaturen

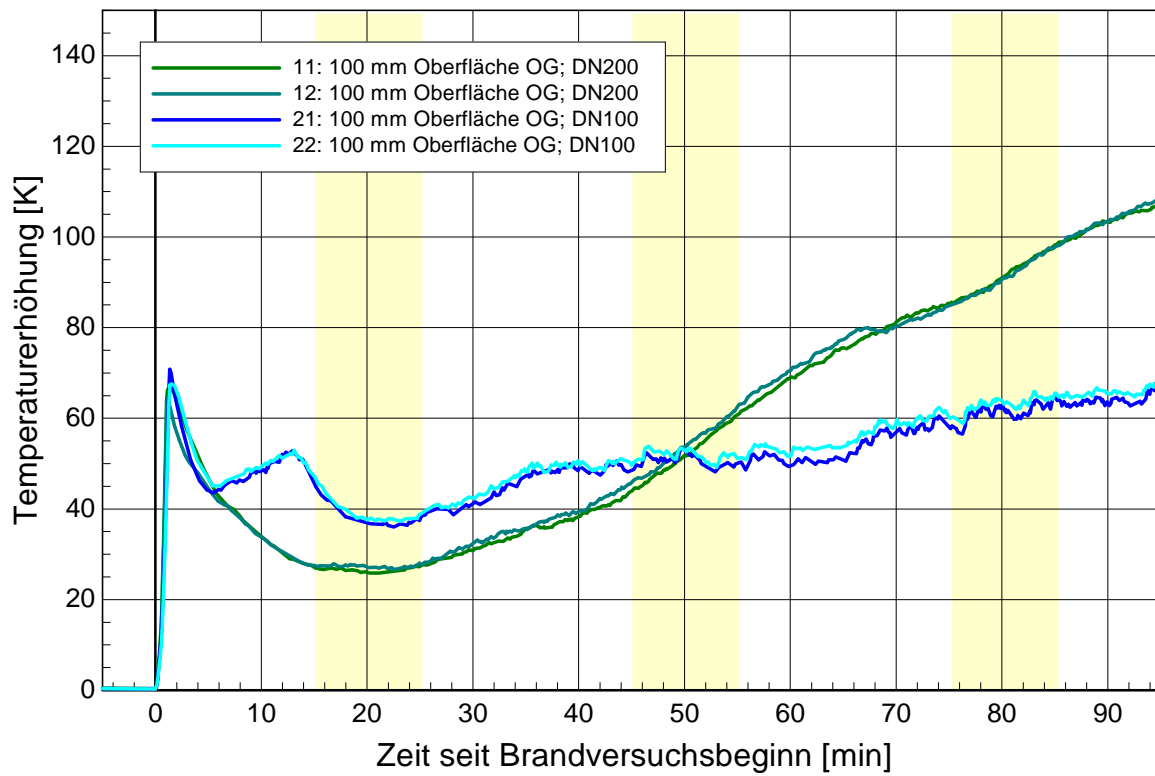


Abbildung 130: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Oberflächentemperaturen 100 mm

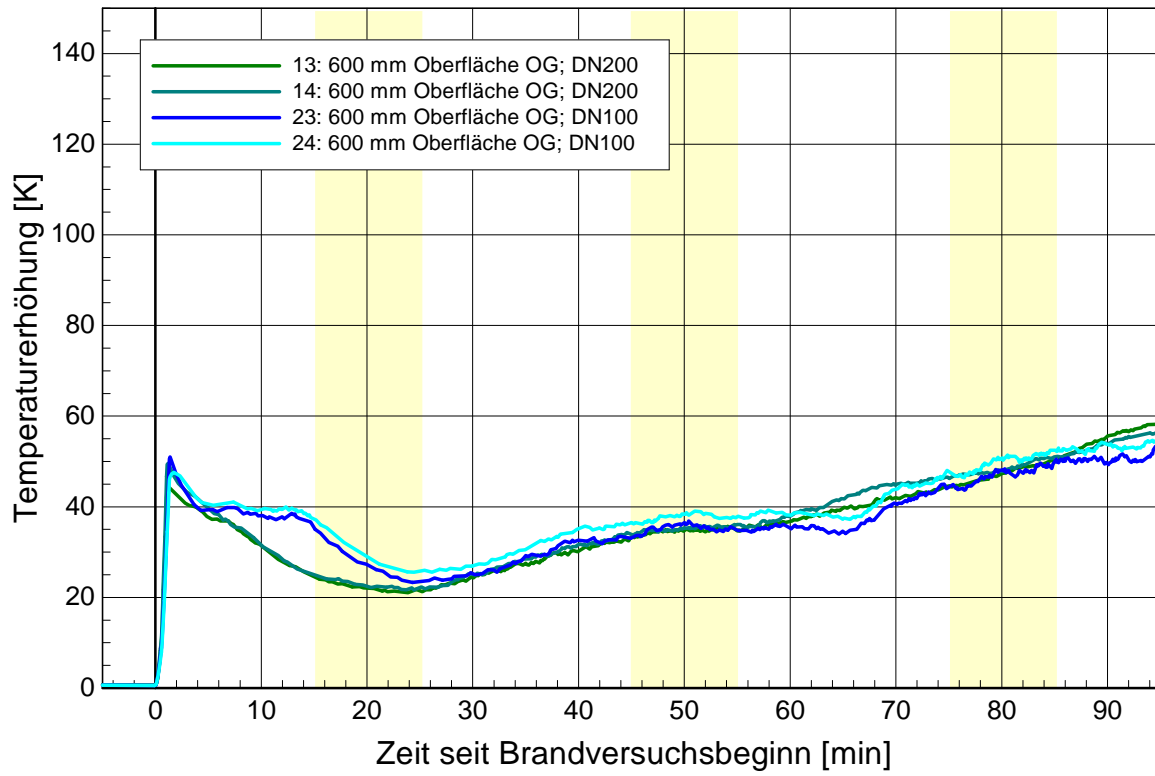


Abbildung 131: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe –  
Oberflächentemperaturen 600 mm



#### **7.4.2 Vergleich Absperrvorrichtungen auf und unter der Decke nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 11 Ltg. 1 und 2)**

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen des Einbaus auf und unter der Decke im dreigeschossigen Versuchsaufbau [33] nach den ZulaRi [32] untersucht.

Die Abbildung 132 zeigt den dreigeschossigen Versuchsaufbau nach den ZulaRi mit einer Absperrvorrichtung (DN200) im Brandraum (Abbildung links) eingebaut unter der Decke und einer Absperrvorrichtung (DN200) im Brandraum eingebaut auf der Decke (Abbildung rechts). Die Versuchsdurchführung ist identisch, lediglich die Einbaulage der Absperrvorrichtungen in der Hauptleitung differiert.

Bei diesem Brandversuch wurden die oberen Verschlussklappen von der 35. bis 30., 55. bis 60. und 85. bis 90. Minute geschlossen.

Die Auswirkung der Versuchsdurchführung wird anhand der Lufttemperaturen im Ober- und Untergeschoss innerhalb der Hauptleitung und am Krümmer und der Oberflächentemperaturen der Lüftungsleitung im Obergeschoss bewertet.

Bei dem dreigeschossigen Versuchsaufbau lösen die Absperrvorrichtungen zum Obergeschoss früher aus als die Absperrvorrichtungen zum Untergeschoss; dies ist bedingt durch die Temperatschichtung im Brandraum; in Bodennähe sind die Temperaturen niedriger als in Deckennähe.

Die Abbildung 134 zeigt den Temperaturverlauf bis zur zehnten Minute des Brandversuchs; an den Lufttemperaturen ist festzustellen, dass die Absperrvorrichtungen zum Obergeschoss in der ersten Minute auslösten; in der vierten Minute reagiert der Aufschäumer der Absperrvorrichtungen, der die Lüftungsleitung abdichtet.

Bezüglich der Einbaulage (auf oder unter) ist der zeitliche Verlauf nicht bewertbar, da die Absperrvorrichtungen fast gleichzeitig auslösten und der Unterschied sich im Bereich von Schwankungen befindet.

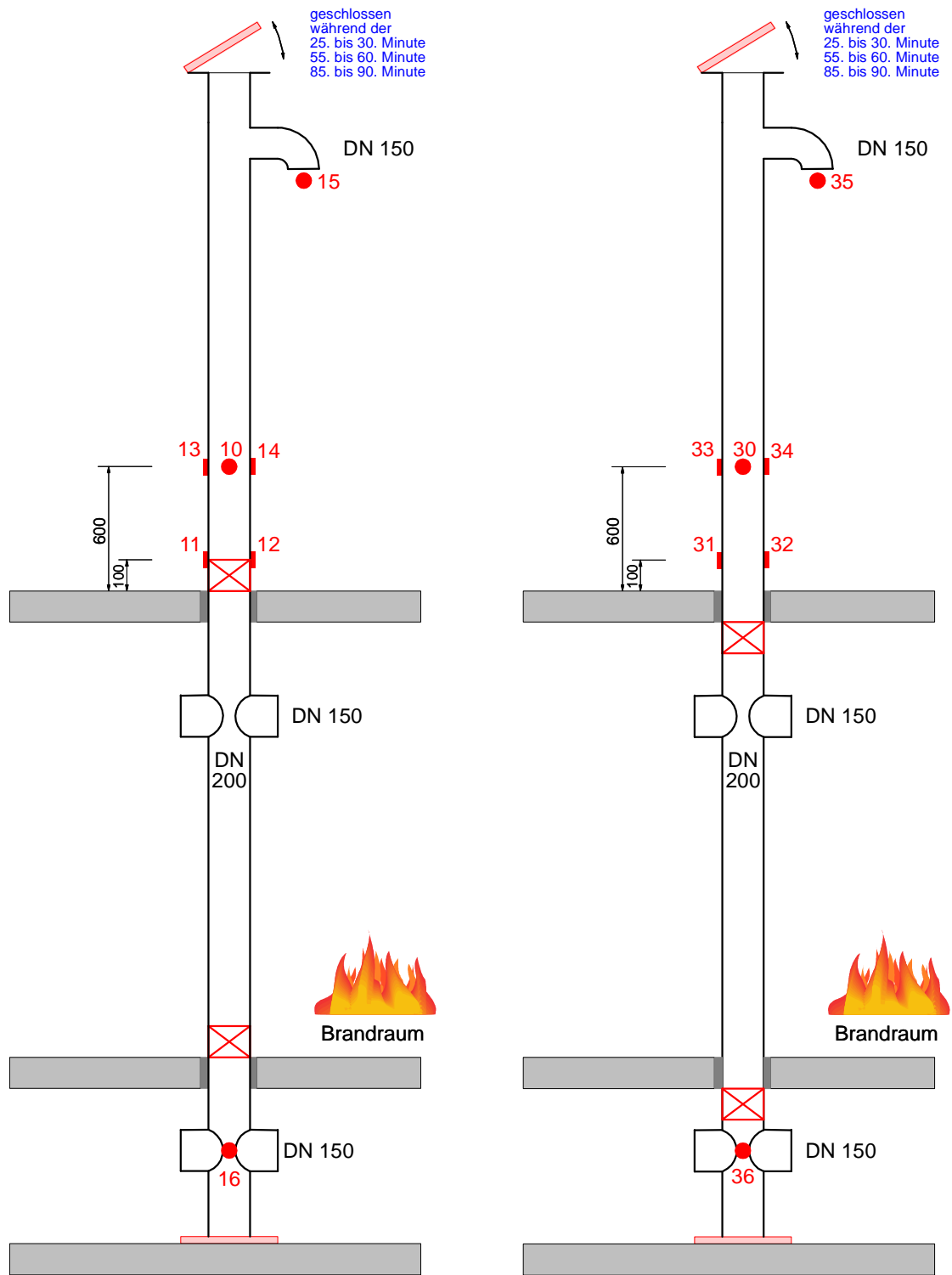
An den Luftmessstellen ist bis zum Schließen ein sehr hoher Temperaturschlag zu beobachten, der jedoch an den Oberflächen unter der maximalen Temperaturerhöhung von 180 K liegt; diese kurzzeitige Erwärmung führte nicht zur Erwärmung der Hauptleitung aus Stahl-Wickelfalzrohr.

Entsprechend Abbildung 133 ist an den Lufttemperaturen zu erkennen, dass diese bis zur ca. 50. Minute sinken und bis zum Ende des Versuchs annähernd gleich bleibt; bis zu dieser Zeit hat der Aufschäumer seine volle Wirkung erzielt. Bei diesem Versuch sind Leckagen der Absperrvorrichtungen beim Schließen der Verschlussklappe von der 25. bis zur 30. Minute aufgrund des Anstiegs der Lufttemperaturen am Krümmer festzustellen. Das Schließen macht sich nur in diesem Zeitbereich bemerkbar, danach sind die Absperrvorrichtungen dicht.

Die Lufttemperaturen im Untergeschoss (Messstelle MS 16 und MS36 entsprechend Abbildung 133 und Abbildung 134) sind bedeutend niedriger als im Obergeschoss).

Anhand der Oberflächentemperaturen entsprechend Abbildung 134 und Abbildung 135 ist zu erkennen, dass die Einbaulage unter der Decke die kritischere Einbausituation darstellt; gegen Ende der Versuchszeit liegen hier die Werte um ca. 20 K höher als bei der Einbausituation auf der Decke.

Generell ist zu diesem Versuch anzumerken, dass die Absperrvorrichtungen das Schutzziel ohne feuerbeständigen Schacht erfüllten.



Schacht mit BSK DN200 auf der Decke  
entsprechend ZulaRi [32]; dreigeschossig  
[33] (Brandversuch Nr. 11)

Schacht mit BSK DN200 unter der Decke  
entsprechend ZulaRi [32]; dreigeschossig  
[33] (Brandversuch Nr. 11)

Abbildung 132: Vergleich ZulaRi dreigeschossig – Einbau auf und unter der Decke

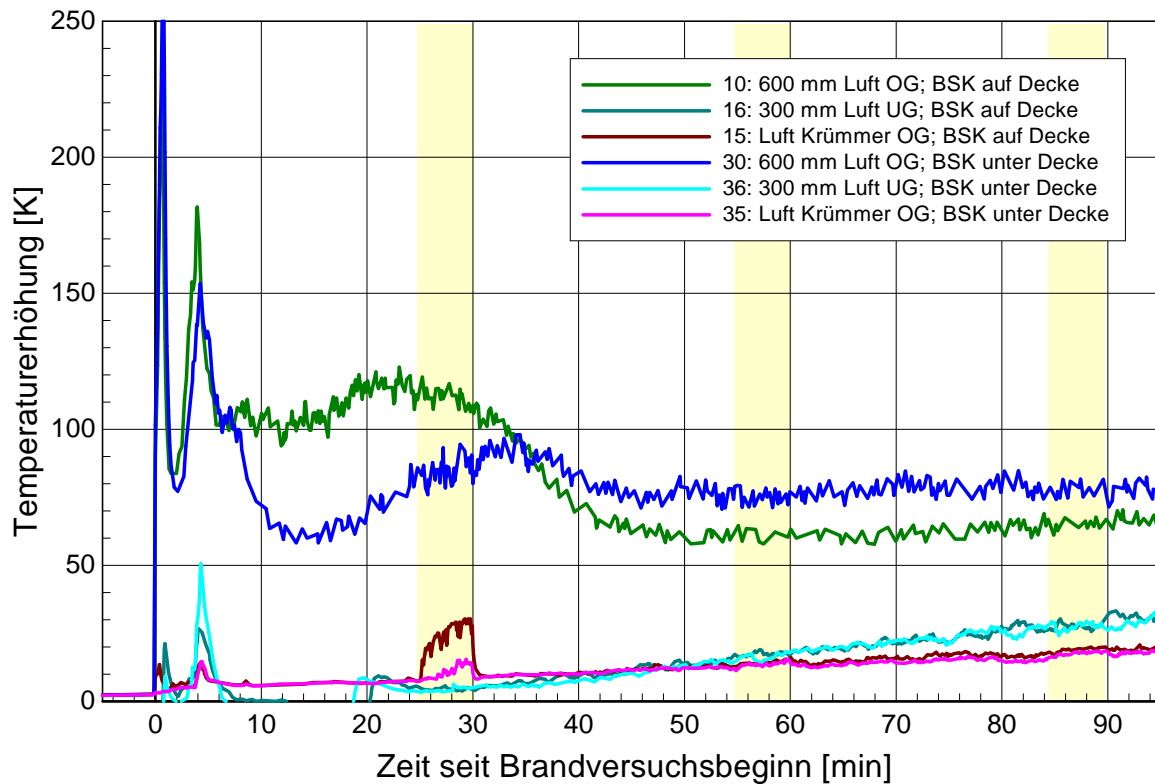


Abbildung 133: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK auf Decke – Lufttemperaturen

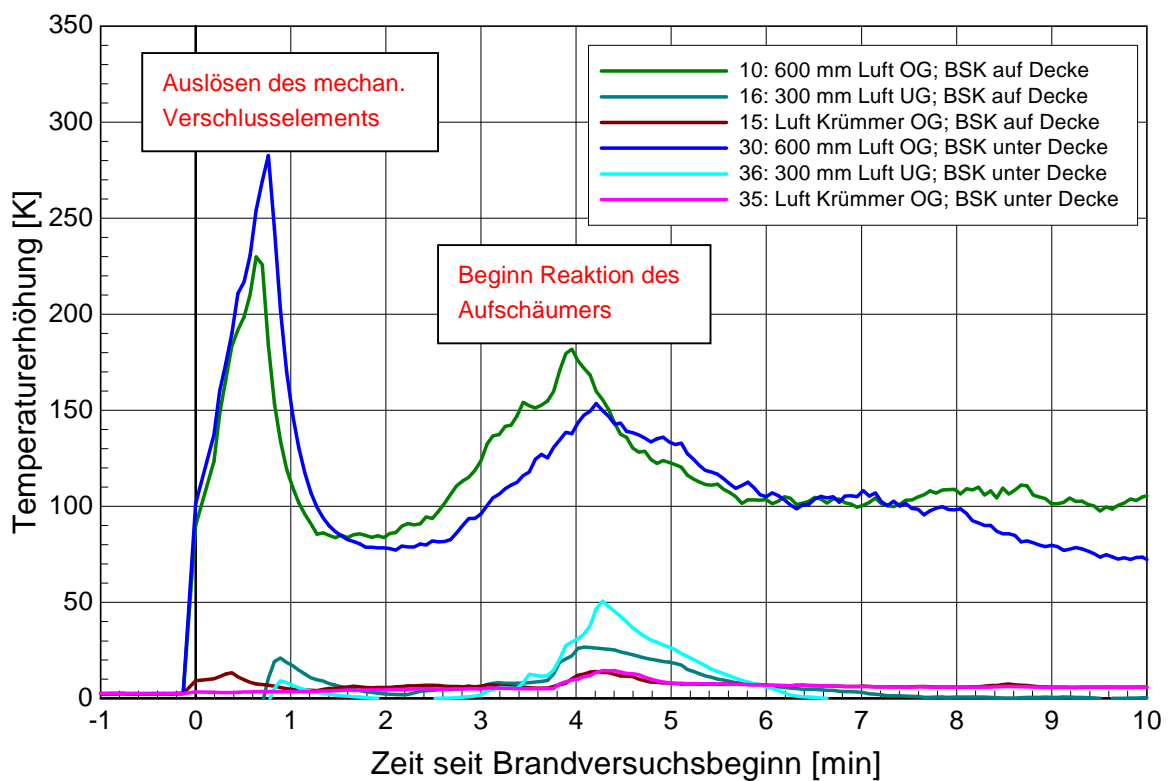


Abbildung 134: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK auf Decke – Lufttemperaturen; Anfang bis 10 Minuten

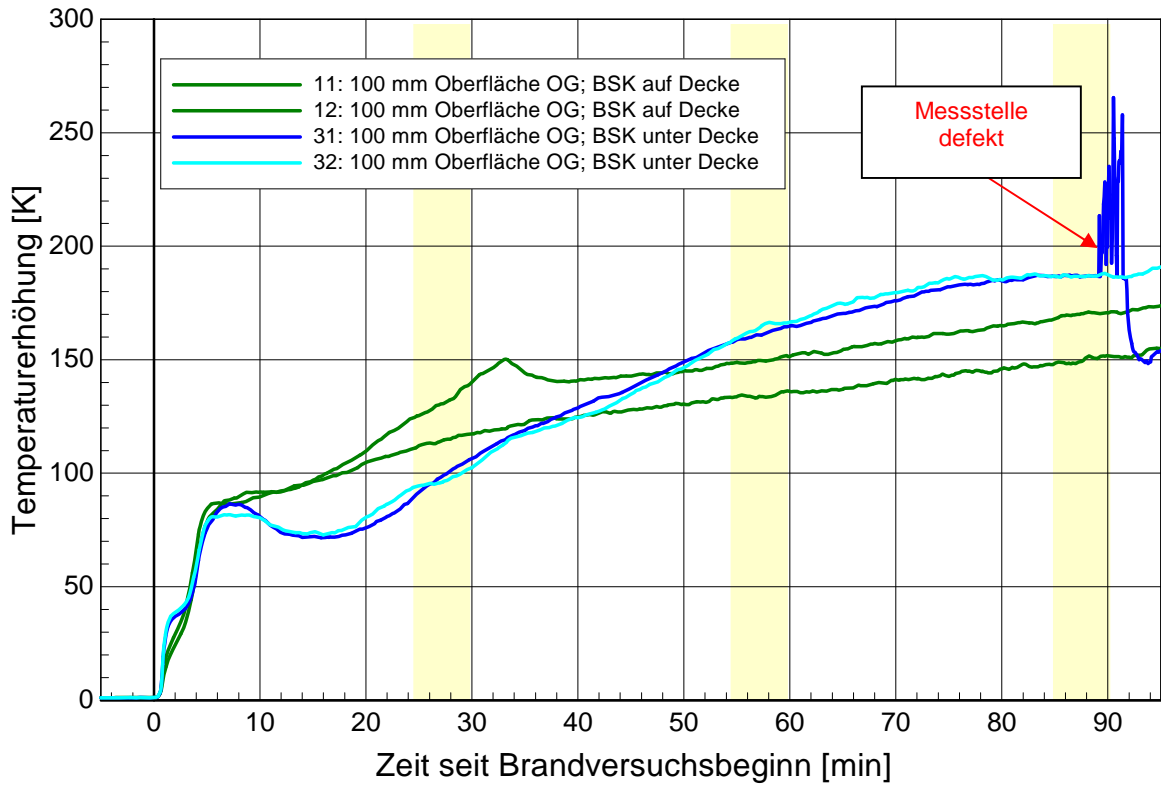


Abbildung 135: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe –  
Oberflächentemperaturen 100 mm

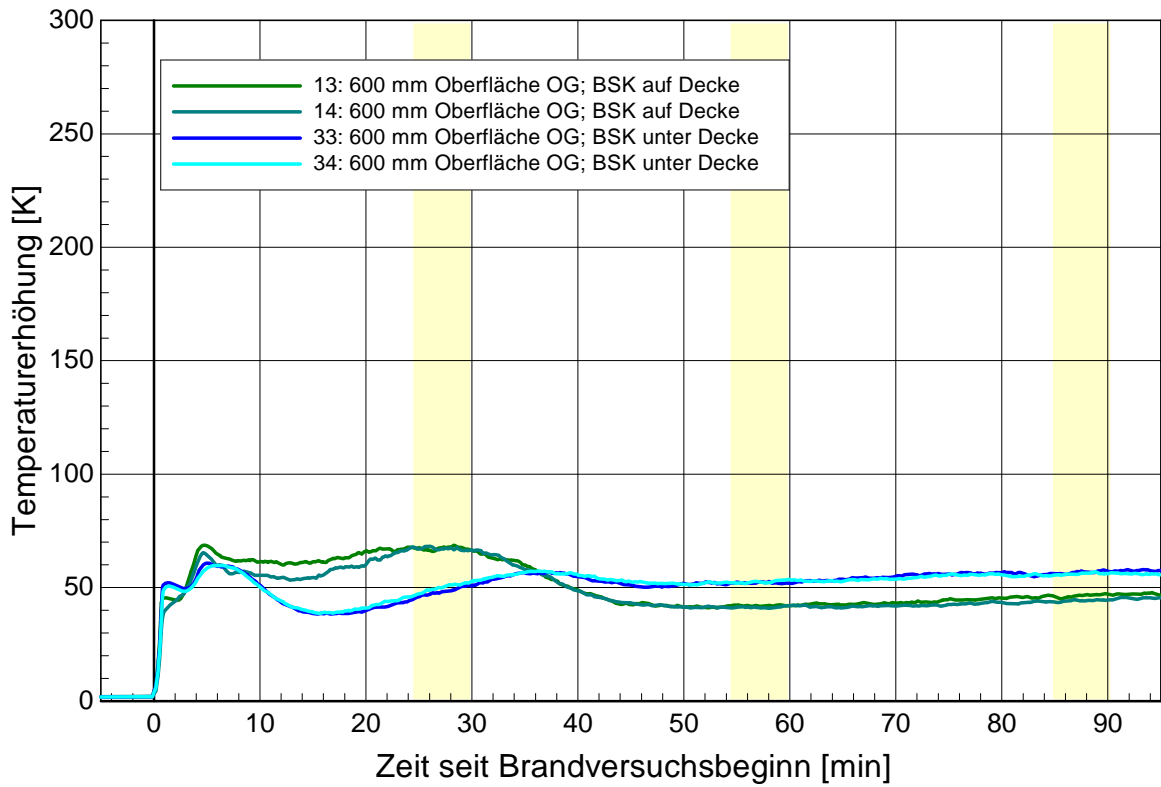


Abbildung 136: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe –  
Oberflächentemperaturen 600 mm

### **7.4.3 Vergleich Absperrvorrichtungen in der Decke in unterschiedlicher Größe nach ZulaRi dreigeschossig (Brandversuch Nr. 11 Ltg. 1 und 3)**

In diesem Abschnitt werden die Strömungsverhältnisse im dreigeschossigen [33] Versuchsaufbau nach den ZulaRi [32] mit Absperrvorrichtung in der Decke dargestellt und der Einfluss der Baugröße der Absperrvorrichtung untersucht.

Die Abbildung 137 zeigt den dreigeschossigen Versuchsaufbau nach den ZulaRi mit Absperrvorrichtung DN200 im Brandraum (Abbildung links) und mit Absperrvorrichtung DN100 im Brandraum (Abbildung rechts); alle Absperrvorrichtungen (zum UG und OG) sind auf der Decke montiert. Beide Lüftungssysteme werden in einem Brandversuch untersucht, wobei die Randbedingungen für beide gleich sind.

Der Versuchsaufbau der Baugröße DN200 entspricht Punkt 7.4.2.

Die Auswirkung der Versuchsdurchführung wird anhand der Lufttemperaturen im Ober- und Untergeschoss innerhalb der Hauptleitung und am Krümmer und der Oberflächentemperaturen der Lüftungsleitung im Obergeschoss bewertet.

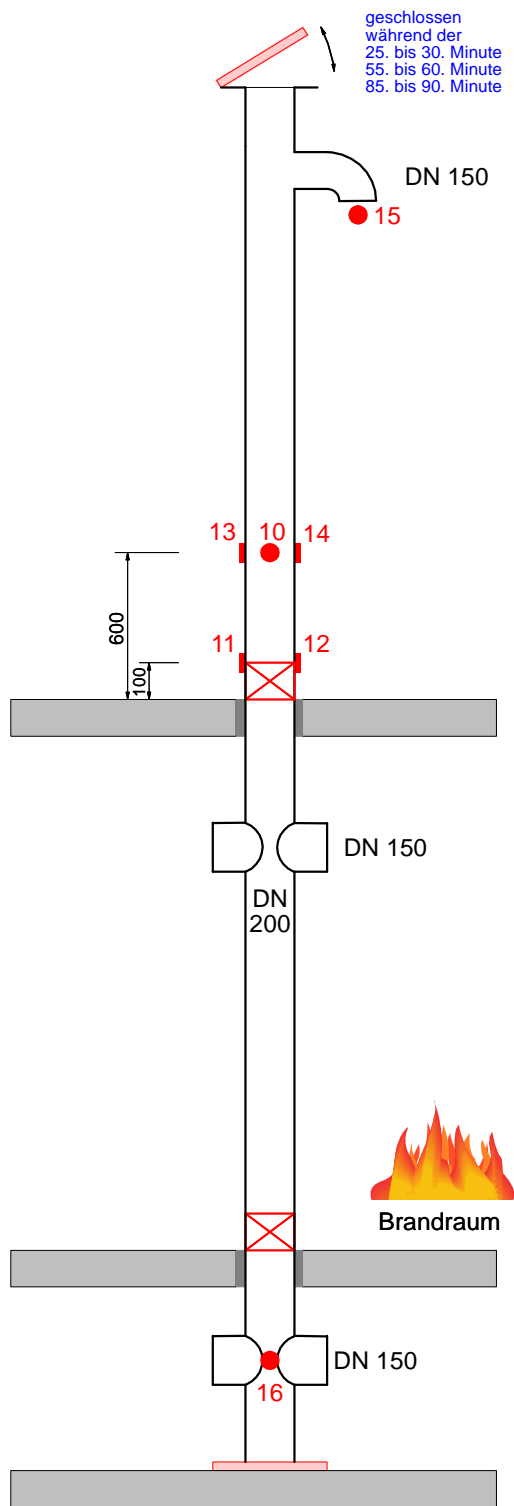
Bei diesem Brandversuch wurden die oberen Verschlussklappen von der 35. bis 30., 55. bis 60. und 85. bis 90. Minute geschlossen.

Die Absperrvorrichtungen zum Obergeschoss lösten früher aus als die Absperrvorrichtungen zum Untergeschoss; die Abbildung 139 zeigt den Temperaturverlauf bis zur zehnten Minute des Brandversuchs; an den Lufttemperaturen ist festzustellen, dass die Absperrvorrichtungen zum Obergeschoss in der ersten Minute auslösten und die Absperrvorrichtungen zum Untergeschoss zwischen der dritten und vierten Minute. Bezüglich der Einbaulage (auf oder unter) ist auch hier der zeitliche Verlauf nicht bewertbar, da die Absperrvorrichtungen fast gleichzeitig auslösten.

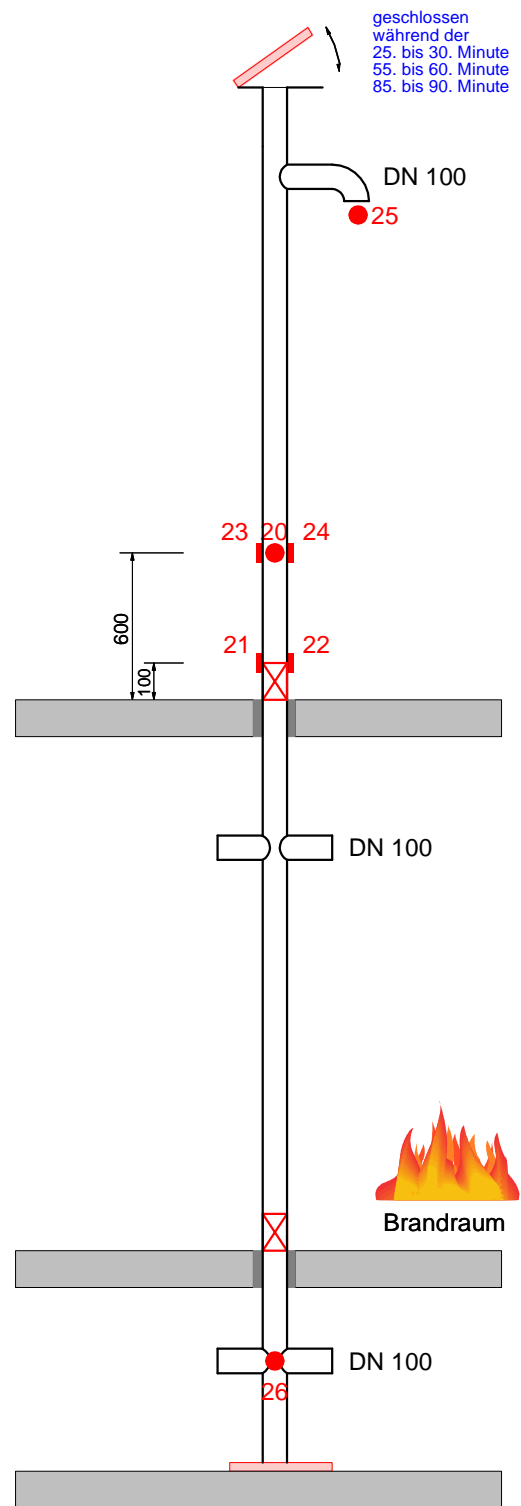
Entsprechend Abbildung 138 ist auch an der kleineren Absperrvorrichtung an den Lufttemperaturen die Senkung bis zur ca. 50. Minute zu sehen. Mit fortschreitender Versuchsdauer sind keine Leckagen der Absperrvorrichtungen zu erkennen.

Die Lufttemperaturen im Untergeschoss sind bedeutend niedriger als im Obergeschoss.

Die Oberflächentemperaturen entsprechend Abbildung 140 und Abbildung 141 sind im Abstand von 100 mm oberhalb der Decke höher als die entfernteren bei 600 mm; aufgrund der größeren Oberfläche sind die Temperaturen der Baugröße DN200 höher; an den Messstellen bei 600 mm gleichen sich die Temperaturen an. Im Vergleich des Temperaturverhaltens der unterschiedlichen Baugrößen ist eine Differenz von ca. 50 K festzustellen.



Schacht mit BSK DN200 auf der Decke  
entsprechend ZulaRi [32]; dreigeschossig  
[33] (Brandversuch Nr. 11)



Schacht mit BSK DN100 auf der Decke  
entsprechend ZulaRi [32]; dreigeschossig  
[33] (Brandversuch Nr. 11)

Abbildung 137: Vergleich ZulaRi dreigeschossig – Unterschiedliche Baugröße

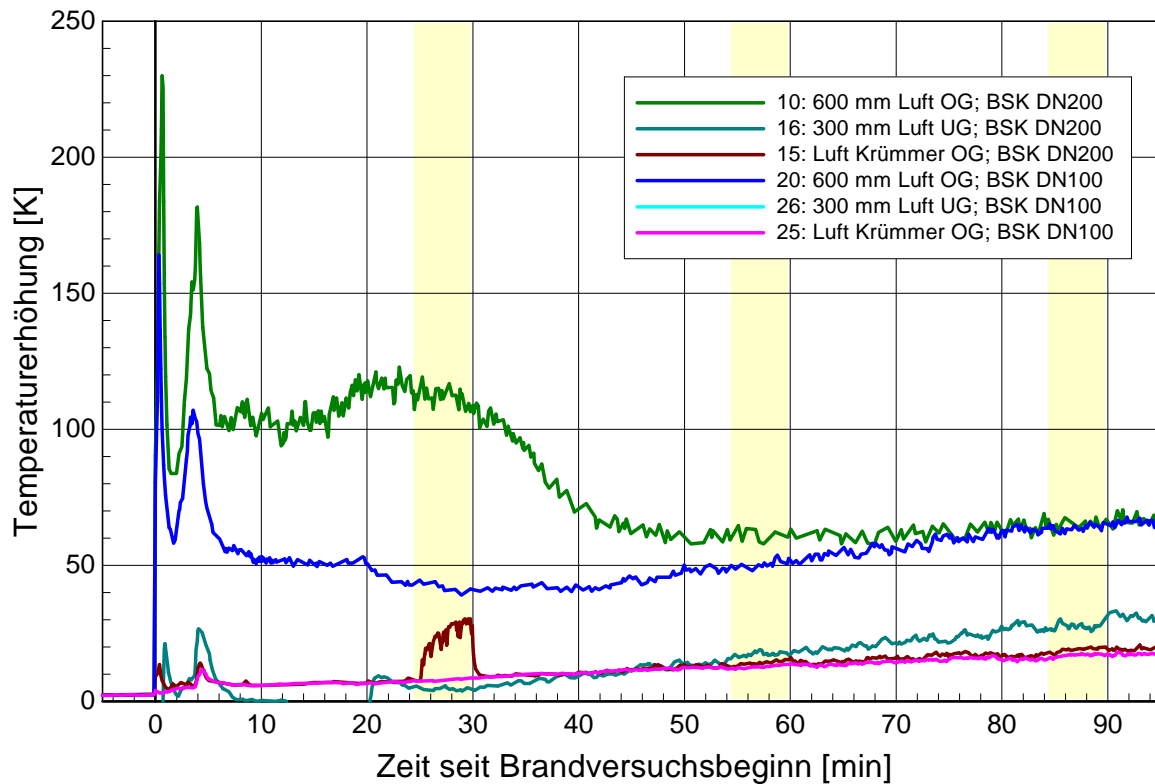


Abbildung 138: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Baugröße – Lufttemperaturen

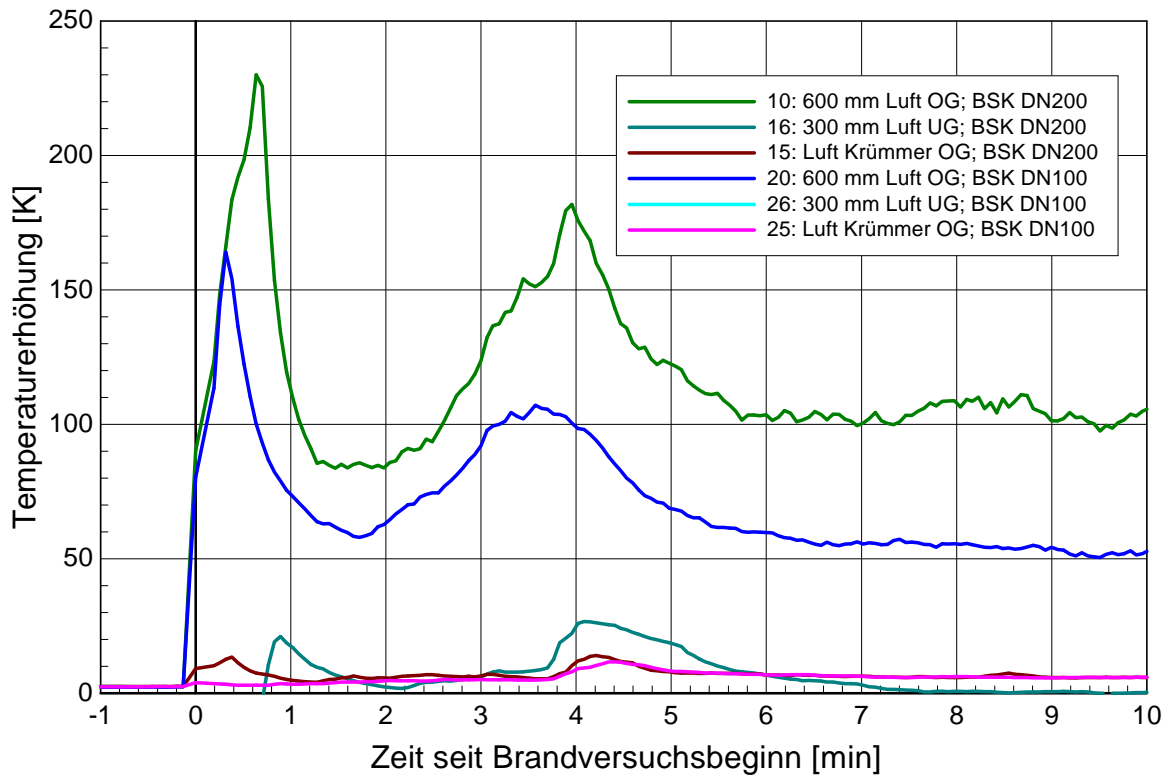


Abbildung 139: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Baugröße – Lufttemperaturen; Anfang bis 10 Minuten

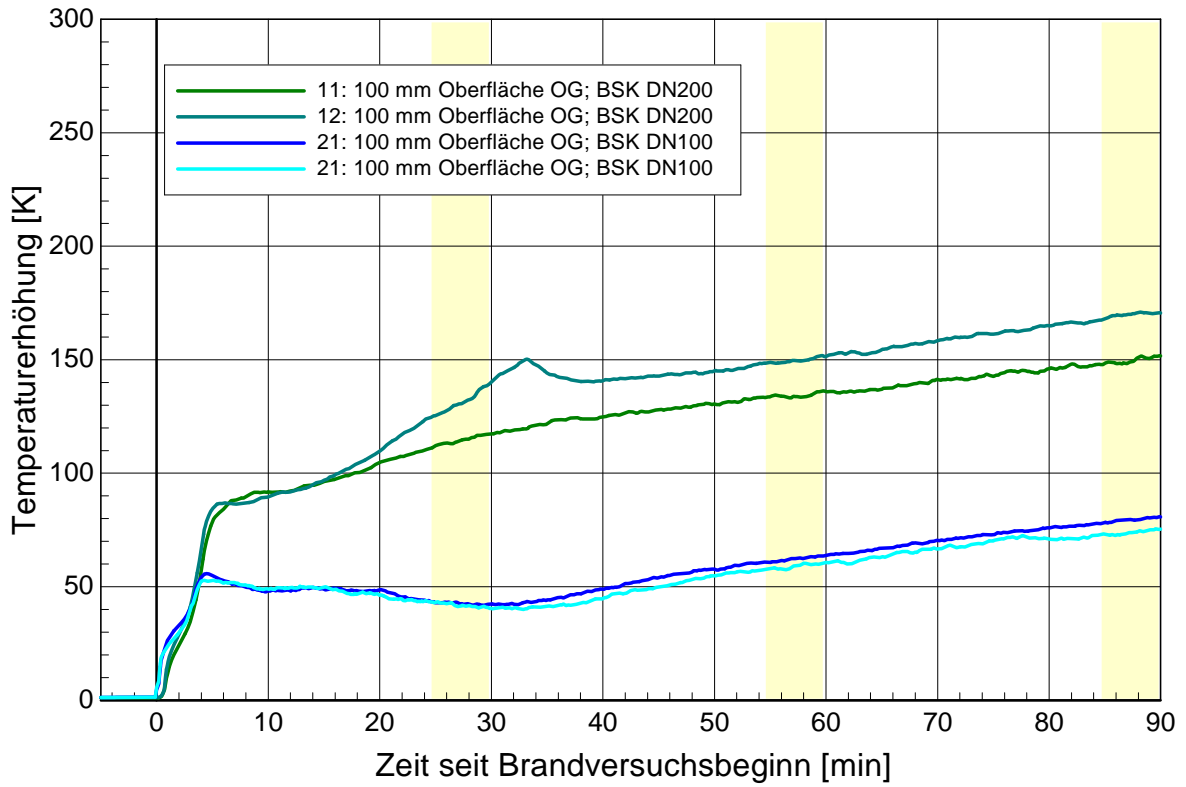


Abbildung 140: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe –  
Oberflächentemperaturen 100 mm

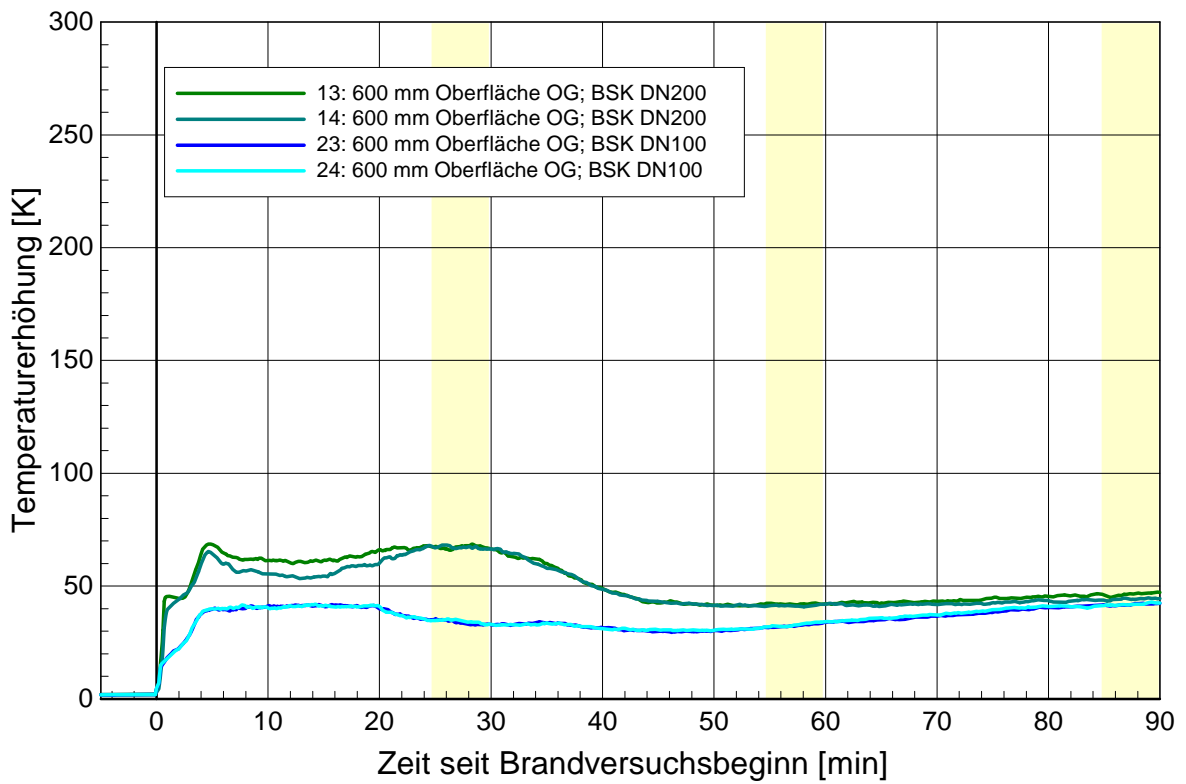


Abbildung 141: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe –  
Oberflächentemperaturen 600 mm



#### **7.4.4 Sonderuntersuchungen**

Nach Analyse der unterschiedlichen Systeme erfolgten Sonderuntersuchungen, um weitere Vergleiche ziehen zu können.

##### **7.4.4.1 Vergleich Absperrvorrichtung in Decke - Schacht offen / geschlossen (Brandversuch Nr. 14)**

Die freie Abströmung nach oben ist Grundvoraussetzung für die Abluftsysteme nach DIN 18017. Das Anbringen von z.B. Wärmerückgewinnungsgeräte oder Horizontalverzüge bedeuten einen Widerstand bis hin zur kompletten Verhinderung der freien Abströmung. Aus diesem Grund erfolgte eine Untersuchung im direkten Vergleich mit offenem Schacht und geschlossenem Schacht.

Entgegen der ZulaRi [32] war das Schachtende an dem einen Versuchsaufbau während der gesamten Versuchsdauer komplett geschlossen und an dem anderen Versuchsaufbau komplett offen; die Verschlusszeiten am Schachtende wurden somit nicht berücksichtigt.

Der Versuch wurde bei beiden Absperrvorrichtungen mit Deckenschott (Montage auf der Decke) durchgeführt; die Hauptleitung bestand aus einem Stahl-Wickelfalzrohr (DN200). Dieser Versuch erfolgte zweigeschossig mit unten offener Leitung und im Obergeschoss ohne Anschlussleitung.

Die genaue Darstellung der Versuchsaufbauten mit Lage der Messstellen ist Abbildung 142 zu entnehmen. Die Darstellung zeigt einen dreigeschossigen Versuchsaufbau, jedoch ist der durchgeführte Versuch aufgrund der offenen Leitung als zweigeschossig zu bewerten.

Die Abbildung 143 zeigt den direkten Vergleich der Lufttemperaturen in der Hauptleitung im Obergeschoss zwischen offenem und geschlossenem Schachtende. Nach dem Brandversuch stellte sich als Besonderheit bei der geprüften Absperrvorrichtung heraus, dass hier eine große Menge aufschäumenden Materials verwendet wird; die aufschäumende Dämmschicht hüllte die Lufttemperaturmessstelle (600 mm über OG) ein, so dass sich diese mit fortschreitender Versuchsdauer innerhalb der aufschäumenden Dämmschicht befand. Zu erkennen ist dies an MS7 (bei offenem Schachtende) ab der ca. 22. Minute; die Temperatur fällt ab und verweilt bei einer Erhöhung von ca. 30 K. Bei MS86 ereignet sich dies ab der ca. 36. Minute.

Die unterschiedlich hohen Lufttemperaturen sind bedingt durch die Abströmung; bei freier Abströmung kann Brandgas nachströmen, während hingegen bei dem geschlossenen Schacht keine Strömung stattfindet. Bei dem offenen Schacht findet ein Wärme- und Massestrom statt. Bei dem geschlossenen Schacht findet nur ein nur ein Wärmestrom statt. Die Luft innerhalb des Schachtes bildet einen Puffer. Diese unterschiedlich hohen Lufttemperaturen nehmen Einfluss auf den intumeszierenden Baustoff; der Aufschäumer reagiert bei den hohen Temperaturen schneller, weshalb das Abkühlen (Erreichen des Aufschäumers an der Messstelle) der Temperaturmessstelle früher einsetzt; bei den geringeren Temperaturen reagiert der Aufschäumer entsprechend langsamer.

Zu beachten sind auch die hohen Temperaturunterschiede bis Auslösen der Absperrvorrichtung; an dem Schacht mit offenem Ende sind diese bedeutend höher; hier reagiert die Absperrvorrichtung in der 1. Minute und schließt; bei dem geschlossenen Schacht schließt die Absperrvorrichtung ab der 3. Minute. Die Lufttemperatur mit offenem Schacht überschreitet den Grenzwert von 350°C Temperatur für das Kriterium Küchenabluft nach den ZulaRi [32]. Unter Berücksichtigung der Zündtemperaturen nach M. Uemminghaus [45] und des Forschungsberichts bezüglich der Untersuchung zur Festlegung von Prüfaufbau- und Prüfkriterien von Lüftungsanlagen nach DIN 18017 Teil 3 [4] kann eine Durchzündung in der Leitung erfolgen.

