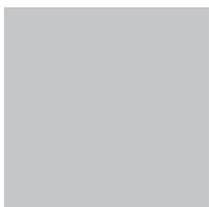
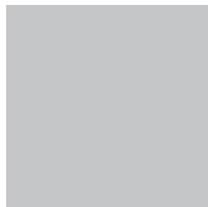


Vergleichende Untersuchungen zur Rauchdichtheit und zum Feuerwiderstand von Feuerschutzabschlüssen in der Außenanwendung mit simulierter klimatischer Belastung





Abschlussbericht

Thema	Vergleichende Untersuchungen zur Rauchdichtheit und zum Feuerwiderstand von Feuerschutzabschlüssen in der Außenanwendung mit simulierter klimatischer Belastung
Kurztitel	FSA in der Außenanwendung
Gefördert durch	Deutsches Institut für Bautechnik (Aktenzeichen: P 52-5-4.202-2029/18, P 52-5-4.202.1-2047/19)
Forschungsstelle	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7–9 83026 Rosenheim
Bearbeiter	Anyke Aguirre Cano Norbert Sack Dr. phil. Gerhard Wackerbauer
Projektleiter	Norbert Sack
Institutsleitung	Prof. Jörn Peter Lass

Rosenheim, März 2023



Inhaltsverzeichnis

1	BEGRÜNDUNG UND ZIEL DES FORSCHUNGSVORHABENS	1
2	ARBEITSPLAN	3
3	FESTLEGUNG DER KLIMATISCHEN BELASTUNGEN	5
3.1	Klimatische Belastungen	5
3.1.1	Klimatische Belastungen in der realen Anwendung	5
3.1.2	Normative Situation	7
3.1.3	Mögliche Vorgehensweise bei der Klimabelastung im Labor	9
3.2	Abgestimmte Vorgehensweise und Belastungen im Projekt	13
3.2.1	Unterstelltes Brand-Szenario	13
3.2.2	Belastungen und Untersuchungen zur Rauchdichtheit	13
3.2.3	Untersuchungen zum Feuerwiderstand	14
4	BESCHREIBUNG DER PROBEKÖRPER	17
4.1	Allgemeines	17
5	UNTERSUCHUNGEN ZUR RAUCHDICHTHEIT	19
5.1	Detaillierte Beschreibung	19
5.1.1	Einwirkung von Klima d	19
5.1.2	Einwirkung von Klima e	19
5.1.3	Bestimmung der Verformung und der Bedienkräfte in Folge der Belastung mit Prüfklima d und Prüfklima e	20
5.1.4	Ermittlung der Leckage unter Verformung durch Klima d und Klima e	21
5.2	Ergebnisse	22
5.2.1	Holztür mit Verglasung	22
5.2.1.1	Verformung unter Einwirkung von Prüfklima d und e	22
5.2.1.2	Luftdurchlässigkeit/Leckage unter Verformung	23
5.2.2	Stahlblechtür	24
5.2.2.1	Verformung unter Einwirkung von Prüfklima d und e	24
5.2.2.2	Luftdurchlässigkeit / Leckage unter Verformung	25
5.2.3	Rohrrahmentür mit Verglasung	26
5.2.3.1	Verformung unter Einwirkung von Prüfklima d und e	26
5.2.3.2	Luftdurchlässigkeit / Leckage unter Verformung	28
6	VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUM FEUERWIDERSTAND	29
6.1	Klimatische Belastungen	29
6.2	Montage der Probekörper	30
6.3	Durchführung der vergleichenden Prüfung zum Feuerwiderstand	30

6.4	Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung	32
6.4.1	Holztür mit Verglasung	32
6.4.1.1	Ofenparameter	32
6.4.1.2	Lage der Messstellen	33
6.4.1.3	Prüfergebnisse und Beobachtungen	34
6.4.2	Stahlblechtür	41
6.4.2.1	Ofenparameter	41
6.4.2.2	Lage der Messstellen	42
6.4.2.3	Prüfergebnisse und Beobachtungen	43
6.4.3	Rohrrahmentür mit Verglasung	50
6.4.3.1	Ofenparameter	50
6.4.3.2	Lage der Messstellen	51
6.4.3.3	Prüfergebnisse und Beobachtungen	53
7	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	61
8	DANKSAGUNG	63
9	LITERATURVERZEICHNIS	65



1 Begründung und Ziel des Forschungsvorhabens

Seit November 2016 ist es in Europa möglich, Feuer- und Rauchschutzabschlüsse (FSA) für die Außenanwendung mit einem CE-Kennzeichen unter Deklaration der geforderten Klassen zu vertreiben und zu verwenden. Die relevanten Produktnormen sind die EN 16034 [1] in Verbindung mit der EN 14351-1 [2].