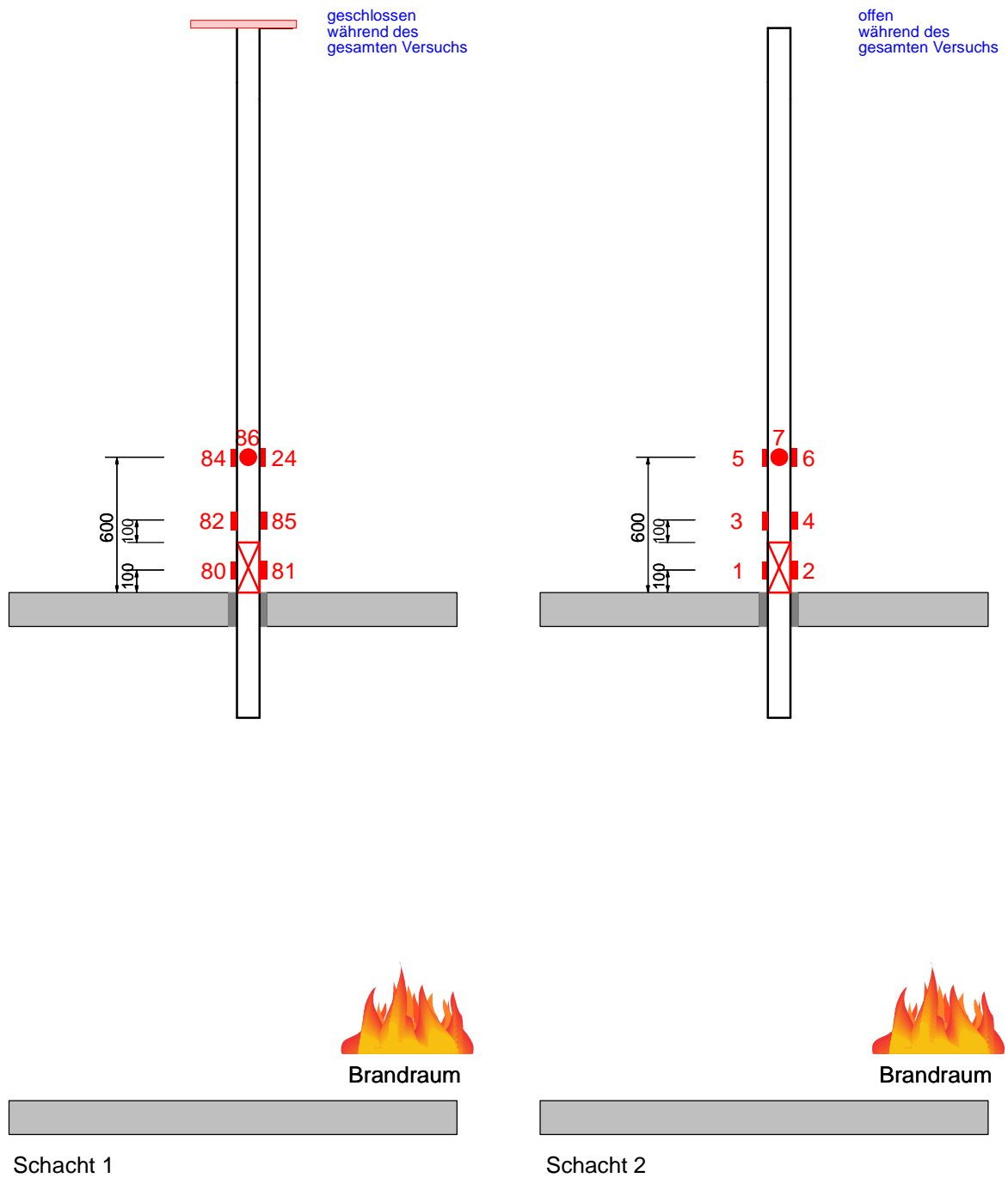


Abbildung 142: Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 14) – Vergleich Schacht offen / geschlossen

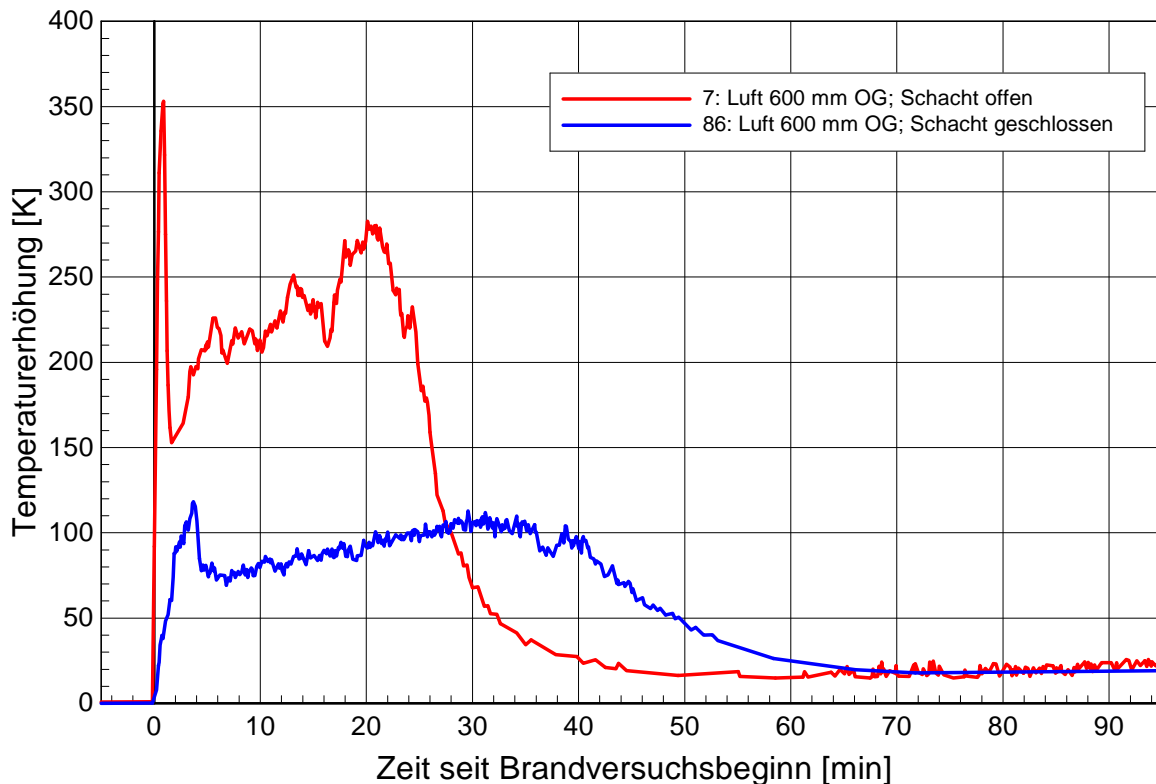


Abbildung 143: Vergleich Schacht offen / geschlossen - Lufttemperaturen OG

Die Abbildung 144 und Abbildung 145 zeigen die Temperaturentwicklung auf den Oberflächen der unterschiedlichen Versuchsaufbauten.

Die gleiche Entwicklung wie an den Lufttemperaturen ist hier festzustellen.

Entsprechend Abbildung 144 zeigen die Messstellen MS82 und MS83 sowie MS84 und MS85 die tatsächliche Temperaturentwicklung; die Oberflächentemperaturen bei 100 mm oberhalb der Absperrvorrichtung reduzieren sich früher als die Oberflächen bei 600 mm ab, bedingt durch die Expansion des Aufschäumers. Die Messstellen auf der Absperrvorrichtung fielen ab der 40. (MS80), bzw. ab der 54. (MS81) Minute ab, so dass der weitere Temperaturverlauf nicht zu bewerten ist.

Gleiches Temperaturverhalten ist entsprechend Abbildung 145 zu beobachten, wobei die Temperaturen höher sind; diese befinden sich oberhalb des maximal zulässigen Grenzwertes. Die Messstelle (MS1) auf der Absperrvorrichtung fiel ab der 18. Minute ab, so dass der weitere Temperaturverlauf nicht zu bewerten ist.

Ein Vergleich der Messstellen MS81 (Schacht geschlossen) zu MS2 (Schacht offen) der unterschiedlichen Versuchsaufbauten bis zu 50. Minute zeigt eine sehr ähnliche Oberflächentemperaturentwicklung auf der Absperrvorrichtung; an diesen Messstellen wirkt (bedingt durch die Einbaulage) nur ein Wärmestrom.; hier bestehen keine Berührungspunkte zum Brandgas.

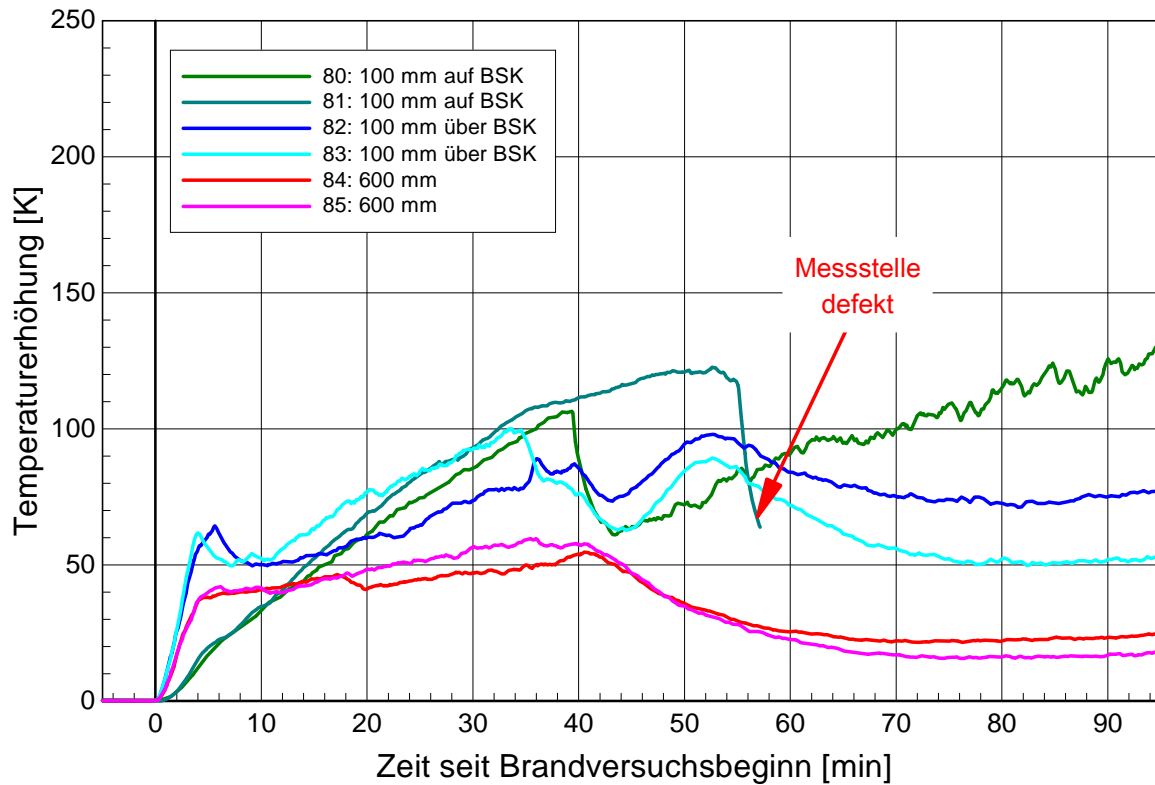


Abbildung 144: Schacht geschlossen - Oberflächentemperaturen OG

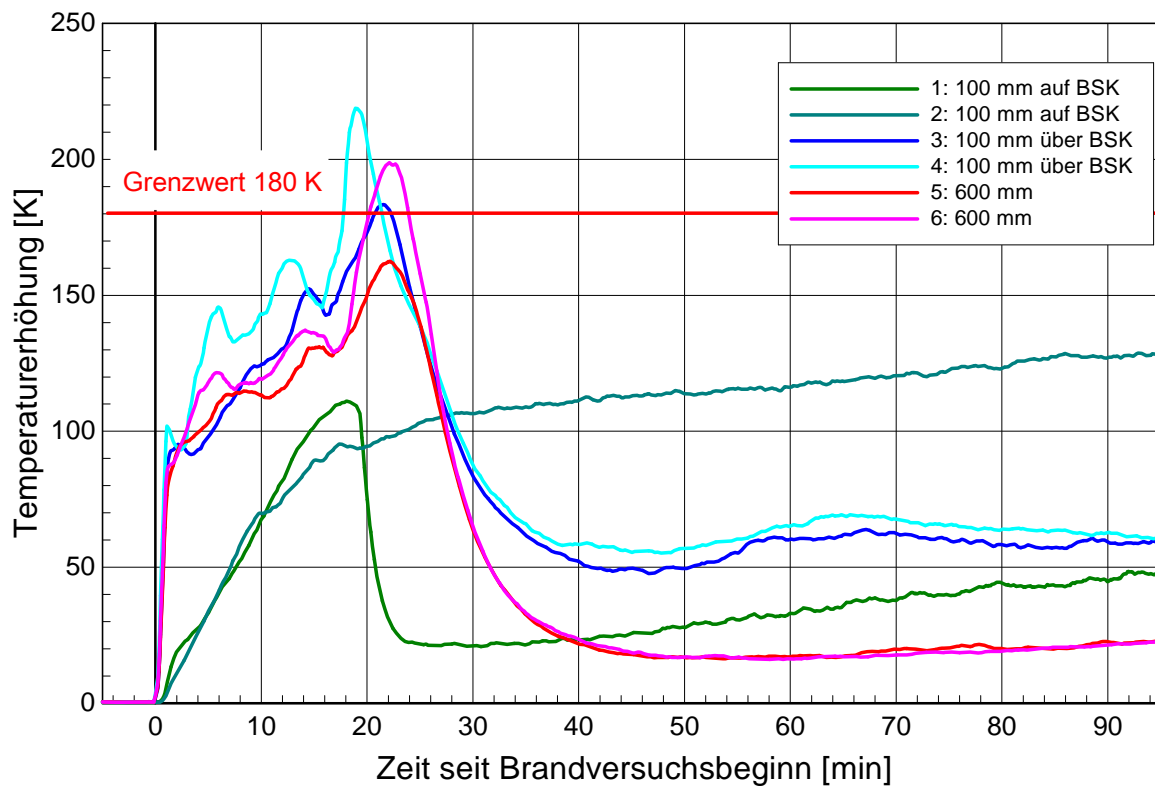


Abbildung 145: Schacht offen - Oberflächentemperaturen OG

#### **7.4.4.2 Absperrvorrichtung in Decke mit Lüfter im UG - Schacht geschlossen (Brandversuch Nr. 15)**

Bei der Untersuchung über die Verwendung von Absperrvorrichtungen Typ AVR und Kaltrauchsperrn Typ KRS-M in Zuluftleitungen nach DIN 18017-3 [58] erfolgte die Versuchsdurchführung mit geschlossenem Schacht in Anlehnung an die ZulaRi [32] mit dreigeschossigem [33] Versuchsaufbau. Das Schachtende war während der gesamten Versuchsdauer komplett geschlossen; die Verschlusszeiten am Schachtende wurden somit nicht berücksichtigt.

Als weitere Besonderheit wurde bei diesem Versuch eine Lüftungszentrale im Untergeschoss simuliert; im Untergeschoss war ein Ventilator angeschlossen, der während der gesamten Versuchsdauer einen Luftvolumenstrom von 120 m<sup>3</sup>/h erzeugte und in die Hauptleitung einblies.

Der Versuch wurde mit Absperrvorrichtungen in der Decke (Montage unter der Decke) durchgeführt; die Hauptleitung bestand aus einem Stahl-Wickelfalzrohr (DN200). Dieser Versuch erfolgte dreigeschossig.

Unterhalb des geschlossenen Schachtendes befand sich ein Auslass mit Tellerventil; dieser Auslass soll den Anschluss der obersten Nutzungseinheit darstellen.

Die genaue Darstellung des Versuchsaufbaus mit Lage der Messstellen ist der Abbildung 146 zu entnehmen.

Die Abbildung 147 zeigt die Lufttemperaturen in der Hauptleitung im Obergeschoss und die Lufttemperatur am Auslass; die MS15 zeigt die Lufttemperatur (Diagramm zeigt Temperaturerhöhung) der in die Nutzungseinheit einströmenden Luft.

Nachdem die Leitung geschlossen ist, erfolgt eine Abströmung über die Anschlussleitung im Obergeschoss; dieser Auslass mit Tellerventil würde sich in der obersten Nutzungseinheit befinden. Die Lufttemperaturen sind relativ gering und liegen unterhalb des zulässigen Grenzwertes. Dennoch besteht hier die Gefahr von austretendem Brandgas in die Nutzungseinheit. Während des Brandversuchs war Rauchaustritt an dem Auslass zu beobachten.

Der durch den Lüfter erzeugte Überdruck nimmt keinen Einfluss auf die Temperaturentwicklung. Da die Absperrvorrichtungen in der Hauptleitung montiert sind, verhindern diese nach Schließen eine Weiterleitung des eingeblasenen Volumenstroms. Zunächst schließt die Absperrvorrichtung in der Decke des Brandraums und zeitlich verzögert schließt die Absperrvorrichtung in der Decke des Untergeschosses. Um Einfluss auf die Strömung im Obergeschoss zu nehmen, muss der Ventilator zwei Absperrvorrichtungen überwinden; dies war nicht der Fall.

An den Absperrvorrichtungen waren nach dem Brandversuch keine großen Veränderungen festzustellen.

Die Temperaturentwicklung entsprechend Abbildung 148 spiegelt die Lufttemperaturen wieder. Diese sind unterhalb der maximal zulässigen Grenzwerte. Die Messstelle MS14 fiel ab der 70. Minute aus.

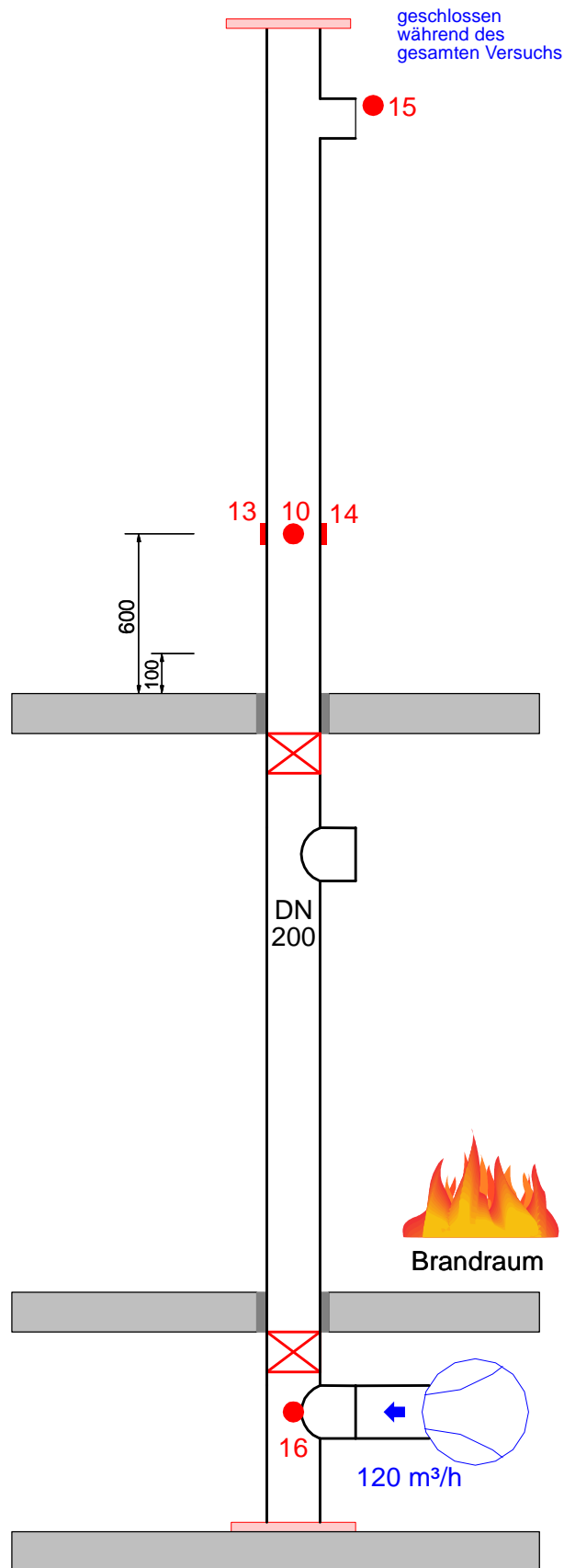


Abbildung 146: Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 16) – Schacht geschlossen, Lüfter im UG

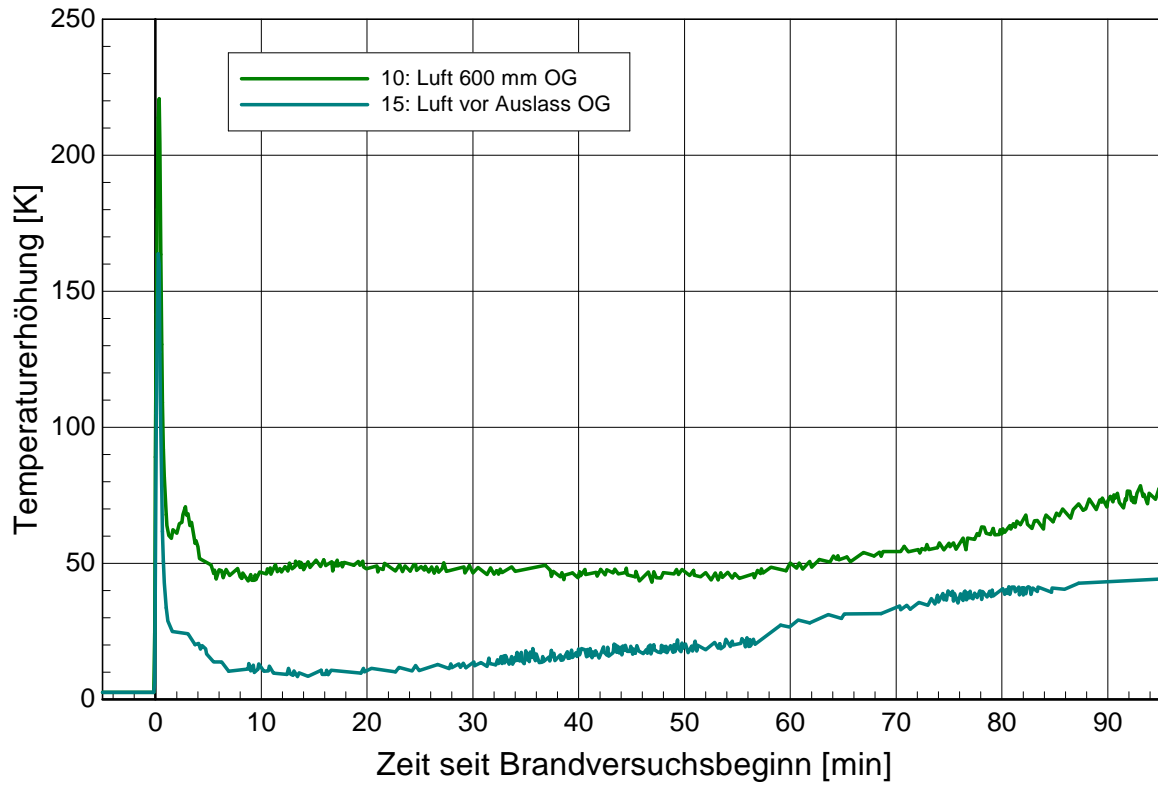


Abbildung 147: Lüfter im UG, oben geschlossen - Lufttemperaturen OG

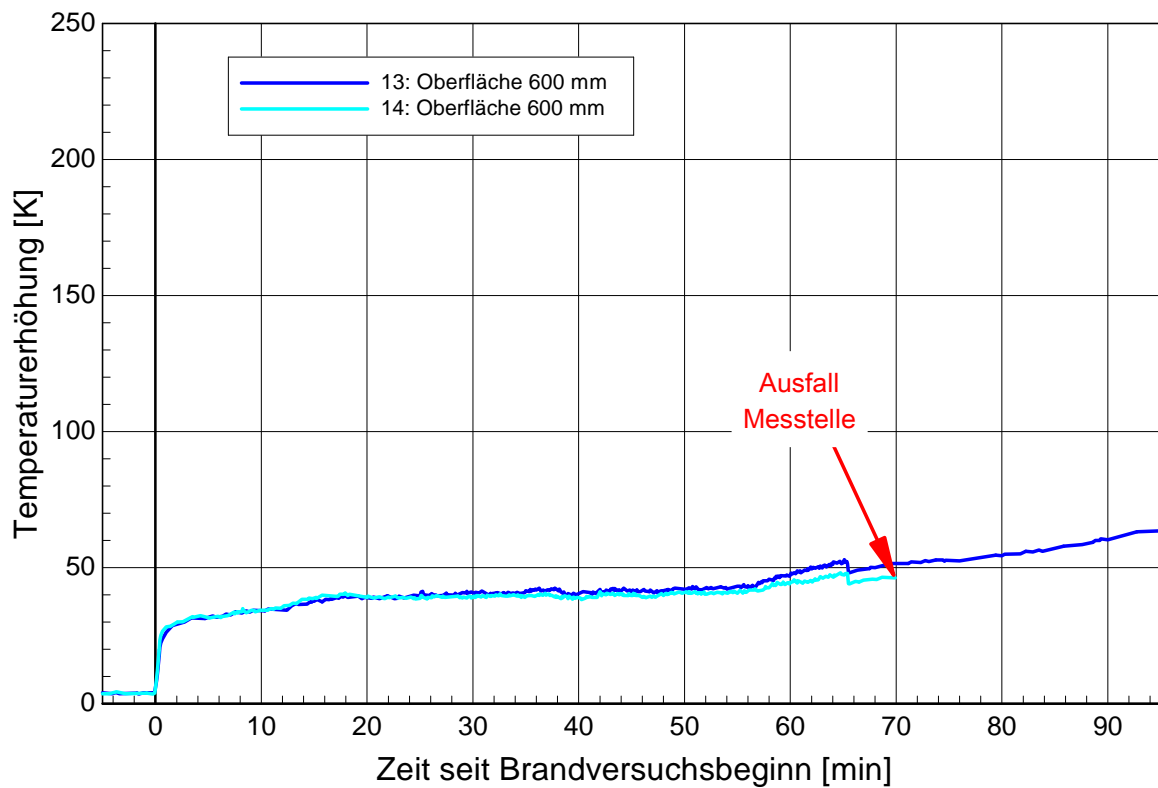


Abbildung 148: Lüfter im UG, oben geschlossen - Oberflächentemperaturen OG

## **7.5 Versuchsauswertungen Anzahl der Anschlüsse an die Hauptleitung in Abhängigkeit der Installation**

### **7.5.1 Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse außerhalb Wandung (Brandversuch Nr. 4)**

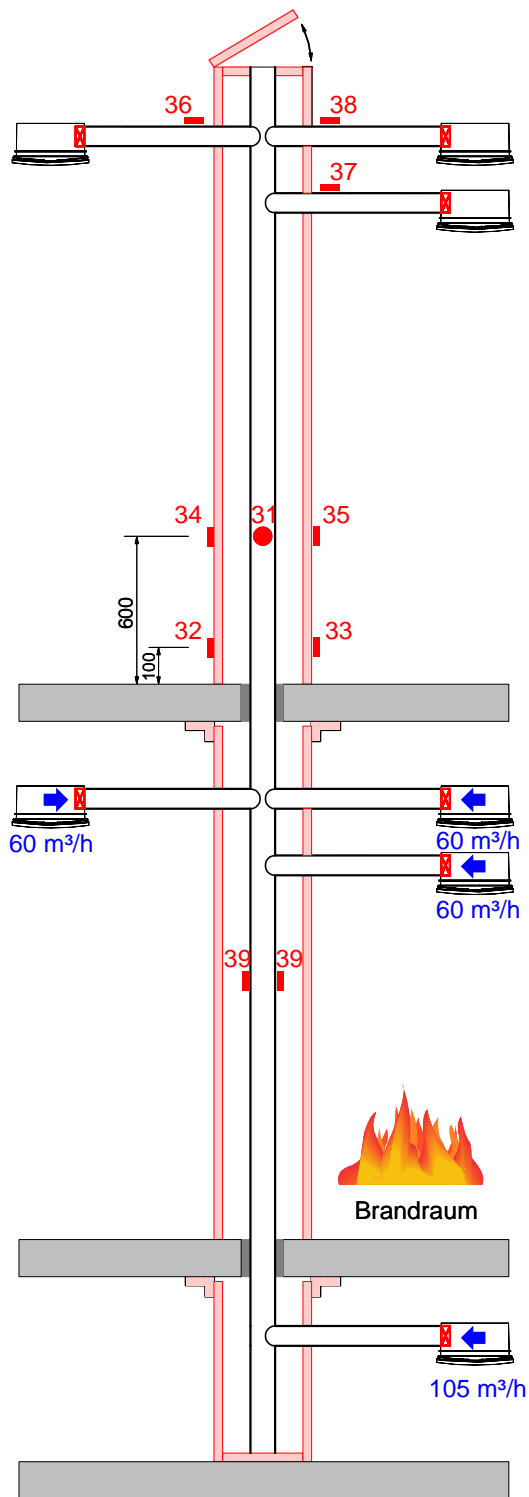
Die Abbildung 149 zeigt den Versuchsaufbau mit zwei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung rechts) und mit drei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung links). An allen Anschlüssen befinden sich die Lüfter außerhalb der Wandung; alle Lüfter sind mit einer Absperrvorrichtung ausgestattet. Der Rohrdurchmesser beider Hauptleitungen ist gleich.

Im Untergeschoss ist bei beiden Versuchen nur ein Lüfter angeordnet, der jedoch bei dem Aufbau mit zwei Anschlüssen 70 m<sup>3</sup>/h und bei dem Aufbau mit drei Anschlüssen 105 m<sup>3</sup>/h förderte; diese Förderleistung entspricht in etwa der Grundleistung nach DIN 18017-3 [24] für zwei, bzw. drei Einzellüfter. Diese Einstellung unterstellt, dass sich im Untergeschoss alle zwei, bzw. drei Lüfter in Betrieb befinden. Im übertragenen Sinne kann man ebenfalls unterstellen, dass sich unterhalb des Brandraums zwei Geschosse, bzw. drei Geschosse mit jeweils einem sich in Betrieb befindlichen Lüftern befinden.

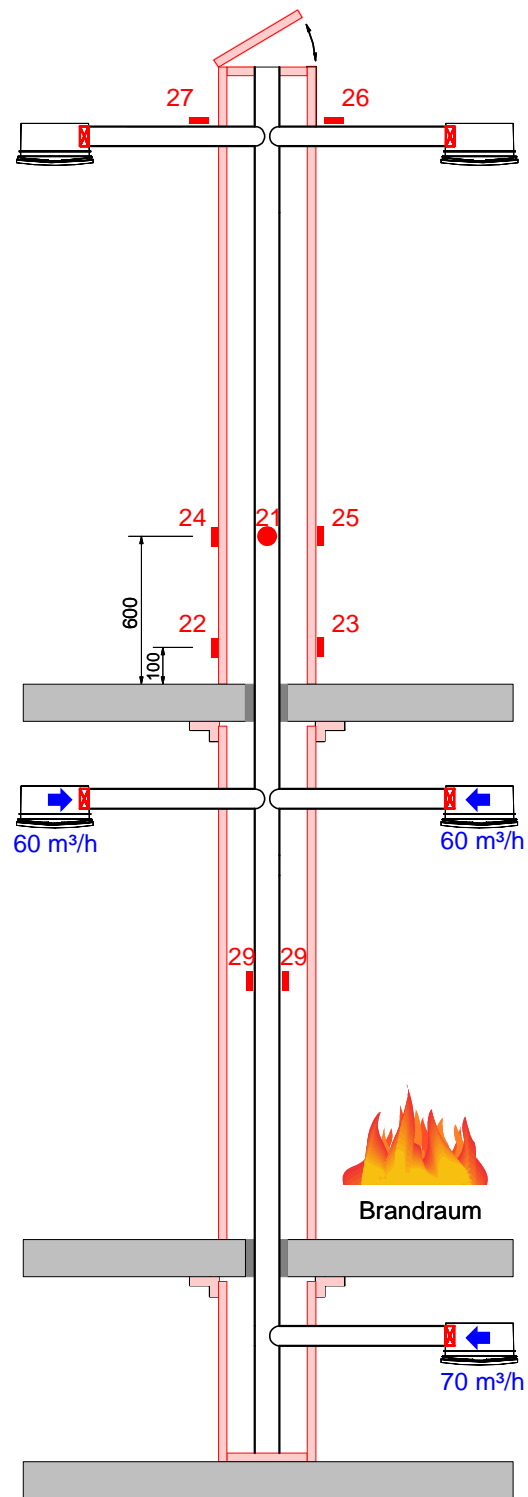
Alle Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 60 m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus.

Die Auswirkung der Anzahl der Anschlüsse wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Anschlussleitungen im Obergeschoss bewertet.





Schacht mit 3 Anschlüssen außerhalb der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr.4)



Schacht mit 2 Anschlüssen außerhalb der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr.4)

Abbildung 149: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Lüfter außerhalb der Wandung

In der nachfolgende Abbildung 150 sind die Lufttemperaturen der beiden Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums dargestellt.

Zunächst wäre die Vermutung naheliegend, dass die Anzahl der Anschlüsse im Brandraum den größten Einfluss auf die Temperaturen im Obergeschoss nimmt. Da jedoch die Temperatur bei drei Anschlüssen niedriger ist als bei zwei Anschlüssen lässt sich daraus folgern, dass das Fördervolumen der Ventilatoren in dem darunterliegenden Geschoss einen höheren Einfluss nimmt. In dem direkten Vergleich sind dies 70 m<sup>3</sup>/h Fördervolumen gegenüber 105 m<sup>3</sup>/h Fördervolumen.

Da bei allen Anschlussleitungen die Absperrvorrichtungen in den Lüftern auslösten, ist im Brandraum von einem geschlossenen System auszugehen; es dringt kein Brandgas (in Form von Masse) in die Hauptleitung ein. Die Leckage der Absperrvorrichtungen ist vernachlässigbar. Es findet lediglich eine Wärmeübertragung statt.

Der zweifache Temperaturausschlag bei MS31 ist auf ein verzögertes und ungleichmäßiges Schließen der Absperrvorrichtungen im Brandraum zurückzuführen.

Der Temperaturanstieg ab der 85. Minute resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist somit nicht mehr möglich.

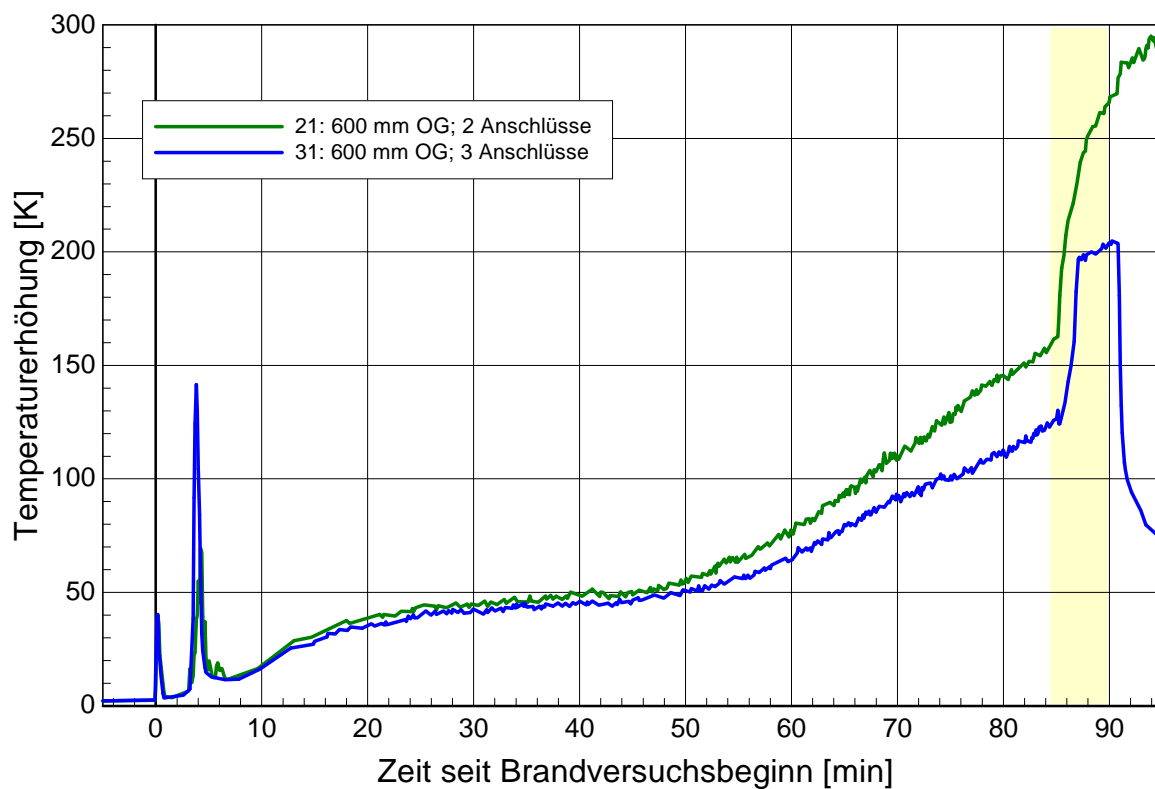


Abbildung 150: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Lufttemperaturen 600 mm OG

An der Abbildung 151, Abbildung 152 und Abbildung 153 ist die vorbeschriebene Temperaturdifferenz gleichermaßen zu erkennen. Die Temperaturen sind - bedingt durch den Wärmedurchgang durch die Schachtwand (Promatect LS 35) - geringer.

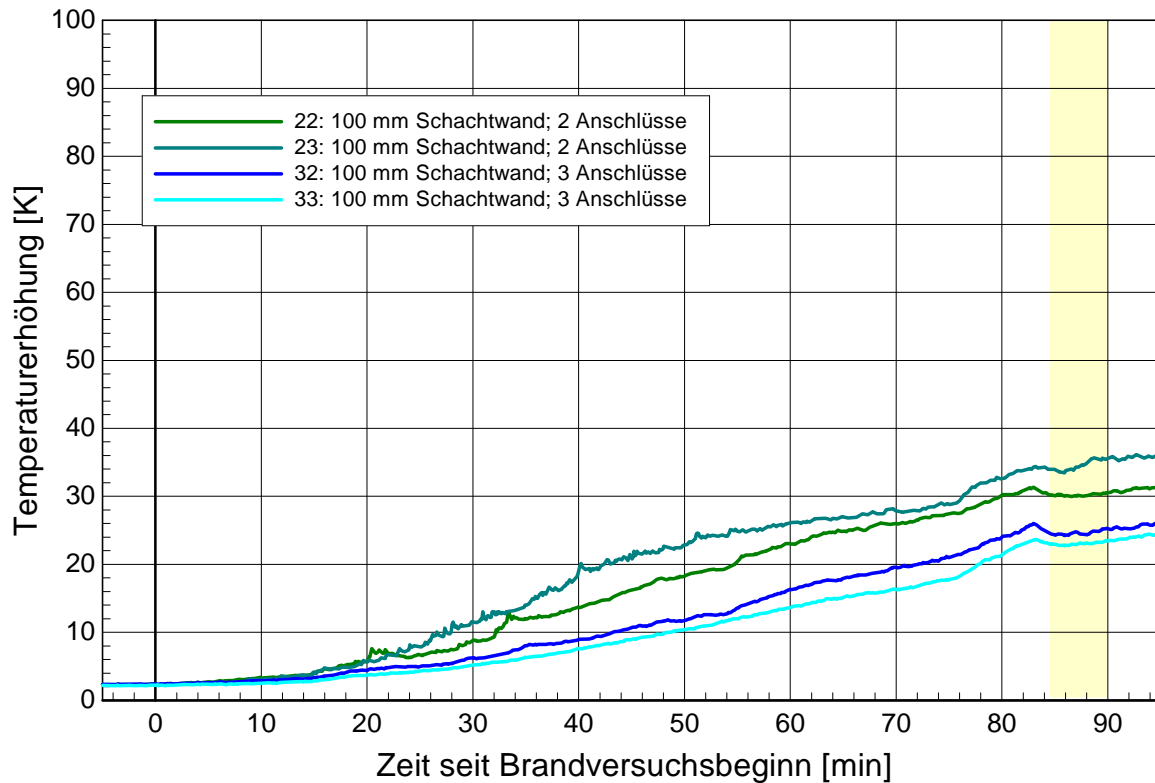


Abbildung 151: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

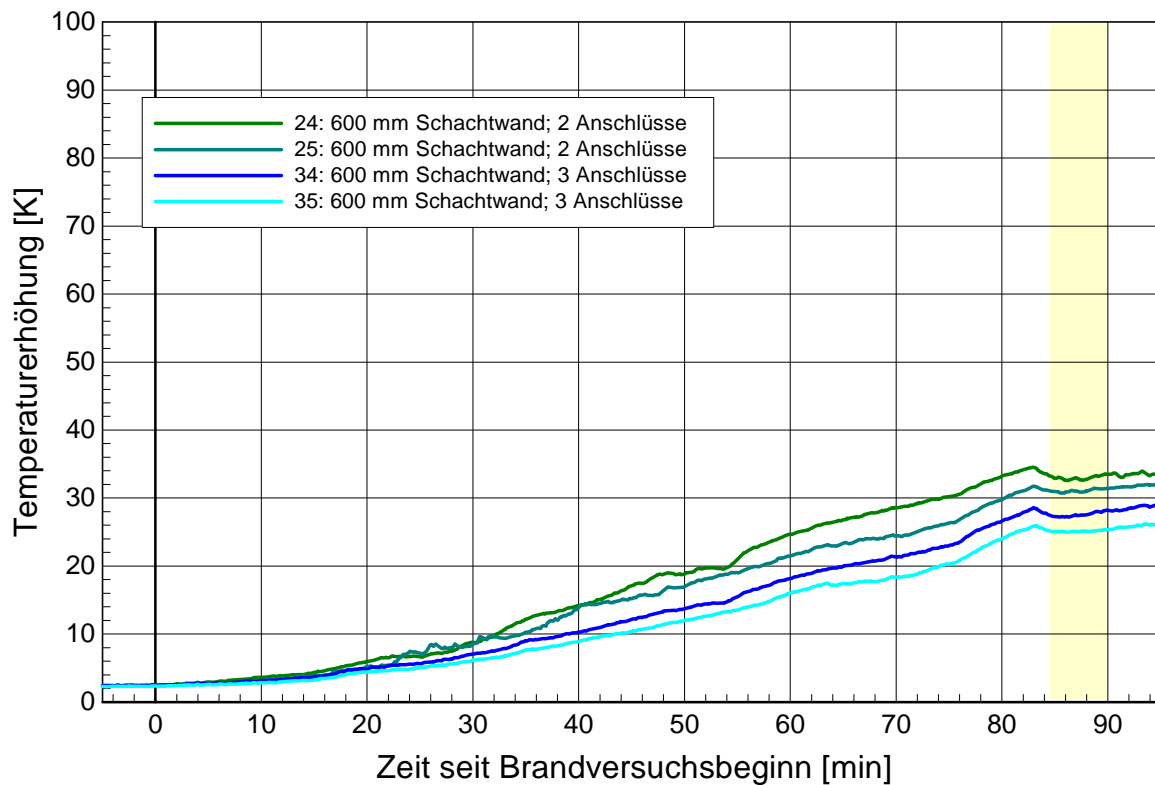


Abbildung 152: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG

Die Abbildung 153 zeigt die Temperaturänderung auf der Anschlussleitung aus Stahl-Wickelfalzrohr. Im Vergleich zu der Abbildung 151 und Abbildung 152 sind diese Temperaturen höher als auf der Brandschutzbauplatte.

Es ist zu beobachten, dass die Temperaturmessstelle MS36 bei dem System mit drei Anschlussleitungen im Vergleich zu zwei Anschlussleitungen höher ist. Dies ist auf eine nicht gleichmäßige Luftverteilung innerhalb der Strömung zurückzuführen. Beim Vergleich der Temperaturmessstellen bei dem System mit drei Anschlussleitungen ist eine Temperaturdifferenz von ca. 10 K zu beobachten; gleiche Differenz ist bei dem System mit zwei Anschlussleitungen feststellbar. Insofern liegt diese Temperaturerhöhung innerhalb der vergleichbaren Differenzen.

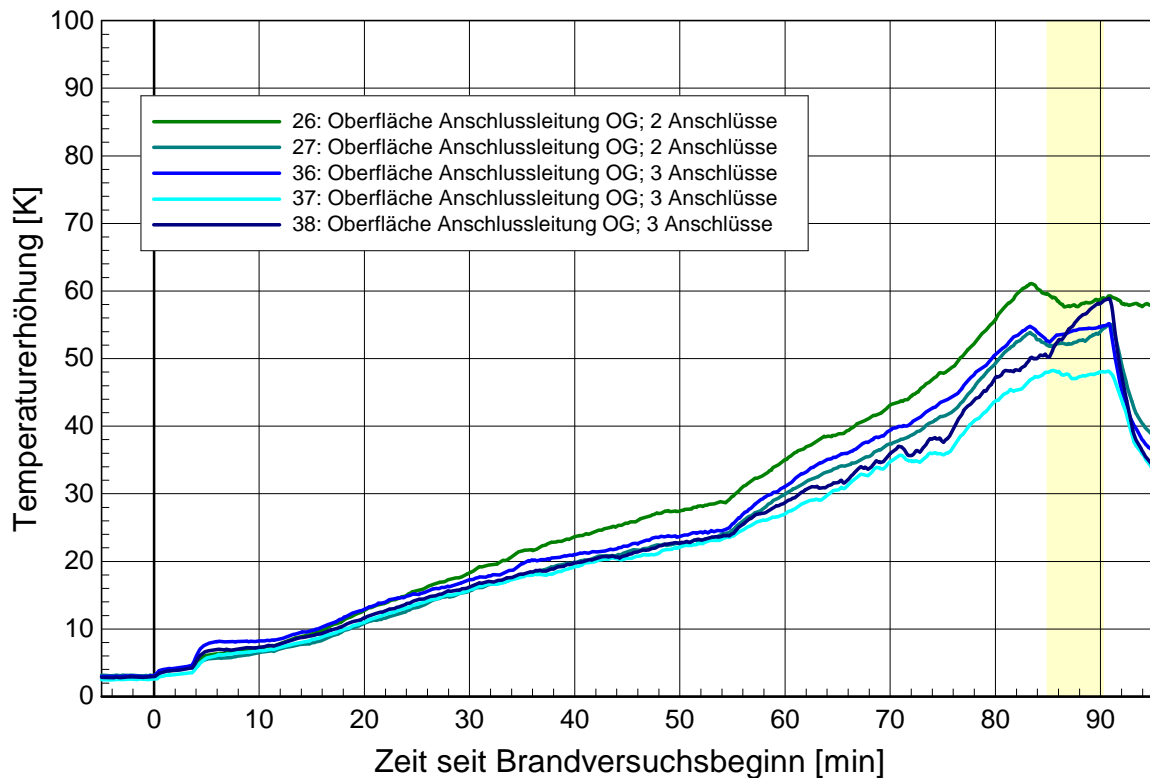


Abbildung 153: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Oberflächentemperaturen Anschlussleitung OG

### **7.5.2 Vergleich 3 Anschlüsse außerhalb und auf der Wandung (Brandversuch Nr. 4)**

Die Abbildung 154 zeigt den Versuchsaufbau mit drei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung links) außerhalb der Wandung und mit drei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung rechts) auf der Wandung; alle Lüfter sind mit einer Absperrvorrichtung ausgestattet. Der Rohrdurchmesser beider Hauptleitungen ist gleich.

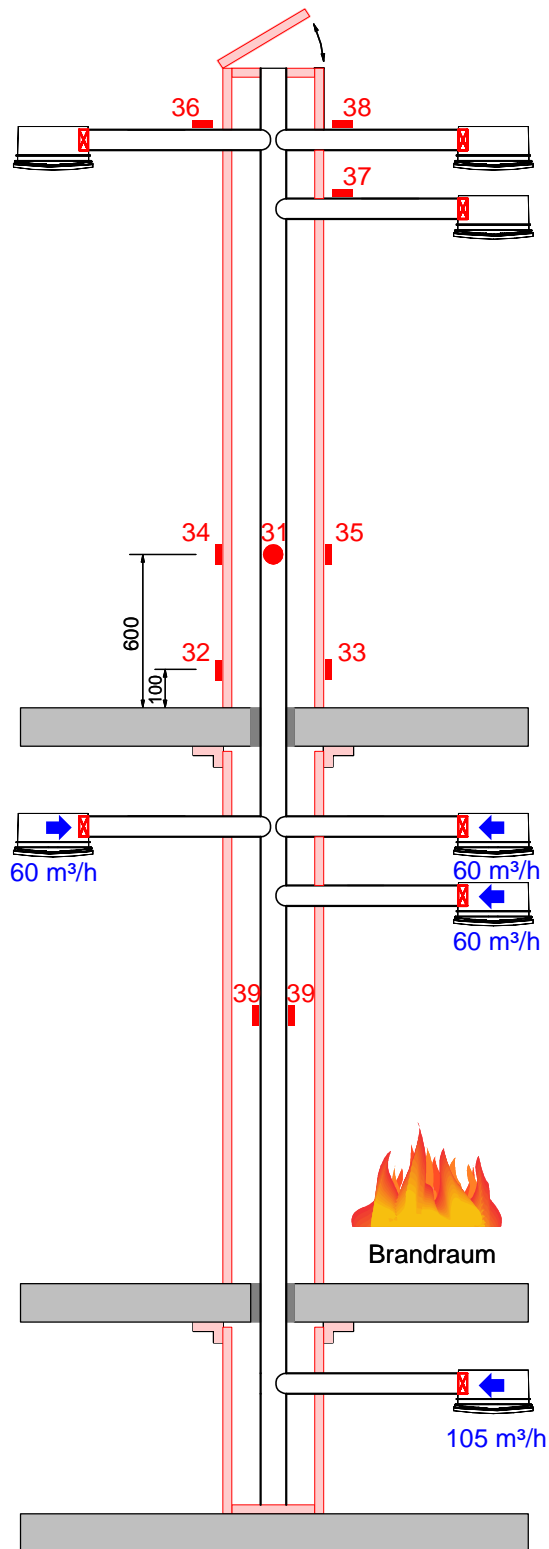
Bei dem Versuchsaufbau außerhalb der Wandung wurde das Stahl-Wickelfalzrohr bis an die Hauptleitung geführt, während bei dem Aufbau auf der Wandung der Anschluss mit Aluflexrohr erfolgte. (Anmerkung: Bei diesem Versuch ist das Aluflexrohr innerhalb des Schachtes nicht weggeschmolzen).

Der Versuchsaufbau mit drei Anschlüssen außerhalb der Wandung entspricht Punkt 7.5.

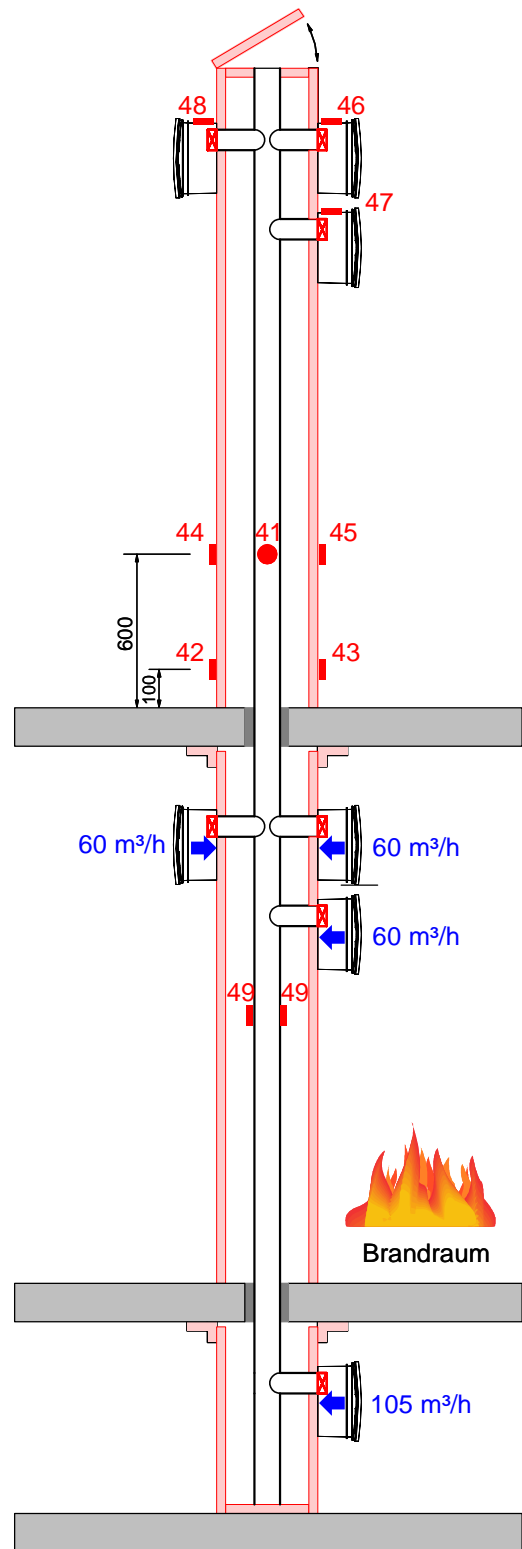
Im Untergeschoss ist bei beiden Versuchen nur ein Lüfter angeordnet, der bei beiden Aufbauten 105 m<sup>3</sup>/h förderte; diese Förderleistung entspricht in etwa der Grundleistung nach DIN 18017-3 [24] für drei Einzellüfter.

Alle Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 60 m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus.

Die Auswirkung der Anordnung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Gehäusen im Obergeschoss bewertet.



Schacht mit 3 Anschlüssen außerhalb der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr. 4)



Schacht mit 3 Anschlüssen auf der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr. 4)

Abbildung 154: Vergleich 3 Anschlüsse – Lüfter außerhalb und auf der Wandung

Die nachfolgende Abbildung 155 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums.

Da bei beiden Versuchsaufbauten der Lüfter im Untergeschoss den gleichen Volumenstrom von 105 m<sup>3</sup>/h fördert, nimmt bei diesem Vergleich das Fördervolumen keinen Einfluss auf die Temperaturen wie unter Punkt 7.5 in Abbildung 150 beobachtet. Bezüglich des Mischungsverhältnisses der Luftströme herrschen gleiche Bedingungen.

Bei diesen Versuchsaufbauten lösten ebenfalls alle Absperrvorrichtungen im Brandraum aus, so dass hier zunächst ebenfalls das geschlossene System zugrunde zu legen ist. Einziger Unterschied ist somit die Anordnung der Lüftungsgeräte mit außerhalb und auf der Wandung sowie des unterschiedlichen Anschlusses (Wickelfalzrohr – Aluflexrohr) an die Hauptleitung.

Bei der Anordnung auf der Wandung ist entsprechend Abbildung 155 ein stärkerer Temperaturanstieg als bei der Anordnung außerhalb der Wandung festzustellen. Die Absperrvorrichtungen sind bei allen Geräten direkt am Lüfter angeordnet und es sind alle Lüfter mit Absperrvorrichtung des gleichen Fabrikats ausgestattet. Im Vergleich der Messstellen MS39 und MS49 entsprechend Abbildung 164 sind die Temperaturen bis zur ca. 50 Minute (ab der 50. Minute Ausfall der MS49) gleich, so dass der Temperatureintrag über die Absperrvorrichtungen erfolgen muss.

Der zweifache Temperatureintrag bei MS31 ist auf ein verzögertes und ungleichmäßiges Schließen der Absperrvorrichtungen im Brandraum zurückzuführen.

Der Temperaturanstieg ab der 85. Minute resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist hierdurch unterbunden.

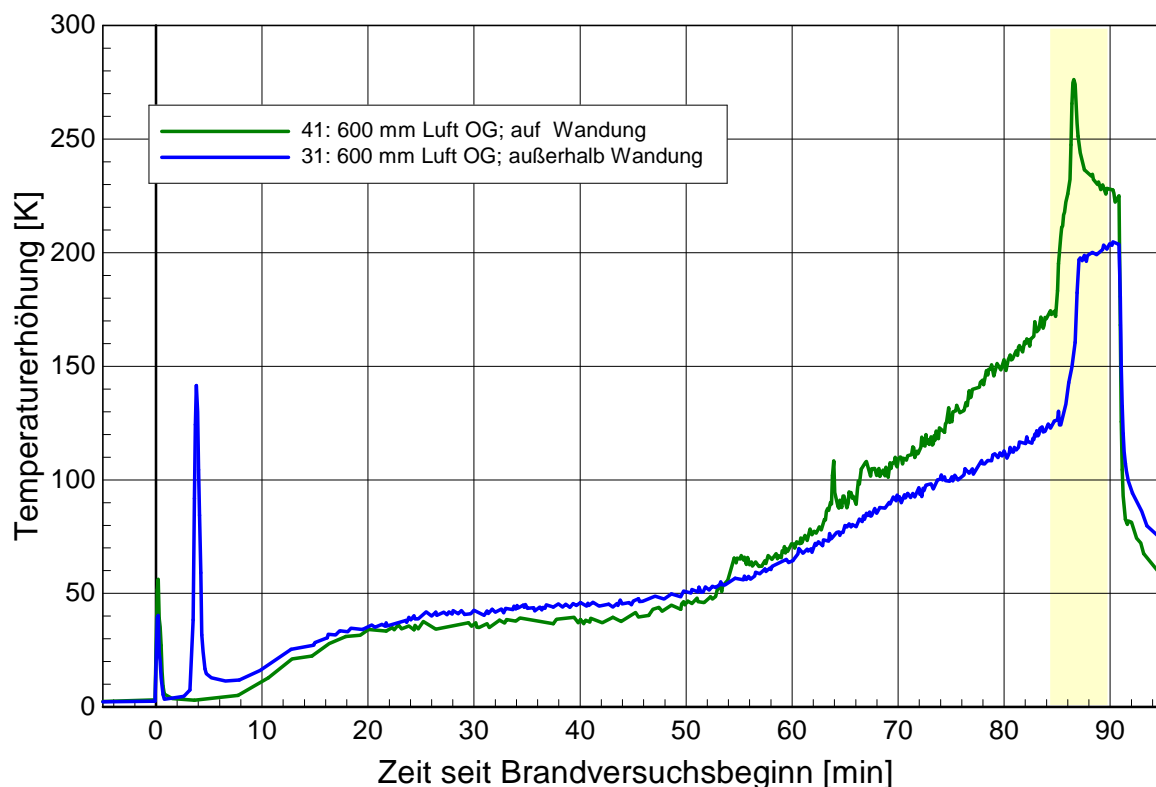


Abbildung 155: Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG

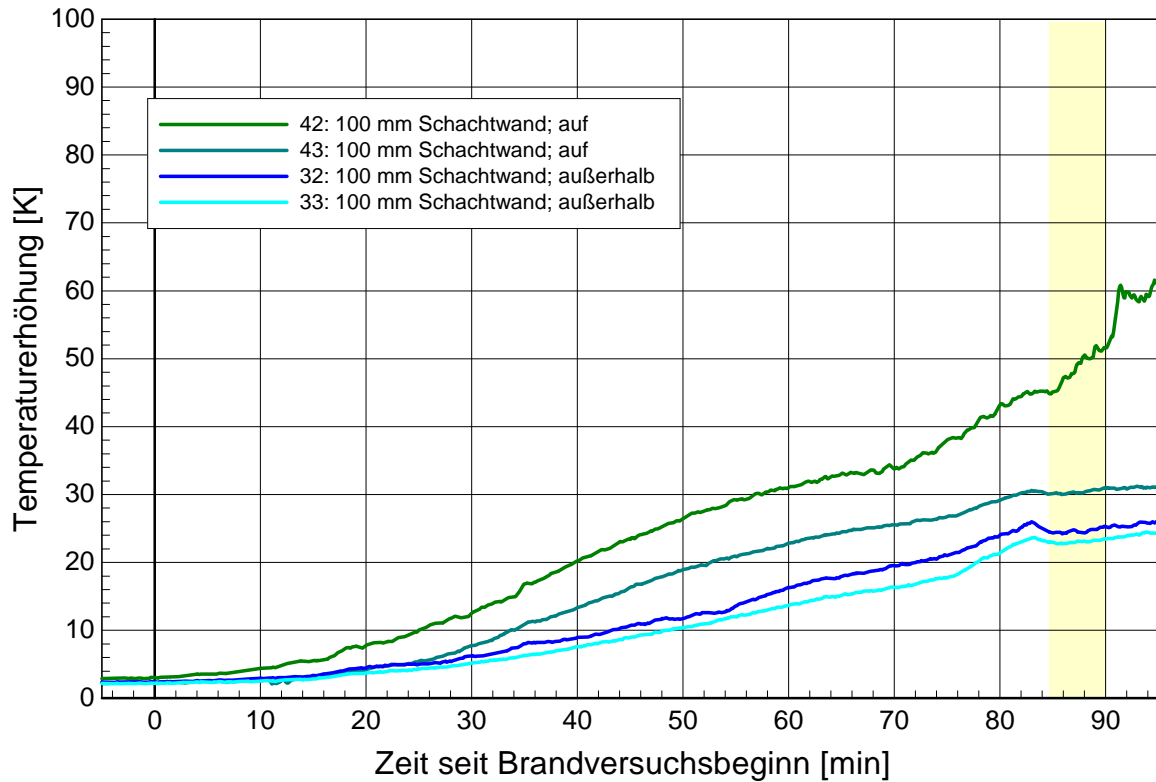


Abbildung 156: Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

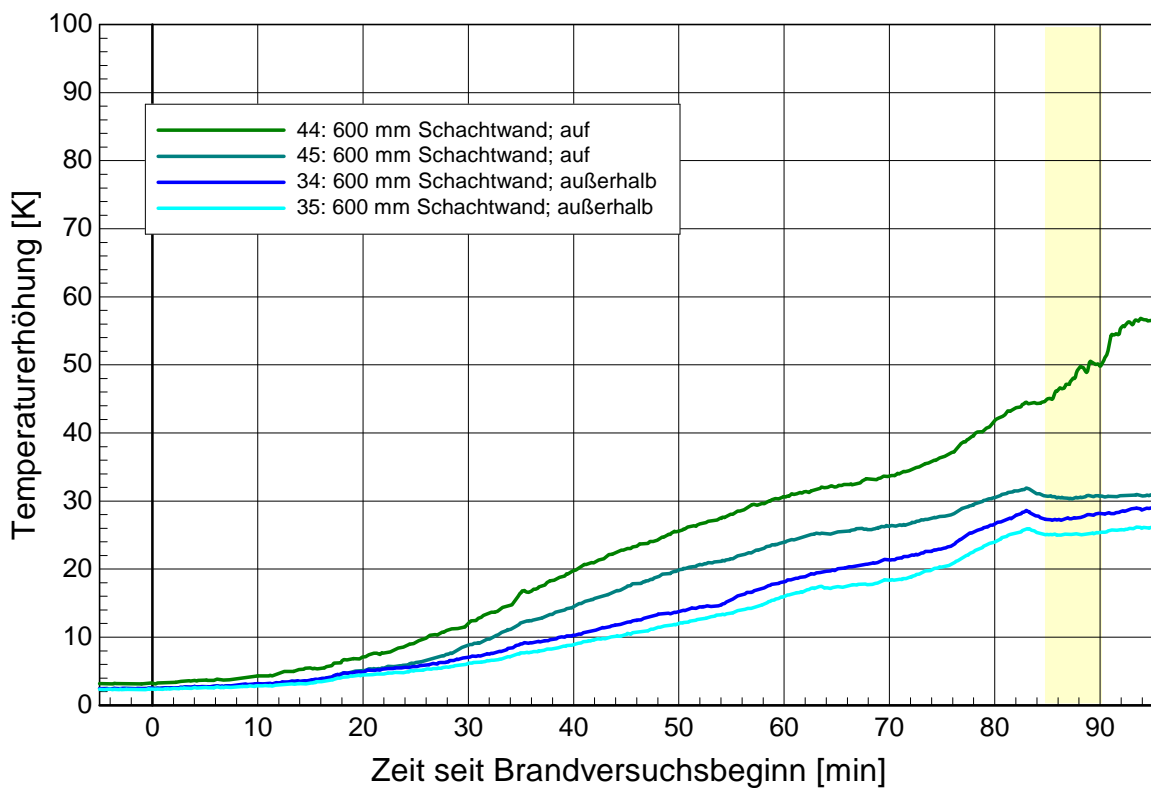


Abbildung 157: Vergleich außerhalb auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG



An der Abbildung 156, Abbildung 157 und Abbildung 158 ist die vorbeschriebene Temperaturdifferenz gleichermaßen zu erkennen. Die Temperaturen sind bedingt durch den Wärmedurchgang durch die Schachtwand (Promatect LS 35) geringer.

Entsprechend Abbildung 158 ist zu erkennen, dass im Gegensatz zu den vorigen Abbildungen bei dem Versuchsaufbau mit Lüftern außerhalb die Temperaturen auf der Anschlussleitung höher sind. Die Temperaturmessstellen waren bei der Anordnung außerhalb der Wandung direkt auf dem Stahl-Wickelfalzrohr befestigt und bei der Anordnung auf der Wandung auf dem Gehäuse, bei beiden Aufbauten jeweils 50 mm von der Wandung entfernt. Die niedrigeren Temperaturen bei der Messung auf dem Gehäuse sind darauf zurückzuführen, dass das Gehäuse keinen direkten Kontakt mit dem Brandgas – im Gegensatz zu dem Stahl-Wickelfalzrohr – hat; zwischen Messfühler befindet sich ein Luftpolster im inneren des Gehäuses.

Die unterschiedlichen Ausgangstemperaturen bei Abbildung 158 sind ebenfalls auf die unterschiedlichen Materialeigenschaften zurückzuführen.

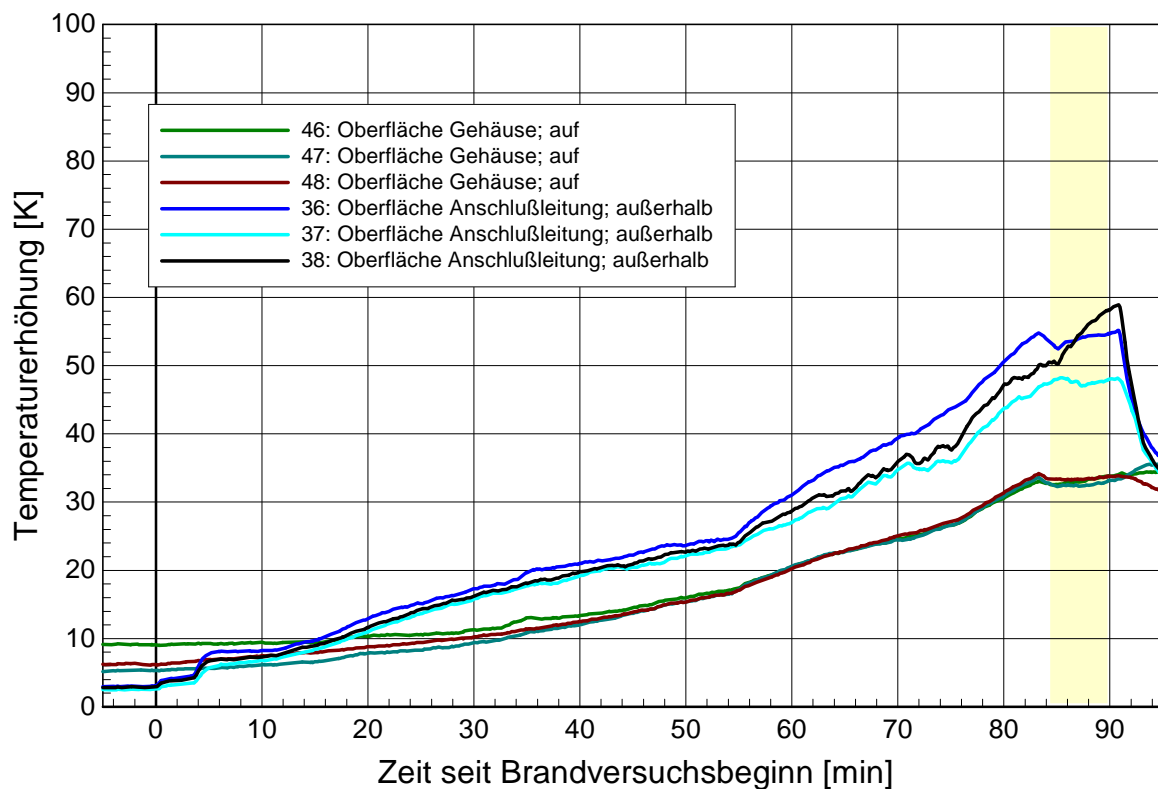


Abbildung 158: Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Anschlussleitung , bzw. Gehäuse OG

### **7.5.3 Vergleich; drei Anschlüsse auf der Wandung und in der Wandung (Brandversuch Nr. 4)**

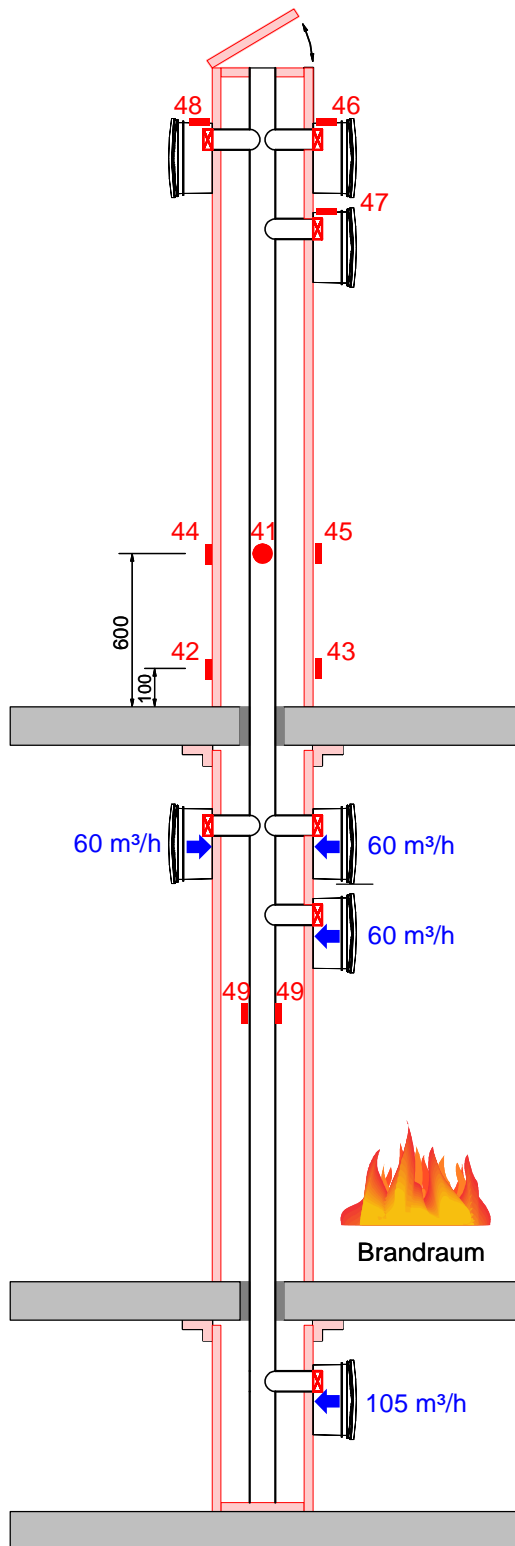
Die Abbildung 159 zeigt den Versuchsaufbau mit drei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung links) auf der Wandung und mit drei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung rechts) in der Wandung; alle Lüfter sind mit einer Absperrvorrichtung ausgestattet. Bei dem Versuchsaufbau in der Wandung erfolgt die Ausführung mit einem Gehäuse aus Brandschutzbauplatten und Zweitraumanschluss. Der Anschluss an die Hauptleitung innerhalb des Schachtes erfolgte bei beiden Versuchen mit Aluflexrohr.

Der Versuchsaufbau mit drei Anschlüssen auf der Wandung entspricht Punkt 7.5.2.

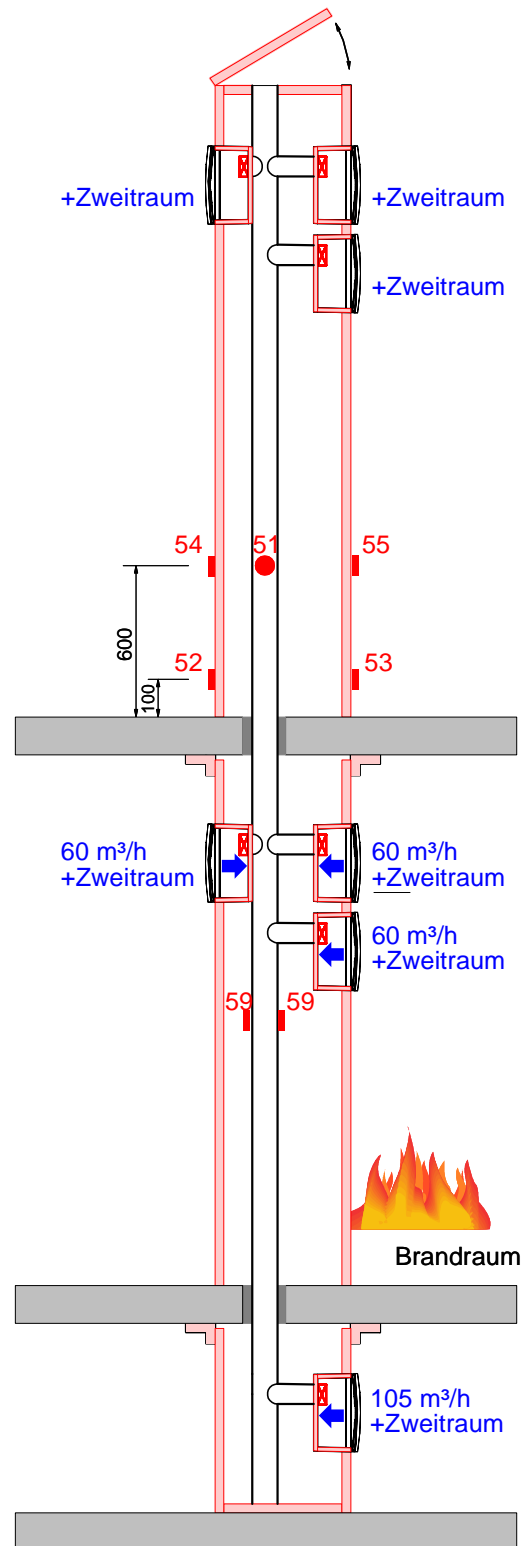
Im Untergeschoss ist bei beiden Versuchen nur ein Lüfter angeordnet, der bei beiden Aufbauten 105 m<sup>3</sup>/h förderte; diese Förderleistung entspricht in etwa der Grundleistung nach DIN 18017-3 für drei Einzellüfter.

Alle Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 60 m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus.

Die Auswirkung der Anordnung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Gehäusen im Obergeschoss bewertet.



Schacht mit 3 Anschlüssen auf der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr. 4)



Schacht mit 3 Anschlüssen in der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr. 4)

Abbildung 159: Vergleich 3 Anschlüsse – Lüfter auf und in der Wandung

Die nachfolgende Abbildung 161 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums.

Da bei beiden Versuchsaufbauten der Lüfter im Untergeschoss den gleichen Volumenstrom von 105 m<sup>3</sup>/h fördert, nimmt bei diesem Vergleich das Fördervolumen keinen Einfluss auf die Temperaturen wie unter Punkt 7.5 in Abbildung 150 beobachtet. Bezüglich des Mischungsverhältnisses der Luftströme herrschen gleiche Bedingungen.

Bei diesen Versuchsaufbauten lösten ebenfalls alle Absperrvorrichtungen im Brandraum aus, so dass hier zunächst ebenfalls das geschlossene System zugrunde zu legen ist. Einziger Unterschied ist somit die Anordnung der Lüftungsgeräte mit auf und in der Wandung sowie der Zweitraumanschluss. Bei beiden Versuchen erfolgte der Anschluss an die Hauptleitung innerhalb des Schachtes mit Aluflexrohr. Bei der Anordnung innerhalb des Schachtes war zu beobachten, dass zwei Aluflex-Anschlüsse wegschmolzen und sich lösten, so dass hier eine indirekte Trennung zum Brandraum bestand; die Trennung wird als indirekt bezeichnet, da sich der Anschluss innerhalb des Schachtes löste und somit nur Brandgas aus dem Schacht nachströmen konnte.

Bei der Anordnung in der Wandung ist entsprechend Abbildung 161 ein stärkerer Temperaturanstieg als bei der Anordnung auf der Wandung festzustellen. Die Absperrvorrichtungen sind bei allen Geräten direkt am Lüfter angeordnet und es sind alle Lüfter mit Absperrvorrichtung des gleichen Fabrikats ausgestattet; Ursache für den höheren Temperaturanstieg ist in drei Punkten zu sehen:

- Brandschutzgehäuse
- Zweitraumanschluss
- Lösen des Aluflexrohres

Durch die Anordnung in der Schachtwand wird eine Öffnung in der Größe des Gehäuses in der Schachtwand hergestellt; die sonst übliche Materialstärke der Brandschutzbauplatte aus 35 mm wird durch das Gehäuse aus einer dünneren Brandschutzbauplatte (in der Regel zwischen 12 bis 20 mm) jedoch mit höherer Rohdichte ersetzt; da das Gehäuse in den Schacht einsteht, bildet zusätzlich eine größere Oberfläche für den Abschluss zum Brandraum. Während des Versuchs verbrennt der Lüfter, so dass das Brandschutzgehäuse mit der Absperrvorrichtung direkt der Beflammung des Brandraumes ausgesetzt ist.

Der Zweitraumanschluss stellt eine Verbindung aus Stahl-Wickelfalzrohr zwischen Gehäuse, Schacht und Brandraum dar; Brandgas dringt ungehindert in das Rohr ein und gibt Wärme direkt über die Oberfläche des ungeschützten Rohres in den Schacht ab; die Absperrvorrichtung befindet sich an anderer Stelle des Brandschutzgehäuses (vgl. Abbildung 160).

Aufgrund des Lösens und Wegschmelzens des Aluflexrohres kann die höhere Temperatur innerhalb des Schachtes in die Hauptleitung nachströmen; die Menge des nachströmenden Gases ist beschränkt auf Undichtigkeiten zwischen den Anschlüssen des Brandschutzgehäuses sowie des Zweitraumanschlusses an die Schachtwand und Leckagen des Schachtes selbst. Da Aluminium erst ab einer Temperatur oberhalb von 660°C [59] zu schmelzen beginnt, kann das festgestellte Schmelzen unter Berücksichtigung der Temperaturen innerhalb des Schachtes im Brandraum entsprechend Abbildung 164 erst ab der ca. 75. Minute stattgefunden haben. Entsprechend der Abbildung 161 ist jedoch kein Temperaturschlag durch eine rasch ansteigende Temperaturkurve zu erkennen, so dass davon auszugehen ist, dass das Lösen, bzw. Schmelzen des Aluflexrohres keinen nachteiligen Einfluss auf die Temperaturentwicklung nahm.

Der Temperaturanstieg ab der 85. Minute resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist somit nicht mehr möglich.

An der Abbildung 162 und Abbildung 163 ist die vorbeschriebene Temperaturdifferenz gleichermaßen zu erkennen. Die Temperaturen sind bedingt durch den Wärmedurchgang durch die Schachtwand (Promatect LS 35) geringer.

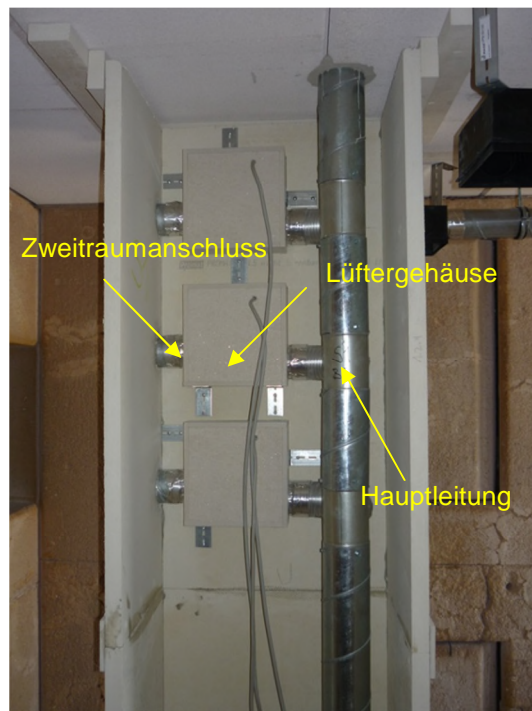
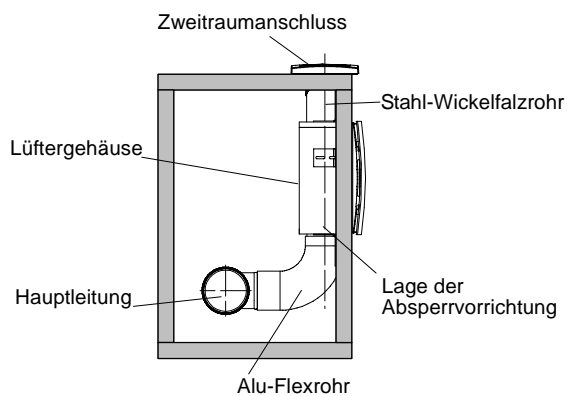


Abbildung 160: Lüfter in der Wandung – Darstellung Anschlüsse

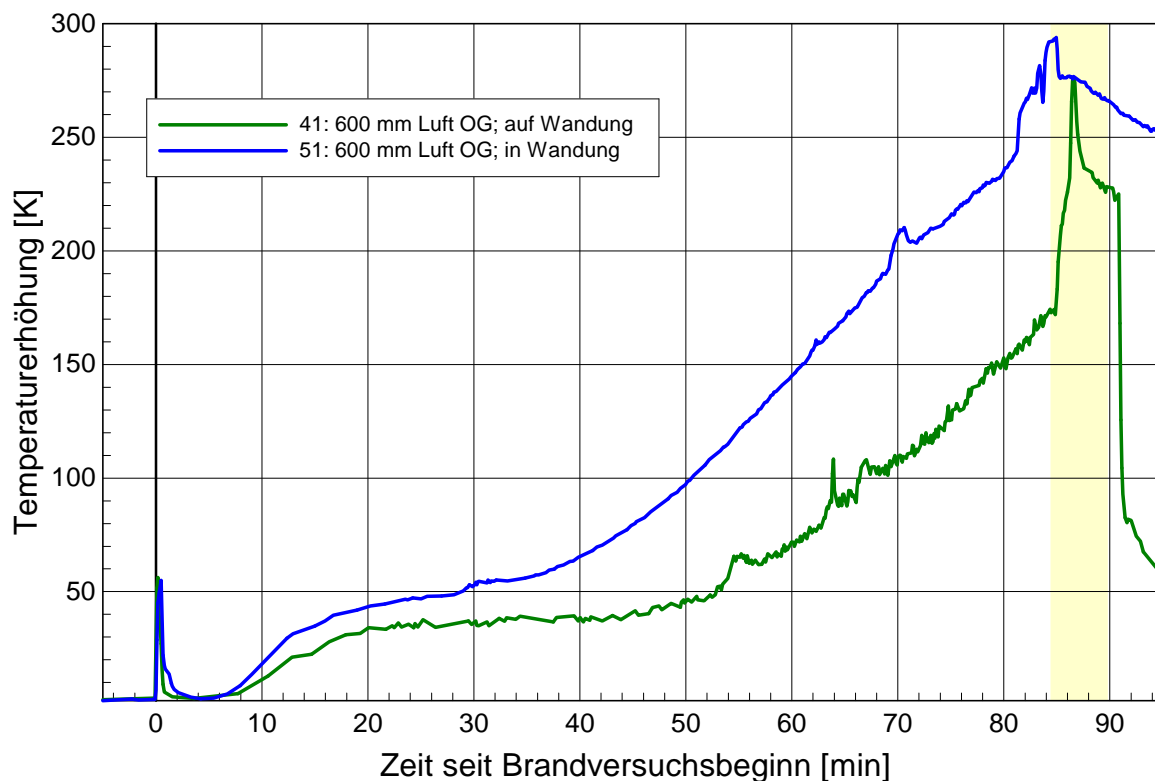


Abbildung 161: Vergleich auf und in der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG

Die Temperaturen an den Messstellen 53 und 55 (Versuch mit Anordnung innerhalb der Wandung) fallen im Vergleich geringer aus; dies ist bedingt durch den Abstand der Hauptleitung zu der Schachtwand im Gegensatz zu den gegenüberliegenden Vergleichsmessstellen wie in Abbildung 159 zu erkennen. Die Luft innerhalb des Schachtes wirkt als Dämmung. Auf die Darstellung der Temperaturen oberhalb der Lüfter im Obergeschoss wurde verzichtet, da bei den beiden Versuchsaufbauten an unterschiedlichen Stellen gemessen wurde, so dass kein direkter Vergleich gezogen werden kann.

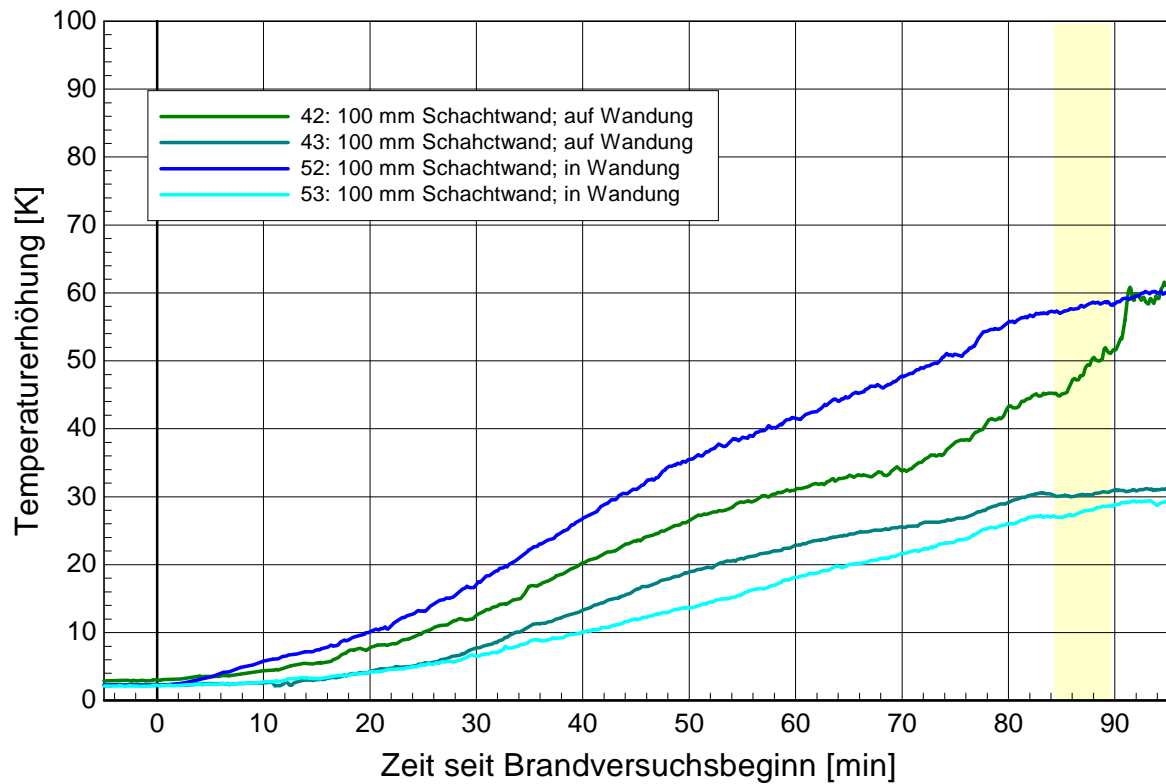


Abbildung 162: Vergleich auf und in der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

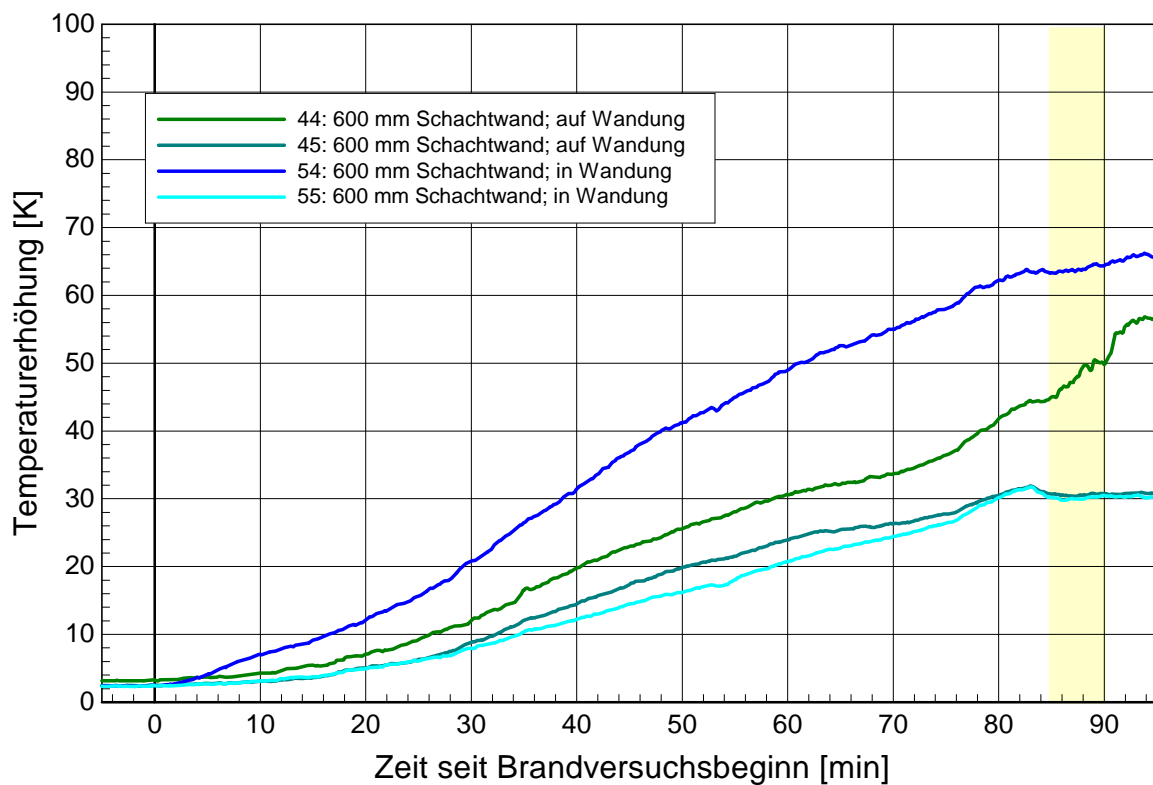


Abbildung 163: Vergleich außerhalb auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG

#### 7.5.4 Vergleich; Temperatureintrag in den Schacht bei unterschiedlichen Anschlüssen (Brandversuch Nr. 4)

Die Abbildung 164 zeigt einen Vergleich der Oberflächentemperaturen auf der Hauptleitung im Schacht im Brandraum (halbe Höhe) bei den vorherbeschriebenen und analysierten Anschlussmöglichkeiten der Lüftungsgeräte; die Lage der Messstellen ist der Abbildung 149, Abbildung 154 und Abbildung 159 zu entnehmen. Es waren jeweils zwei Messstellen gegenüberliegend angebracht; in der Darstellung wird auf die Unterscheidung verzichtet, so dass die Messstellen eines darzustellenden Anschlusstyps in gleicher Farbe dargestellt sind.

Bei dem Versuchsaufbau drei Anschlüsse außerhalb der Wandung (MS49) fiel ab der 50. Minute das Messgerät aus, jedoch ist eine Tendenz des Temperaturanstiegs zu erkennen.

Die Messstellen geben die Oberflächentemperaturen außen auf der Hauptleitung wieder; die Hauptleitung wird durchströmt mittels des Luftstromes der Lüfter im Untergeschoss, so dass die Hauptleitung durch diesen Luftstrom gekühlt wird. Die Temperatur innerhalb des Schachtes im Brandraum ergibt sich durch den Wärmedurchgang durch die Brandschutzbauplatten (Schachtwandung) und Undichtigkeiten zwischen den Anschlüssen der Anschlussleitungen, bzw. der Brandschutzgehäuse mit Zweitraumanschluss und Leckagen des Schachtes selbst. Mit ansteigender Temperatur im Brandraum vergrößern sich erfahrungsgemäß diese Leckagen.

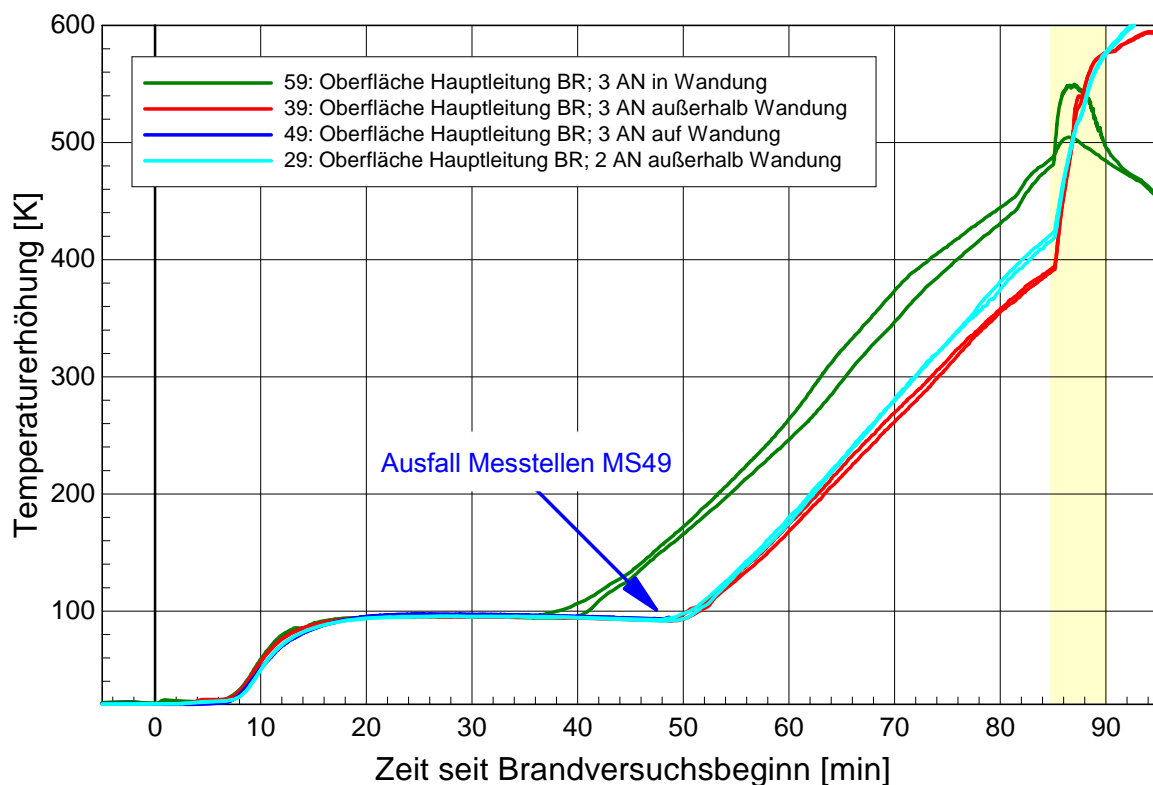


Abbildung 164: Vergleich Anschlussvarianten – Oberflächentemperaturen Hauptleitung im Brandraum

Zwischen der 10. bis zur 50. Minute ist die bei Brandschutzbauplatten übliche Wasserhaltelinie zu erkennen. In dieser Zeit wird das in den Platten gebundene Wasser „herausgekocht“; dieser entstehende Wasserdampf führt zu einem „gleichbleibenden Kühleffekt“, so dass in dieser Zeit kein Temperaturanstieg stattfindet. Nach Verdampfen des gebundenen Wassers setzt sich der Temperaturanstieg, bedingt durch den Wärmedurchgang durch das Plattenmaterial, fort.

Bei dem Versuchsaufbau innerhalb der Wandung mit dem beobachteten höchsten Temperaturanstieg endet die Wasserhaltelinie ca. zehn Minuten vor den Vergleichsversuchen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der höhere Energieeintrag in den Schacht das gebundene Wasser schneller

verdampfen. Aufgrund der Lage der Messstellen unterhalb der Aluflexrohranschlüsse macht sich eine Verformung der Verbindung an diesen Temperaturmessstellen nicht bemerkbar.

Bei dem Vergleich der Versuchsaufbauten außerhalb der Wandung mit zwei und drei Anschlussleitungen ist nur ein geringer Temperaturunterschied festzustellen: Die Temperaturen mit zwei Anschlüssen sind höher als die Temperaturen mit drei Anschlüssen. Dies ist auf das unterschiedliche nachströmende Luftvolumen ( $75\text{m}^3/\text{h}$  gegenüber  $105\text{m}^3/\text{h}$ ) aus dem Untergeschoss zurückzuführen. Hieraus kann abgeleitet werden, dass das nachströmende Luftvolumen einen größeren Einfluss auf die Temperaturen nimmt als die Anzahl der Anschlüsse.

Generell lässt sich jedoch feststellen, dass die Anordnung auf der Wandung zu einem höheren Temperaturanstieg als die Anordnung außerhalb der Wandung führt. Dies ist ein überraschendes Ergebnis, da die bislang vertretende Meinung stets die Anordnung außerhalb der Wandung als kritischere Einbausituation bewertete. Ursache hierfür liegt darin, dass bei der Anordnung auf der Wandung das Klappenblatt der Absperrvorrichtung (hier aus Metall) sich in direkter Nähe des Schachtes befindet, während hingegen sich bei der Anordnung außerhalb der Wandung zwischen Klappenblatt und Schacht ein Luftpolster befindet.



### **7.5.5 Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung (Brandversuch Nr. 2 zu Nr. 4)**

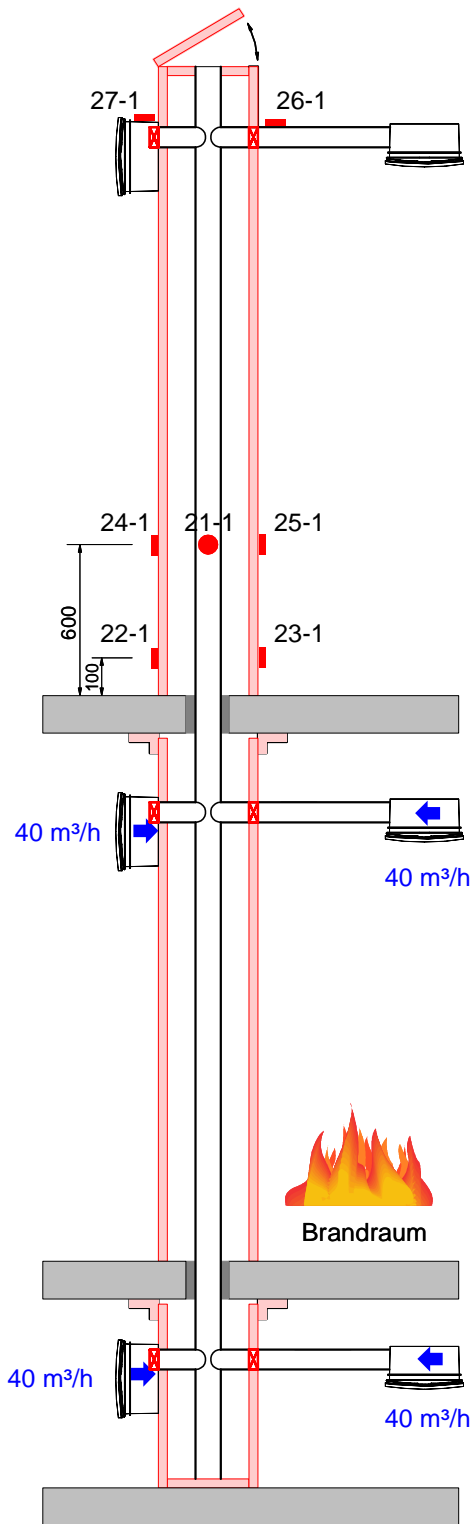
Die Abbildung 165 zeigt den Versuchsaufbau mit zwei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung links) auf der Wandung und mit drei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung rechts) auf der Wandung; alle Lüfter sind mit einer Absperrvorrichtung ausgestattet. Bei dem Versuchsaufbau links mit zwei Anschlüssen wird ebenfalls der Anschluss mit Lüfter außerhalb als auf der Wandung bewertet, da sich die Absperrvorrichtung in/auf der Wandung befindet. Bei diesem Versuchsaufbau erfolgte der Anschluss innerhalb des Schachtes mit Aluflexrohren, während er bei dem Anschluss mit drei Lüftern direkt mit Stahl-Wickelfalzrohr erfolgte. Dieser Versuch vergleicht unterschiedliche Lüfertypen mit unterschiedlichen Absperrvorrichtungen.

Der Versuchsaufbau mit drei Anschlüssen auf der Wandung entspricht Punkt 7.5.2.

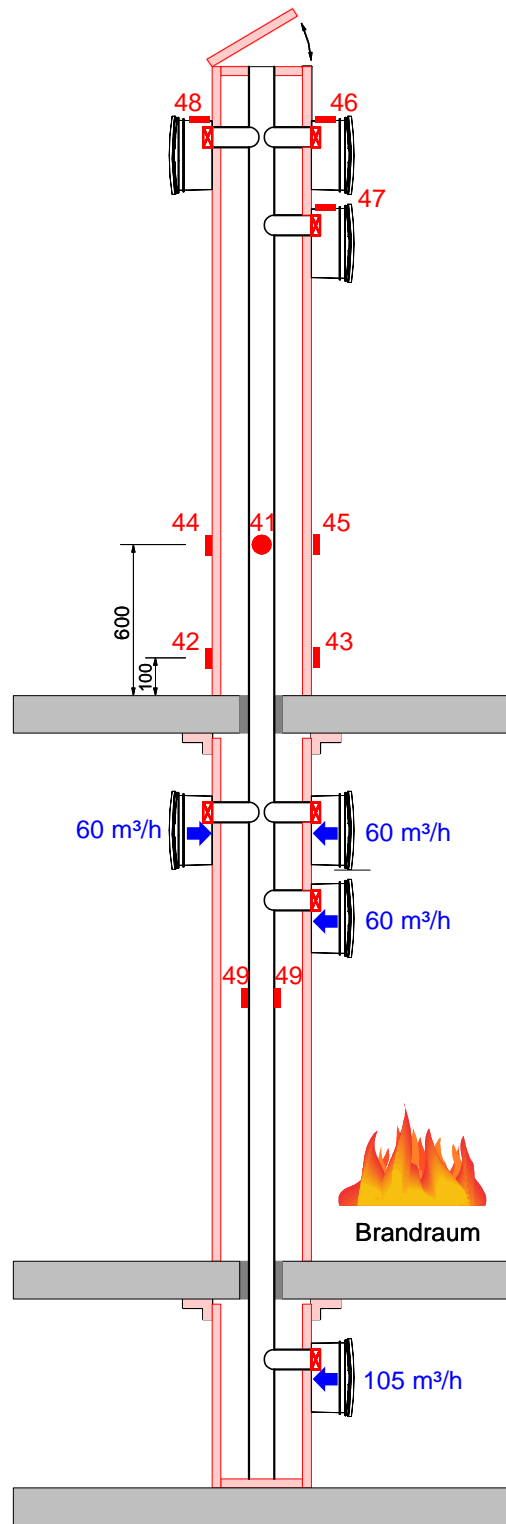
Im Untergeschoss sind bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen zwei Einzellüfter mit jeweils 40 m<sup>3</sup>/h Fördervolumen angeschlossen (Mindestvolumen nach DIN 18017-3), während bei dem Versuch mit drei Anschlüssen nur ein Lüfter mit einem Fördervolumen von 105 m<sup>3</sup>/h angeschlossen ist.

Alle Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 40m<sup>3</sup>/h, bzw. 60 m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus; so dass das unterschiedliche Fördervolumen vernachlässigt werden kann.

Die Auswirkung der Anordnung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Gehäusen im Obergeschoss bewertet.



Schacht mit 2 Anschlüssen auf der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr. 2)



Schacht mit 3 Anschlüssen auf der Wandung im Brandraum (Brandversuch Nr. 4)

Abbildung 165: Vergleich 2 Anschlüsse zu 3 Anschlüsse – Lüfter auf der Wandung

Die nachfolgende Abbildung 166 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums.

Bei diesen Versuchsaufbauten lösten alle Absperrvorrichtungen im Brandraum aus, so dass hier zunächst das geschlossene System zugrunde zu legen ist. Einziger Unterschied ist somit die Anzahl der Lüftungsgeräte, das geförderte Luftvolumen sowie der unterschiedliche Anschluss (Wickelfalzrohr – Aluflexrohr) an die Hauptleitung.

Die Fördermenge des Luftvolumens im Untergeschoss ist der Anzahl der Anschlüsse angepasst. Trotz der unterschiedlichen Lüfterausführungen mit unterschiedlichen Absperrvorrichtungen ist ein gleiches Temperaturverhalten zu erkennen. Ein geringer höherer Temperaturanstieg bei verkürzter Wasserhaltelinie ist bei dem Versuch mit drei Anschlüssen festzustellen; das höhere Luftvolumen gleicht dies nicht vollständig aus.

Der starke Temperaturanstieg entsprechend Abbildung 166 bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen in der 75. Minute ist bedingt durch ein kurzzeitiges Ausschalten der Lüfter im Untergeschoss; dieser Temperaturanstieg fällt mit Einschalten der Lüfter wieder ab. An den Oberflächentemperaturen macht sich dieser kurzzeitige Lufttemperaturanstieg nicht bemerkbar.

Der Temperaturanstieg ab der 85. Minute resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist somit nicht mehr möglich.

Die unterschiedlichen Ausgangstemperaturen bei Versuchsbeginn resultieren aus den unterschiedlichen Umgebungstemperaturen beider Versuche.

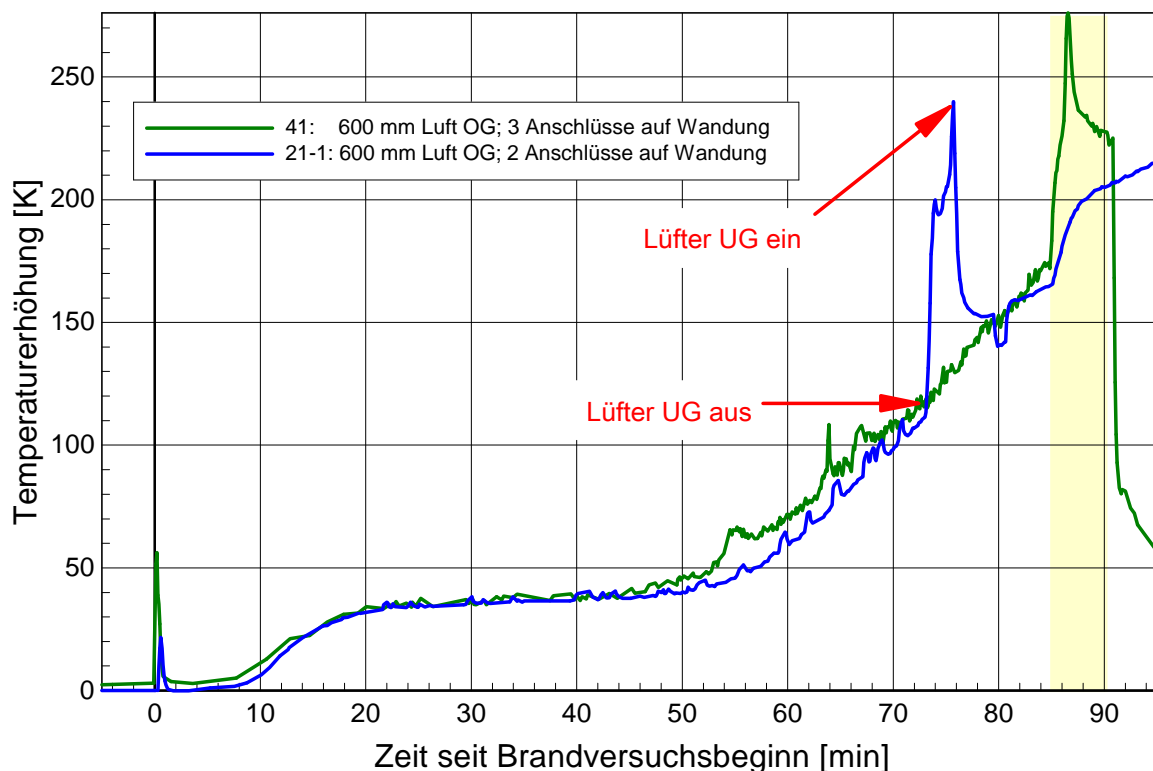


Abbildung 166: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG

An der Abbildung 167, Abbildung 168 und Abbildung 169 ist eine ähnliche Temperaturdifferenz zwischen beiden Versuchsaufbauten zu erkennen (Anmerkung: unterschiedliche Skalierung ist zu beachten). Schwankungen resultieren aus den unterschiedlichen Versuchsaufbauten.

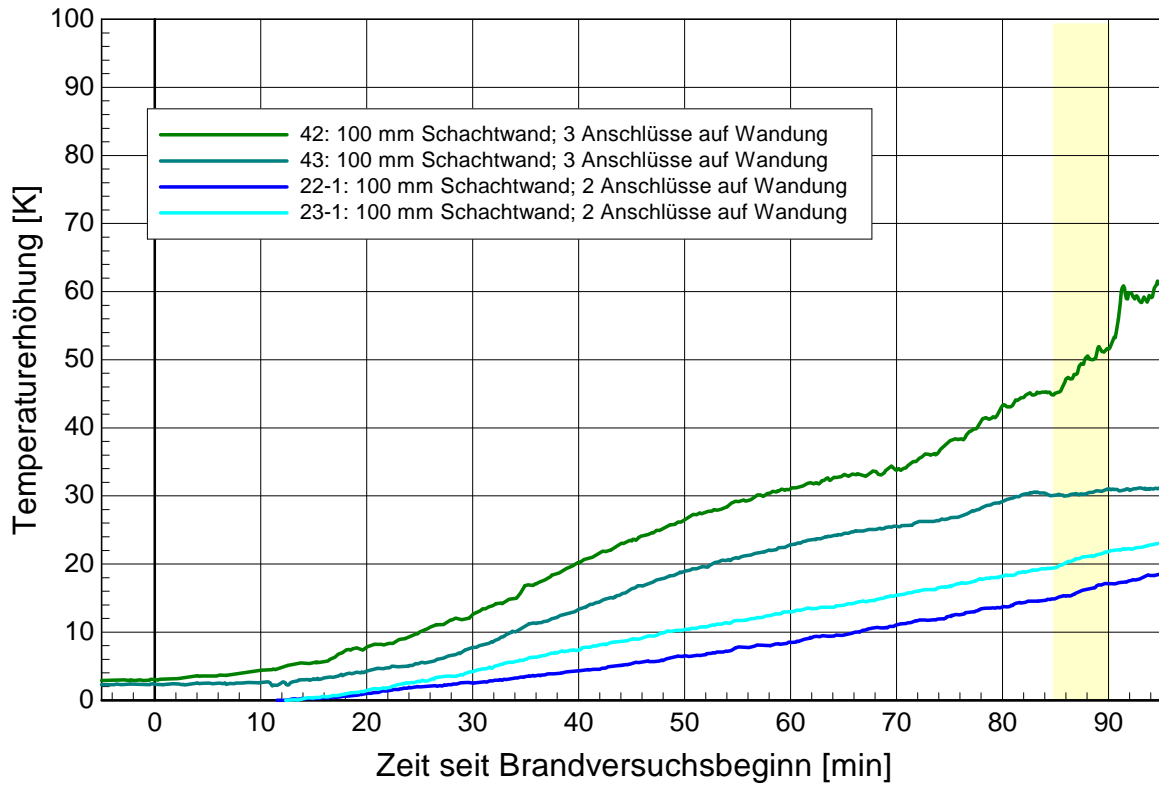


Abbildung 167: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

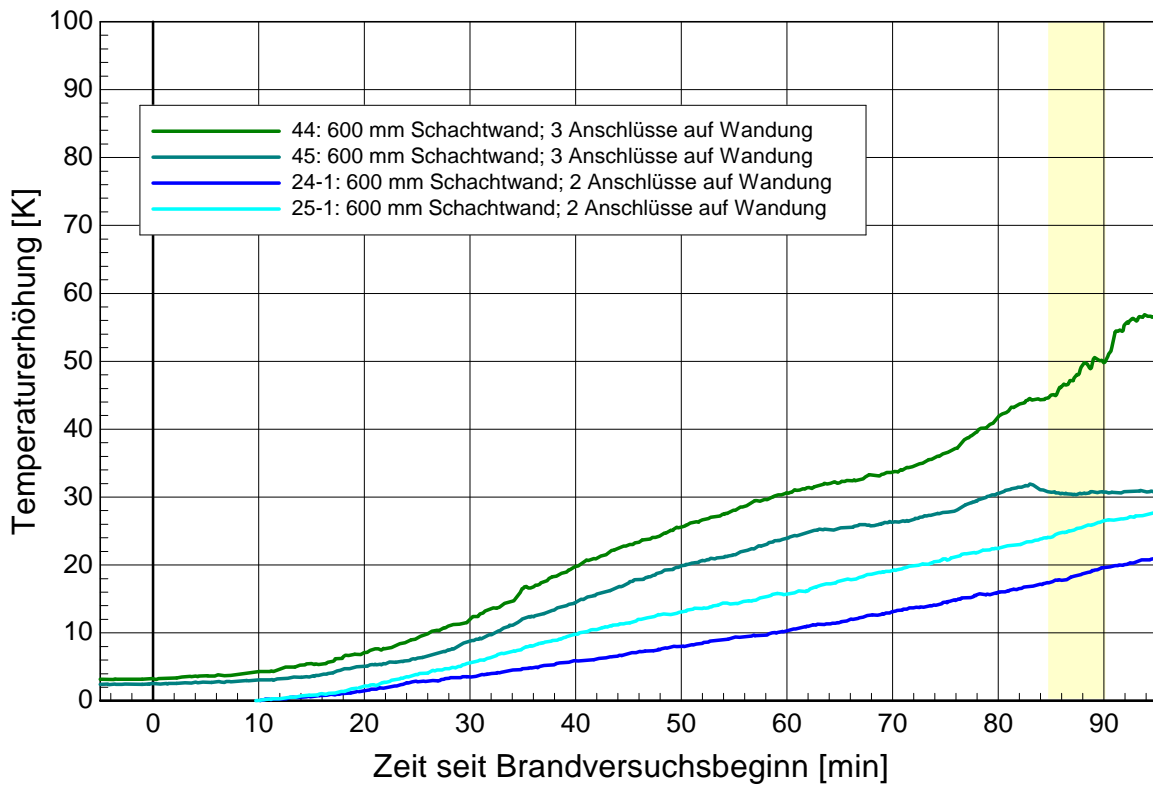


Abbildung 168: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG

Entsprechend Abbildung 169 spiegelt sich die Temperaturentwicklung der vorhergehenden Abbildungen. Bei der Messung auf dem Gehäuse ist der Luftpuffer zwischen Leitung und Gehäuse zu berücksichtigen, so dass diese Temperaturen erwartungsgemäß gering ausfallen. Bei der Messstelle 26-1 wurde auf der Anschlussleitung gemessen, so dass sich hier der Temperatureauschlag, bedingt durch das Schließen der Verschlussklappe, sofort widerspiegelt.

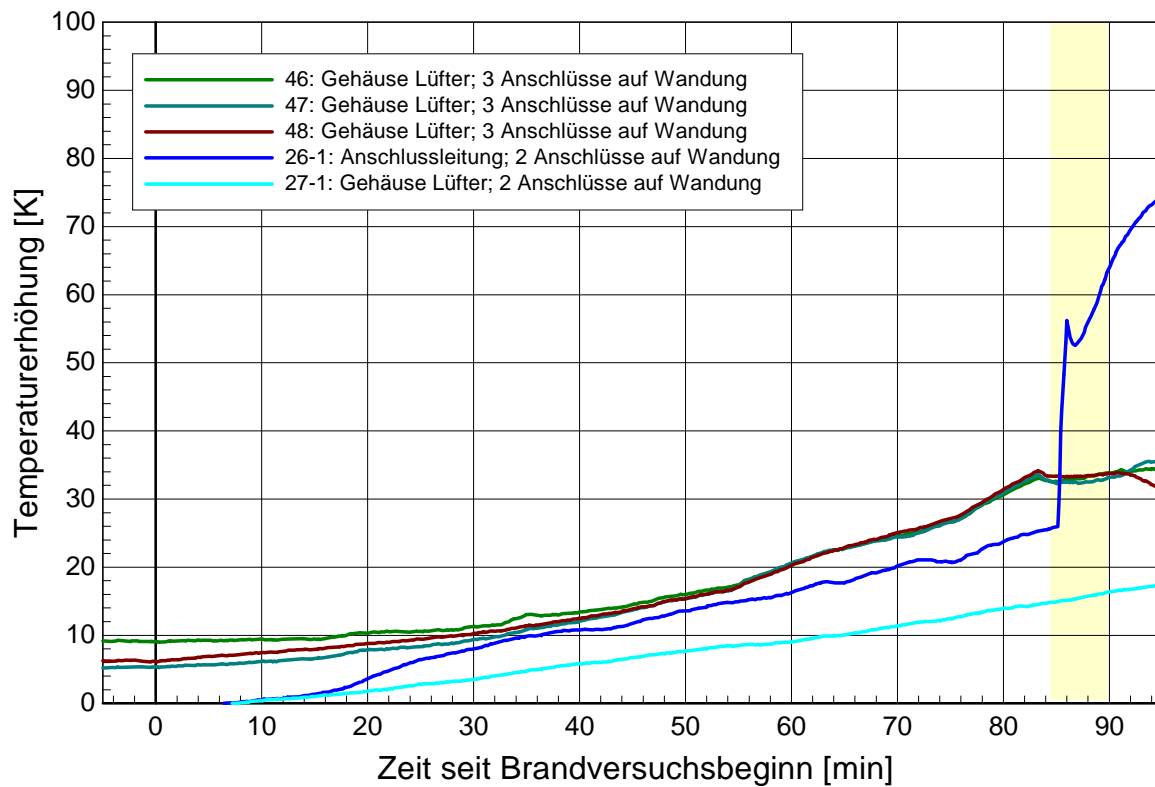


Abbildung 169: Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Anschlussleitung , bzw. Gehäuse OG

### **7.5.6 Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung (Brandversuch Nr. 2 zu Nr. 4)**

Die Abbildung 138 zeigt den Versuchsaufbau mit zwei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung links) in der Wandung und mit drei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum (Abbildung rechts) in der Wandung; alle Lüfter sind mit einer Absperrvorrichtung und mit einem Zweitraumanschluss ausgestattet. Bei beiden Versuchsaufbauten erfolgte der Anschluss innerhalb des Schachtes mit Aluflexrohren. Dieser Versuch vergleicht unterschiedliche Lüftertypen mit unterschiedlichen Absperrvorrichtungen.

Der Versuchsaufbau mit drei Anschlüssen in der Wandung entspricht Punkt 3.5.3.

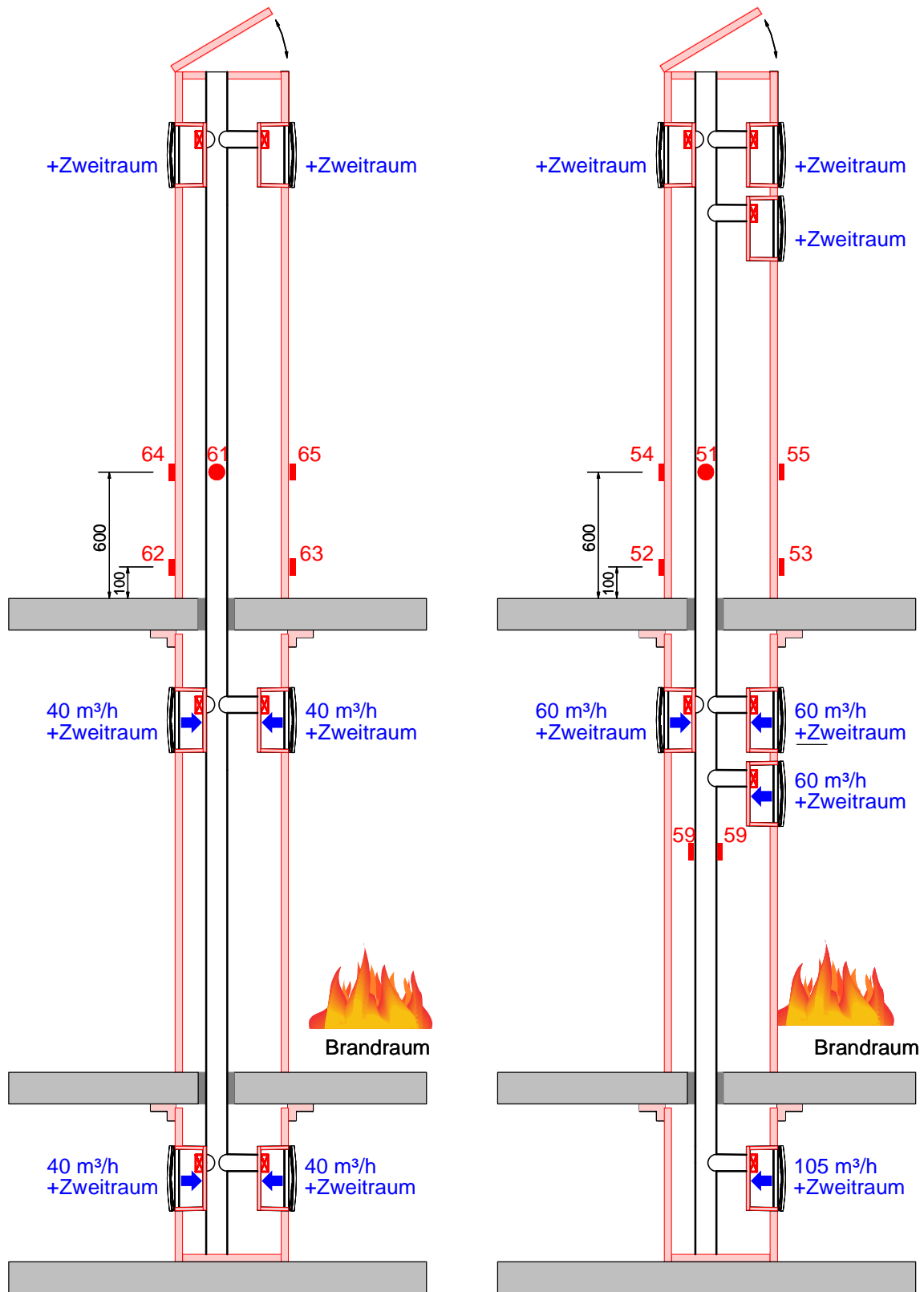
Im Untergeschoss sind bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen zwei Einzellüfter mit jeweils 40 m<sup>3</sup>/h Fördervolumen angeschlossen (Mindestvolumen nach DIN 18017-3), während bei dem Versuch mit drei Anschlüssen nur ein Lüfter mit einem Fördervolumen von 105 m<sup>3</sup>/h angeschlossen ist.

Alle Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 40m<sup>3</sup>/h, bzw. 60 m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus; so dass das unterschiedliche Fördervolumen vernachlässigt werden kann.

Die Auswirkung der Anordnung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Gehäusen im Obergeschoss bewertet.

Auf die Darstellung der Temperaturentwicklung oberhalb der Lüfter im Obergeschoss wird bei diesem Vergleich verzichtet.

Auf die direkten Auswirkungen dieses Einbaus wurde in Punkt 3.5.3 eingegangen, so dass hier lediglich die unterschiedlichen Auswirkungen beschrieben werden.



Schacht mit 2 Anschlüssen in der Wand im Brandraum (Brandversuch Nr. 2)

Schacht mit 3 Anschlüssen in der Wand im Brandraum (Brandversuch Nr. 4)

Abbildung 170: Vergleich 2 Anschlüsse zu 3 Anschlüsse – Lüfter in der Wand

Die nachfolgende Abbildung 139 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums.

Bei diesen Versuchsaufbauten lösten alle Absperrvorrichtungen im Brandraum aus, so dass hier zunächst das geschlossene System zugrunde zu legen ist. Einziger Unterschied ist somit die Anzahl der Lüftungsgeräte und das geförderte Luftvolumen; der Anschluss mit Aluflexrohr an die Hauptleitung war bei beiden Versuchen gleich. Die Abmessungen der unterschiedlichen Lüfter waren annähernd gleich groß.

Aufgrund der größeren Anzahl von Öffnungen in der Schachtwand sind die Temperaturen bei dem Versuchsaufbau mit drei Lüftungsgeräten erwartungsgemäß höher. Auch der höhere Luftvolumenstrom aus dem Untergeschoss kann diese Differenz nicht ausgleichen.

Der starke Temperaturanstieg bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen ab der 79. Minute ist bedingt durch ein kurzzeitiges Ausschalten der Lüfter im Untergeschoss; dieser Temperaturanstieg fällt mit Einschalten der Lüfter wieder ab.

Bei beiden Versuchen löste und verformte sich die Aluflexrohrverbindung innerhalb des Schachtes (Feststellung nach dem Brandversuch), so dass eine auf die Undichtigkeiten der Absperrvorrichtungen beschränkte Menge an Brandgas nachströmen konnte. An den Temperaturkurven ist der Zeitpunkt des Verformens nicht zu erkennen. Die Temperaturen innerhalb des Schachtes bei unterschiedlichen Installationen lassen sich aus dem Diagramm der Abbildung 132 annähernd entnehmen; hier lässt sich feststellen, dass der Schmelzpunkt von Aluminium bei ca. 660°C [59] innerhalb der Versuchsdauer von 90 Minuten nicht erreicht wird.

Der Temperaturanstieg ab der 85. Minute (geringe Erhöhung mit anschließenden Abfall der Temperatur) resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist somit nicht mehr möglich; ein Abströmen über die angeschlossenen Lüftungsgeräte im OG ist aufgrund der Rückschlagklappe nicht möglich.

Die unterschiedlichen Ausgangstemperaturen bei Versuchsbeginn resultieren aus den unterschiedlichen Umgebungstemperaturen beider Versuche.

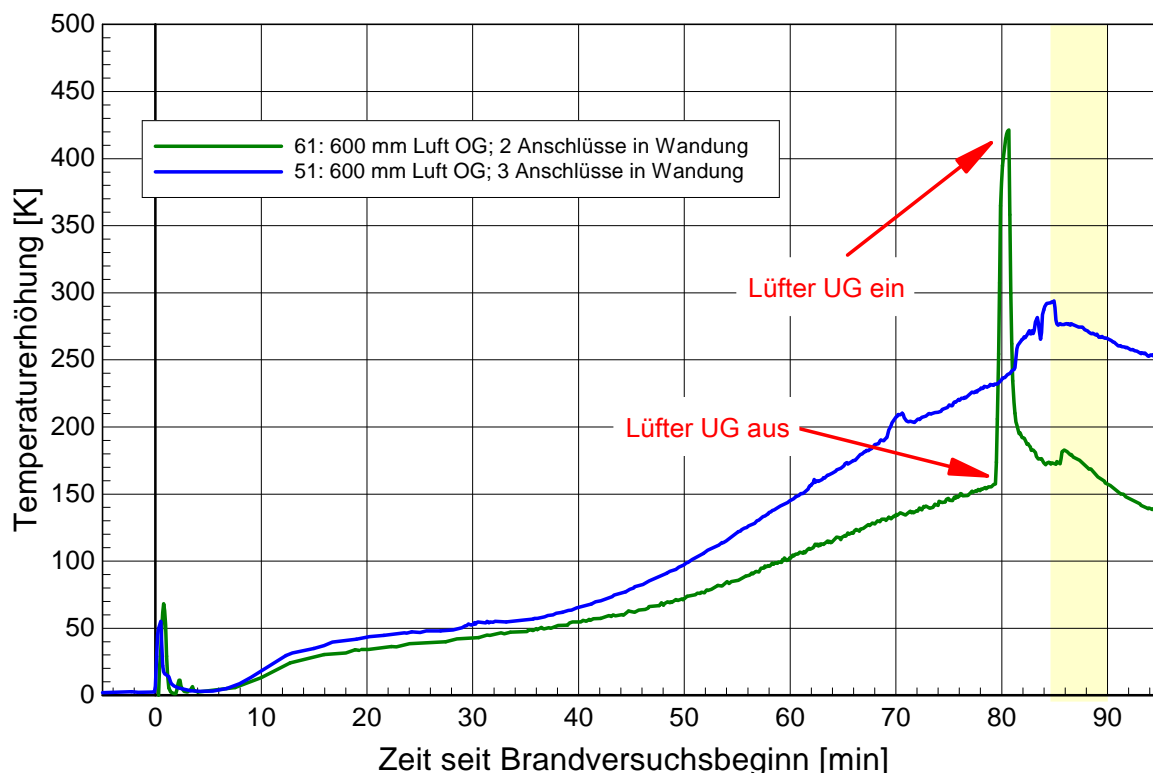


Abbildung 171: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG



An der Abbildung 172 und Abbildung 173 ist eine ähnliche Temperaturdifferenz zwischen beiden Versuchsaufbauten zu erkennen. Der hohe Temperaturunterschied zwischen dem Messstellen MS52 und MS53 ist bedingt durch den größeren Abstand der Hauptleitung zu der Schachtwand.

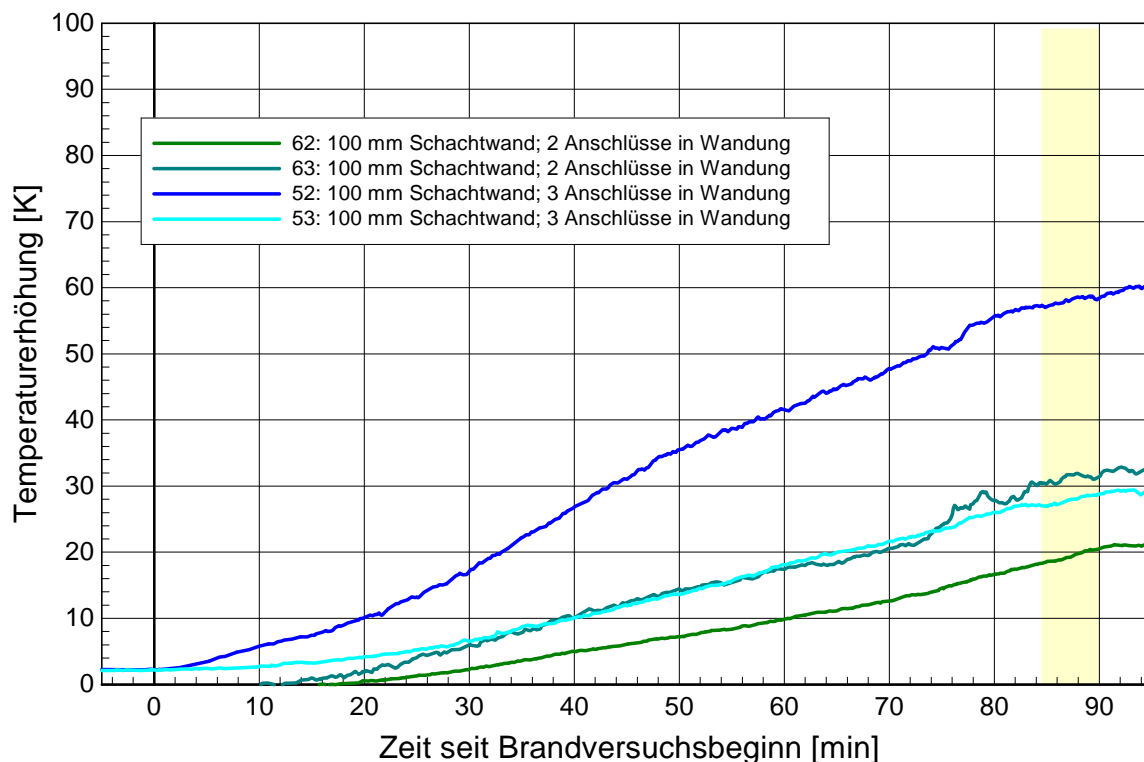


Abbildung 172: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

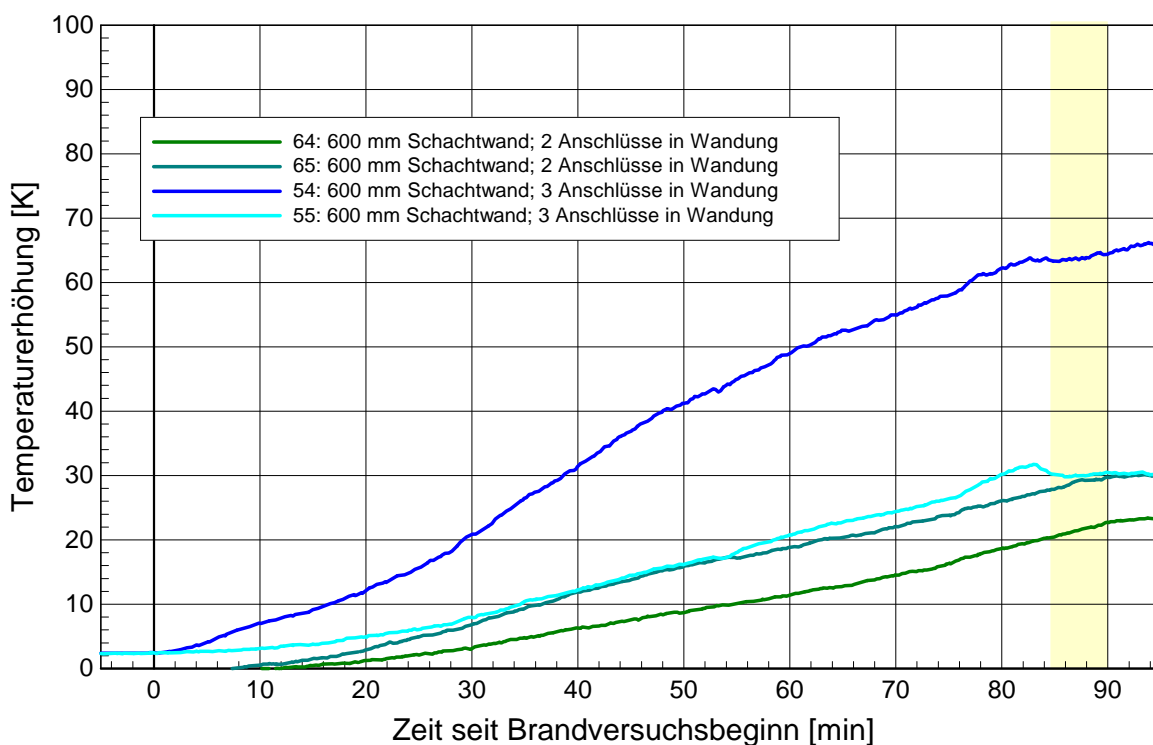


Abbildung 173: Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG

### **7.5.7 Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 2)**

Die Abbildung 174 zeigt den Versuchsaufbau mit jeweils zwei Anschlüssen (jeweils DN80) im Brandraum in der Wandung. Die Versuche unterscheiden sich darin, dass bei dem rechten Versuchsaufbau keine Absperrvorrichtungen ausgeführt sind; entsprechend der Zulassungsrichtlinien [32] Punkt 4.5.1 ist bei Entfall der Absperrvorrichtung (Ausführung lediglich mit Rückschlagklappe aus brennbaren Baustoffen) ein Höhenversatz von 300 mm zwischen Anschluss Lüfter und Hauptleitung auszuführen. Dieser Höhenverzug soll einen Luftpfropfen bilden, der ähnlich einem Geruchverschluss in einer Abwasserleitung den Durchgang von Brandgas verhindert. Bei dem linken Versuchsaufbau sind Absperrvorrichtungen eingebaut.

Alle Lüfter sind mit Zweitraumanschluss ausgeführt. Bei beiden Versuchsaufbauten erfolgte der Anschluss innerhalb des Schachtes mit Aluflexrohren.

Dieser Versuch vergleicht gleiche Lüfertypen mit gleichen Volumenströmen, jedoch mit und ohne Absperrvorrichtung und des dadurch festgelegten unterschiedlichen Anschlusses an die Hauptleitung.

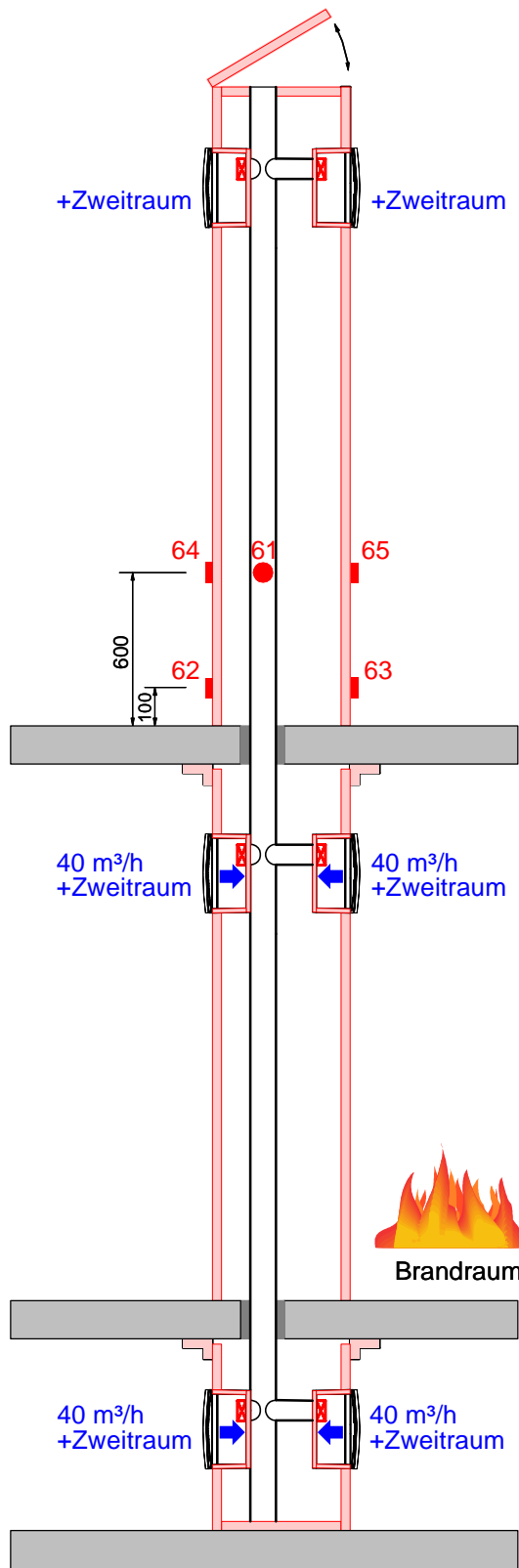
Der Versuchsaufbau mit zwei Anschlüssen in der Wandung entspricht Punkt 7.5.6.

Im Untergeschoss sind bei beiden Versuchen zwei Einzellüfter mit jeweils 40 m<sup>3</sup>/h Fördervolumen angeschlossen (Mindestvolumen nach DIN 18017-3).

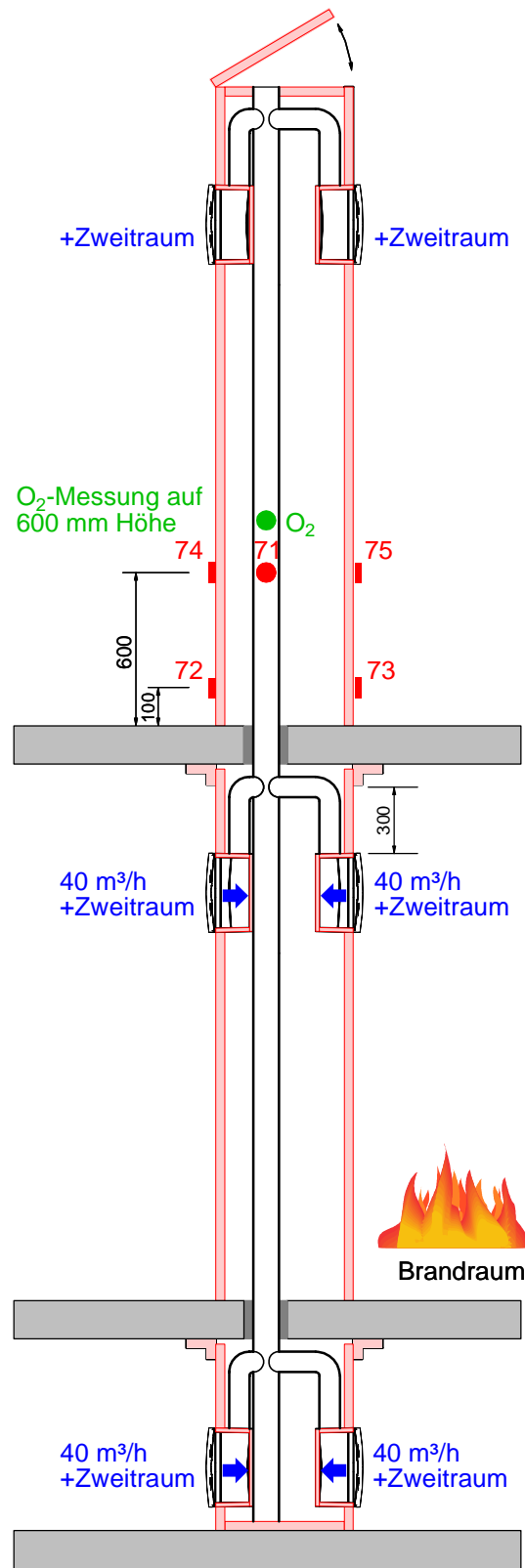
Alle Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 40m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus; aufgrund der fehlenden Absperrvorrichtungen bei dem rechten Versuchsaufbau ist von einem hohen Brandgasstrom im Brandraum in die Hauptleitung auszugehen.

Die Auswirkung der Anordnung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Gehäusen im Obergeschoss bewertet.

Auf die Darstellung der Temperaturentwicklung oberhalb der Lüfter im Obergeschoss wird bei diesem Vergleich verzichtet.



Schacht mit 2 Anschlüssen in der Wandung im Brandraum mit Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 2)



Schacht mit 2 Anschlüssen in der Wandung im Brandraum ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 2)

Abbildung 174: Vergleich 2 Anschlüsse mit und ohne Absperrvorrichtung– Lüfter in der Wandung

Die nachfolgende Abbildung 175 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums.

Bei dem Versuchsaufbau mit Absperrvorrichtungen lösten alle im Brandraum aus, so dass für diesen Versuchsaufbau zunächst das geschlossene System zugrunde zu legen ist. Bei dem Versuchsaufbau ohne Absperrvorrichtungen ist durch den Luftpfropfen ebenfalls von einem geschlossenen System auszugehen, jedoch ist bei diesem Versuch der Temperatureintrag bedeutend höher; dieser ist mit Beginn des Brandversuchs festzustellen.

Ab der ca. 50. Minute ist bei dem Versuch ohne Absperrvorrichtungen ein starker Temperaturabfall zu beobachten; dieser Temperaturabfall ist darauf zurückzuführen, dass sich der Anschluss an die Hauptleitung aus Aluflexrohr löste und sich das Aluflexrohr durch Verformung aufgrund der hohen Temperaturen schloss (Feststellung nach dem Brandversuch). Das geschlossene Rohr verhinderte das Nachströmen von Brandgas, obwohl eine offene Verbindung zum Brandraum durch die Öffnung in der Schachtwand bestand. Diese Verformung ist ebenfalls an der Sauerstoffmessung entsprechend Abbildung 176 festzustellen. Bei dieser Messung ist der Vorgang bereits ab der ca. 48. Minute zu erkennen; bis zur ca. 70. Minute steigt die Sauerstoffkonzentration in der Hauptleitung stetig an und erreicht annähernd den Wert der Umgebungsluft.

Ebenfalls löste sich bei dem Versuch mit Absperrvorrichtungen das Aluflexrohr von der Hauptleitung und die Verformung verschloss das Rohr; jedoch ist bei diesem Versuchsaufbau der Zeitpunkt anhand eines Temperaturschlags nicht festzustellen; eine Sauerstoffmessung erfolgte bei dieser Anordnung nicht. Im Gegensatz zu dem Vergleichsversuch besteht hier aufgrund der Absperrvorrichtung keine offene Verbindung zu dem Brandraum.

Da die Temperaturen nach dem Verschluss des Aluflexrohres bei dem Versuch ohne Absperrvorrichtung niedriger sind als bei dem Vergleichsversuch, ist davon auszugehen, dass diese Temperaturdifferenz aus unterschiedlichen Leckagen beider Systeme resultiert. Das Aluflexrohr bei dem Versuch ohne Absperrvorrichtung stellte einen dichteren Verschluss gegenüber dem Brandraum her.

Der starke Temperaturanstieg bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen ab der 79. Minute ist bedingt durch ein kurzzeitiges Ausschalten der Lüfter im Untergeschoss; dieser Temperaturanstieg fällt mit Einschalten der Lüfter wieder ab.

Der Temperaturanstieg (geringe Erhöhung mit anschließenden Abfall der Temperatur) ab der 85. Minute resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist somit nicht mehr möglich.

In der Abbildung 177 und Abbildung 178 ist die hohe Temperaturdifferenz der Luftströmung auf den Schachtwänden nicht festzustellen; zwar liegen die Temperaturen bei dem Versuchsaufbau ohne Absperrvorrichtung höher als bei dem Vergleichsaufbau, jedoch mit ca. 10 K nur geringfügig. Die Brandschutzbauplatte des Schachtes bewirkt den geringen Wärmedurchgang und gleicht die unterschiedlichen Temperaturen im Schacht aus. Die Brandschutzbauplatte erfüllt ihre Aufgabe als Dämmplatte.

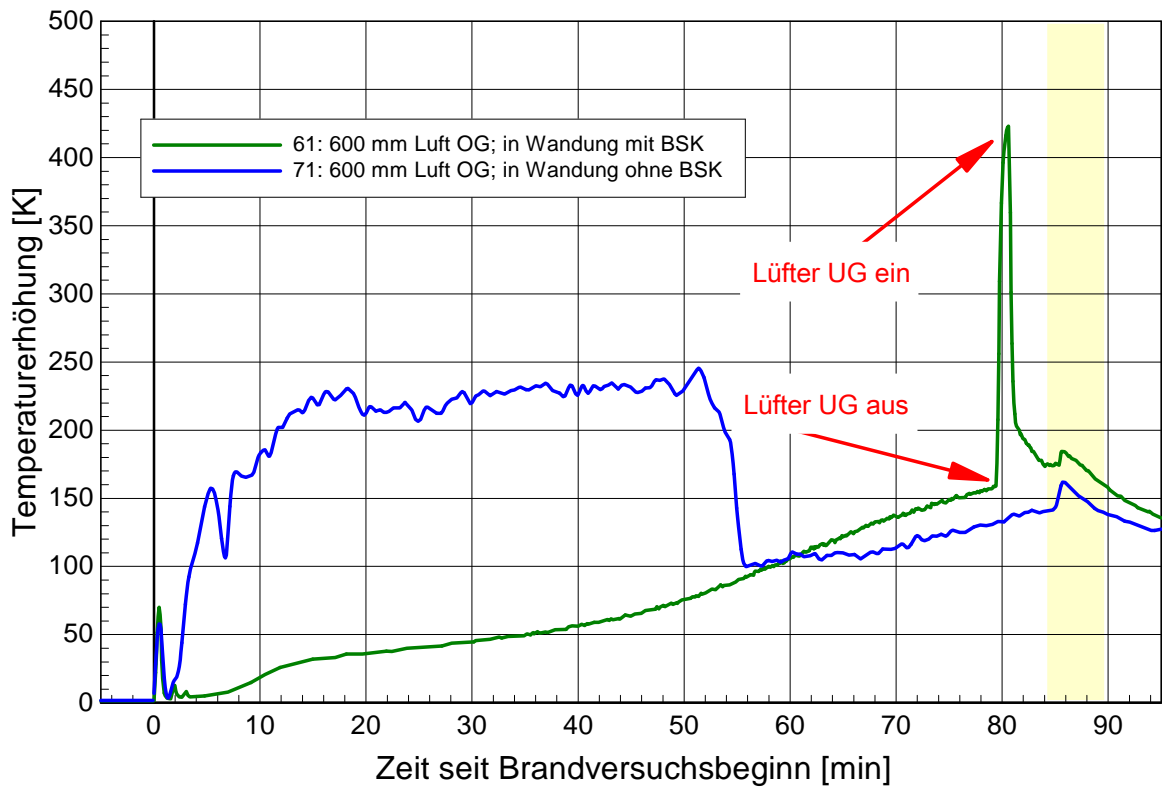


Abbildung 175: Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Lufttemperaturen 600 mm OG

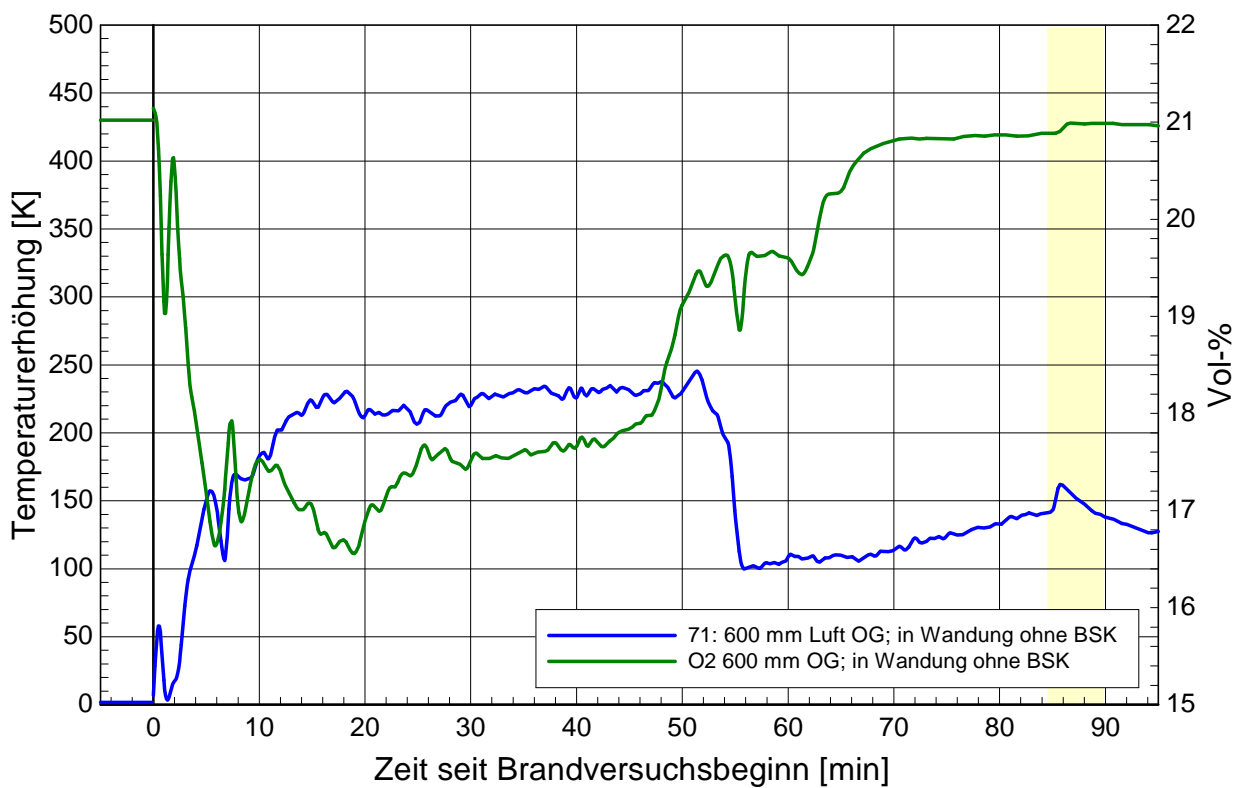


Abbildung 176: 2 Anschlüsse in der Wandung ohne Absperrvorrichtung – Sauerstoffmessung

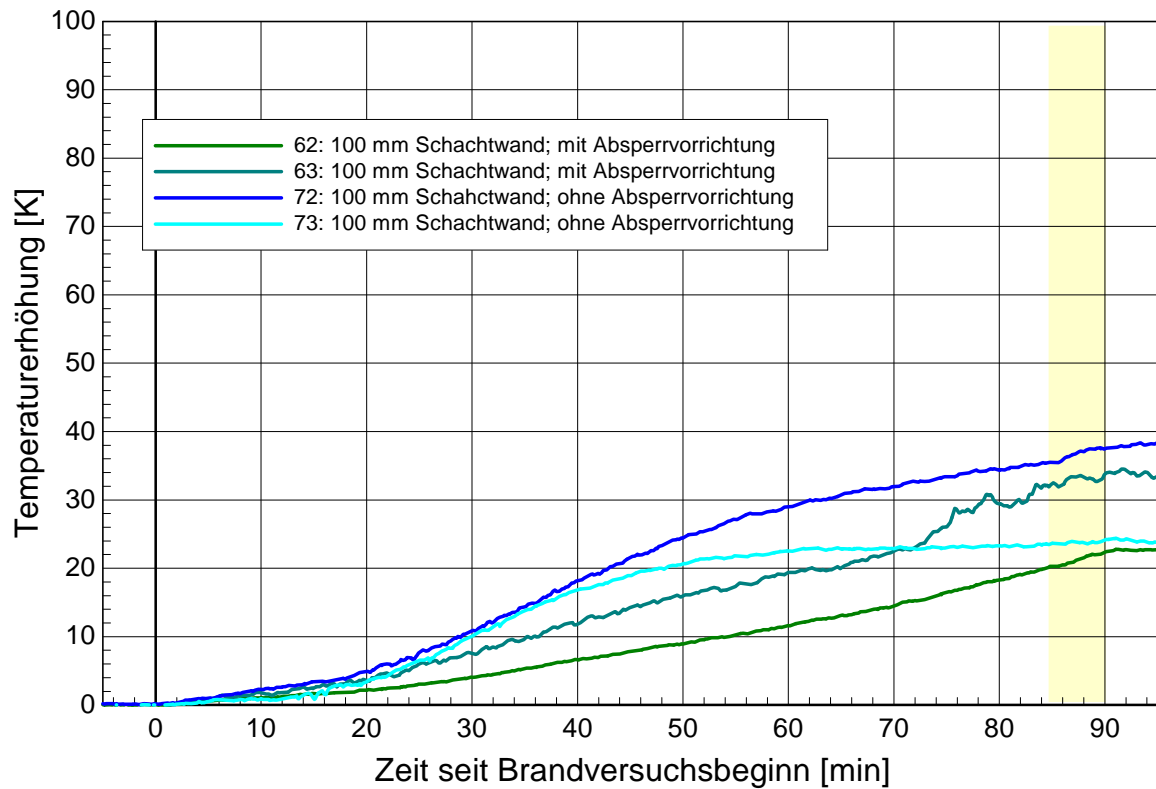


Abbildung 177: Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung –  
Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

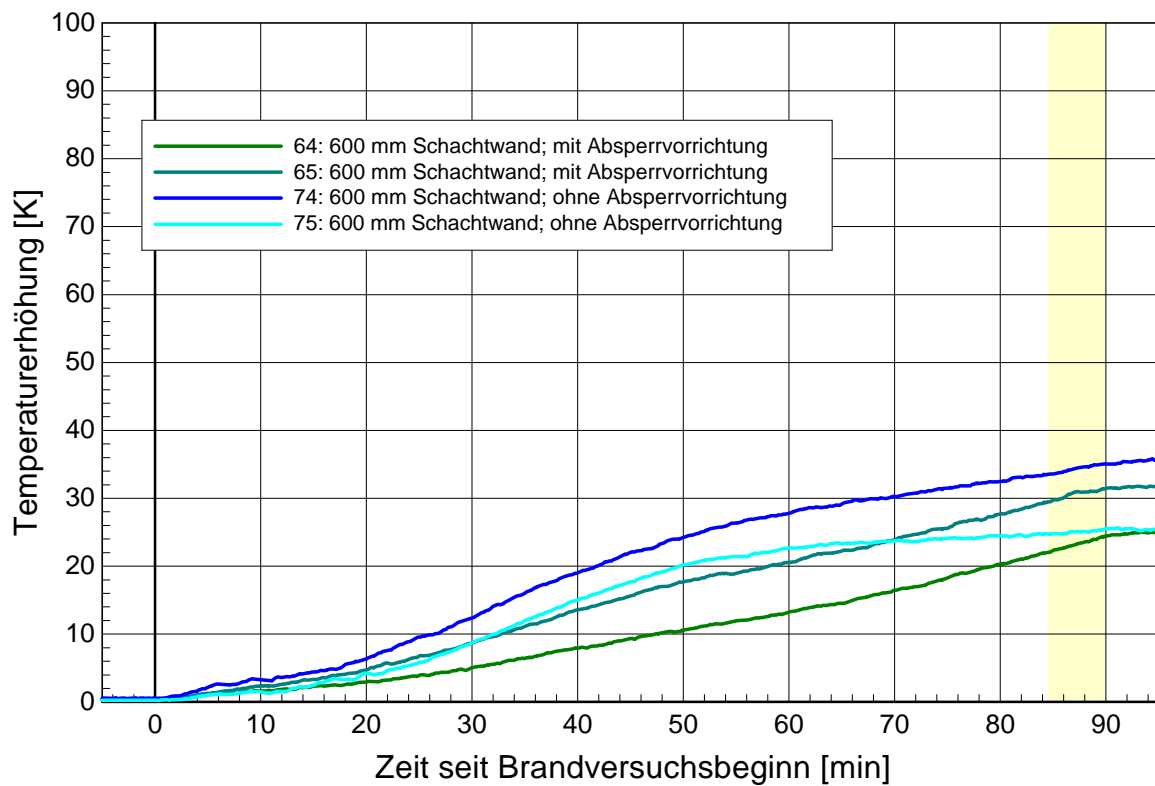


Abbildung 178: Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung –  
Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG

### **7.5.8 Vergleich 1 zu 2 Anschlüssen in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung**

Auf den direkten Vergleich zwischen einem und zwei Anschlüssen in der Schachtwand wurde verzichtet.

An der Abbildung 181 und Abbildung 182 sind die niedrigeren Temperaturen auf der Schachtwand bei einem Lüfter in der Wandung im Vergleich zu der Abbildung 177 und Abbildung 178 mit zwei Lüftern in der Wandung zu erkennen. Dies bestätigt, dass die Oberflächentemperaturen umso niedriger ausfallen je weniger Lüfter in der Schachtwand eingebaut sind.

### **7.5.9 Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 12)**

Die Abbildung 179 zeigt den Versuchsaufbau mit nur einem Anschluss (DN75) im Brandraum in der Wandung. Die Versuche unterscheiden sich darin, dass bei dem rechten Versuchsaufbau keine Absperrvorrichtungen eingebaut, dafür ein Höhenversatz ausgeführt ist und beim linken Versuchsaufbau Absperrvorrichtungen eingebaut sind.

Alle Lüfter sind ohne Zweitraumanschluss ausgeführt. Bei beiden Versuchsaufbauten erfolgte der Anschluss innerhalb des Schachtes mit Aluflexrohren.

Dieser Versuch vergleicht gleiche Lüftertypen mit gleichen Volumenströmen, jedoch mit und ohne Absperrvorrichtung und des dadurch festgelegten unterschiedlichen Anschlusses an die Hauptleitung.

Im Untergeschoss sind bei beiden Versuchen zwei Einzellüfter mit jeweils 40 m<sup>3</sup>/h Fördervolumen angeschlossen.

Die Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 40m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus; aufgrund der fehlenden Absperrvorrichtungen bei dem rechten Versuchsaufbau ist von einem hohen Brandgasstrom im Brandraum in die Hauptleitung auszugehen.

Die Auswirkung der Anordnung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Gehäusen im Obergeschoss bewertet.

Auf die Darstellung der Temperaturentwicklung oberhalb der Lüfter im Obergeschoss wird bei diesem Vergleich verzichtet.





Die nachfolgende Abbildung 180 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums.

Bei dem Versuchsaufbau mit Absperrvorrichtungen löste diese im Brandraum aus, so dass für diesen Versuchsaufbau das geschlossene System zugrunde zu legen ist. Bei dem Versuchsaufbau ohne Absperrvorrichtungen ist durch den Luftpfropfen ebenfalls von einem geschlossenen System auszugehen, jedoch ist bei diesem Versuch der Temperatureintrag bedeutend höher; dieser ist auch hier mit Beginn des Brandversuchs festzustellen.

Ab der ca. 67. Minute ist bei dem Versuch ohne Absperrvorrichtungen ein Temperaturabfall zu beobachten, der sich ab der ca. 75. Minute nach einem kurzen sprunghaften Anstieg verstärkt; dieser Temperaturabfall ist darauf zurückzuführen, dass sich der Anschluss an die Hauptleitung aus Aluflexrohr aufgrund der hohen Temperaturen löste; die Leitung verschloss sich jedoch nicht sondern hängt offen im Schacht (Feststellung nach dem Brandversuch); somit wirkt das Rohr nicht als Absperrvorrichtung, wie unter Punkt 7.5.7 beobachtet. Es besteht somit die Möglichkeit des Nachströmens von Brandgas in die Hauptleitung, jedoch ist dieser Effekt an der Temperaturkurve nicht festzustellen; zwischen Hauptleitung mit offenem Anschluss im Schacht und dem Brandraum besteht kein Strömungsverhältnis, da keine direkte Verbindung zum Brandraum besteht; es strömt kein Brandgas nach.

Bei dem Versuch mit Absperrvorrichtungen löste sich das Aluflexrohr von der Hauptleitung verschloss jedoch nicht vollständig das Rohr; es bestand eine Verbindung zu dem Lüftungsgerät, so dass eine Leckage durch die Absperrvorrichtung nachströmen konnte. Diese Veränderung ist anhand der Temperaturkurve nicht feststellbar.

Der starke Temperaturabfall bei dem Versuch ohne Absperrvorrichtung in der 55. Minute ist bedingt durch ein kurzzeitiges Anschalten der Lüfter im Obergeschoss; dieser Temperaturabfall steigt mit Einschalten des Lüfters wieder an.

Der Temperaturanstieg (geringe Erhöhung mit anschließenden Abfall der Temperatur) ab der 85. Minute resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist somit nicht mehr möglich.

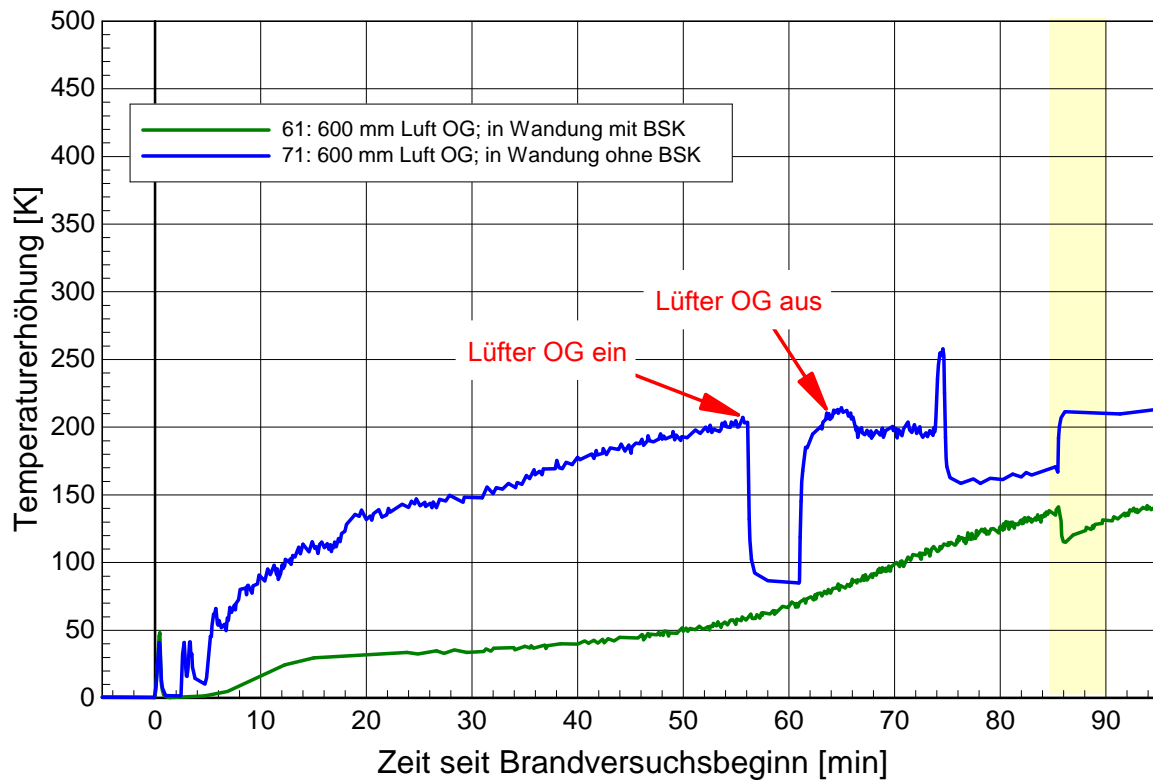


Abbildung 180: Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Lufttemperaturen 600 mm OG

In der Abbildung 181 und Abbildung 182 ist die hohe Temperaturdifferenz der Luftströmung auf den Schachtwänden nicht festzustellen; die Temperaturen bei dem Versuchsaufbau ohne Absperrvorrichtung liegen auch hier nur geringfügig höher als bei dem Vergleichsaufbau mit Absperrvorrichtung. Die Brandschutzbauplatte des Schachtes bewirkt einen geringen Wärmedurchgang und gleicht die unterschiedlichen Temperaturen im Schacht aus. Die Brandschutzbauplatte erfüllt ihre Aufgabe als Dämmplatte.

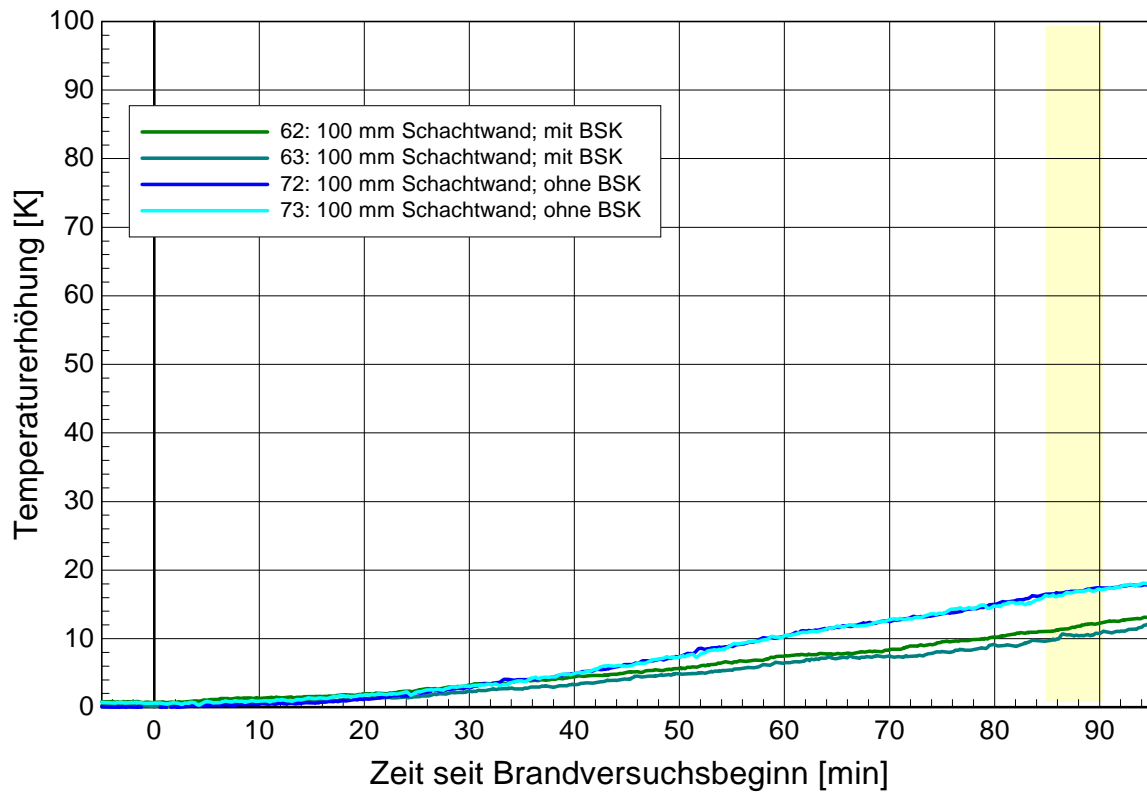


Abbildung 181: Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung –  
Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

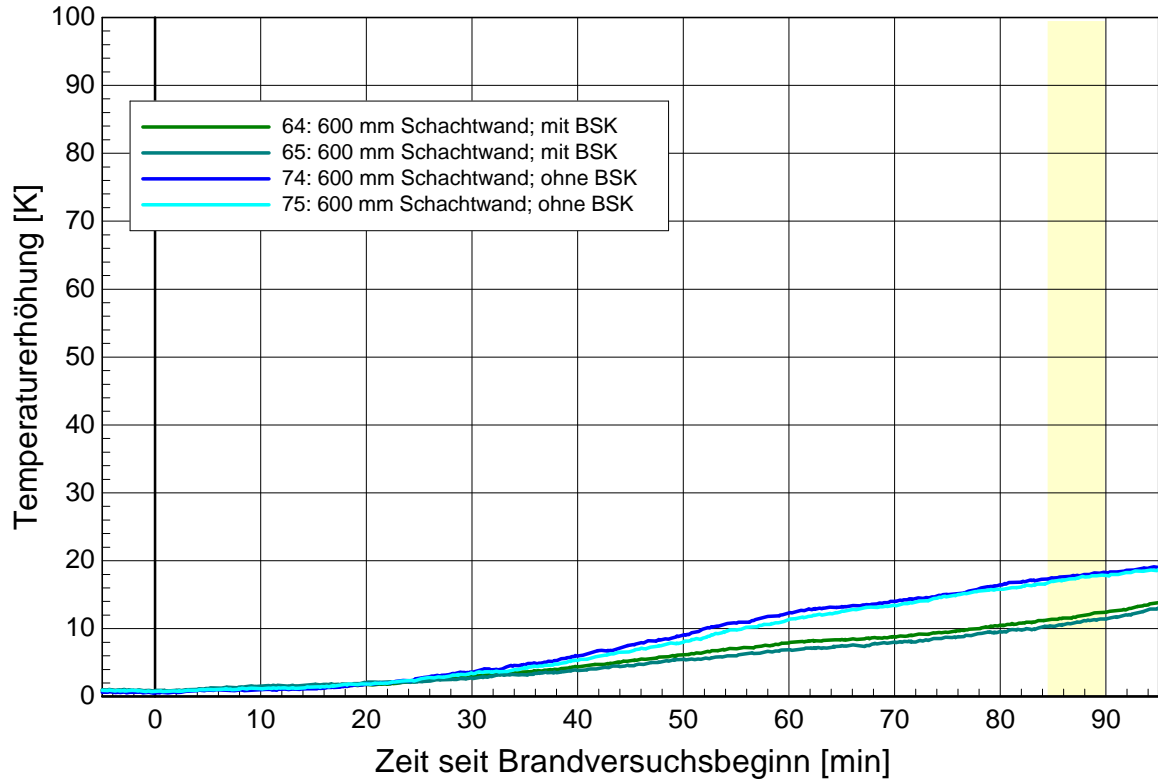


Abbildung 182: Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung –  
Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG

### **7.5.10 Vergleich 1 Anschluss in der Wandung ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 12) und 2 Anschlüsse in und außerhalb der Wandung (Brandversuch Nr. 13)**

Die Abbildung 183 zeigt den Vergleich zweier unterschiedlicher - eigentlich nicht vergleichbarer Versuchsaufbauten - mit nur einem Anschluss (DN75) im Brandraum in der Wandung ohne Absperrvorrichtung (links) mit Höhenversatz und zwei Anschlüssen in und außerhalb der Wandung jeweils mit Absperrvorrichtung (rechts). Der Vergleich erfolgt deswegen, da bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen der Lüfter außerhalb der Wandung abfiel und somit eine offene Verbindung zur Hauptleitung bestand; insofern erfolgt der Vergleich unter dem Aspekt als „ohne Absperrvorrichtung“.

Der Versuchsaufbau links mit einem Anschluss mit Höhenversatz in der Wandung ohne Absperrvorrichtung entspricht Punkt 7.5.9.

Alle Lüfter sind ohne Zweitraumanschluss ausgeführt. Die Hauptleitung bestand bei dem Versuchsaufbau aus einem Anschluss einen Durchmesser von DN100 und bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen aus einem Durchmesser von DN125. Bei dem Versuchsaufbau ohne Absperrvorrichtung erfolgte der Anschluss innerhalb des Schachtes mit Aluflexrohr und bei dem Versuchsaufbau mit Absperrvorrichtungen direkt mit Stahl-Wickelfalzrohr.

Bei beiden Versuchen erfolgte der nachströmende Luft-Volumenstrom aus dem UG mit 40 m<sup>3</sup>/h (Grundlüftung entsprechend DIN 18017-3). Der Versuch vergleicht unterschiedliche Lüfertypen.

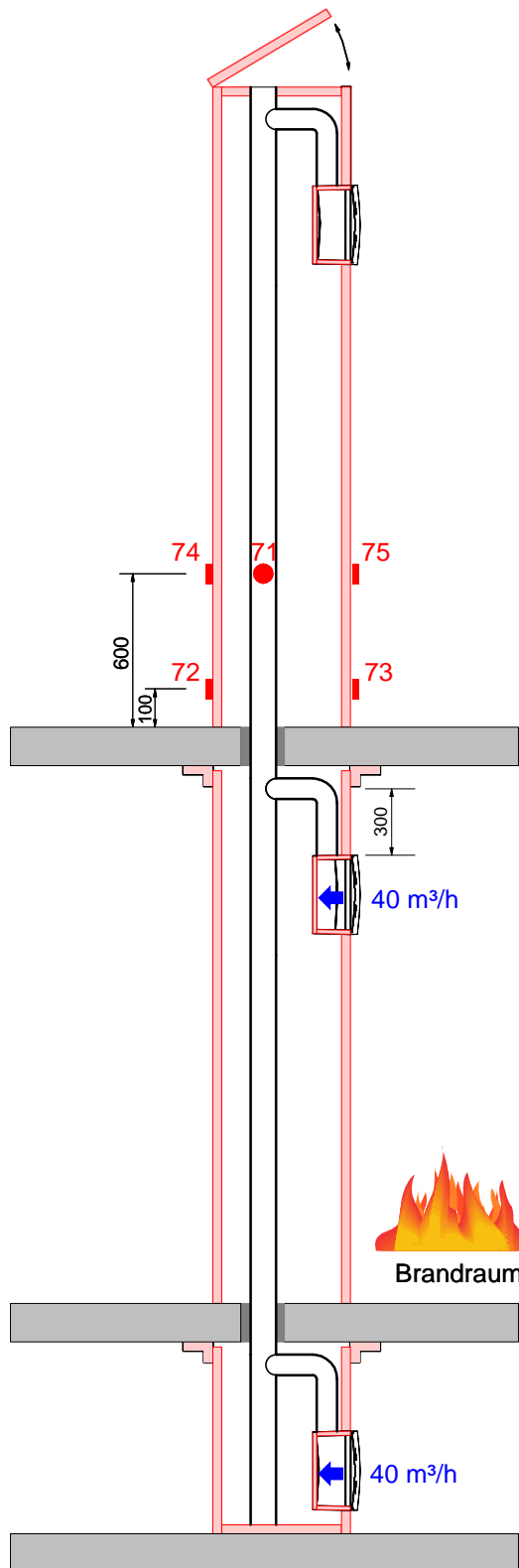
Im Untergeschoss ist bei dem Versuch mit einem Anschluss ein Einzellüfter mit 40 m<sup>3</sup>/h Fördervolumen und bei dem Versuch mit zwei Anschlüssen zwei Einzellüfter mit jeweils 40 m<sup>3</sup>/h angeschlossen, jedoch wurde für den Versuch nur ein Lüfter im UG eingeschaltet.

Die Lüfter im Brandraum befinden sich bei beiden Versuchsaufbauten im Betrieb mit einem Fördervolumen von jeweils 40m<sup>3</sup>/h. Diese Lüfter fielen erwartungsgemäß kurz nach Versuchsbeginn aus und alle Absperrvorrichtungen lösten aus; Dieser Vergleich soll ab der 20. Minute erfolgen, da hier der Lüfter mit Absperrvorrichtung abfiel.

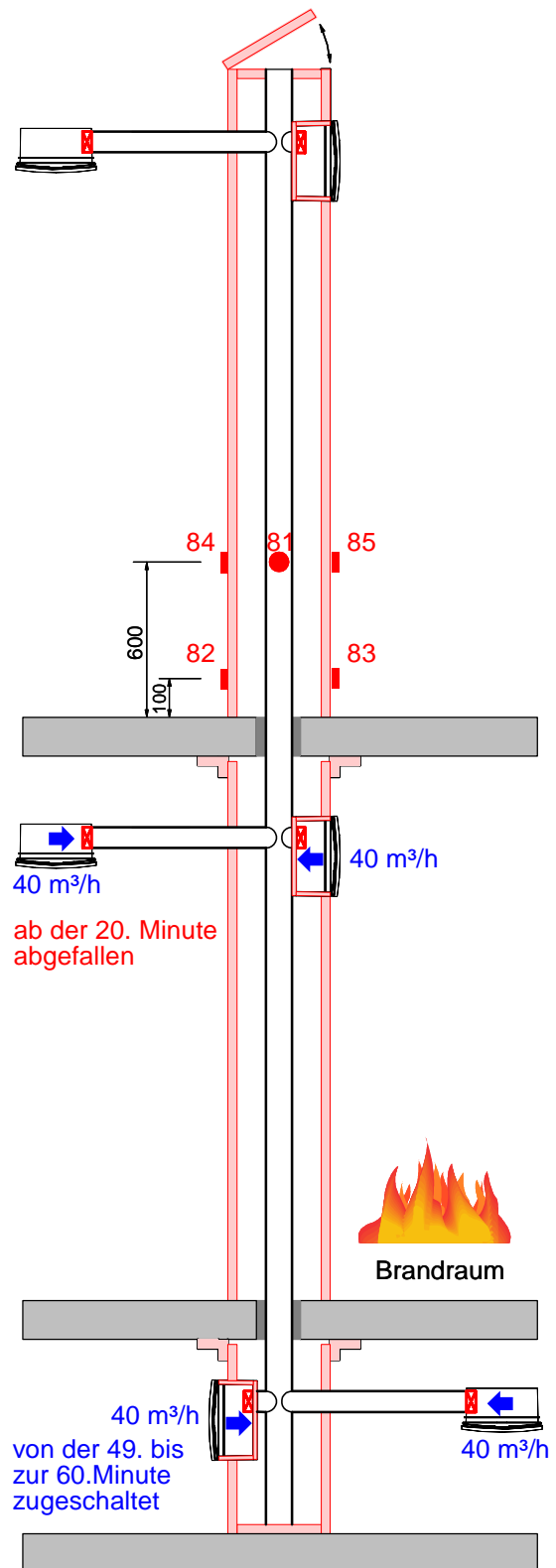
Die Auswirkung der Anordnung wird anhand der Lufttemperaturen im Obergeschoss innerhalb der Hauptleitung sowie der Oberflächentemperaturen des Schachtes und den Gehäusen im Obergeschoss bewertet.

Auf die Darstellung der Temperaturentwicklung oberhalb der Lüfter im Obergeschoss wird bei diesem Vergleich verzichtet.

Die unterschiedlichen Ausgangstemperaturen bei Versuchsbeginn resultieren aus den unterschiedlichen Umgebungstemperaturen beider Versuche.



Schacht mit 1 Anschluss in der Wandung im Brandraum ohne Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 12)



Schacht mit 2 Anschlüssen in und außerhalb der Wandung im Brandraum mit abgefallener Absperrvorrichtung (Brandversuch Nr. 13)

Abbildung 183: Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung – Lüfter in der Wandung

Die nachfolgende Abbildung 184 vergleicht die Lufttemperaturen der Versuchsaufbauten in der Hauptleitung 600 mm über der Decke des Brandraums.

Bei dem Versuchsaufbau mit Absperrvorrichtungen lösten diese im Brandraum aus, so dass für diesen Versuchsaufbau das geschlossene System zugrunde zu legen ist. Ab der ca. 20. Minute löste sich der Lüfter einschließlich Absperrvorrichtung außerhalb der Wandung von der Anschlussleitung und fiel letztendlich ab; es bestand eine offene Verbindung zwischen Brandraum und Hauptleitung; ab diesem Zeitpunkt ist ein starker Temperaturanstieg (Messstelle MS81) zu beobachten. Der Temperaturabfall bis zur 25. Minute resultiert aus dem sich Lösen und dem tatsächlichen Herabfallen des Lüfters.

Bei beiden Versuchen ist zu unterscheiden, dass der Aufbau ohne Absperrvorrichtung von Beginn an eine offene Verbindung zwischen Brandraum und Hauptleitung hat, jedoch der Höhenverzug mit Luftpfropfen nur ein bedingtes Eindringen von Brandgas in die Hauptleitung zulässt. Der Versuch mit der abgefallenen Absperrvorrichtung erlaubt ein stärkeres Eindringen von Brandgas in die Hauptleitung, wodurch die bedeutend höheren Temperaturen entstehen. Es ist festzuhalten, dass aufgrund der direkten Verbindung bedeutend höhere Temperaturen in die Hauptleitung eindringen, als bei einer indirekten Verbindung.

Nach dem Lösen des Aluflexanschlusses bei dem Versuch ohne Absperrvorrichtung von der 67. bis 75. Minute reduzieren sich die Temperaturen an der Messstelle MS71.

Der starke Temperaturabfall bei dem Versuch ohne Absperrvorrichtung in der 55. Minute (Messstelle MS71) ist bedingt durch ein kurzzeitiges Anschalten der Lüfter im Obergeschoss; dieser Temperaturabfall steigt mit Einschalten des Lüfters wieder an.

Der starke Temperaturabfall (Messstelle MS81) bei dem Versuch mit abgefallener Absperrvorrichtung von der ca. 49. bis zur 60. Minute ist bedingt durch das Zuschalten des zweiten Lüfters im UG mit einem Volumenstrom von 40 m<sup>3</sup>/h.

Der Temperaturanstieg (geringe Erhöhung mit anschließenden Abfall der Temperatur) ab der 85. Minute resultiert aus dem Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende; eine freie Abströmung ist somit nicht mehr möglich.

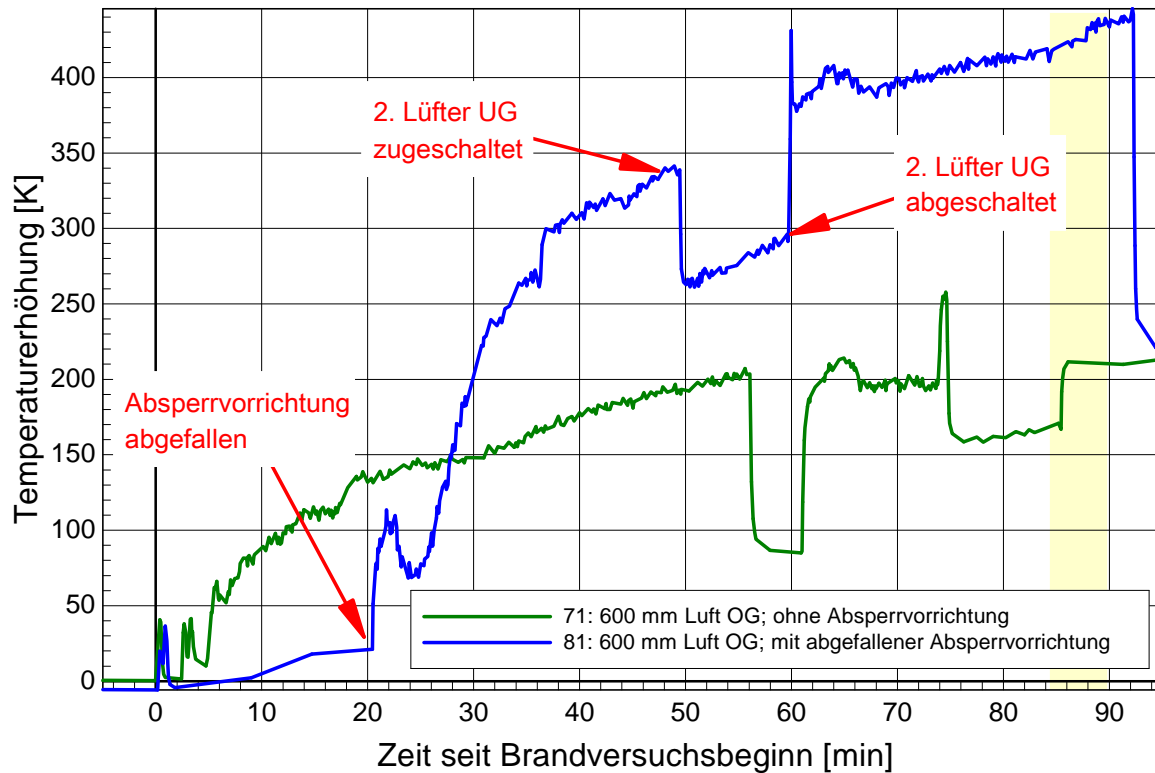


Abbildung 184: Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung – Lufttemperaturen 600 mm OG

In der Abbildung 185 und Abbildung 186 ist die hohe Temperaturdifferenz der Luftströmung auf den Schachtwänden nicht festzustellen; die Temperaturen bei dem Versuchsaufbau mit abgefallener Absperrvorrichtung liegen hier nur geringfügig höher; der Temperaturanstieg ist jedoch höher mit fortlaufendem Versuch. Die Brandschutzbauplatte des Schachtes bewirkt einen geringen Wärmedurchgang und gleicht die unterschiedlichen Temperaturen im Schacht aus. Die Brandschutzbauplatte erfüllt ihre Aufgabe als Dämmplatte.

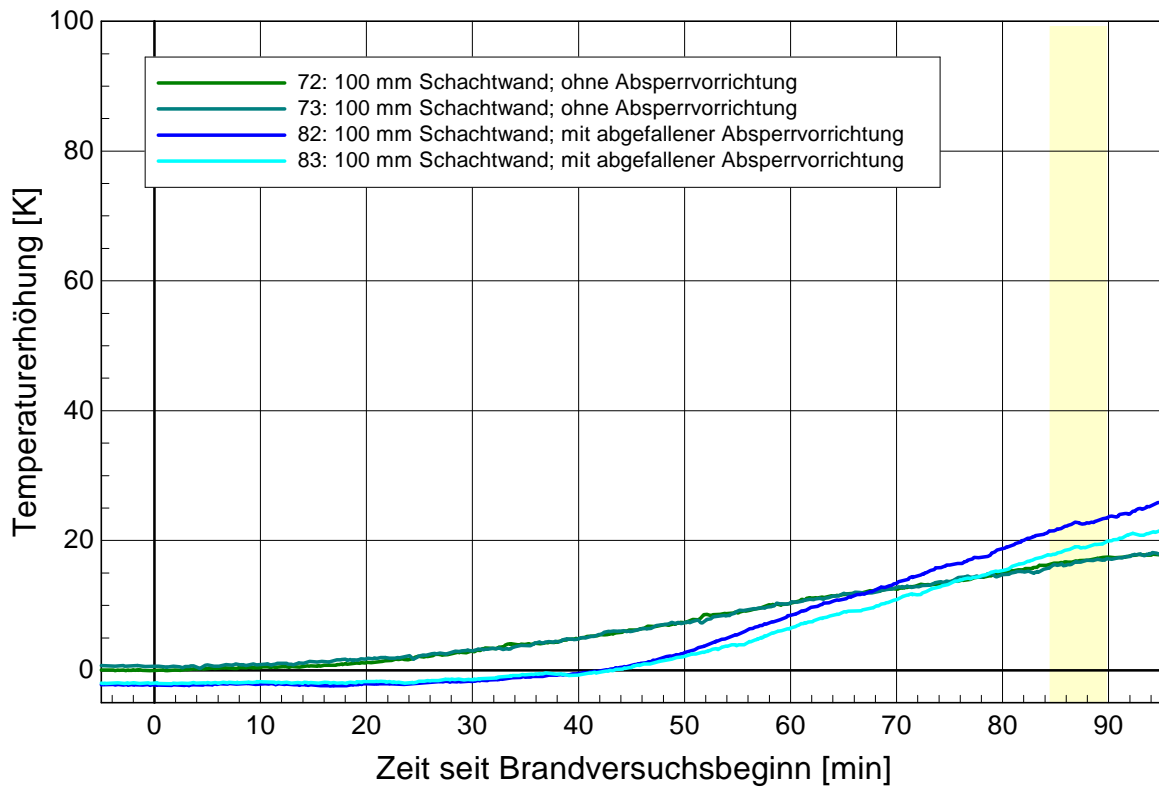


Abbildung 185: Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung - Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG

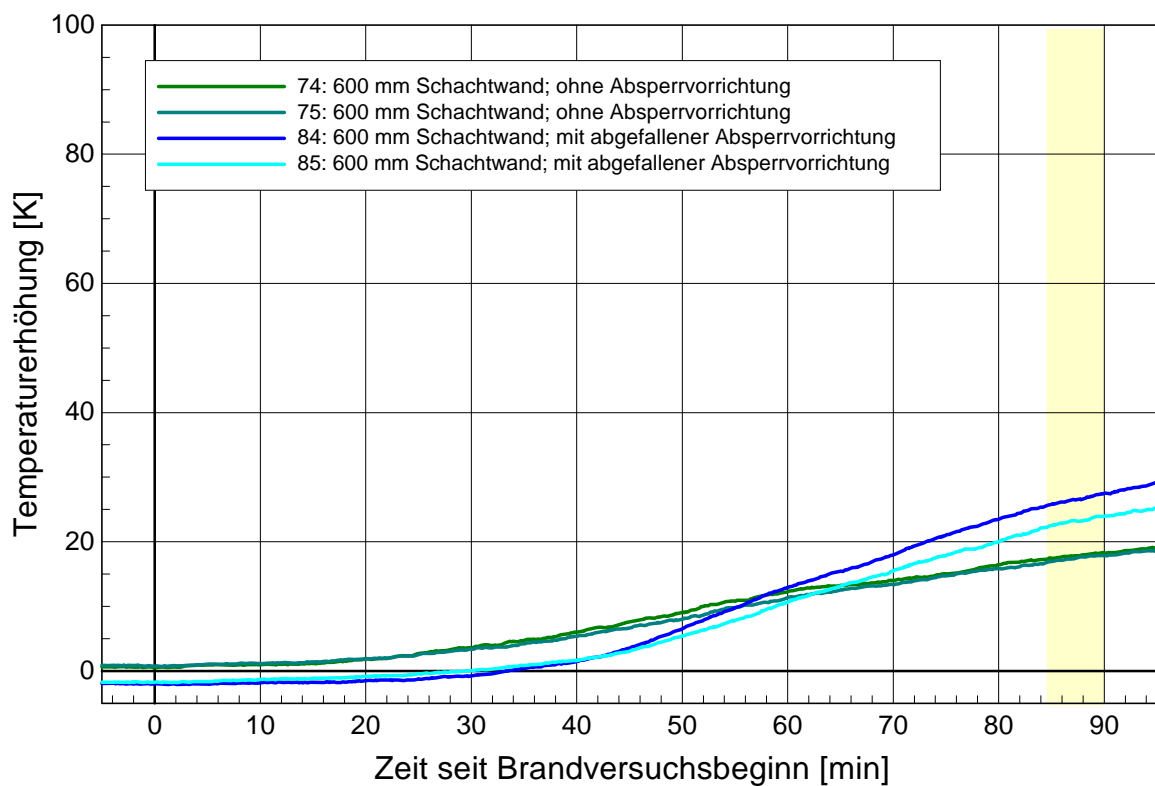


Abbildung 186: Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG



## 7.6 Versuchsauswertungen Drücke im System

### 7.6.1 Drücke im System (Einzellüfter) Versuch (Brandversuch Nr. 2)

Entsprechend der Prüfverfahren nach BauPrGr und ZulaRi zweigeschossig werden die in der Hauptleitung vorhandenen Drücke der Einzellüfter nicht berücksichtigt; bei diesen Versuchen sind keine Lüfter in Betrieb.

Bei dem dreigeschossigen Prüfverfahren nach ZulaRi mit Einzellüftungsgeräten wurde der Betrieb der Lüfter im Untergeschoss und im Brandraum festgelegt [33]

Die genaue Darstellung des Versuchsaufbaus mit allen drei Schächten ist der Abbildung 187 zu entnehmen. Die Aufzeichnung der Drücke erfolgt in den nachfolgenden Abbildungen und Diagrammen; die Tabelle 5 gibt eine Zusammenstellung des Versuchs.

Tabelle 5: Messstellenplan Brandversuch Nr. 2 - Drücke für Schacht 1 bis 3

Mess- stelle	Geschoss	Art	Position	Abstand	Bezugspunkt	Schacht entsprechend Abbildung 187
				Bezugskante		
101 61	OG	Druck	Innenrohr	600	Decke BR	Schacht 1
	OG	Luft	Innenrohr	600	Decke BR	
102 71	OG	Druck	Innenrohr	600	Decke BR	Schacht 2
	OG	Luft	Innenrohr	600	Decke BR	
103 21-1	OG	Druck	Innenrohr	600	Decke BR	Schacht 3
	OG	Luft	Innenrohr	600	Decke BR	

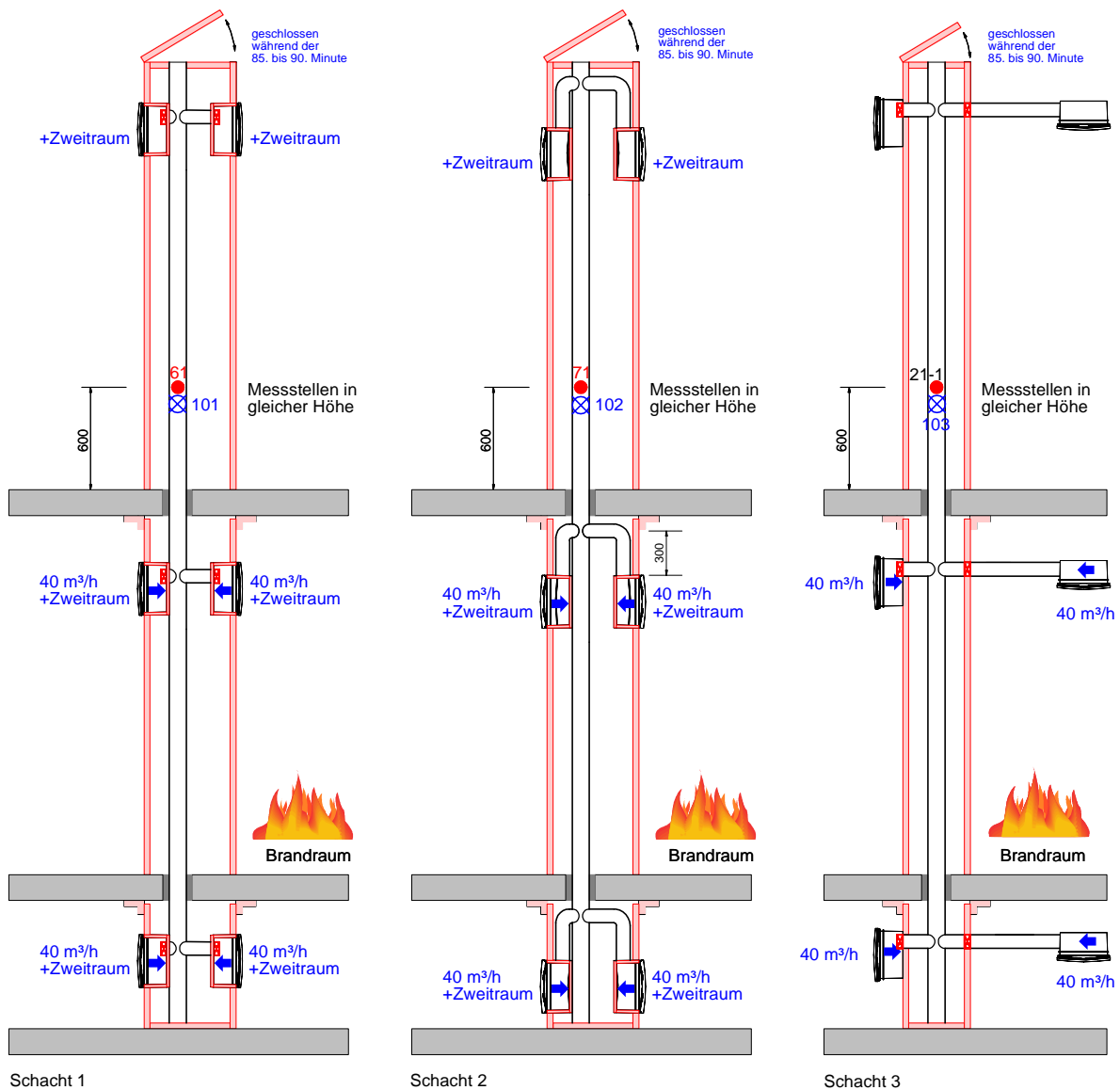


Abbildung 187: Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 2) - Druckmessung Schächte 1-3

Die nachfolgende Tabelle 6 gibt den zeitlichen Verlauf des Betriebs der Lüfter bei Umgebungstemperatur wieder. Vom Versuchsablauf wurde jeweils ein Lüfter eines Schachtes eingeschaltet; nach jeweils ca. fünf Minuten wurde in jedem Schacht jeweils ein weiterer Lüfter zugeschaltet. Begonnen wurde im Untergeschoss (UG) und nach oben über das Brandgeschoss (BR) ins Obergeschoss (OG) fortgesetzt. Im OG wurden jeweils beide Lüfter eines Schachtes gleichzeitig zugeschaltet.

Im Anschluss hieran erfolgte der Brandversuch entsprechend der Zulassungsrichtlinien dreigeschossig. Die Beflammung erfolgte nach Einheitstemperaturkurve. Für den Brandversuch blieben die Lüfter im UG und BR im Betrieb. Ab der 85. Minute wurde die obere Verschlussklappe am Ende der Hauptleitung geschlossen.

Der geförderte Luftvolumenstrom jedes einzelnen Lüfters erfolgte entsprechend DIN 18017-3 Punkt 4.1.1 mit  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  (bedarfsgeführte Entlüftungsanlagen). Die Hauptleitung war oben offen, so dass eine freie Abströmung gewährleistet war.

Tabelle 6: Betrieb Lüfter Versuch (Brandversuch Nr. 2) - Schächte 1 bis 3

Schacht und Lage Lüfter		Zeitlicher Ablauf in [min]						
		-37	-32	-27	-22	-17	-10	0
Untergeschoss	Schacht 1 UG1							
	Schacht 1 UG2							
	Schacht 2 UG1							
	Schacht 2 UG2							
	Schacht 3 UG1							
	Schacht 3 UG2							
Brandraum	Schacht 1 BR1							
	Schacht 1 BR2							
	Schacht 2 BR1							
	Schacht 2 BR2							
	Schacht 3 BR1							
	Schacht 3 BR2							
Obergeschoss	Schacht 1 OG 1+2							
	Schacht 2 OG 1+2							
	Schacht 3 OG 1+2							
Lüfter ist in Betrieb				Lüfter ist nicht in Betrieb				

### 7.6.1.1 Drücke im System Schacht 1

An Schacht 1 waren in jedem Geschoss zwei Einzellüfter mit Brandschutzgehäuse in der Wandung mit Absperrvorrichtung - und Zweitraumanschluss an die Hauptleitung bestehend aus Stahlblech-Wickelfalzrohr mit Durchmesser 100 mm angeschlossen. Der Versatz zwischen Ausblasstutzen Einzellüfter und Abzweig (Rohrmitte) Hauptleitung betrug 130 mm. Der Anschluss erfolgte mittels Aluflexrohr.

Der Zweitraumanschluss hat keinen Einfluss auf die Luftmengen und Drücke, da er in keiner direkten Verbindung mit der Hauptleitung steht, sondern lediglich in Verbindung mit dem Einzellüftungsgerät.

Mit Einschalten der Lüfter im Obergeschoss ist der stärkste Druckanstieg zu beobachten.

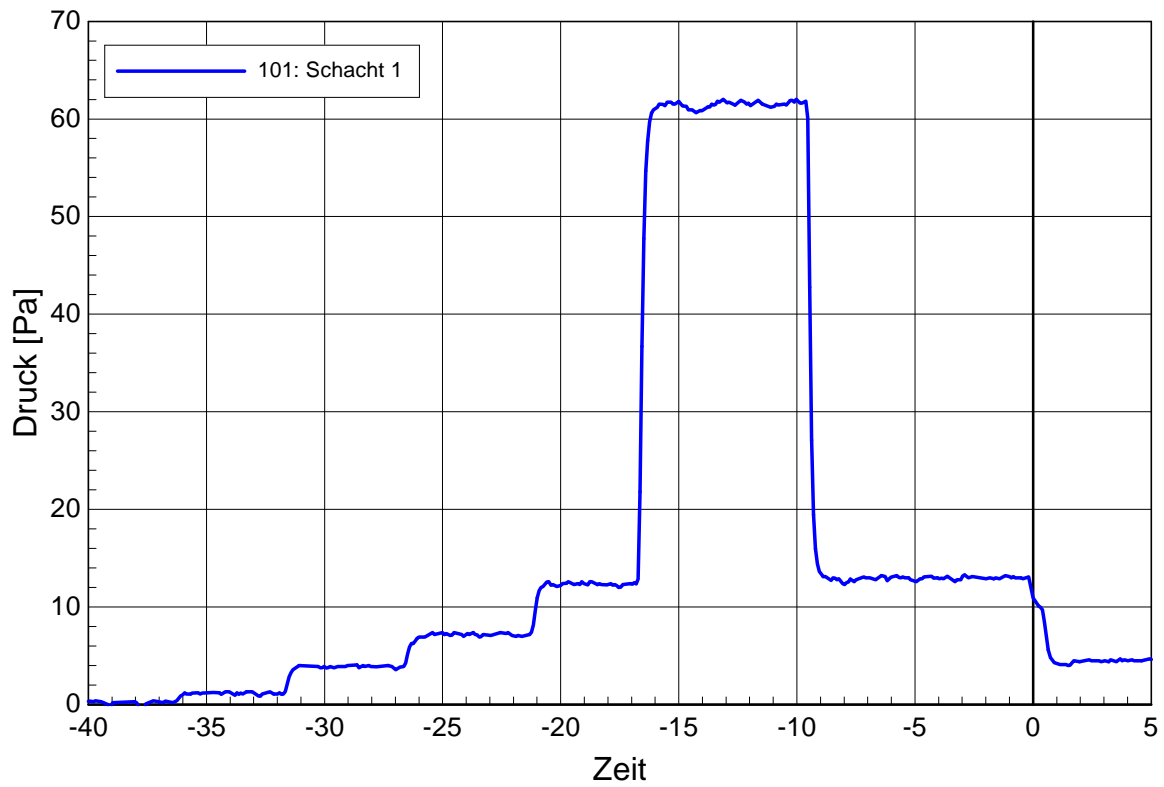


Abbildung 188: Druck Schacht 1 bei Umgebungstemperatur

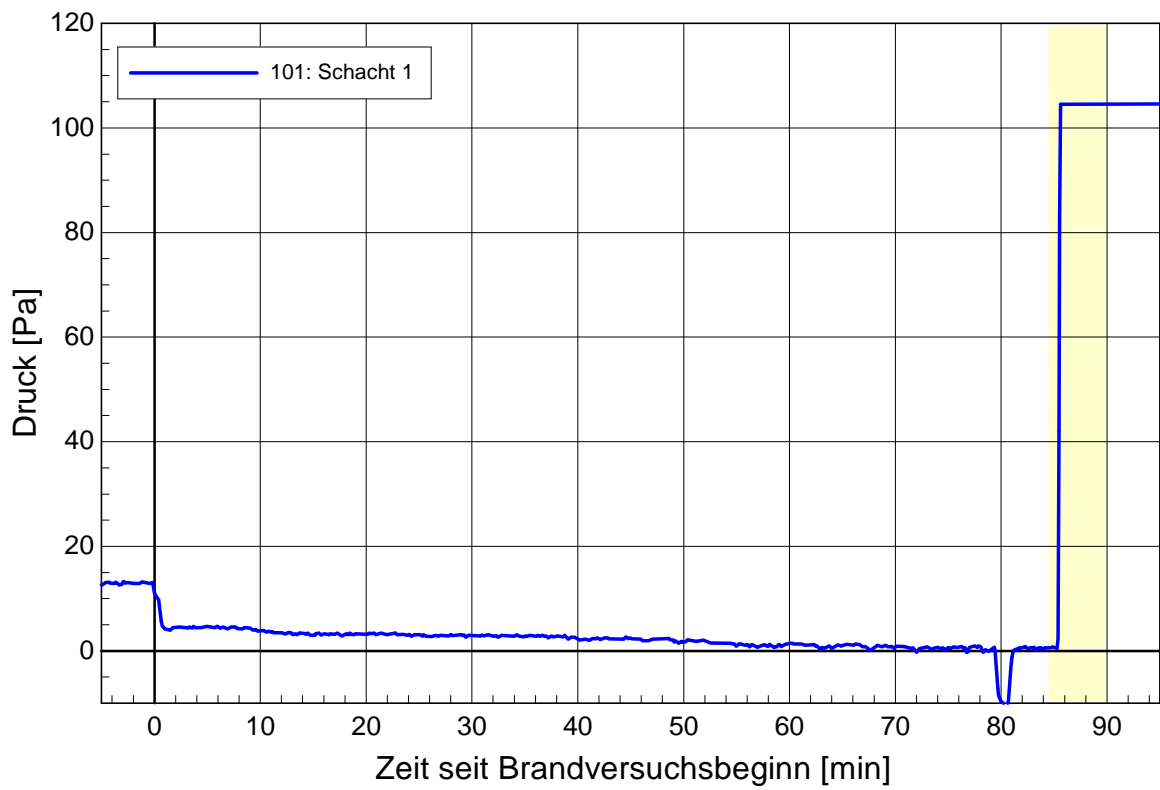


Abbildung 189: Druck Schacht 1 während des Brandversuchs

### 7.6.1.2 Drücke im System Schacht 2

An dem Schacht 2 waren in jedem Geschoss zwei Einzellüfter - Unterputzgerät ohne Absperrvorrichtung - und Zweitraumanschluss an die Hauptleitung bestehend aus Stahlblech-Wickelfalzrohr mit Durchmesser 100 mm angeschlossen. Der Versatz zwischen Ausblasstutzen Einzellüfter und Abzweig (Rohrmitte) Hauptleitung betrug 300 mm. Der Anschluss erfolgte mittels Aluflexrohr.

Der Zweitraumanschluss hat keinen Einfluss auf die Luftmengen und Drücke, da er in keiner direkten Verbindung mit der Hauptleitung steht, sondern lediglich in Verbindung mit dem Einzellüftungsgerät.

Mit Einschalten der Lüfter im Obergeschoss ist der stärkste Druckanstieg zu beobachten.

Im Vergleich zu Schacht 1 sind bei dieser Versuchsanordnung die Drücke geringer, bedingt durch mehr Bögen im System.

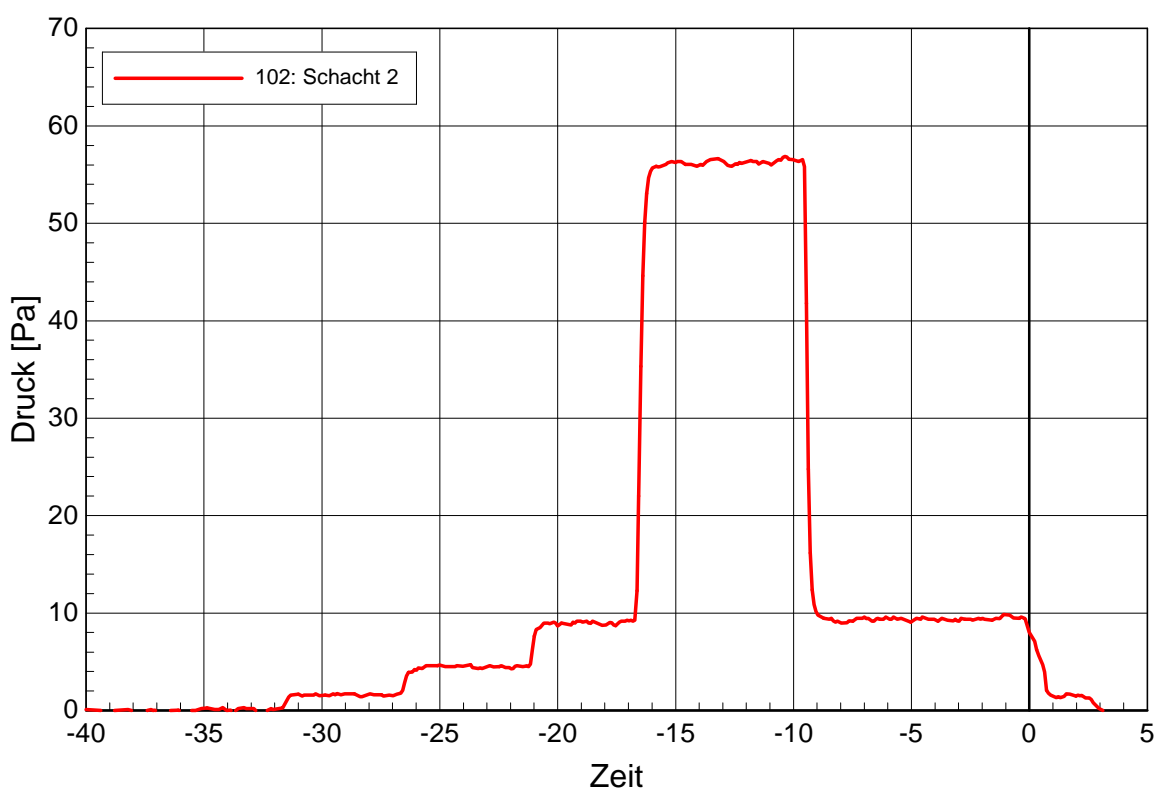


Abbildung 190: Druck Schacht 2 bei Umgebungstemperatur

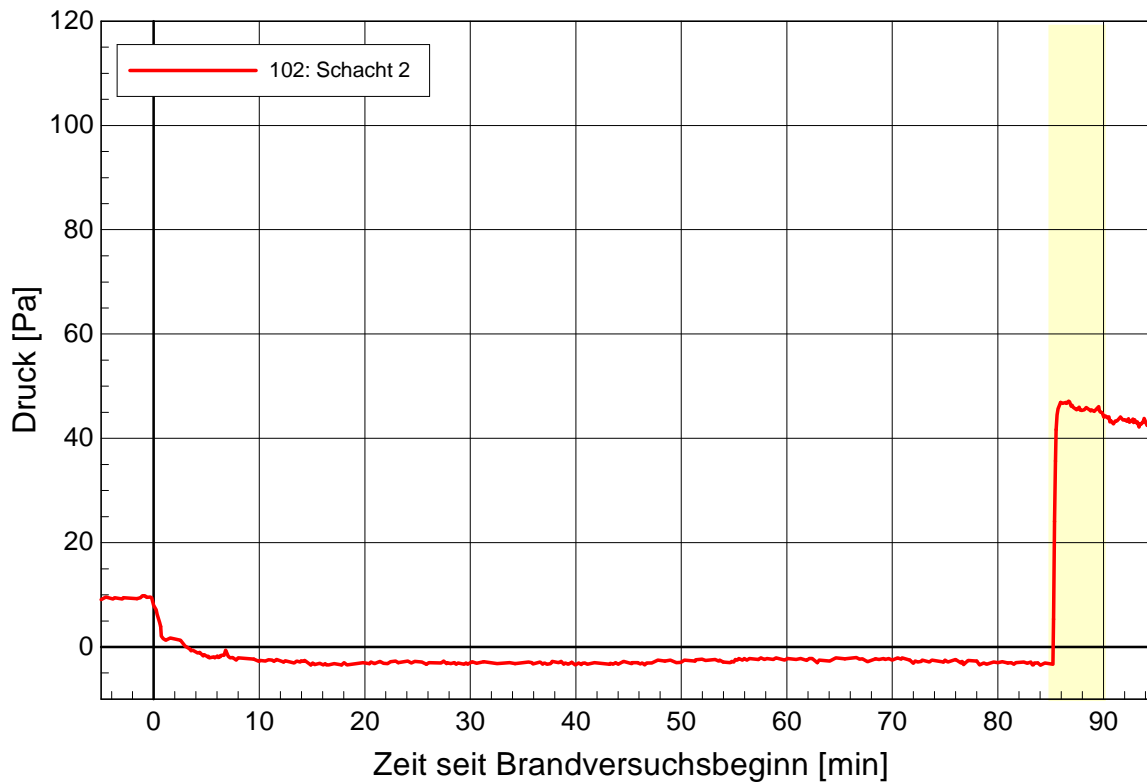


Abbildung 191: Druck Schacht 2 während des Brandversuchs

### 7.6.1.3 Drücke im System Schacht 3

An dem Schacht 3 waren in jedem Geschoss zwei Einzellüfter - Aufputzgeräte - an die Hauptleitung bestehend aus Stahlblech-Wickelfalzrohr mit Durchmesser 100 mm angeschlossen. Die Absperrvorrichtungen befanden sich in der Schachtwand; ein Lüfter war direkt auf der Schachtwand montiert, der zweite Lüfter war ca. 640 mm von der Schachtwand entfernt (Anbindung mit Stahl-Wickelfalzrohr DN80). Der Versatz zwischen Ausblasstutzen Einzellüfter und Abzweig (Rohrmitte) Hauptleitung betrug 80 mm. Der Anschluss erfolgte mittels Aluflexrohr.

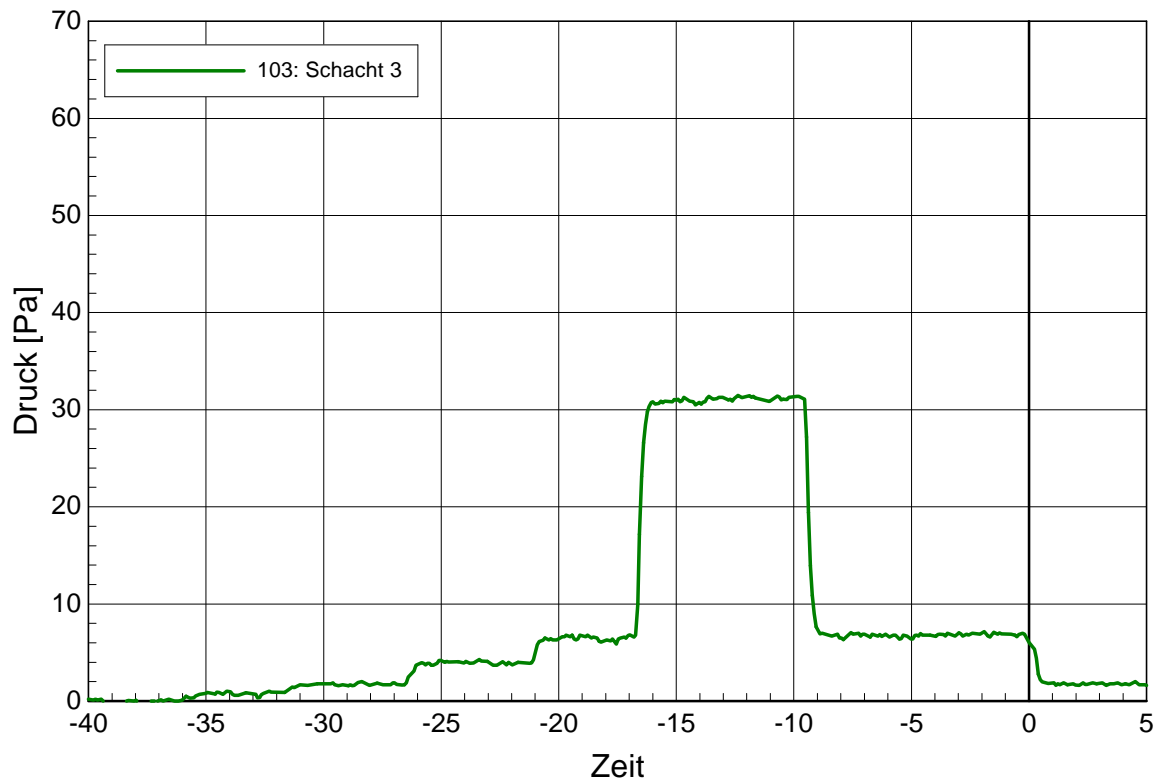


Abbildung 192: Druck Schacht 3 bei Umgebungstemperatur

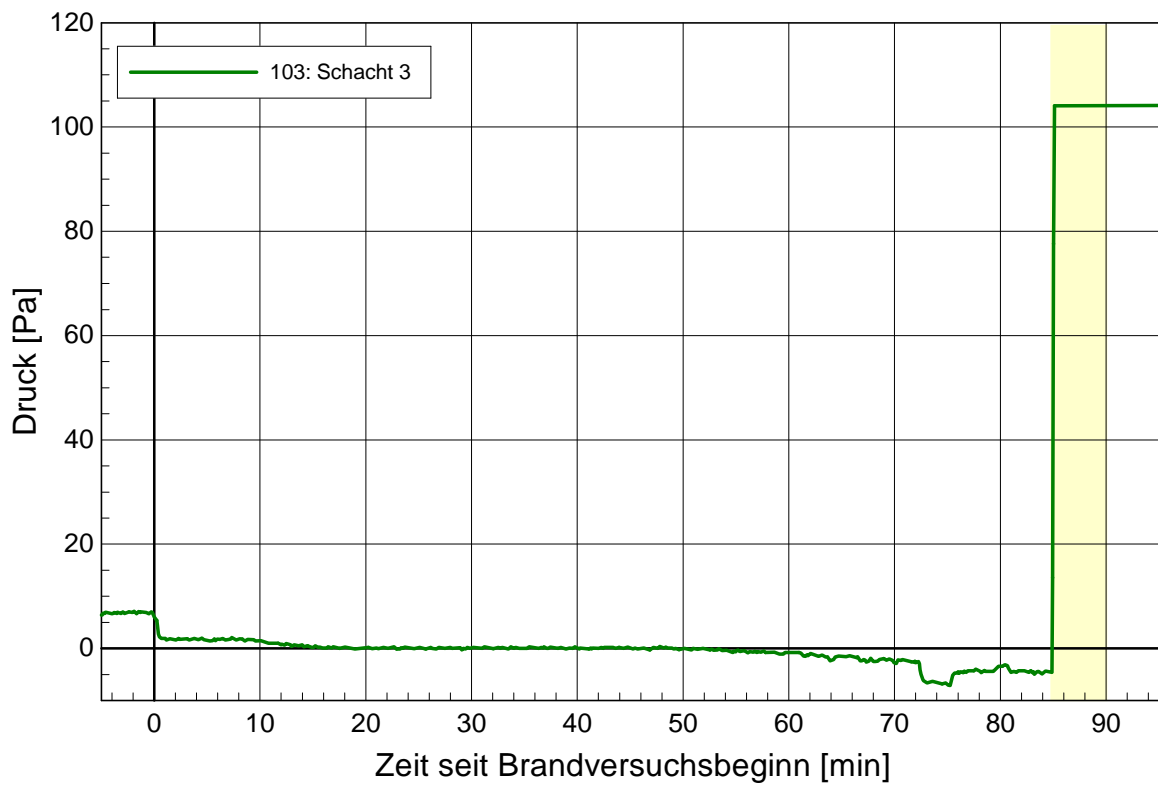


Abbildung 193: Druck Schacht 3 während des Brandversuchs

#### 7.6.1.4 Bewertung der Drücke im System – Brandversuch Nr. 2

Bei dem Betrieb der Einzellüftungsgeräte bei Umgebungstemperatur entsteht in der Hauptleitung ein Überdruck. Mit Erhöhung der Anzahl der zugeschalteten Lüfter steigt der Druck in der Leitung. Die unterschiedlichen Werte der betrachteten Schächte und der nicht konstante Anstieg sind auf die verschiedenen Ausführungen der Anschlussleitungen an die Hauptleitung unter Berücksichtigung der Druckverlustbeiwerte ( $\zeta$ -Wert) und Rauheit der Oberflächen zurückzuführen.

Für die Zuschaltung der Lüfter unterhalb der Messstelle im UG und BR ist eine Gleichmäßigkeit zu beobachten; je zugeschaltetem Lüfter steigt der Druck an. Mit Zuschalten der Lüfter im OG oberhalb der Messstelle ist der massive Druckanstieg bei allen Schächten auffällig (vgl. Gegenüberstellung der Abbildung 194).

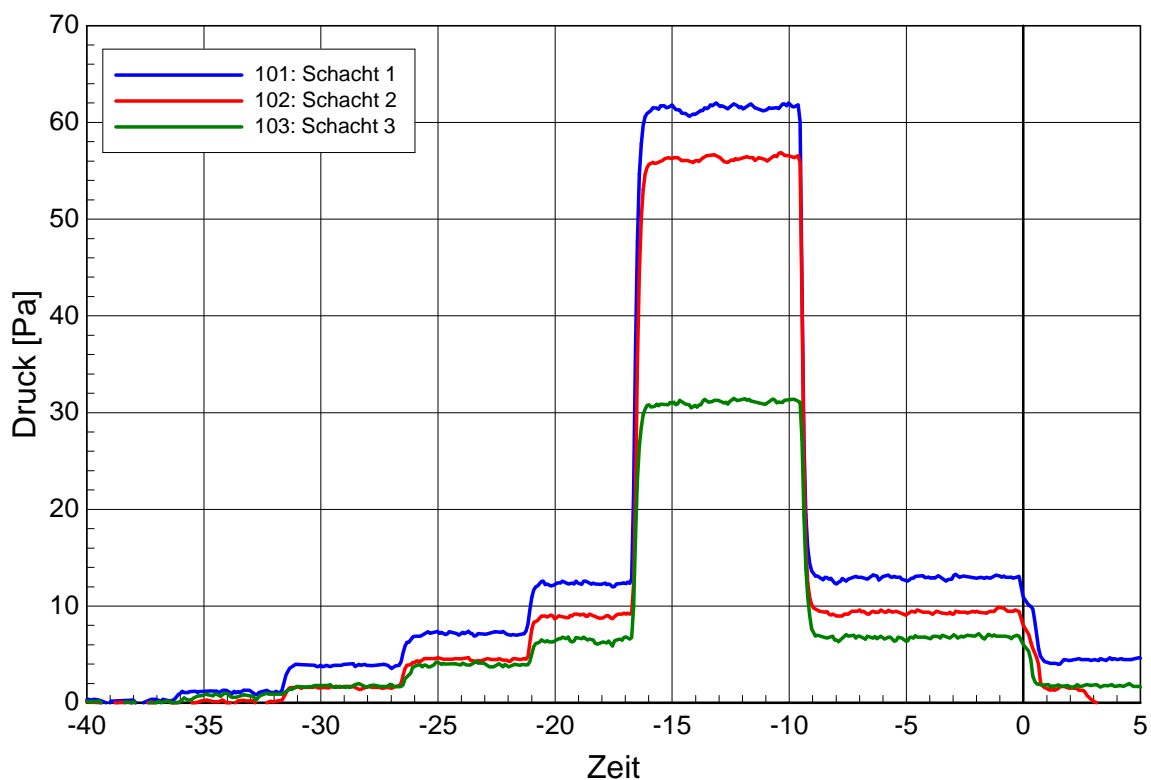


Abbildung 194: Drücke Schächte 1-3 (Umgebungstemperatur) Gegenüberstellung



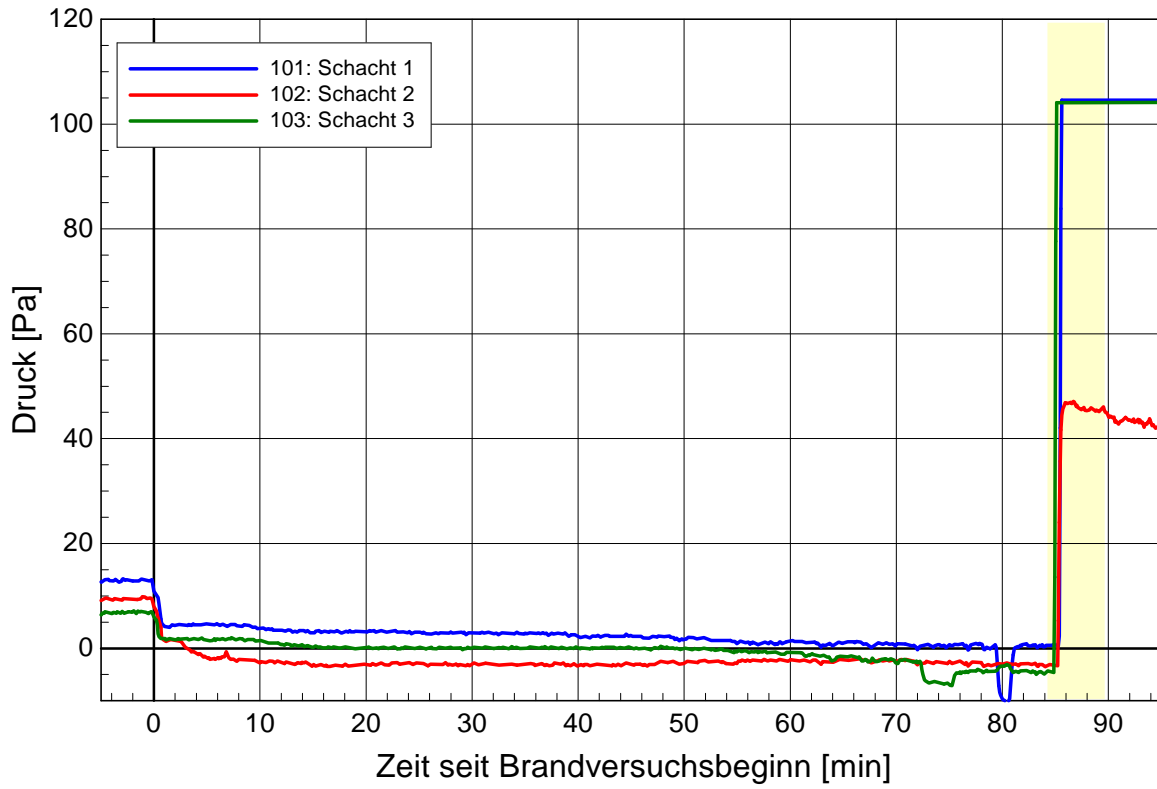


Abbildung 195: Drücke Schächte 1-3 (Brandversuch) Gegenüberstellung

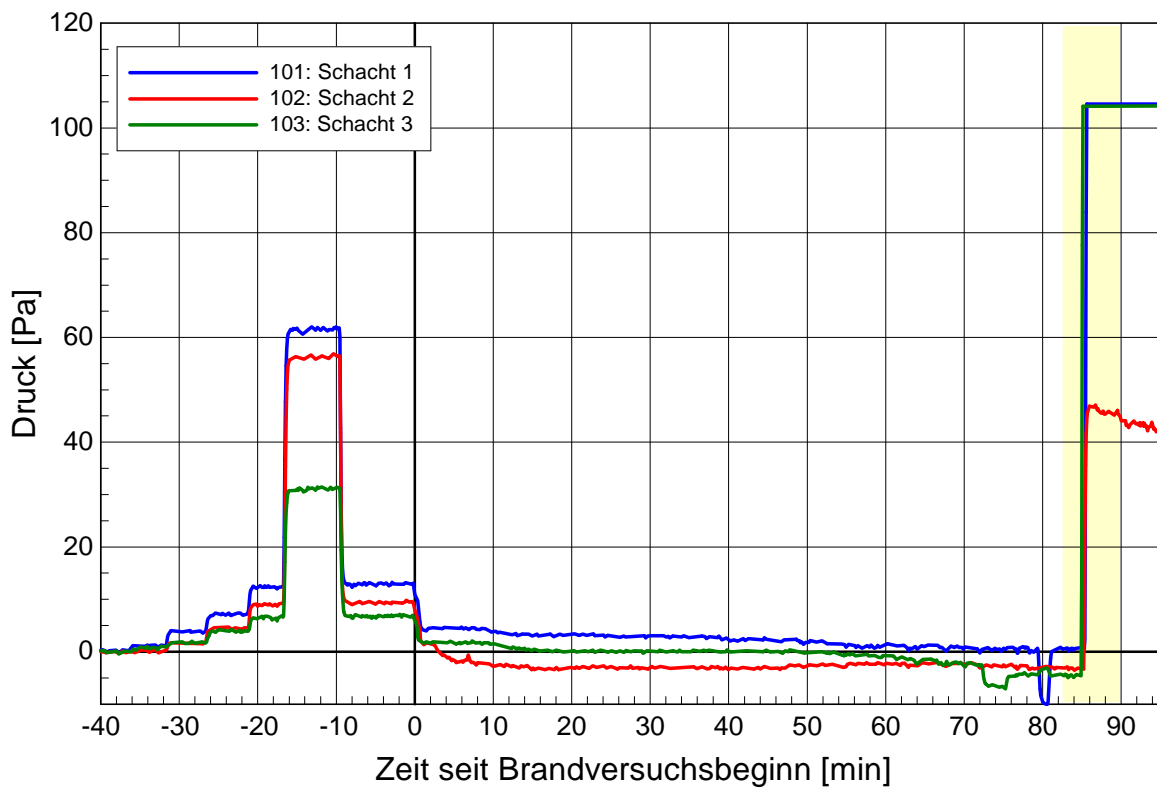


Abbildung 196: Drücke Schächte 1-3 Gegenüberstellung Gesamtverlauf

Mit Beginn des Brandversuchs fallen erwartungsgemäß die Lüfter im Brandraum aus; dies geschieht bereits in der ersten Minute. Zunächst stellt sich der gleiche Überdruck entsprechend des Betriebs beider Lüfter im UG bei Umgebungstemperatur ein (Minute 2 bis 10 bei Schacht 1 und 3), der sich jedoch im Laufe des Brandversuchs in einen Unterdruck wandelt. Der Unterdruck entsteht aufgrund des thermischen Auftriebs und der damit im Zusammenhang stehenden Beschleunigung der Luft. Der Luftstrom kann nach oben frei abströmen. Die im UG angeschlossenen Lüfter erhöhen den Druck aufgrund des geringeren Gegendrucks aufgrund des thermischen Auftriebs und der Verringerung der Dichte der Luft.

Mit Schließen der Verschlussklappe an oberster Stelle der Hauptleitung in der 85. Minute stellt sich sofort ein Überdruck in dem System ein. Der konstante Wert des Überdrucks bei Schacht 1 und Schacht 3 ab der 85. Minute ist bedingt durch Überschreiten des Messbereichs der Differenzdruckmanometer.

### 7.6.2 Drücke im System (Schächte) Versuch (Brandversuch Nr. 7)

Bei den Prüfverfahren für Schächte nach ZulaRi zwei- und dreigeschossig ist kein Lüfterbetrieb vorgesehen. Bei diesen Versuchen stellt sich ein Druck innerhalb des Systems allein durch den thermischen Auftrieb ein.

Die genaue Darstellung des Versuchsaufbaus mit zwei Schächten ist Abbildung 197 zu entnehmen. Die Aufzeichnung der Drücke erfolgt in den nachfolgenden Abbildungen und Diagrammen; die Tabelle 7 zeigt eine Zusammenstellung des Versuchs.

Tabelle 7: Messstellenplan Brandversuch Nr. 7- Drücke für Schacht 1 und 2

Mess- stelle	Geschoss	Art	Position	Abstand	Bezugspunkt	Schacht entsprechend Abbildung 197
				Bezugskante		
101	OG	Druck	Innenrohr	300	Schachtende	Schacht 1 DN150
102	BR	Druck	Innenrohr	300	Decke OG	
103	UG	Druck	Innenrohr	300	Decke UG	
10	OG	Luft	Temperatur		vor BSK	
104	OG	Druck	Innenrohr	300	Schachtende	Schacht 2 DN175
105	BR	Druck	Innenrohr	300	Decke OG	
106	UG	Druck	Innenrohr	300	Decke UG	
20	OG	Luft	Temperatur		vor BSK	

Der Brandversuch erfolgte entsprechend der Zulassungsrichtlinien [32]. Die Beflammung erfolgte nach Einheitstemperaturkurve. Die obere Verschlussklappe am Ende der Hauptleitung wurde von der 25. – 30. Minute, 55. – 60. Minute und von der 85.- 90. Minute geschlossen.

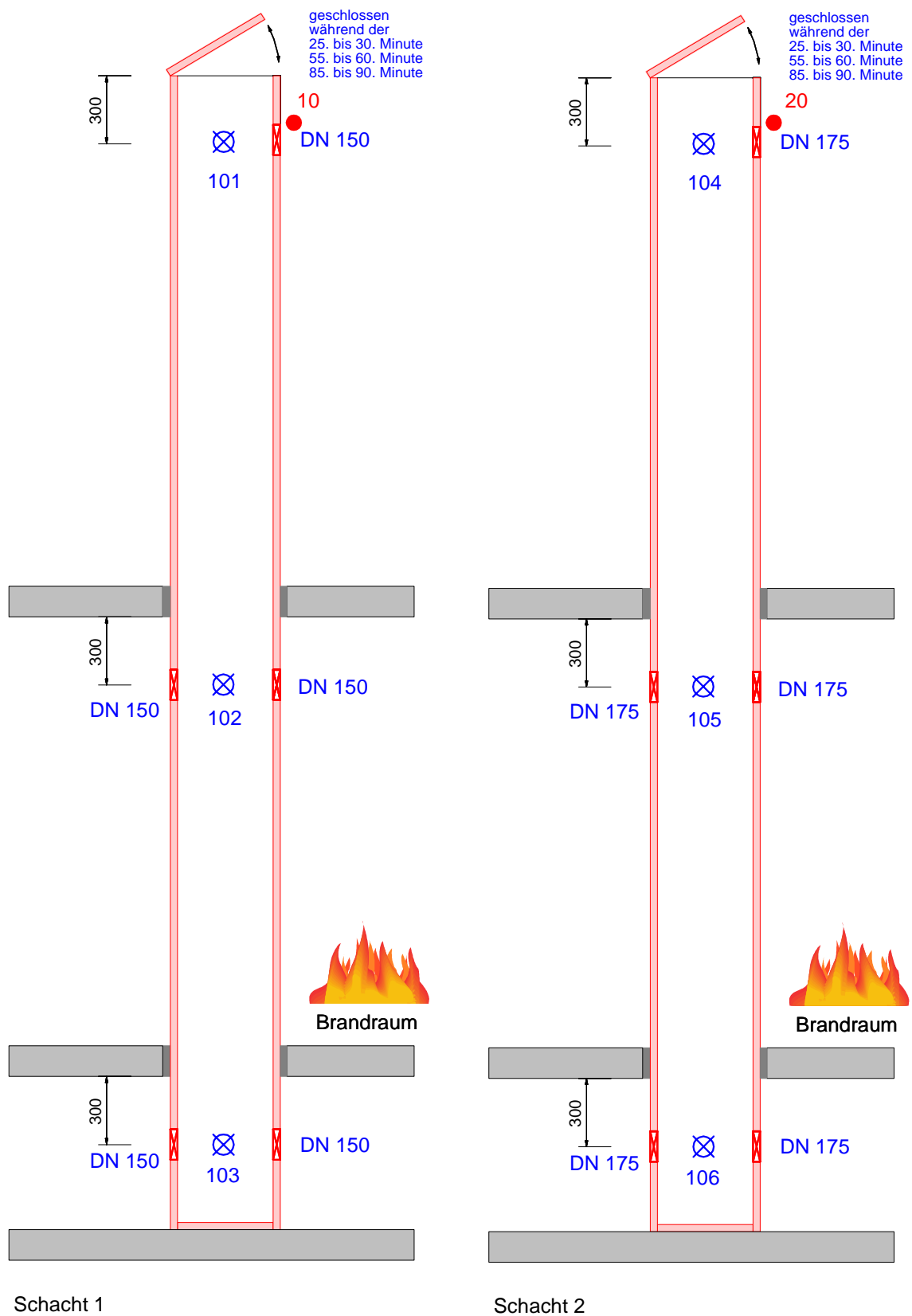


Abbildung 197: Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 7) - Druckmessung Schacht 1 und 2

### **7.6.2.1 Drücke im System Schacht 1 – Brandversuch Nr. 7**

Die Prüfung an den Schächten erfolgte im dreigeschossigen Versuchsaufbau; die Druckmesssonden waren jeweils in Achsmittle der Absperrvorrichtungen in dem luftführenden Schacht montiert. Die Absperrvorrichtungen waren in der Wandung eingebaut. Bei Schacht 2 war die Druckmessstelle MS104 defekt.

Die Abbildung 198 und Abbildung 199 zeigen den Verlauf der Drücke in den Schächten.

Vor Versuchsstart ist bei beiden Schächten die Druckdifferenz gleich Null, d.h. in den Schächten findet keine Strömung statt und die Drücke im Schacht sind gleich dem Umgebungsdruck.

Der Druckauschlag in der ersten Minute ist bedingt durch das Schließen der Absperrvorrichtungen im Brandraum. Das Schließen bewirkt einen Unterdruck an allen Messstellen.

Mit fortschreitender Versuchsdauer stellt sich in dem Schacht ein Unterdruck durch den thermischen Auftrieb ein. Der Druck differiert mit der Höhenlage der Messstellen. Der Druck ist im Untergeschoss am größten; aus diesem strömt die Luft nach.

Mit Schließen der Verschlussklappe am oberen Schachtende stellt sich an allen Druckmessstellen ein Überdruck ein, der mit Öffnen sofort wieder abfällt. Das Brandgas im Schacht kann über die Absperrvorrichtungen im OG abströmen; diesbezüglich sind die Lufttemperaturmessstellen jeweils vor der Absperrvorrichtung im Obergeschoss zu betrachten; an diesen ist ein sofortiger Temperaturanstieg zu beobachten, der mit Öffnen wieder abfällt.

Beide Absperrvorrichtungen im Obergeschoss lösten erst in der ca. 90. Minute aus (Beobachtung während des Brandversuchs); aufgrund des fast zeitgleichen Auslösens mit dem Wiederöffnen der Verschlussklappe, ist an den Temperaturmessstellen das Schließen der Absperrvorrichtungen nicht nachzuvollziehen.

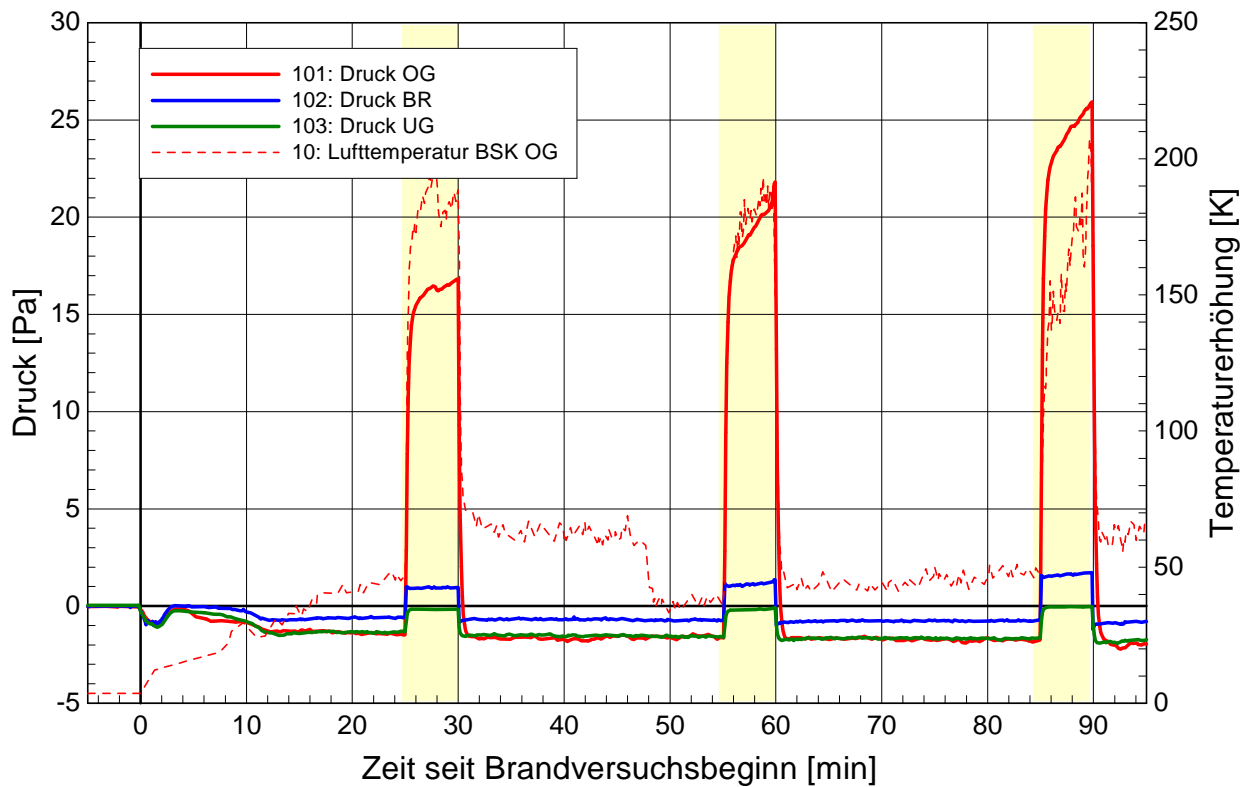


Abbildung 198: Schacht 1; Drücke und Temperatur bei BSK DN150 (Brandversuch)

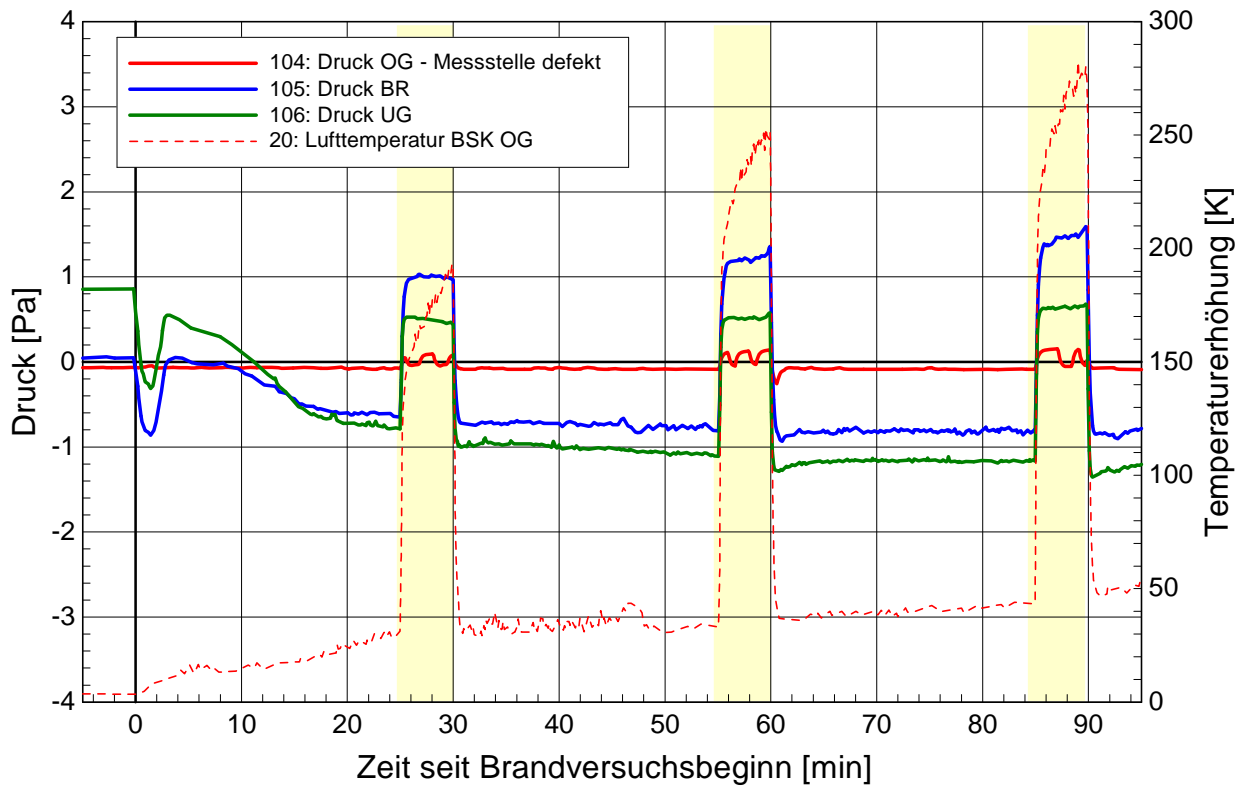


Abbildung 199: Schacht 2; Drücke und Temperatur bei BSK DN175 (Brandversuch)

## 7.7 Versuchsauswertungen Störfaktoren Durchströmung

### 7.7.1 Einfluss Lüfterbetrieb im Untergeschoss

Um die Auswirkungen der im Prüfverfahren festgelegten Durchströmung mit dem Betrieb der Einzellüfter auf die Strömungs- und Thermodynamik zu untersuchen wurden während eines Brandversuchs (Brandversuch Nr. 2) entgegen dem festgelegten Prüfverfahren die Einzellüfter im Untergeschoss kurzzeitig ausgeschaltet. Diese Untersuchung erfolgte an mehreren Schächten (dreigeschossiger Aufbau).

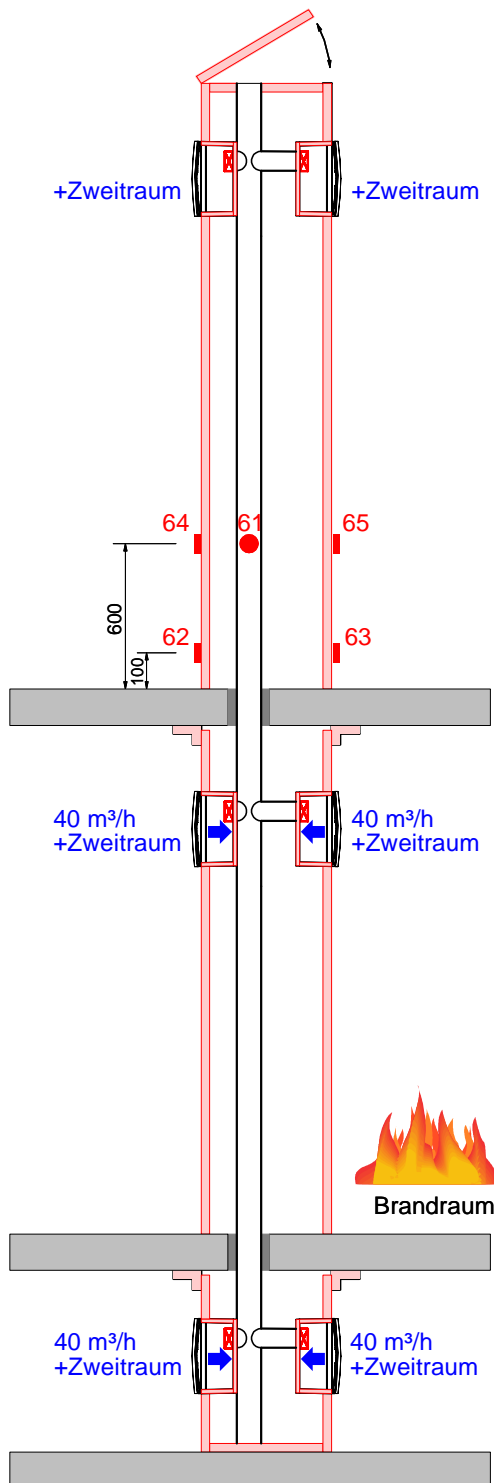
Hierbei werden die Luft-Temperaturmessstellen im Ober- und Untergeschoss sowie der Druck in der Hauptleitung und teilweise auch die Sauerstoffkonzentration in der Hauptleitung betrachtet.

#### 7.7.1.1 Einfluss Lüfterbetrieb; Einzellüfter in der Wandung mit BSK

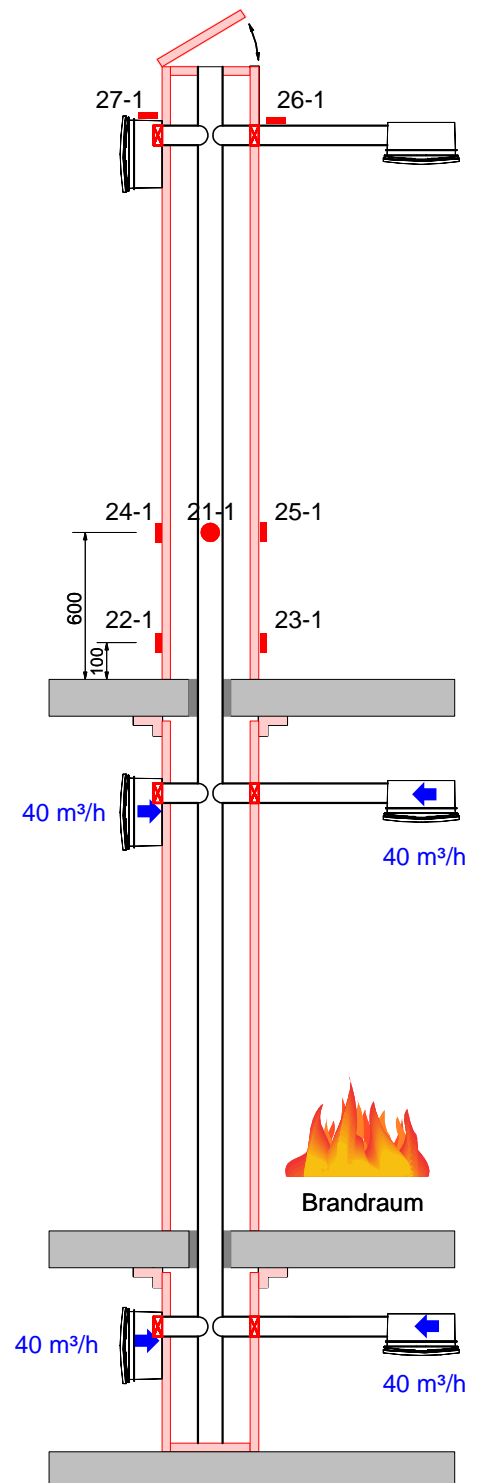
Der dreigeschossige Versuchsaufbau (Schacht 1) mit Brandschutzgehäuse in der Wandung, Absperrvorrichtung und Zweitraumanschluss ist in der Abbildung 200 (Versuchsaufbau links) dargestellt. Die beobachteten Luft-, Temperatur- und Sauerstoffmessstellen sind in der zugehörigen Tabelle 8 beschrieben.

Tabelle 8: Messstellenplan Brandversuch Nr. 2- Schacht 1

Mess- stelle	Geschoss	Art	Position	Abstand	Bezugspunkt	Ausrichtung
				Bezugskante		
62	UG	Luft	Innenrohr	90	Decke UG	
101	OG	Druck	Innenrohr	600	Decke BR	
110		Sauerstoff O <sub>2</sub>	Innenrohr	600	Decke BR	
61		Luft	Innenrohr	600	Decke BR	



Schacht 1 mit 2 Anschlüssen mit BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi; dreigeschossig; Abschaltung 79. – 80. Minute



Schacht 2 mit 2 Anschlüssen mit BSK auf der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi; 3-geschossig; Abschaltung 72. – 75. Minute

Abbildung 200: Brandversuch Nr. 2 – Abschaltung Lüfter UG



In der 79. Minute wurde der Lüfter in Schacht 1 im UG abgestellt und nach ca. einer Minute in der 80. Minute wieder angestellt.

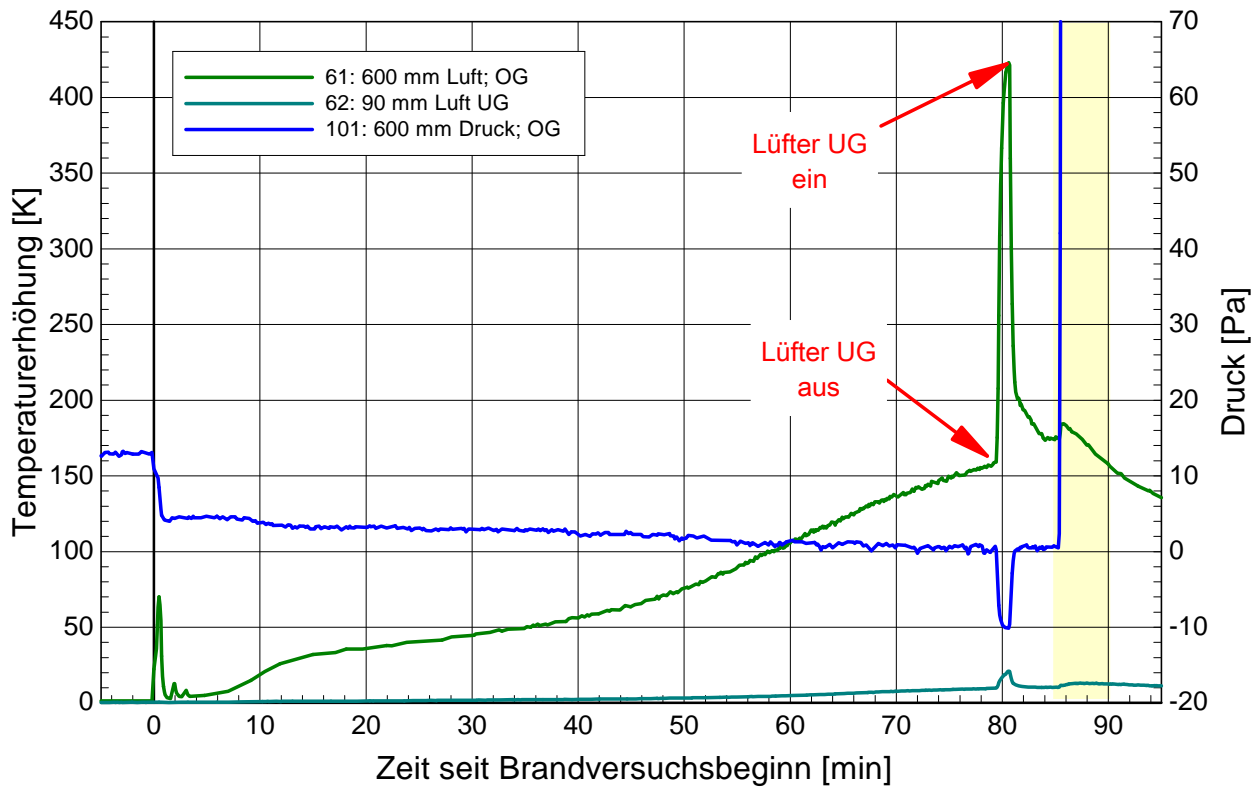


Abbildung 201: Temperaturen – Druck: Schacht 1

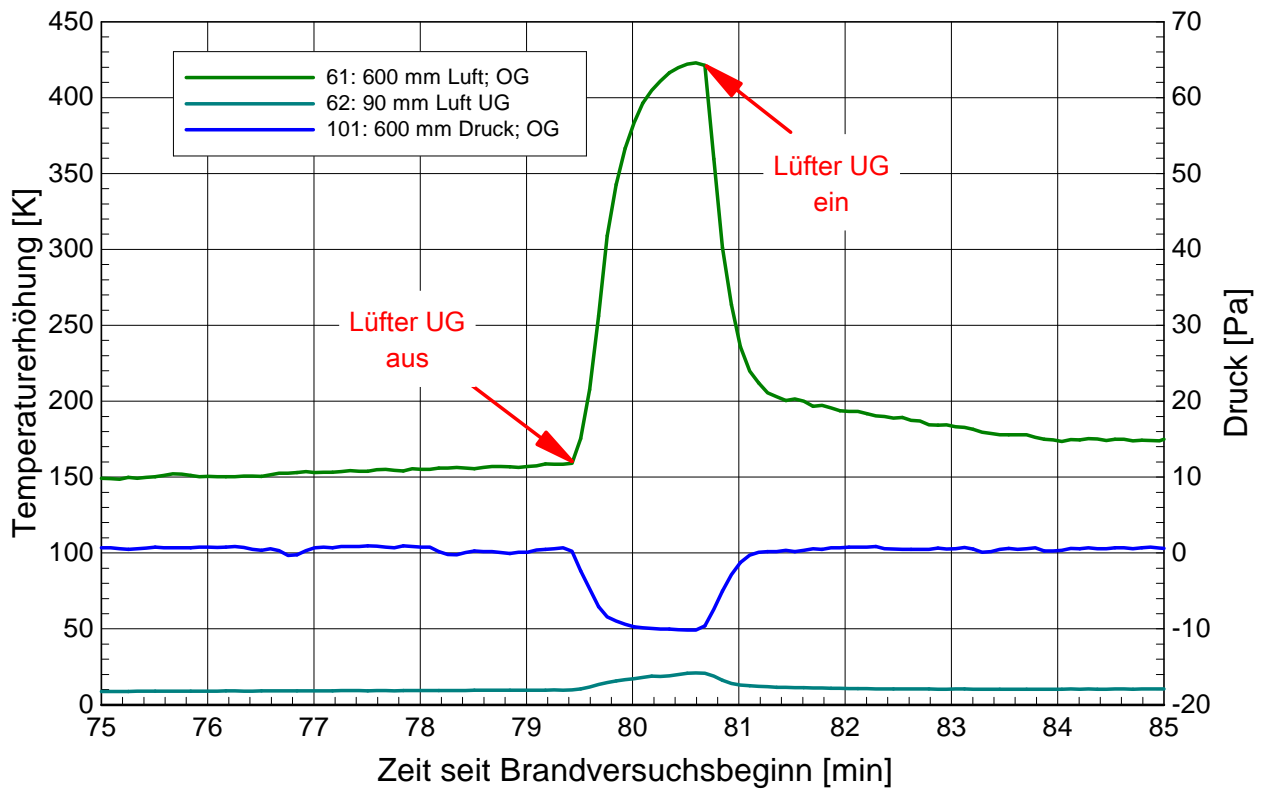


Abbildung 202: Temperaturen – Druck: Schacht 1; 75. – 85. Minute

Die Abbildung 201 zeigt den Temperatur- und Druckverlauf in der Hauptleitung im Obergeschoss sowie den Temperaturverlauf in der Hauptleitung im Untergeschoss; die Abbildung 202 zeigt den Ausschnitt von der 75. bis 85. Minute aus dem Gesamtversuch.

Die Temperatur im Untergeschoss steigt während der gesamten Versuchsdauer um lediglich ca. 10 K an. Bedingt durch die Strömungsrichtung von unten nach oben erfolgt in das Untergeschoss kein Massenstrom sondern lediglich ein sehr geringer Wärmestrom. Mit Abschalten der Ventilatoren im UG findet während dieser Zeit eine Temperaturerhöhung von ca. 20 K statt.

Im Obergeschoss bewirkt das Ausschalten der Lüfter im UG eine massive Temperaturerhöhung von ca. 220 K, die mit Einschalten jedoch fast wieder bis auf die ursprüngliche Temperatur zurückgeht. Mit Ausschalten wird die Nachströmung der kühlen Umgebungsluft unterbrochen und im Brandraum findet diese Temperaturerhöhung statt. Wie in anderen Kapiteln beschrieben, bewirkt diese kurzzeitige Temperaturerhöhung in der Hauptleitung keine Erhöhung der Oberflächentemperaturen auf der Schachtwand.

Um die Strömungsverhältnisse zu untersuchen ist die Druckmessung im Obergeschoss zu betrachten. Seit Versuchsstart befindet sich in der Hauptleitung ein Überdruck bedingt durch die Lüftungsgeräte im Untergeschoss; dieser Überdruck sinkt mit fortschreitender Versuchsdauer; der thermische Auftrieb wirkt diesem Druck entgegen. Mit Ausschalten der Lüfter im UG stellt sich ein Unterdruck in der Hauptleitung ein; der Druck verändert sich um ca. 10 Pa. Der thermische Auftrieb bewirkt diesen Unterdruck in der Leitung.

Mit Schließen der Verschlussklappe am oberen Ende steigt der Druck massiv an; ein Abströmen ist nicht mehr möglich.

Die temperaturbeeinflussenden Faktoren sind anhand der Sauerstoffkonzentration in der Hauptleitung im OG entsprechend Abbildung 203 und Abbildung 204 festzustellen. Während der gesamten Versuchsdauer ist ein geringes Absinken der Sauerstoffkonzentration in der Hauptleitung zu beobachten. Da in der Hauptleitung ein Überdruck vorherrscht, kann kein Brandgas in die Hauptleitung eindringen; der Sauerstoffgehalt ist gleich dem der aus dem UG nachströmenden Zuluft. Mit Abschalten der Lüfter im UG sinkt der Sauerstoffgehalt um ca. 7%; es dringt Brandgas in die Hauptleitung ein; aufgrund des vorherrschenden Unterdrucks kann Brandgas in die Hauptleitung eindringen.

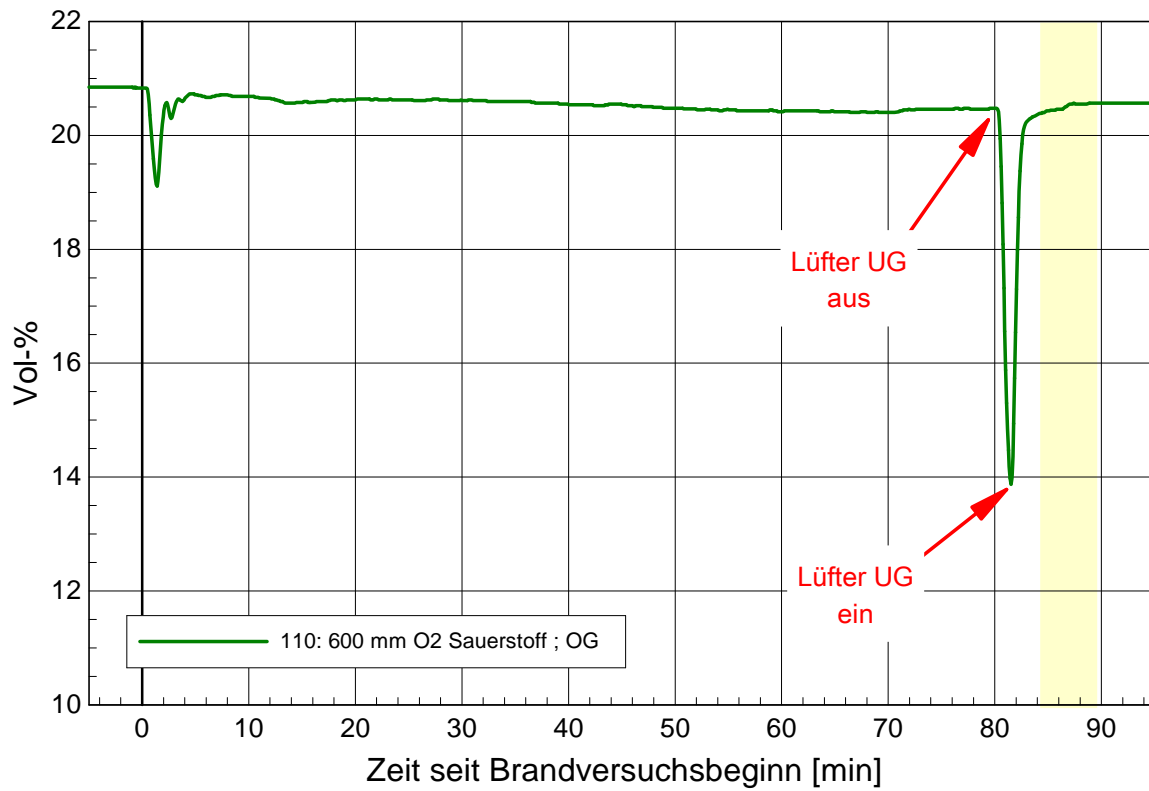


Abbildung 203: Sauerstoffgehalt OG: Schacht 1

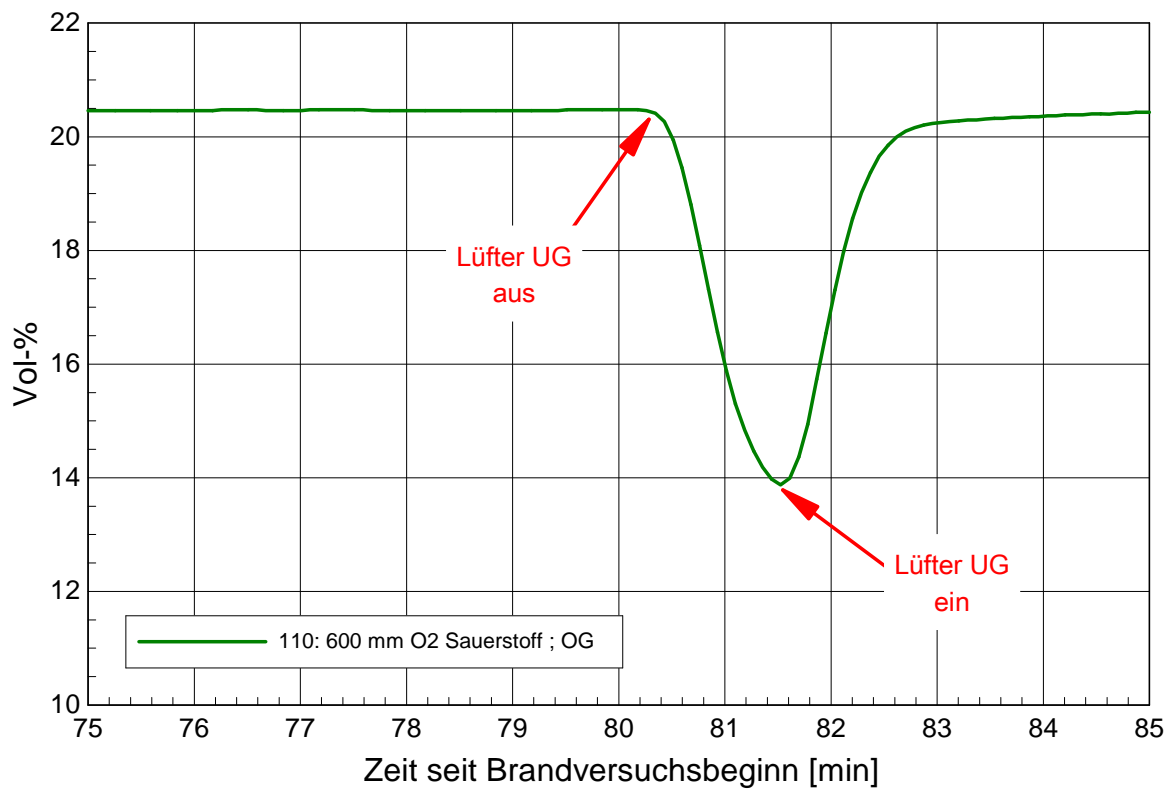


Abbildung 204: Sauerstoffgehalt OG: Schacht 1; 75. – 85. Minute

### 7.7.1.2 Einfluss Lüfterbetrieb; Einzellüfter auf/außerhalb der Wandung mit BSK

Der dreigeschossige Versuchsaufbau (Schacht 2) mit Einzellüftern auf und außerhalb der Wandung mit Absperrvorrichtung ist in der Abbildung 200 (Versuchsaufbau rechts) dargestellt. Die beobachteten Luft-Temperatur- und Druckmessstellen sind in der zugehörigen Tabelle 9 beschrieben.

Tabelle 9: Messstellenplan Brandversuch Nr. 2 - Schacht 2

Mess- stelle	Geschoss	Art	Position	Abstand	Bezugspunkt	Ausrichtung
				Bezugskante		
27-1	UG	Luft	Innenrohr	90	Decke UG	
102	OG	Druck	Innenrohr	600	Decke BR	
21-1		Luft	Innenrohr	600	Decke BR	

In der 72. Minute wurde der Lüfter im UG abgestellt und nach ca. drei Minuten in der 75. Minute wieder angestellt.

Die Abbildung 205 zeigt den Temperatur- und Druckverlauf in der Hauptleitung im Obergeschoss sowie den Temperaturverlauf in der Hauptleitung im Untergeschoss; die Abbildung 206 zeigt den Ausschnitt von der 70. bis 80. Minute aus dem Gesamtversuch.

Die Temperatur im Untergeschoss steigt während der gesamten Versuchsdauer um ca. 20 K an. Bedingt durch die Strömungsrichtung von unten nach oben erfolgt in das Untergeschoss kein Massenstrom sondern lediglich ein sehr geringer Wärmestrom. Mit Abschalten der Ventilatoren im UG findet während dieser Zeit eine Temperaurerhöhung von ca. 20 K statt.

Im Obergeschoss bewirkt das Ausschalten der Lüfter im UG eine nicht so hohe Temperaturerhöhung wie in Abschnitt 7.7.1.1, sondern um ca. 130 K, die mit Einschalten jedoch fast wieder bis auf die ursprüngliche Temperatur zurückgeht. Mit Ausschalten wird die Nachströmung der kühlen Umgebungsluft unterbrochen und im Brandraum findet diese Temperaturerhöhung statt.

Die Druckmessung im Obergeschoss zeigt seit Versuchsstart in der Hauptleitung einen Überdruck bedingt durch die Lüftungsgeräte im Untergeschoss; ab der ca. 40. Minute ändert sich der Überdruck in Unterdruck; von diesem Zeitpunkt an überwiegt der thermische Auftrieb. Im Vergleich zu den Druckverhältnissen aus Abschnitt 7.7.1.1 mit gleichen Lüftern und gleichem Fördervolumen bewirkt die Lage der Lüfter mit langer Anschlussleitung Druckverluste, so dass in der Hauptleitung geringere Drücke vorherrschen.

Mit Ausschalten der Lüfter im UG erhöht sich der Unterdruck in der Hauptleitung um ca. 2 Pa.

Diese geringere Änderung des Druckes im Vergleich zu Abschnitt 7.7.1.1 bewirkt die geringere Temperaturerhöhung in der Hauptleitung; die Temperatur wird somit von der Höhe der Druckveränderung beeinflusst.

Mit Schließen der Verschlussklappe am oberen Ende steigt der Druck massiv an; ein Abströmen ist nicht mehr möglich.

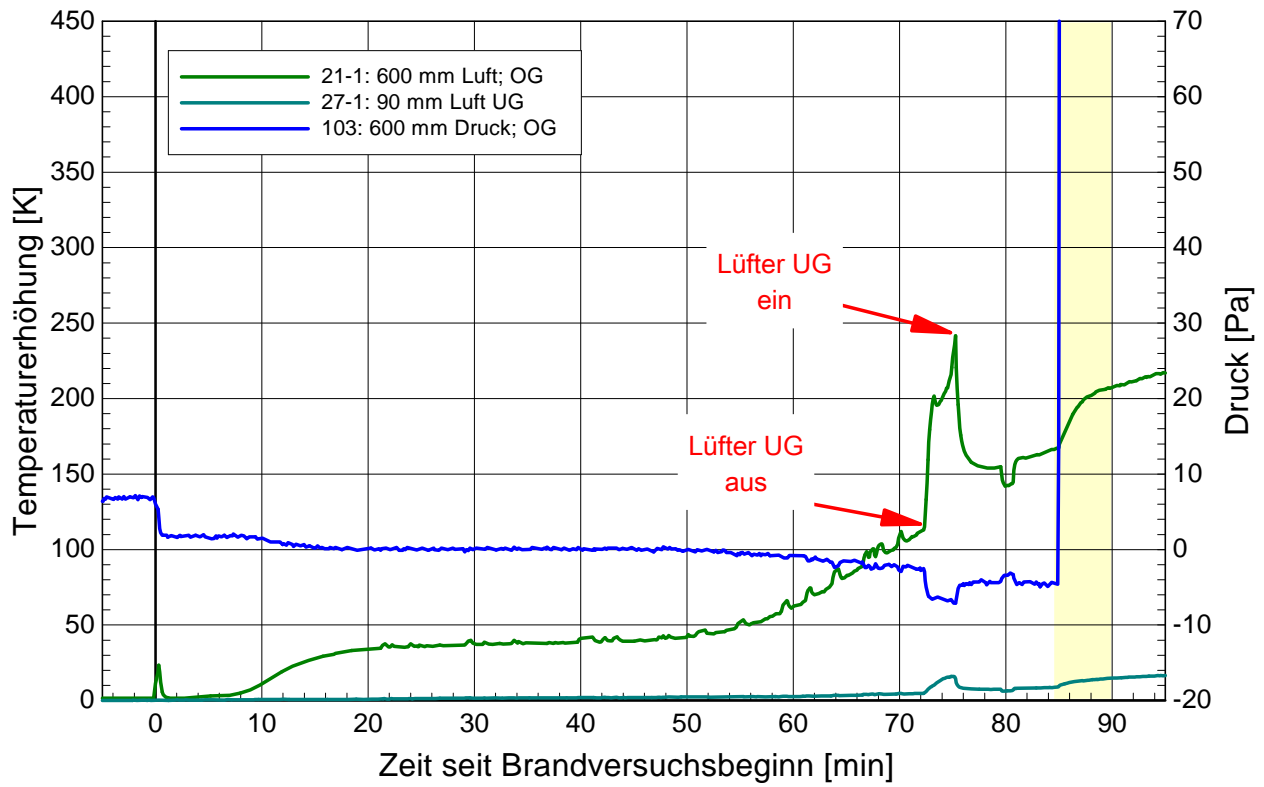


Abbildung 205: Temperaturen – Druck: Schacht 2

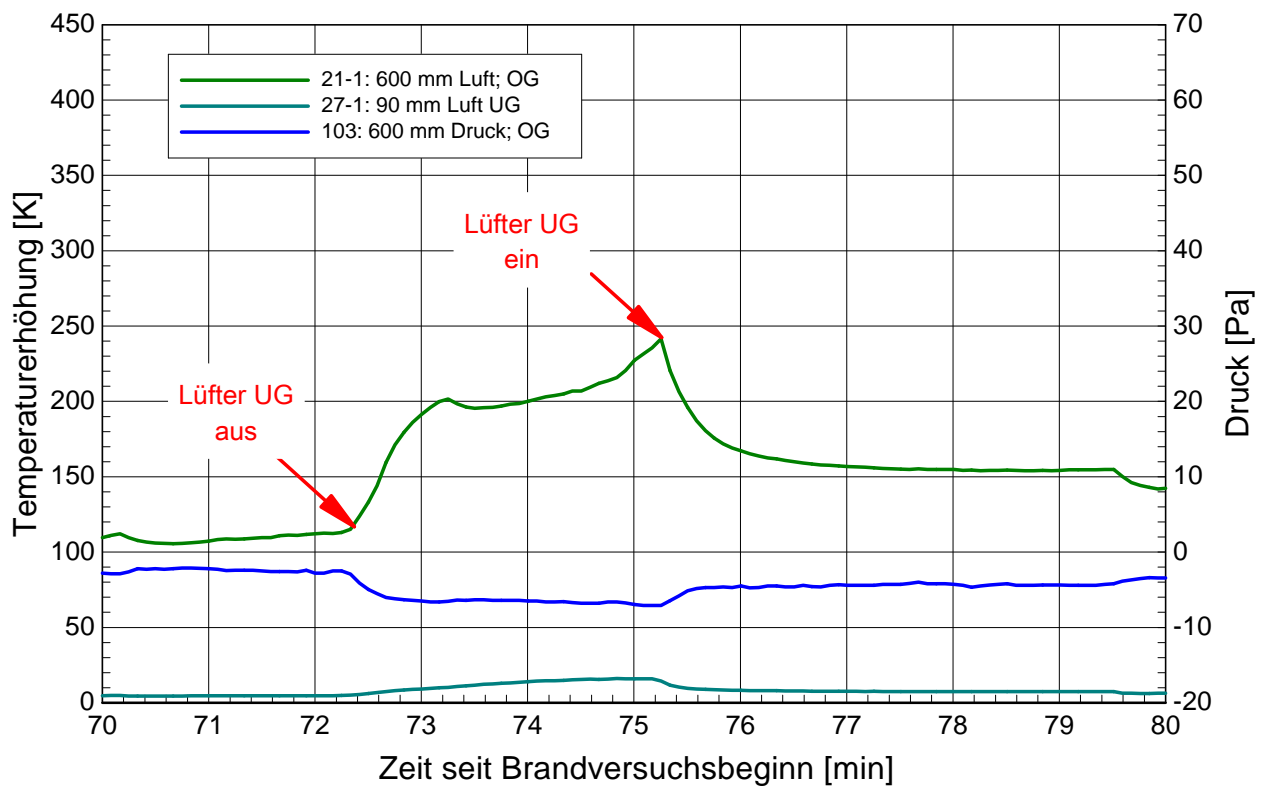


Abbildung 206: Temperaturen – Druck: Schacht 2; 70. – 80. Minute

### 7.7.1.3 Einfluss Lüfterbetrieb; Einzellüfter in der Wandung ohne BSK

Der dreigeschossige Versuchsaufbau (Schachtes 3) mit Brandschutzgehäuse in der Wandung ohne Absperrvorrichtung ist in der Abbildung 207 dargestellt. Die beobachteten Luft-Temperatur- und Sauerstoffmessstellen sind in der zugehörigen Tabelle 10 beschrieben.

Tabelle 10: Messstellenplan Brandversuch Nr. 12 - Schacht 3

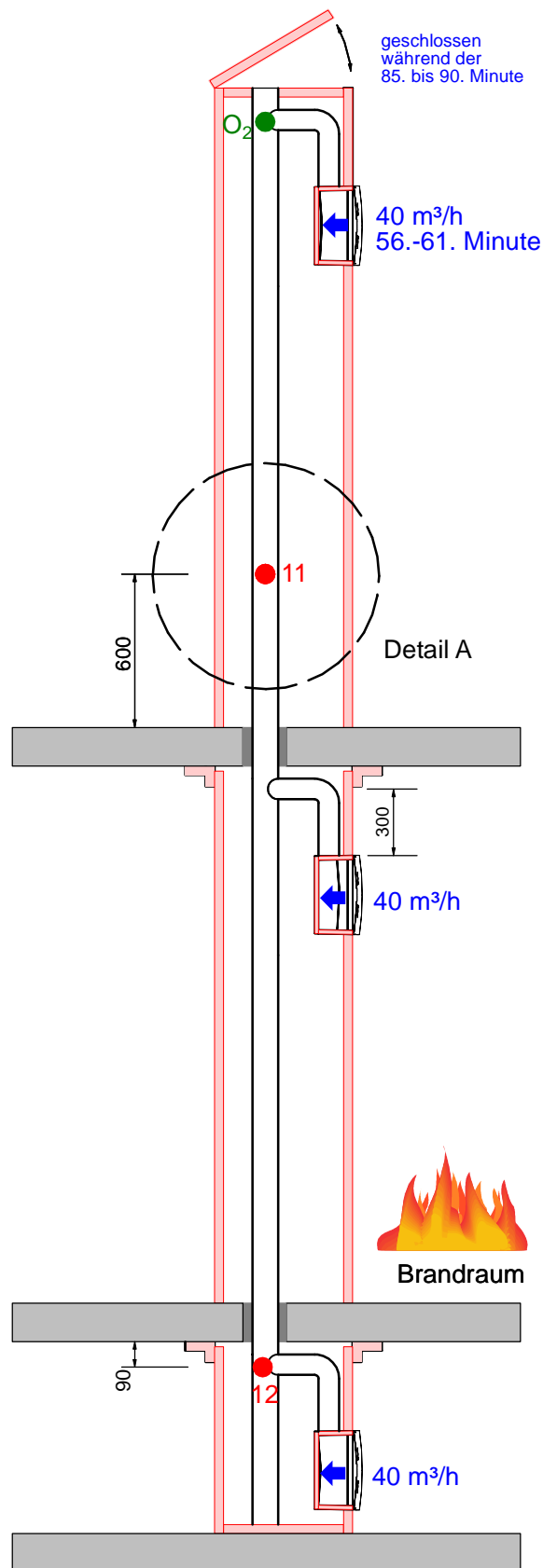
Mess- stelle	Geschoss	Art	Position	Abstand	Bezugspunkt	Ausrichtung
				Bezugskante		
12	UG	Luft	Innenrohr	90	Decke UG	
O <sub>2</sub>	OG	Sauerstoff O <sub>2</sub>	Innenrohr	100	OK Schacht	
11		Luft	Innenrohr	600	Decke BR	

In der 56. Minute wurde der Lüfter im OG zugeschaltet und nach ca. fünf Minuten in der 61. Minute wieder abgestellt.

Die Abbildung 208 zeigt den Temperaturverlauf in der Hauptleitung im Obergeschoss sowie in der Hauptleitung im Untergeschoss; die Abbildung 209 zeigt den Ausschnitt von der 50. bis 70. Minute aus dem Gesamtversuch.

Die Temperatur im Untergeschoss steigt während der gesamten Versuchsdauer um ca. 10 K an. Aufgrund der Strömungsrichtung ändert sich diese Temperatur nur sehr geringfügig. Das Zuschalten des Lüfters im OG bewirkt keine Temperaturveränderung im UG.

Im Gegensatz zum UG bewirkt das Einschalten des Lüfters im OG eine starke Temperatursenkung der Lufttemperaturmessstelle unterhalb des Lüfters im OG um ca. 120 K (Messstelle MS11). Der Lüfter im OG baut einen Überdruck gegenüber dem Lüfter im UG auf und drängt den Luftstrom aus dem UG zurück. Dies bestätigt die Sauerstoffmessung entsprechend Abbildung 210 und Abbildung 211, da der Sauerstoffgehalt auf 21% ansteigt; es ist somit kein Brandgas an der O<sub>2</sub>-Messsonde feststellbar.



Schacht 3 mit 1 Anschluss ohne BSK auf der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi; 3-geschossig

Abbildung 207: Brandversuch Nr. 12 – Zuschaltung Lüfter OG von 56.-61. Minute

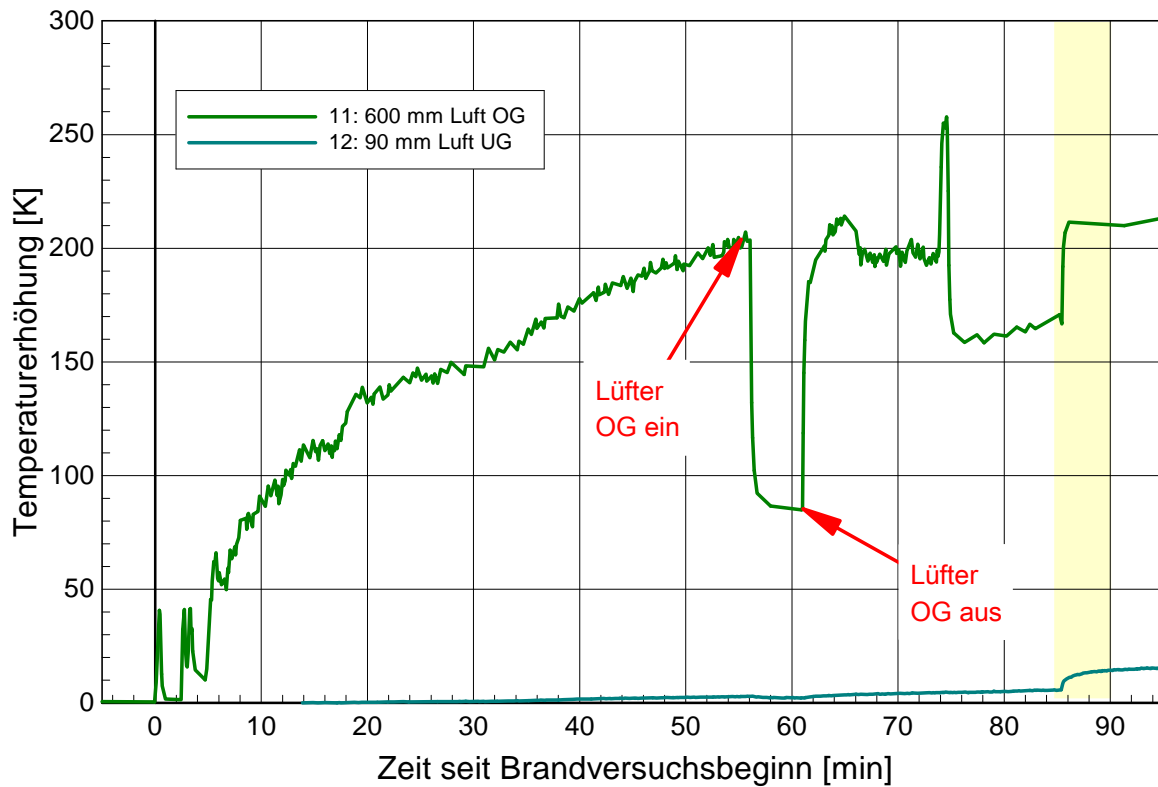


Abbildung 208: Temperaturen Schacht 3

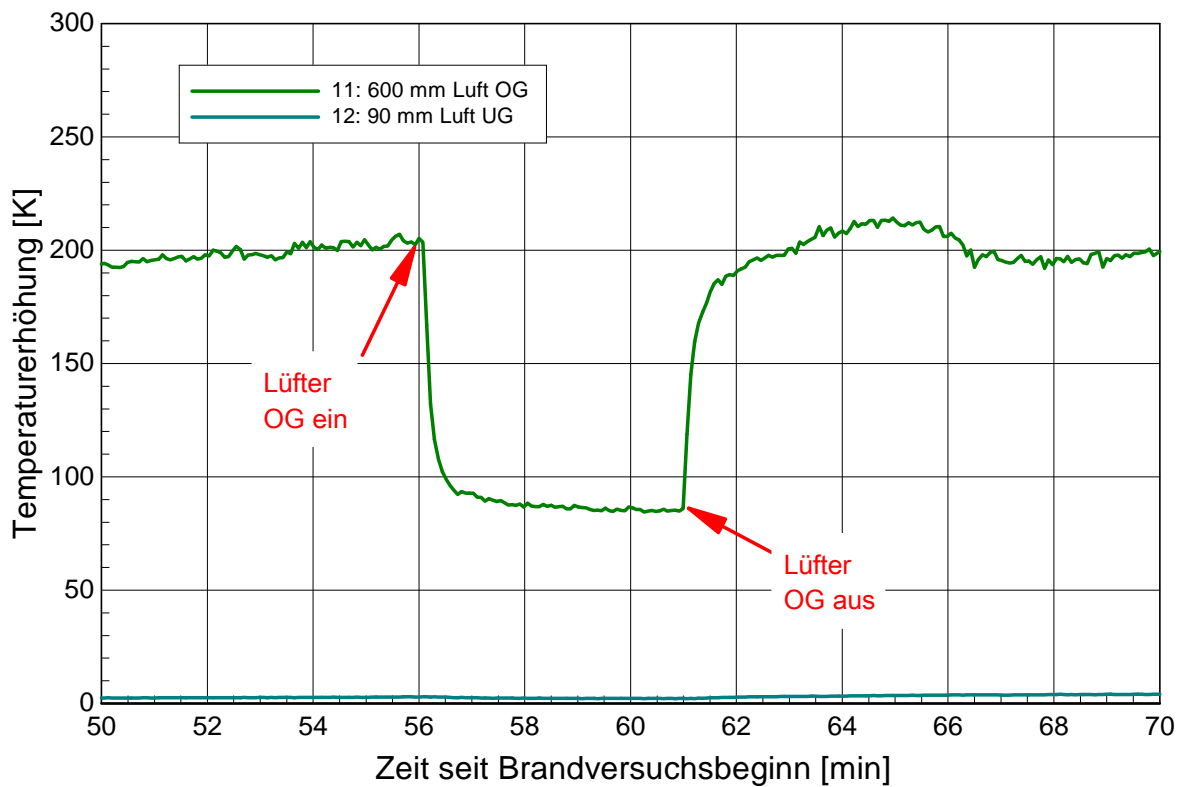


Abbildung 209: Temperaturen Schacht 3; 50. – 70. Minute



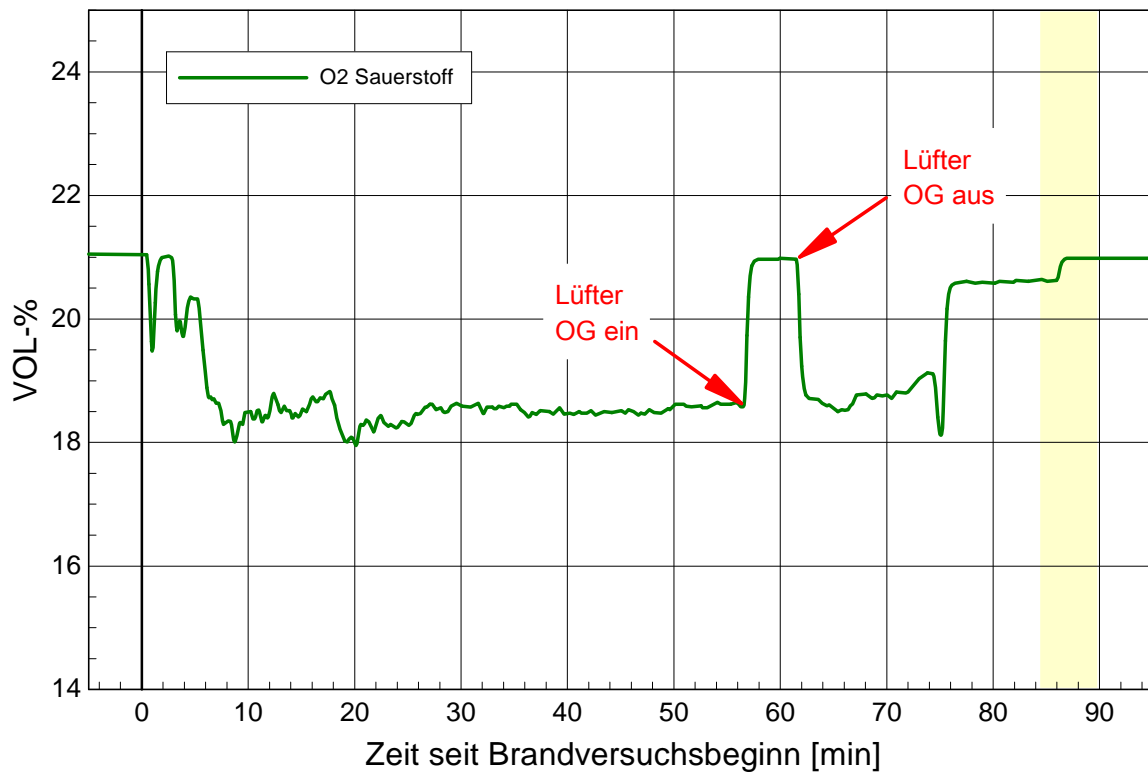


Abbildung 210: Sauerstoffgehalt OG: Schacht 3

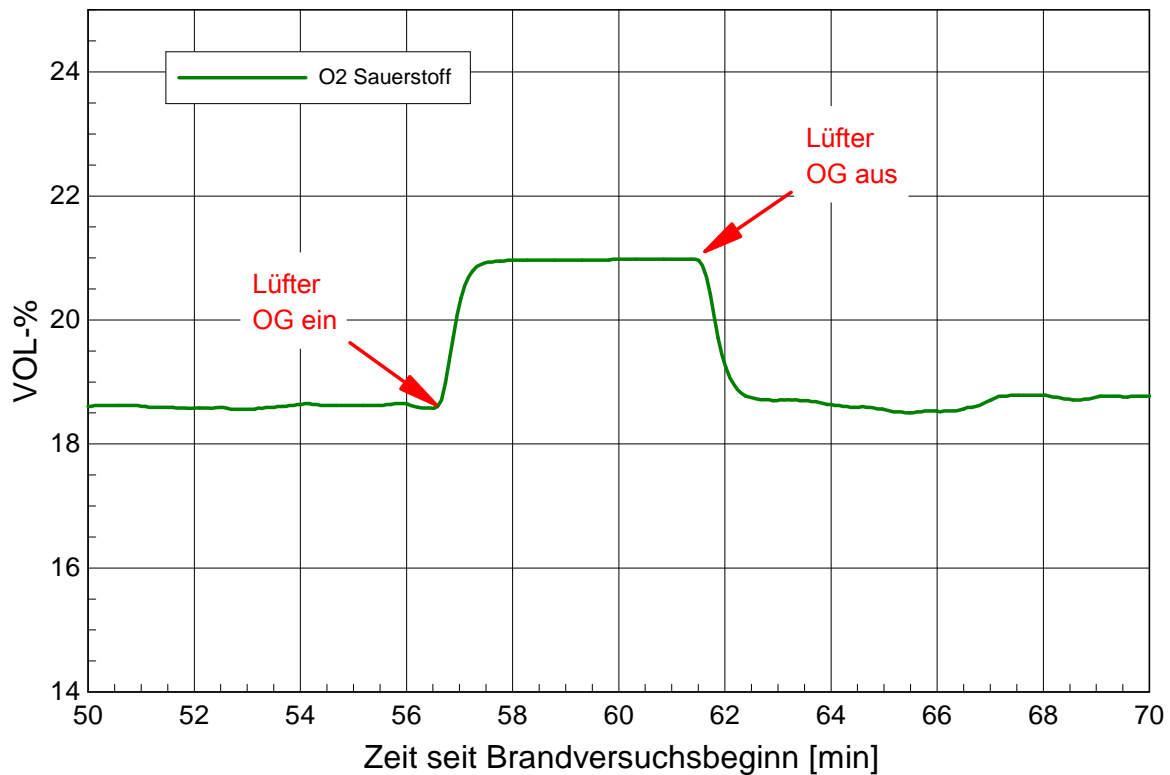


Abbildung 211: Sauerstoffgehalt OG: Schacht 3; 50. – 70. Minute

### **7.7.2 Verbindung Einzellüfter zum Brandraum**

Bei mehreren Brandversuchen mit Einzellüfter ohne Absperrvorrichtung und Höhenversatz der Anschlussleitung aus Aluflexrohr an die Hauptleitung wurde ein starker Temperaturabfall der Lufttemperatur in der Hauptleitung festgestellt. Die Beobachtungen nach dem Brandversuch ergaben das nachfolgend beschriebene Ergebnis.

Während der Brandversuche löste sich die Verbindung aus Aluflexrohr des Einzellüfters an die Hauptleitung innerhalb des Schachtes. Durch den Temperatureintrag innerhalb des Brandgeschosses schmolz das Aluminium, das Aluflexrohr löste sich von dem Einzellüfter und trennte somit die Verbindung zwischen Brandraum und Hauptleitung. Brandgas konnte zwar in den Schacht eindringen – dies jedoch eher gering, da innerhalb des Schachtes keine Strömung stattfindet – und nur sehr begrenzt in die Hauptleitung aufgrund der indirekten Verbindung zum Brandraum. Die direkte Verbindung zwischen Brandraum und Hauptleitung trennte sich in eine indirekte Verbindung über den Schacht.

Diese Beobachtung wird mit zwei unterschiedlichen Brandversuchen entsprechend Abbildung 212 anhand der Lufttemperaturen in der Hauptleitung analysiert und bewertet; die betroffenen Bereiche sind in der Abbildung gelb markiert.

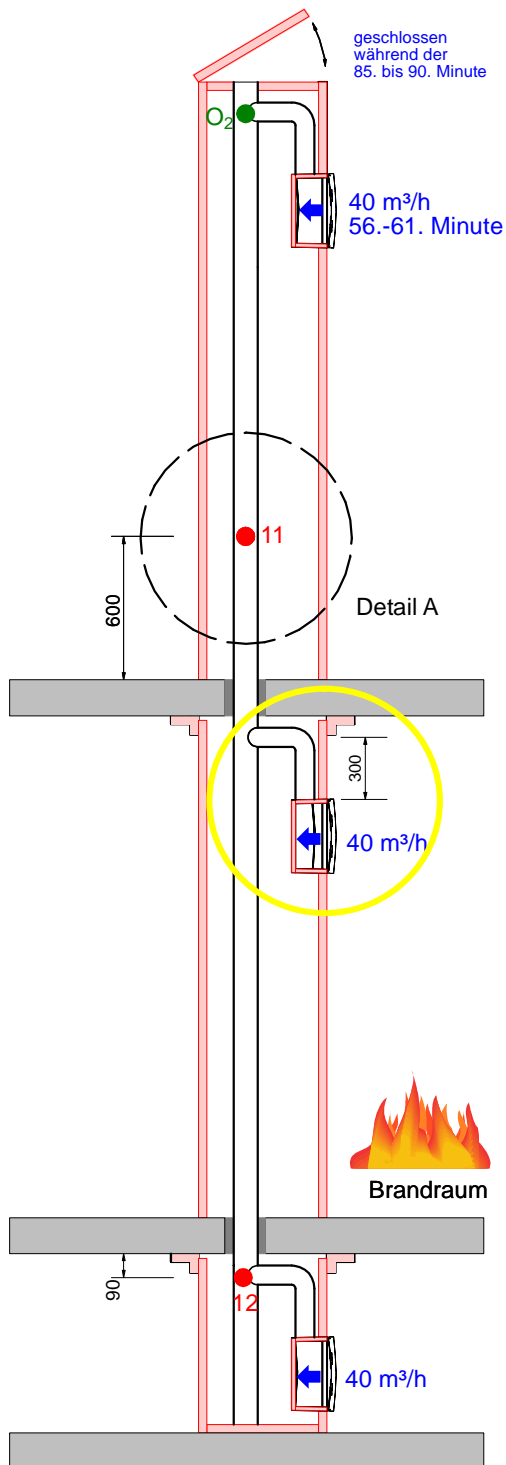
Die Abbildung 213 zeigt die Lufttemperatur in der Hauptleitung 600 mm oberhalb der Decke des Brandraums bei Schacht 3 und die Abbildung 214 zeigt gleiche Temperaturmessstelle bei Schacht 4.

Bei Schacht 3 zeigt sich das Ablösen in der ca. 74. Minute zunächst durch einen kurzen Temperaturanstieg und den darauf folgendem Temperaturabfall. Erklärung für den Temperaturanstieg kann nur mit einer Druckerhöhung (bedingt durch das Lösen des Rohres) und somit einem vermehrten Eindringen von Brandgas in die Hauptleitung erklärt werden. Mit Ablösen des Aluflexrohres von der Hauptleitung wird die direkte Verbindung zum Brandraum getrennt und aufgrund der unterschiedlichen Druckverhältnisse zwischen Hauptleitung – Schacht - Brandraum gelangt weniger Brandgas in die Hauptleitung. Die Temperatur in der Hauptleitung reduziert sich um ca. 40 K.

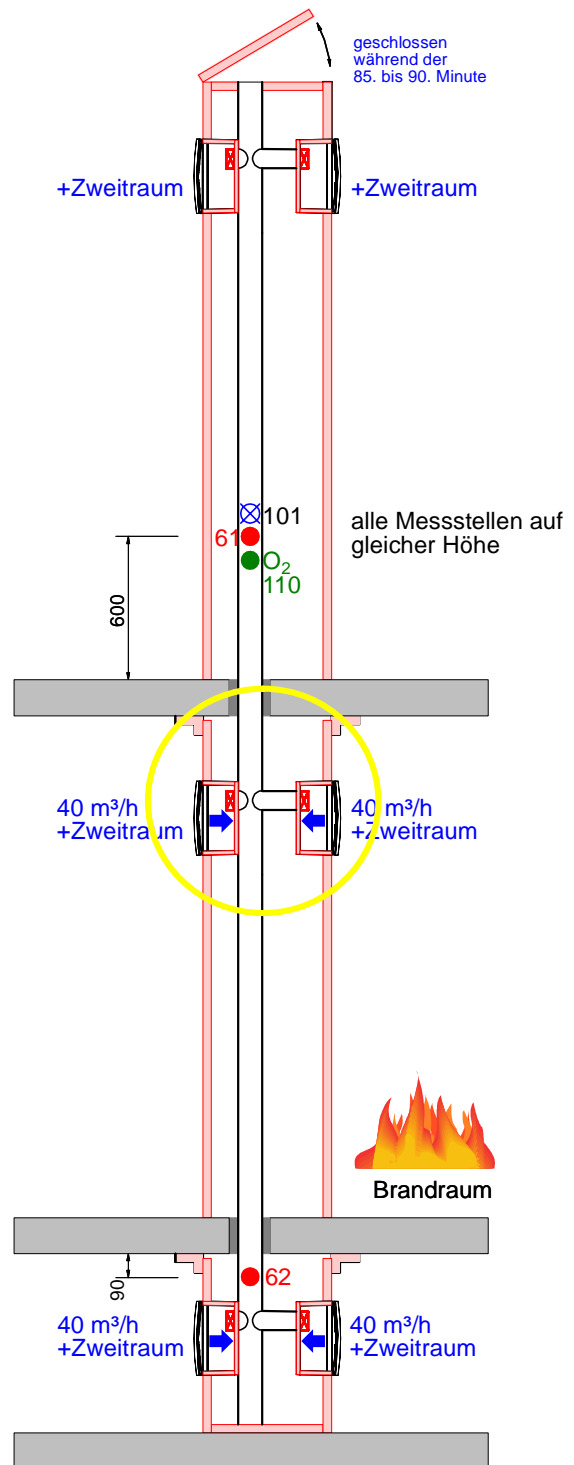
Die Beobachtung nach dem Brandversuch der Anschlussleitung bei Schacht 3 ist den Fotos 1 und 2 zu entnehmen.

Das frühere Ablösen des Aluflexrohres bei Schacht 4 in der ca. 52. Minute entsprechend Abbildung 214 ist bedingt durch die Anzahl der Lüfter in der Wandung (zwei Lüfter gegenüber einem Lüfter bei Schacht 3) und der hieraus bedingten höheren Temperatur innerhalb des Schachtes. Ein Temperaturanstieg, wie bei Schacht 3, ist hier nicht zu beobachten, vermutlich, da sich von den zwei Lüftern nur eine Anschlussleitung komplett löste. Bei Schacht 4 reduzierte sich die Lufttemperatur in der Hauptleitung um ca. 140 K.

Die Beobachtung nach dem Brandversuch der Anschlussleitung bei Schacht 4 ist den Fotos 3 bis 6 zu entnehmen.



Schacht 3 mit 1 Anschluss ohne BSK auf der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi; 3-geschossig (Brandversuch Nr. 12)



Schacht 4 mit 2 Anschlüssen ohne BSK in der Wandung im Brandraum entsprechend ZulaRi; dreigeschossig (Brandversuch Nr. 2)

Abbildung 212: Brandversuch Nr. 12 und Nr. 2 – Trennung Verbindung zum Brandraum

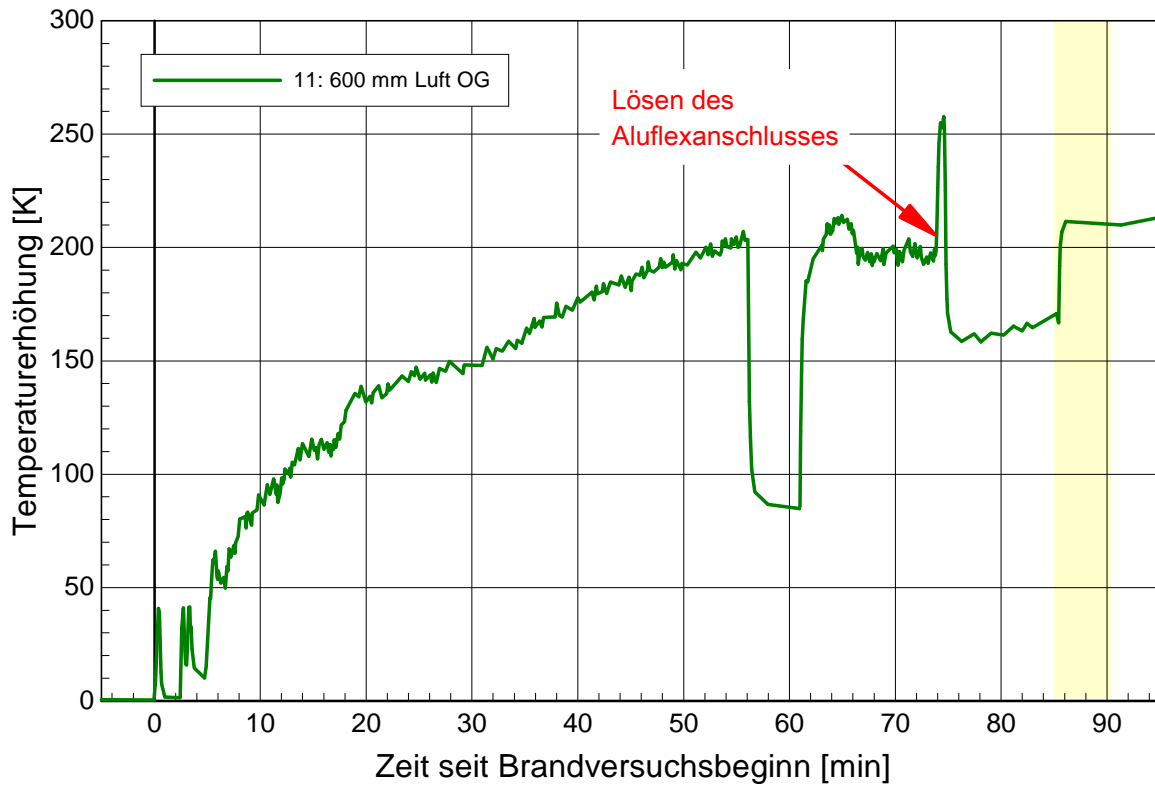


Abbildung 213: Temperatur OG Schacht 3: Lösen des Aluflexrohranschlusses

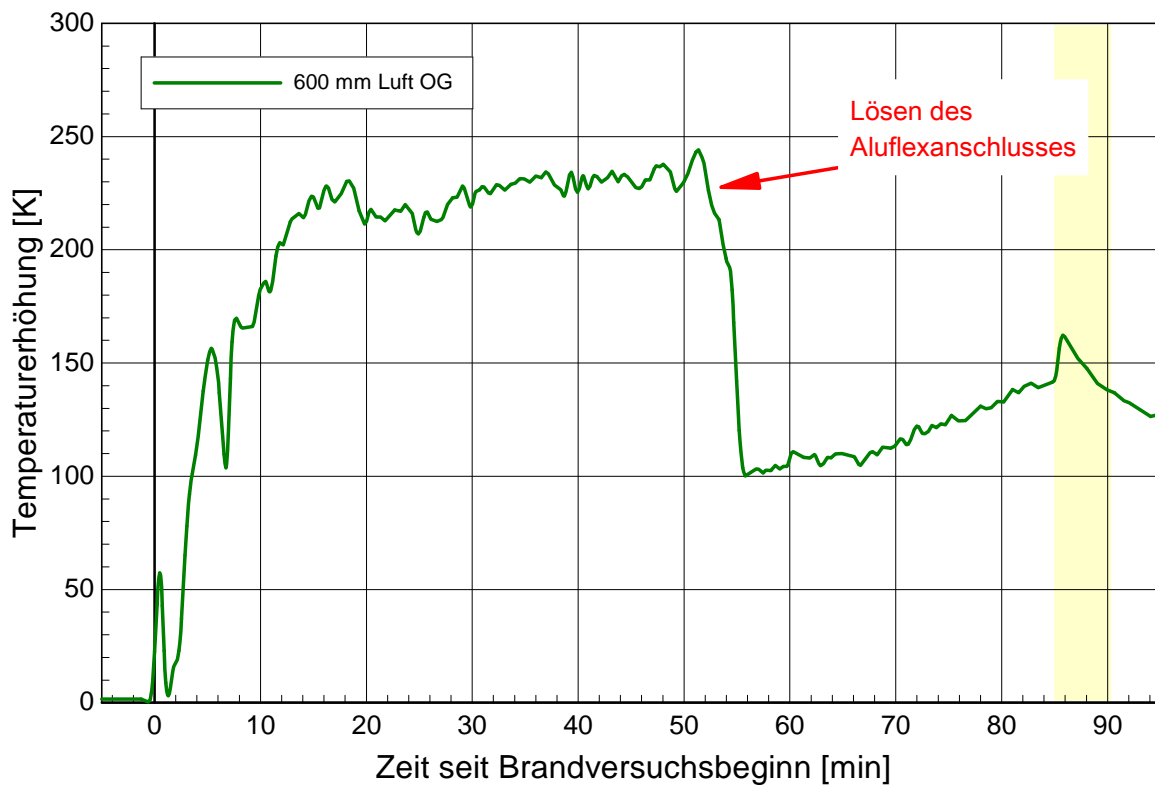


Abbildung 214: Temperatur OG Schacht 4: Lösen des Aluflexrohranschlusses

Foto 1:  
Schacht 3 (Brandversuch Nr. 12)  
nach dem Brandversuch;

Brandraum;

Aluflexrohranschluss ist  
geschmolzen und hat sich vom  
Lüfter gelöst;

P1080324.jpg



Foto 2:  
Schacht 3 (Brandversuch Nr. 12)  
nach dem Brandversuch;

Brandraum;

Aluflexrohranschluss ist  
geschmolzen und abgefallen;  
abgefallenes Aluflexrohr am Boden

P1080323.jpg





Foto 3:  
Schacht 4 (Brandversuch Nr. 2)  
nach dem Brandversuch;

Brandraum;

Aluflexrohranschluss ist  
geschmolzen und hat sich vom  
Lüfter gelöst;

P1080720.JPG

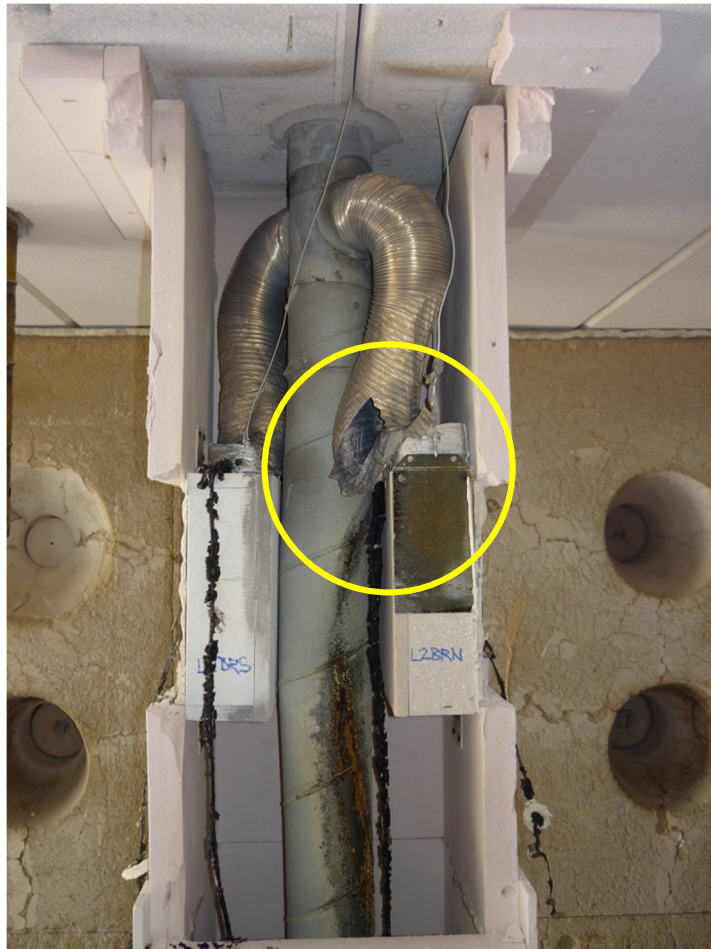


Foto 4:  
Schacht 4 (Brandversuch Nr. 2)  
nach dem Brandversuch;

Brandraum;

Anschluss ist teilweise durch  
geschmolzenes Aluminium  
geschlossen;

beim zweiten Anschluss Süd  
(links) besteht noch eine  
Verbindung zwischen Lüfter und  
Hauptleitung

P1080725.JPG



Foto 5:  
Schacht 4 Süd (Brandversuch Nr.  
12) nach dem Brandversuch;

Brandraum, Foto durch das  
Gehäuse zum Aluflexrohr-  
anschluss ;

Anschluss ist teilweise durch  
geschmolzenes Aluminium  
geschlossen;

P1080727.JPG



Foto 6:  
Schacht 4 Nord (Brandversuch Nr.  
12) nach dem Brandversuch;

Brandraum, Foto durch das  
Gehäuse zum Aluflexrohr-  
anschluss ;

Anschluss ist teilweise durch  
geschmolzenes Aluminium  
geschlossen;

die Verbindung zur Hauptleitung ist  
weitestgehend getrennt.

P1080728.JPG



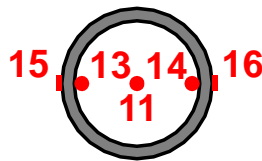
### 7.7.3 Strömungsverhältnisse in der Hauptleitung

Bei den Brandversuchen wurden teilweise große Differenzen der gemessenen Temperaturen auf gleicher Höhe festgestellt; bei jedem Brandversuch erfolgte die Anbringung der Messstellen redundant, das heißt es wurde jede Messstelle mindestens zweimal angebracht, jeweils eine zweite auf der gegenüberliegenden Seite. Diese unterschiedlichen Temperaturen wurden genauer anhand der Temperaturen in und an der Hauptleitung untersucht.

Um die Strömungsverhältnisse in der Hauptleitung zu untersuchen wurden bei Schacht 3 entsprechend Abbildung 212 Detail A in der Hauptleitung Luft- und Oberflächentemperaturmessstellen entsprechend Abbildung 215 angebracht. Die Lage der Messstellen ist der Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11: Messstellenplan Brandversuch Nr. 12 für Detail A Schacht 3

Mess- stelle	Geschoss	Art	Position	Abstand in [mm]	Bezugspunkt	Ausrichtung
				Bezugskante		
11	OG	Luft	Innenrohr	Mitte		
13	OG	Luft	Innenrohr	5	Wandung	N
14	OG	Luft	Innenrohr	5	Wandung	S
15	OG	Oberfläche	Außen		Wandung	N
16	OG	Oberfläche	Außen		Wandung	S



Detail A Schacht 3 entsprechend Abbildung 212

Abbildung 215: Brandversuch Nr. 12 – Temperaturen in der Hauptleitung

Die Temperaturen entsprechend Abbildung 216 bestätigen diese inhomogene Luftdurchmischung.

Die Lufttemperatur ist in der Rohrmitte am höchsten; die Lufttemperaturen in Nähe der Rohrwandung sind entsprechend niedriger (hieraus kann bei diesem Versuchsaufbau gefolgert werden, dass die Temperaturhöhe durch das Brandgas bestimmt ist und nicht durch die Wärmeübertragung durch den Schacht). Zwischen diesen Messstellen ist eine Temperaturdifferenz von ca. 40 K festzustellen.

An den Oberflächentemperaturen auf der Wandung ist ebenfalls eine Temperaturdifferenz in Höhe von ca. 20 K zu beobachten.

Diese Temperaturunterschiede beweisen eine ungleichmäßige Durchmischung der Lufttemperaturen innerhalb der Hauptleitung.



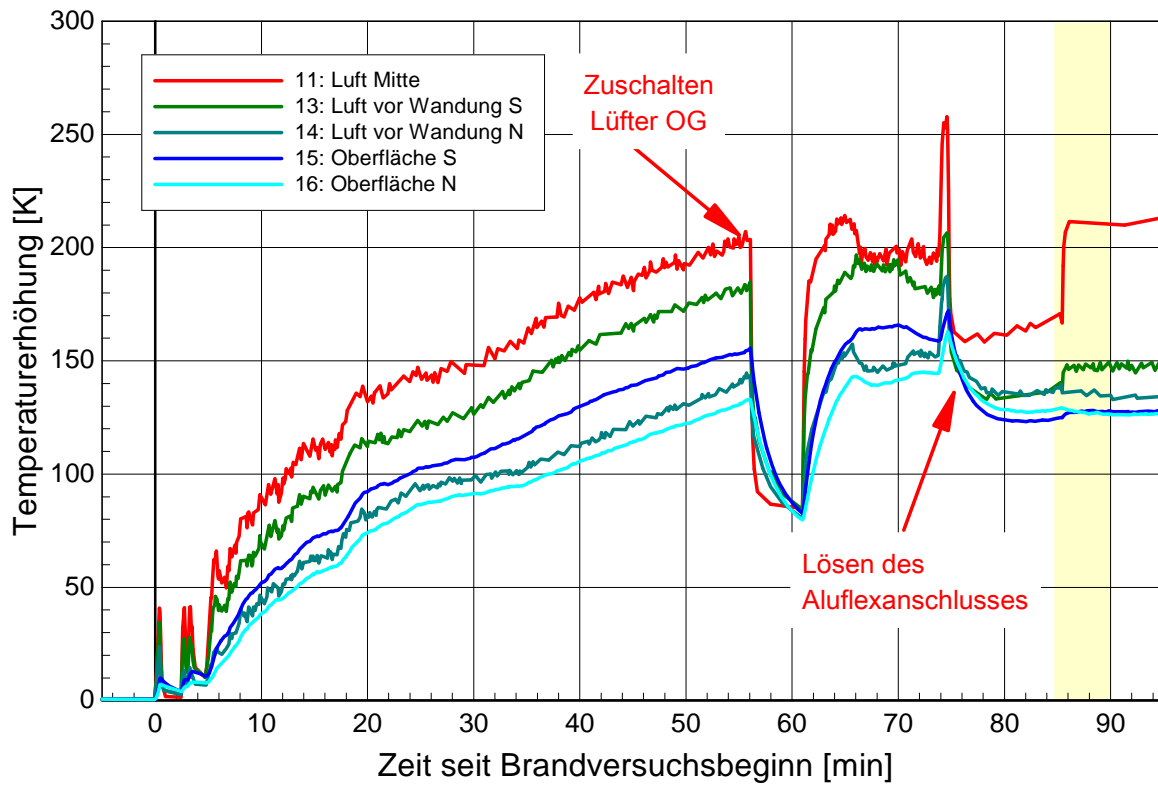


Abbildung 216: Temperatur Schacht 3: Strömung Hauptleitung

## Quellenverzeichnis

- [1] Deutsche Normen, *Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster mit Ventilatoren; DIN 18017 Blatt 3*, Berlin: Beuth-Vertrieb GmbH, August 1970.
- [2] Deutsche Norm, *Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung; DIN 1946-6*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, Mai 2009.
- [3] G. Schröder-Kohlmay, „Bericht über die 28. Sitzung am 2012-02-15,“ in *DIN NA 041-02-51 AA*, Berlin, 15. Februar 2012.
- [4] E. Berghofer, H. Fark und M. Hilger, „Untersuchung zur Festlegung von Prüfaufbau- und Prüfkriterien von Lüftungsanlagen nach DIN 18017 Teil 3; Forschungsbericht Nr. 318,“ TUM - Forschungslabor Haustechnik des Lehrstuhls für Bauklimatik und Haustechnik, Dachau / München, 20.01.2015.
- [5] M. Lippe, K. Czepuck, J. Esser und P. Vogelsang, „M-LüAR - Kommentar mit Anwendungsempfehlungen und Praxisbeispielen zu der Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie,“ Köln, Feuertrutz GmbH Verlag für Brandschutzpublikationen, 2010, pp. 91-92.
- [6] DIBt - Abteilung III, *Informationen aus dem Zulassungsbereich "Absperrvorrichtungen gegen Feuer und Rauch in Lüftungsleitungen*, 19. Januar 2012.
- [7] DIBt Deutsches Institut für Bautechnik, „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-41.3-688; Absperrvorrichtungen gegen Feuer und Rauch in Lüftungsleitungen vom Typ FKRS-EU; Geltungsdauer bis 31. August 2017,“ DIBt, Berlin, 23.07.2012.
- [8] DIBt Deutsches Institut für Bautechnik, „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-41.3-686; Absperrvorrichtungen gegen Feuer und Rauch in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017-3 vom Typ TS AVR; Geltungsdauer bis 29. Juli 2018,“ DIBt, Berlin, 29. Juli 2013.
- [9] Trox GmbH, „Betriebsanleitung FKRS-EU / Druckschrift-Nr. M375DE7 (8/2013); Seite 5,“ Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn, 2013.
- [10] Bartholomäus GmbH, „Einbaubestimmungen Decken- und Wandschott Typ AVR; Seite 11,“ Bartholomäus GmbH, Emerkingen, 2013.
- [11] Wildeboer Bauteile GmbH, „Betriebsanleitung TS18 (2009-05),“ Weener, 2009-05.
- [12] U. Walter, „Sozialer Wohnungsbau in München; Die Geschichte der GWG (1918-1993),“ München, Bruckmann, 1993, p. 154.
- [13] Deutsche Norm, *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren; DIN 18017-3*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, Juli 2009.
- [14] Bundesregierung, *Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden - Wärmeschutzverordnung; BGBl*, 1977, Teil I.
- [15] G. Hausladen, „Wohnungslüftung Untersuchung der verschiedenen Lüftungsarten bzw. Lüftungspraktiken unter hygienischen, bauphysikalischen und energetischen Gesichtspunkten (VDI-Verlag GmbH),“ *Fortschritt-Berichte der VDI-Zeitschriften*, Bd. 6 , Nr. 73, September 1980.

- [16] IfBt, „Bau- und Prüfgrundsätze für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017,“ *Mitteilungen IfBt*, Nr. 1, pp. 8-9, 1976.
- [17] ARGEBAU, „Bauaufsichtliche Richtlinie über die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen (Musterentwurf)- Fassung Januar 1984“.
- [18] Deutsche Norm, *Entwurf - Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster mit Ventilatoren; DIN 18017 Teil 3*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, November 1984.
- [19] Deutsche Normen, *Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster mit Ventilatoren; rechnerischer Nachweis der ausreichenden Volumenströme; DIN 18017 Teil 4*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, August 1974.
- [20] IfBt, „Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster; 17.2,“ *Mitteilungen Sonderheft*, Bd. 3, p. 26, 01. März 1982.
- [21] Deutsche Norm, *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster mit Ventilatoren; DIN 18017 Teil 3*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, April 1988.
- [22] Deutsche Norm, *Entwurf Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster mit Ventilatoren; Änderung 1; DIN 18017 Teil A1*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, April 1988.
- [23] Deutsche Norm, *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster mit Ventilatoren; DIN 18017 Teil 3*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, August 1990.
- [24] Deutsche Norm, *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren; DIN 18017-3*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, September 2009.
- [25] Deutsche Norm, *Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster, durch Schächte und Kanäle, ohne Motorkraft; Einzelschachtanlagen*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, März 1960 .
- [26] Deutsche Norm, *Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster durch Schächte, ohne Motorkraft, Sammelschachtanlagen*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, August 1961.
- [27] Deutsche Norm, *DIN 18017 - 1; Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster, Einzelschachtanlagen ohne Ventilator*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, Februar 1987.
- [28] Deutsche Normen, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe Anforderungen und Prüfungen; DIN 4106 Teil 2*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, September 1977.
- [29] Deutsche Normen, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Lüftungsleitungen Begriffe, Anforderungen und Prüfungen; DIN 4106 Teil 6*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, September 1977.
- [30] Deutsche Norm, *Feuerwiderstandsprüfungen Teil 1: Allgemeine Anforderungen Deutsche Fassung EN 1363-1:1999*, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Oktober 1999.
- [31] Deutsche Norm, *Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen Teil 2: Brandschutzklappen; Deutsche Fassung EN 1366-2:1999*, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Oktober 1999.
- [32] Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, *Zulassungsrichtlinie für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017*, Berlin, November 1997.
- [33] Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, *Brandprüfungen an Absperrvorrichtungen und Brandschutzsystemen für Lüftungsanlagen nach DIN 18017 mit unten offener Leitung; Zeichen IV 56*, Berlin, 13. Juli 2005.

- [34] TUM Forschungs- und Versuchslabor des Lehrstuhls für Haustechnik und Bauphysik, „Aufbau der Auslöseeinrichtung DIN 18017,“ München, 15.10.2001.
- [35] Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, „Zulassungsrichtlinien für Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017; hier: Versuchsanordnung für Auslöseversuche (160°C - 1m/s),“ in *Sachverständigenausschuß Brandschutz in Lüftungsleitungen; Sitzungsnr. 46; Beschluß Nr. 1*, Berlin, 20.11.1997.
- [36] Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, *Zulassungsrichtlinien (auf Basis von DIN EN1366-2) für Absperrvorrichtungen gegen Feuer und Rauch in Lüftungsleitungen (Brandschutzklappen)*, Berlin, Fassung August 2000.
- [37] H. G. Klingelhöfer, *Brandschutz bei Lüftungsanlagen; Promat Fachbeitrag; S-81*, Rathingen: Promat GmbH.
- [38] ARGEBAU, *Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie M-LüAR)*, Stand: 29.09.2005.
- [39] ARGEBAU, *Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen*, Fassung April 1988.
- [40] IfB Institut für Bautechnik, *Brandschutz in Lüftungsleitungen, Top 2*, Berlin, 21. Mai 1991.
- [41] IfB Institut für Bautechnik, *Brandschutz in Lüftungsleitungen; 37. Sitzung; Top 2*, Berlin, 21. Mai 1991.
- [42] IfB Institut für Bautechnik, *Brandschutz in Lüftungsleitungen; Top 5*, Berlin, 18. März 1992.
- [43] E. Berghofer, H. Fark und M. Hilger, *Prüfbericht Nr. 3474-1 über Brandversuch an Absperrvorrichtungen für Lüftungssysteme DIN 18017-3 mit dreigeschossigem Versuchsaufbau*, Dachau: TUM Forschungs- und Versuchslabor für Haustechnik; Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik, 26.06.2008.
- [44] G. Hausladen und P. Springl, „Lig Lüftungsfibel,“ Igersheim, Lig Lüftungstechnische Ingenieur-Gesellschaft mbH, September 1993, p. 52.
- [45] M. Uemminghaus, „Untersuchung zum Grenzwert der Temperatur in Lüftungsanlagen zum Anschluss von Wohnungsküchen - Masterarbeit,“ Hochschule für angewandte Wissenschaften FH München - Fakultät 02 Bauingenieurwesen, SS 2012.
- [46] DIBt Deutsches Institut für Bautechnik, *Allgemein bauaufsichtliche Zulassung Z-41.3-321; Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen Typ FK-K90; Punkt 5*, Berlin: DIBt, 06. Mai 2010.
- [47] D. D. I. f. Bautechnik, *Allgemein bauaufsichtliche Zulassung Z-41.3-686; Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017-3 vom Typ AVR; Punkt 5*, Berlin: DIBt, 08. August 2008.
- [48] M. Ufheil, *Lüftungskonzepte für Mehrfamilien Passivhäuser (nicht öffentliche email)*, Solares Bauen, 11. Juli 20012.
- [49] K. Czepuck, „Brandschutz für Lüftungsleitungen; Wohnungslüftungsanlagen,“ Bauministerkonferenz, Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU); Der Obmann des Arbeitskreises Technische Gebäudeausrüstung, 06. September 2011.

- [50] E. Berghofer, „Synopsis ad-hoc-Kreis Brandschutz über die unterschiedlichen Regelungen für die Zulassung von Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen und Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung entsprechend DIN 18017-3,“ in *NA 041 Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS); 28. Sitzung vom 15.02.12*, Berlin, 03.01.2012.
- [51] A. Höß, „Brandschutz in KWL und in Entlüftungsanlagen nach DIN 18017-3; Niederschrift,“ in *Ad-hoc-Kreis Brandschutz*, Emerkingen, 15. März 2012.
- [52] K. Czepuck, „Brandschutz für Lüftungsleitungen - Wohnungslüftungsanlagen,“ in *Bauministerkonferenz, Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), Der Obmann des Arbeitskreises Technische Gebäudeausrüstung*, Düsseldorf, 16. 05.2012.
- [53] K. Czepuck, „Brandschutz für Lüftungsanlagen zur Wohnungslüftung, Brandschutz für Lüftungsleitungen - Wohnungslüftungsanlagen,“ in *Bauministerkonferenz, Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), Der Obmann des Arbeitskreises Technische Gebäudeausrüstung*, Düsseldorf, 18.07.2012.
- [54] unbekannt und Z. d. B. a. a. Wohnungslüftungssystem, München, 2013.
- [55] DIBt Deutsches Institut für Bautechnik, *Bauregellisten; Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C*, Berlin: DIBt, 17. April 2013.
- [56] H. Fark, J. Zitzelsberger und D. Ostertag, „Spezifikation eines Prüfstandes zur Untersuchung des Auslöseverhaltens von Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung in Lüftungsleitungen entsprechend DIN 18017,“ Dachau, 15. Oktober 2001.
- [57] V. Gelsenkirchen, *Urteil vom 10.12.2012; Az. 9 K 906/10*.
- [58] E. Berghofer und H. Fark, „Brandschutztechnische Beurteilung über die Verwendung von Absperrvorrichtungen Typ AVR und Kaltrauchsperrern Typ KRS-M in Zulufleitungen nach DIN 18017-3; BB-TUM-014-2010,“ TUM - Forschungslabor Haustechnik des Lehrstuhls für Bauklimatik und Haustechnik, Dachau / München, 09.09.2010.
- [59] „Periodensystem der Elemente,“ Andy Hoppe, [Online]. Available: <http://www.periodensystem.info/elemente/aluminium/>. [Zugriff am Februar 2013].
- [60] BayBO, *Bayerische Bauordnung*, 14. August 2007.
- [61] E. Berghofer, „Brandschutzklappen in Überströmöffnungen,“ *Feuer Trutz; Brandschutzmagazin für Fachplaner*, pp. 16-18, Juli 2008.
- [62] A. Höß, „Niederschrift über die Besprechung (27.09.2011) der Arbeitsgruppe, Anwendung von Absperrvorrichtungen K90 nach DIN 18017-3 und alternative Möglichkeiten zur KWL,“ in *Ad-hoc-Kreis Brandschutz*, Villingen-Schwenningen, 27. September 2011.
- [63] A. Höß, „Ergebnisprotokoll des ad-hoc-Kreises „Brandschutz“,“ in *Ad-hoc-Kreis Brandschutz*, München, 02. Dezember 2011.
- [64] A. Höß, „Ergebnisprotokoll Brandschutz in KWL-Anlagen und in Entlüftungsanlagen nach DIN 18017-3,“ in *Ad-hoc-Kreis Brandschutz*, Dachau, April 2012.
- [65] C. Händel, „Ergebnisprotokoll: Sitzung Arbeitskreis Brandschutz in Wohnungslüftungsanlagen,“ in *Ad-hoc-Kreis Brandschutz*, Frankfurt, 19.07.2012.

- [66] C. Händel, „Ergebnisprotokoll: Sitzung Arbeitskreis Brandschutz in Wohnungslüftungsanlagen,“ in *Ad-hoc-Kreis Brandschutz*, Frankfurt, 31.08.2012.
- [67] A. Höß, „Brandschutz für ventilatorgestützte Lüftungssysteme nach DIN 1946-6,“ in *Fassung nach Besprechung am 31.08.2012; Lüftungssysteme\_0912K\_s18*, München, 31.08.2012.
- [68] „KlimaPartner Haustechnische Handels GmbH,“ [Online]. Available: <http://www.klimapartner-berlin.de/default.asp?file=710918.xml>. [Zugriff am 02.12. Dezember 2012].
- [69] A. Höß, „email: Lüftungssysteme\_0412.doc; Bauteile\_Komponenten\_04.12.doc,“ 04. Dezember 2012.
- [70] E. Berghofer, „email: Brandschutz Vorschläge,“ 05. Juni 2012.
- [71] C. Pfaff, „email: b\_Brandschutz\_offene Punkte\_0612,“ 11. Juni 2012.
- [72] O. Solcher, „email: AK 18017-Bitte um Konzepte,“ 25. Mai 2012.
- [73] A. Höß und E. Berghofer, „130603 Lüftungssysteme\_in\_Sitzung\_Teile\_fuer\_M-luear.doc,“ 26. April 2013.
- [74] G. Bartholomäus, E. Berghofer, M. Corvin, H. Fark und E. Grohmann, „Ad-hoc Kreis Brandschutz,“ Villingen-Schwenningen / München, 27.09.2011 und 02.12.2011.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vergleich der Anforderungen bezüglich Instandhaltung.....	7
Tabelle 2:	Vergleich Kosten für DN 200 – Investition und Instandhaltung .....	7
Tabelle 3:	Kennzeichnung der Luftarten für die nachfolgenden Abschnitte .....	13
Tabelle 4:	Matrix Prüfverfahren .....	47
Tabelle 5:	Messstellenplan Brandversuch Nr. 2 - Drücke für Schacht 1 bis 3 .....	228
Tabelle 6:	Betrieb Lüfter Versuch (Brandversuch Nr. 2) - Schächte 1 bis 3.....	230
Tabelle 7:	Messstellenplan Brandversuch Nr. 7- Drücke für Schacht 1 und 2.....	238
Tabelle 8:	Messstellenplan Brandversuch Nr. 2- Schacht 1.....	242
Tabelle 9:	Messstellenplan Brandversuch Nr. 2 - Schacht 2.....	247
Tabelle 10:	Messstellenplan Brandversuch Nr. 12 - Schacht 3.....	249
Tabelle 11:	Messstellenplan Brandversuch Nr. 12 für Detail A Schacht 3.....	259

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Absperrvorrichtung K90 der Firma Trox [9] .....	5
Abbildung 2: Absperrvorrichtung K90-18017-3 der Firma Geba [10] .....	5
Abbildung 3: Grundrissentwicklung; Wohnungsgrundriss ca. 1930 (links) und moderner Wohnungsgrundriss mit innenliegendem Bad [12] .....	12
Abbildung 4: Bild 1. Einzelnlüftungsanlagen mit Führung der Abluft über Dach; [1] .....	14
Abbildung 5: Bild 2. Einzelnlüftungsanlagen mit seitlicher Abführung der Abluft; [1] .....	15
Abbildung 6: Bild 3. Zentralnlüftungsanlagen mit mehreren Hauptleitungen ohne Nebenleitungen; [1] .....	16
Abbildung 7: Bild 4. Zentralnlüftungsanlagen mit einer Hauptleitung und Nebenleitungen; [1]..	16
Abbildung 8: Bild 5. Zentralnlüftungsanlagen mit getrennten Hauptleitungen; [1] .....	17
Abbildung 9: Bild 1. Einzelnlüftungsanlagen mit eigenen Abluftleitungen; [21] .....	19
Abbildung 10: Bild 2. Einzelnlüftungsanlagen mit gemeinsamer Abluftleitungen; [21] .....	20
Abbildung 11: Bild 3. Zentralnlüftungsanlagen mit nur gemeinsam veränderlichen Volumenstrom; [21] .....	21
Abbildung 12: Bild 4. Zentralnlüftungsanlagen mit wohnungsweise veränderlichen Volumenströmen; [21] .....	21
Abbildung 13: Bild 5. Zentralnlüftungsanlagen mit unveränderlichen Volumenströmen; [21] .....	22
Abbildung 14: Bild 1. Einzelnlüftungsanlagen mit eigenen Abluftleitungen; [24] .....	23
Abbildung 15: Bild 2. Einzelnlüftungsanlagen mit gemeinsamer Abluftleitung; [24] .....	24
Abbildung 16: Bild 3. Zentralnlüftungsanlage mit nur gemeinsam veränderlichen Volumenstrom; [24] .....	25
Abbildung 17: Bild 4. Zentralnlüftungsanlage mit wohnungsweise veränderlichen Volumenströmen; [24] .....	26
Abbildung 18: Kölner Lüftung entsprechend DIN 18017-1 [27] .....	28
Abbildung 19: Dortmunder Lüftung .....	29
Abbildung 20: Berliner Lüftung .....	30
Abbildung 21: Sammelschachtanlagen entsprechend DIN 18017-2 [26] .....	31
Abbildung 22: Versuchsaufbau - Lüftungsleitung mit innenliegendem Stahlblechkanal .....	36
Abbildung 23: Versuchsaufbau - Selbstständige Lüftungsleitung .....	38
Abbildung 24: Versuchsaufbau - Lüftungsleitung mit Absperrvorrichtung in Decke .....	39
Abbildung 25: Lüftungsleitung mit Einzellüftungsgeräten in/an Schachtwänden (Bild 3; [32]) .....	40
Abbildung 26: Lüftungsleitung mit Einzellüftungsgeräten in/an Schachtwänden (Bild 4; [32]) .....	41
Abbildung 27: Prüfung Absperrvorrichtung nach DIN 4102-6 .....	43
Abbildung 28: Prüfung Absperrvorrichtung nach DIN EN 1366-2 .....	45
Abbildung 29: Bild 8 und 9. LüAR Fassung 1984; Absperrvorrichtung vertikal durchströmt; [17] ...	49
Abbildung 30: Bild 10 und 11. LüAR Fassung 1984; Absperrvorrichtung horizontal durchströmt; [17]49	
Abbildung 31: Bild 19. LüAR Fassung 1984; Einzelnlüftungsanlagen mit seidl. Abführung; [17] ..	49
Abbildung 32: Bild 20. LüAR Fassung 1984; Zentralnlüftungsanlagen mit getrennten Hauptleitungen; [17] .....	50



Abbildung 33: Bild 21. LüAR Fassung 1984; Zentralentlüftungsanlagen mit einer Hauptleitung; [17]51	
Abbildung 34: Bild 6.2. Schachtlösung für Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3: 1990-08; [38].....	53
Abbildung 35: Bild 1.1. Schottlösung [38].....	53
Abbildung 36: Bild 6.1. Beispiel Schottlösung [38]:.....	54
Abbildung 37: Vergleich Abströmung zwischen Schacht - Schott.....	55
Abbildung 38: Verlauf der Wärmeübertragung bei der Deckenmontage [43].....	61
Abbildung 39: Lage der Messstelle (MS) Küchenbaluft.....	66
Abbildung 40: Situation Lüftungssysteme ( [51]; Seite 3).....	69
Abbildung 41: Grundrissbeispiel einer Lüftung für innenliegende Bäder.....	71
Abbildung 42: Grundrissbeispiel einer Wohnungslüftung; Zusammenführung der Leitungen im Dachgeschoss [54] .....	72
Abbildung 43: Hauptleitung ohne FW - Abluftanlage mit Zentrallüfter im OG .....	76
Abbildung 44: Hauptleitung ohne FW - Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG .....	77
Abbildung 45: Hauptleitung ohne FW - Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät.....	78
Abbildung 46: Hauptleitung ohne FW – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im OG.....	80
Abbildung 47: Hauptleitung ohne FW – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG .....	81
Abbildung 48: Hauptleitung ohne FW – Zu- und Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät .....	82
Abbildung 49: Hauptleitung ohne FW – Zusammenführung im OG .....	83
Abbildung 50: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke - Abluftanlage mit Zentrallüfter im OG.....	85
Abbildung 51: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke - Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG .....	86
Abbildung 52: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke - Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät .....	87
Abbildung 53: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im OG .....	89
Abbildung 54: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG.....	90
Abbildung 55: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke – Zu- und Abluftanlage mit Wohnungslüftungsgerät .....	91
Abbildung 56: Hauptleitung ohne FW mit Absperrvorrichtung Decke – Zu- und Abluftanlage mit Zentrallüfter im UG.....	92
Abbildung 57: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähigem Schacht mit Wohnungslüftungsgerät.....	93
Abbildung 58: Prüföffnung bei Schacht ohne FW mit Wohnungslüftungsgerät.....	94
Abbildung 59: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Wohnungslüftungsgerät .....	95
Abbildung 60: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Zu- und Abluftventil	95
Abbildung 61: Prüföffnung bei feuerwiderstandsfähiger Lüftungsleitung mit Zu- und Abluftventil	96
Abbildung 62: Versuchsaufbau – Absperrvorrichtung in der Schachtwand.....	101
Abbildung 63: Versuchsaufbau – Absperrvorrichtung in der Lüftungsleitung.....	103
Abbildung 64: Versuchsaufbau – Absperrvorrichtung in der Decke .....	105
Abbildung 65: Bild A.1 - Freie Lüftung, Querlüftung (Feuchteschutz); [2].....	108
Abbildung 66: Bild A.2 - Freie Lüftung, Querlüftung; DIN 1946-6; [2] .....	109
Abbildung 67: Bild A.3 - Freie Lüftung, Schachtlüftung; DIN 1946-6; [2] .....	110

Abbildung 68: Bild A.4 - Abluftsystem, Einzelventilator-Lüftungsanlage mit ALD im EFH; [2].....	111
Abbildung 69: Bild A.5 - Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit ALD im EFH; [2] .....	112
Abbildung 70: Bild A.6 - Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit ALD im MFH; [2].....	113
Abbildung 71: Bild A.7 - Zuluftsystem, Anordnung in einer Nutzungseinheit; [2].....	114
Abbildung 72: Bild A.8 - Zuluftsystem, Anordnung in einem Raum einer Nutzungseinheit; [2] .....	115
Abbildung 73: Bild A.9 - Zuluftsystem, zentrale Anordnung; [2].....	116
Abbildung 74: Bild A.10 - Zu-/Abluftsystem, Wohnungs-Lüftungsgerät im EFH; [2] .....	117
Abbildung 75: Bild A.11 - Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage im MFH; [2] .....	118
Abbildung 76: Bild A.12 - Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit Wohnungs- Lüftungsgerät im MFH; [2] .....	119
Abbildung 77: Bild A.13 - Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät mit WRG, in einer Wohnung; [2].....	120
Abbildung 78: Bild A.14 - Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät, in einem Raum; [2]...	121
Abbildung 79: Vergleich BauPrGr zu ZulaRi dreigeschossig – Lüfter auf der Wandung mit BSK .	123
Abbildung 80: Versuchsaufbau auf Wandung nach BauPrGr; 2-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG.....	124
Abbildung 81: Versuchsaufbau auf Wandung nach ZulaRi; 3-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG.....	124
Abbildung 82: Versuchsaufbau auf Wandung nach BauPrGr; 2-geschossig – Oberflächentemperaturen OG .....	126
Abbildung 83: Versuchsaufbau auf Wandung nach ZulaRi; 3-geschossig – Oberflächentemperaturen OG .....	126
Abbildung 84: Vergleich BauPrGr zu ZulaRi dreigeschossig – Lüfter in der Wandung mit BSK....	128
Abbildung 85: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach BauPrGr; 2-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG .....	129
Abbildung 86: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach ZulaRi; 3-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG.....	129
Abbildung 87: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach BauPrGr; 2-geschossig – Oberflächentemperaturen OG .....	131
Abbildung 88: Versuchsaufbau in Wandung mit BSK nach ZulaRi; 3-geschossig – Oberflächentemperaturen OG .....	131
Abbildung 89: Vergleich BauPrGr zu ZulaRi dreigeschossig – Lüfter in der Wandung ohne BSK	133
Abbildung 90: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach BauPrGr; 2-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG ohne BSK.....	134
Abbildung 91: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach ZulaRi; 3-geschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG ohne BSK.....	134
Abbildung 92: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach BauPrGr; 2-geschossig – Oberflächentemperaturen OG .....	136
Abbildung 93: Versuchsaufbau in Wandung ohne BSK nach ZulaRi; 3-geschossig – Oberflächentemperaturen OG .....	136
Abbildung 94: Vergleich ZulaRi zwei- und dreigeschossig – Lüfter in der Wandung mit BSK .....	138
Abbildung 95: Vergleich ZulaRi; zwei- zu dreigeschossig – Lufttemperaturen 600 mm OG .....	139
Abbildung 96: Vergleich ZulaRi; zwei- zu dreigeschossig – Oberflächentemperaturen 100 mm OG	141
Abbildung 97: Vergleich ZulaRi; zwei- zu dreigeschossig – Oberflächentemperaturen 600 mm OG	142
Abbildung 98: Vergleich BauPrGr zweigeschossig – mit und ohne Absperrvorrichtung .....	145

Abbildung 99: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Luft- und Oberflächentemperaturen .....	146
Abbildung 100: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig ohne BSK – Lufttemperaturen .....	146
Abbildung 101: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen 100 mm .....	147
Abbildung 102: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig ohne BSK – Oberflächentemperaturen 100 mm .....	147
Abbildung 103: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen 600 mm .....	148
Abbildung 104: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig ohne BSK – Oberflächentemperaturen 600 mm .....	148
Abbildung 105: Vergleich BauPrGr mit ZulaRi zweigeschossig .....	150
Abbildung 106: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Luft- und BSK OG .....	151
Abbildung 107: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 2-geschossig mit zwei BSK – Luft- und BSK OG ..	151
Abbildung 108: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm .....	152
Abbildung 109: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 2-geschossig mit zwei BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm .....	152
Abbildung 110: Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm .....	153
Abbildung 111: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 2-geschossig mit zwei BSK – Oberflächentemperaturen Schacht 160 mm .....	153
Abbildung 112: Vergleich ZulaRi zweigeschossig mit dreigeschossig .....	155
Abbildung 113: Versuchsaufbau nach ZulaRi – Lufttemperaturen zwei- und dreigeschossig .....	156
Abbildung 114: Versuchsaufbau nach ZulaRi; Oberflächentemperaturen zwei- und dreigeschossig	156
Abbildung 115: Versuchsaufbau nach ZulaRi; Luft- und Oberflächentemperaturen zwei- und dreigeschossig .....	157
Abbildung 116: Versuchsaufbau nach ZulaRi; Sauerstoff und Druckmessung; dreigeschossig ....	158
Abbildung 117: Vergleich unterschiedliche Größe der BSK; ZulaRi dreigeschossig .....	160
Abbildung 118: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Lufttemperaturen .....	161
Abbildung 119: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Oberflächentemperaturen 100 mm .....	161
Abbildung 120: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Oberflächentemperaturen 600 mm .....	162
Abbildung 121: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Drücke in der Lüftungsleitung .....	162
Abbildung 122: Vergleich unterschiedliche Lüftungsleitung; ZulaRi dreigeschossig .....	164
Abbildung 123: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Lüftungsleitung – Lufttemperaturen .....	165
Abbildung 124: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Lüftungsleitung – Lufttemperaturen Absperrvorrichtungen OG .....	165
Abbildung 125: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Oberflächentemperaturen 100 mm .....	166
Abbildung 126: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig; Vergleich unterschiedliche Baugröße – Oberflächentemperaturen 600 mm .....	166
Abbildung 127: Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig selbstständig; Druck und O2 .....	167

Abbildung 128:Vergleich BauPrGr zweigeschossig – mit unterschiedliche Größe der Absperrvorrichtung.....	169
Abbildung 129:Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Lufttemperaturen.....	170
Abbildung 130:Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Oberflächentemperaturen 100 mm.....	170
Abbildung 131:Versuchsaufbau nach BauPrGr; 2-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Oberflächentemperaturen 600 mm.....	171
Abbildung 132:Vergleich ZulaRi dreigeschossig – Einbau auf und unter der Decke.....	173
Abbildung 133:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK auf Decke – Lufttemperaturen.....	174
Abbildung 134:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK auf Decke – LuftTemperaturen; Anfang bis 10 Minuten.....	174
Abbildung 135:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Oberflächentemperaturen 100 mm.....	175
Abbildung 136:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Oberflächentemperaturen 600 mm.....	175
Abbildung 137:Vergleich ZulaRi dreigeschossig – Unterschiedliche Baugröße.....	177
Abbildung 138:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Baugröße – Lufttemperaturen.....	178
Abbildung 139:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Baugröße – Lufttemperaturen; Anfang bis 10 Minuten.....	178
Abbildung 140:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Oberflächentemperaturen 100 mm.....	179
Abbildung 141:Versuchsaufbau nach ZulaRi; 3-geschossig mit BSK unterschiedlicher Größe – Oberflächentemperaturen 600 mm.....	179
Abbildung 142:Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 14) – Vergleich Schacht offen / geschlossen.....	181
Abbildung 143:Vergleich Schacht offen / geschlossen - Lufttemperaturen OG.....	182
Abbildung 144:Schacht geschlossen - Oberflächentemperaturen OG.....	183
Abbildung 145:Schacht offen - Oberflächentemperaturen OG.....	183
Abbildung 146:Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 16) – Schacht geschlossen, Lüfter im UG....	185
Abbildung 147:Lüfter im UG, oben geschlossen - Lufttemperaturen OG.....	186
Abbildung 148:Lüfter im UG, oben geschlossen - Oberflächentemperaturen OG.....	186
Abbildung 149:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Lüfter außerhalb der Wandung.....	188
Abbildung 150:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Lufttemperaturen 600 mm OG.....	189
Abbildung 151:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG..	190
Abbildung 152:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG..	190
Abbildung 153:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse – Oberflächentemperaturen Anschlussleitung OG..	191
Abbildung 154:Vergleich 3 Anschlüsse – Lüfter außerhalb und auf der Wandung.....	193
Abbildung 155:Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG.....	194
Abbildung 156:Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG.....	195
Abbildung 157:Vergleich außerhalb auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG.....	195
Abbildung 158:Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Anschlussleitung , bzw. Gehäuse OG.....	196

Abbildung 159:Vergleich 3 Anschlüsse – Lüfter auf und in der Wandung .....	198
Abbildung 160:Lüfter in der Wandung – Darstellung Anschlüsse .....	200
Abbildung 161:Vergleich auf und in der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG.....	200
Abbildung 162:Vergleich auf und in der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG201	
Abbildung 163:Vergleich außerhalb auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG .....	201
Abbildung 164:Vergleich Anschlussvarianten – Oberflächentemperaturen Hauptleitung im Brandraum .....	202
Abbildung 165:Vergleich 2 Anschlüsse zu 3 Anschlüsse – Lüfter auf der Wandung.....	205
Abbildung 166:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG .	206
Abbildung 167:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG.....	207
Abbildung 168:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG.....	207
Abbildung 169: Vergleich außerhalb und auf der Wandung – Oberflächentemperaturen Anschlussleitung , bzw. Gehäuse OG .....	208
Abbildung 170:Vergleich 2 Anschlüsse zu 3 Anschlüsse – Lüfter in der Wandung.....	210
Abbildung 171:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung – Lufttemperaturen 600 mm OG ...	211
Abbildung 172:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG.....	212
Abbildung 173:Vergleich 2 zu 3 Anschlüsse in der Wandung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG.....	212
Abbildung 174:Vergleich 2 Anschlüsse mit und ohne Absperrvorrichtung– Lüfter in der Wandung214	
Abbildung 175:Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Lufttemperaturen 600 mm OG .....	216
Abbildung 176:2 Anschlüsse in der Wandung ohne Absperrvorrichtung – Sauerstoffmessung....	216
Abbildung 177:Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG .....	217
Abbildung 178:Vergleich 2 Anschlüsse in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG .....	217
Abbildung 179:Vergleich 1 Anschluss mit und ohne Absperrvorrichtung– Lüfter in der Wandung	219
Abbildung 180:Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Lufttemperaturen 600 mm OG .....	221
Abbildung 181:Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG .....	222
Abbildung 182:Vergleich 1 Anschluss in der Wandung mit und ohne Absperrvorrichtung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG .....	222
Abbildung 183:Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung – Lüfter in der Wandung.....	224
Abbildung 184:Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung – Lufttemperaturen 600 mm OG .....	226
Abbildung 185:Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung - Oberflächentemperaturen Schacht 100 mm OG .....	227
Abbildung 186:Vergleich 1 Anschluss ohne Absperrvorrichtung und 2 Anschlüsse mit abgefallener Absperrvorrichtung – Oberflächentemperaturen Schacht 600 mm OG .....	227
Abbildung 187:Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 2) - Druckmessung Schächte 1-3 .....	229

Abbildung 188:	Druck Schacht 1 bei Umgebungstemperatur.....	231
Abbildung 189:	Druck Schacht 1 während des Brandversuchs.....	231
Abbildung 190:	Druck Schacht 2 bei Umgebungstemperatur.....	232
Abbildung 191:	Druck Schacht 2 während des Brandversuchs.....	233
Abbildung 192:	Druck Schacht 3 bei Umgebungstemperatur.....	234
Abbildung 193:	Druck Schacht 3 während des Brandversuchs.....	234
Abbildung 194:	Drücke Schächte 1-3 (Umgebungstemperatur) Gegenüberstellung .....	235
Abbildung 195:	Drücke Schächte 1-3 (Brandversuch) Gegenüberstellung .....	236
Abbildung 196:	Drücke Schächte 1-3 Gegenüberstellung Gesamtverlauf .....	236
Abbildung 197:	Versuchsaufbau (Brandversuch Nr. 7) - Druckmessung Schacht 1 und 2.....	239
Abbildung 198:	Schacht 1; Drücke und Temperatur bei BSK DN150 (Brandversuch) .....	241
Abbildung 199:	Schacht 2; Drücke und Temperatur bei BSK DN175 (Brandversuch) .....	241
Abbildung 200:	Brandversuch Nr. 2 – Abschaltung Lüfter UG .....	243
Abbildung 201:	Temperaturen – Druck: Schacht 1.....	244
Abbildung 202:	Temperaturen – Druck: Schacht 1; 75. – 85. Minute.....	244
Abbildung 203:	Sauerstoffgehalt OG: Schacht 1.....	246
Abbildung 204:	Sauerstoffgehalt OG: Schacht 1; 75. – 85. Minute.....	246
Abbildung 205:	Temperaturen – Druck: Schacht 2.....	248
Abbildung 206:	Temperaturen – Druck: Schacht 2; 70. – 80. Minute.....	248
Abbildung 207:	Brandversuch Nr. 12 – Zuschaltung Lüfter OG von 56.-61. Minute .....	250
Abbildung 208:	Temperaturen Schacht 3 .....	251
Abbildung 209:	Temperaturen Schacht 3; 50. – 70. Minute .....	251
Abbildung 210:	Sauerstoffgehalt OG: Schacht 3.....	252
Abbildung 211:	Sauerstoffgehalt OG: Schacht 3; 50. – 70. Minute.....	252
Abbildung 212:	Brandversuch Nr. 12 und Nr. 2 – Trennung Verbindung zum Brandraum .....	254
Abbildung 213:	Temperatur OG Schacht 3: Lösen des Aluflexrohranschlusses.....	255
Abbildung 214:	Temperatur OG Schacht 4: Lösen des Aluflexrohranschlusses.....	255
Abbildung 215:	Brandversuch Nr. 12 – Temperaturen in der Hauptleitung.....	259
Abbildung 216:	Temperatur Schacht 3: Strömung Hauptleitung .....	260