Bei der Festlegung der Mindestanforderungen ist der Gesetzgeber an die mandatierten Eigenschaften, die entsprechend der relevanten Produktnormen nachgewiesen und erklärt werden, gebunden. Dabei stellt sich die Schwierigkeit, dass vor allem die nach EN 16034 erklärten Leistungen, also Feuerwiderstand, Rauchdichtheit und Dauerhaftigkeit der Selbstschließung gemäß der Produktnorm lediglich isoliert betrachtet werden. Das bedeutet, dass Wechselwirkungen verschiedener Prüfszenarien nicht berücksichtigt werden. Als Beispiel sei hier genannt der - meist negative – Einfluss der Umgebungsbedingungen, die eine Verformung induzieren können, die erhebliche Rauchdichtheiten nach sich ziehen kann. Für diese Art Probleme werden derzeit geeignete Anforderungen an die nach EN 14351-1 klassifizierbaren Eigenschaften erarbeitet. Die nach EN 16034 klassifizierbaren Eigenschaften beruhen aktuelle jedoch ausschließlich auf Nachweisen an neuen Türen.

Für die Beurteilung des Feuerwiderstandes und Rauchdichtigkeit von Elementen in der Außenanwendung, insbesondere die Dauerhaftigkeit der selbigen, ist eine Lösung derzeit nicht möglich, da hierfür keine Nachweise oder Prüfvorschriften vorhanden sind. Die Dauerhaftigkeit nach EN 16034 wird lediglich als eine mechanische Dauerhaftigkeit der Selbstschließung unter Berücksichtigung der Korrosionswiderstand der Beschläge definiert. Ein Nachweis fehlt, dass sich eine mögliche klimatische Belastung nicht negativ über den Lebenszyklus der Produkte bzgl. der Rauchdichtheit und des Feuerwiderstandes auswirkt.

EN 14351-1 definiert ebenfalls keine direkten Verfahren, die für die Beurteilung des Einflusses einer klimatischen Belastung auf die Dauerhaftigkeit eines FSA in der Außenanwendung herangezogen werden könnten. Die in EN 14351-1 genannte Herstellerverantwortung für die Dauerhaftigkeit der Eigenschaften im Lebenszyklus durch Ausarbeitung einer Wartungsanleitung ist nicht ausreichend, insbesondere unter Berücksichtigung der höheren Sicherheitserwartungen bei Produkten im AVCP-System 1.

Um einen bestimmten Feuerwiderstand und / oder eine Rauchdichtheit zu erreichen, könnten prinzipiell Materialien / Konstruktionen eingesetzt werden, die nicht ohne weiteres Temperaturschwankungen, Schwankungen der Feuchtigkeit (Tauwasseranfall, direkte Regen- oder Schlagregenbelastung, Ausgleichsfeuchte im Material usw.) standhalten. Materialien könnten auffrieren, Schimmel bilden, ihre Bindung verlieren oder durch Lösung von Klebeverbindung ihre Lage ändern.

Um den Einfluss von Bewitterung und klimatischen Änderungen auf die Rauchdichtheit und Feuerwiderstandsdauer zu ermitteln, sollten Türen nach definierten Klimabelastungen in vergleichenden Prüfungen zur Rauchdichtheit und Feuerwiderstand untersucht werden.

Dabei wurden als Vergleichsmuster identische unbelastete Türen mit solchen, die definierten Klimalasten ausgesetzt waren, verglichen. Hierbei sollten vor Allem Belastungen aus Temperaturschwankungen (Außen- / Innenklima, Sonnenstrahlung) und Feuchtebelastungen berücksichtigt werden.

Im ersten Schritt wurde ein Vergleich von insgesamt sechs Türen (drei unterschiedliche Konstruktionen) durchgeführt. Dabei wurden je drei Türen im Neuzustand als Referenz hinsichtlich Rauchdichtheit und Feuerwiderstand geprüft und mit drei weiteren jeweils gleichen Türen, die einem Belastungsszenario, wie vorgeschlagen, unterzogen wurden, verglichen.

Ziel des Vorhabens war es, aus den durchgeführten vergleichenden Untersuchungen Erfahrungen zu gewinnen, inwieweit die Rauchdichtheit sowie der Feuerwiderstand durch die aufgeprägten äußeren Belastungen (Temperatur, Strahlung, Feuchte) beeinflusst werden können. Die durchgeführten Untersuchungen konnten aufgrund der Vielfalt der unterschiedlichen Türkonstruktionen sowie Einsatzszenarien nur als Tastversuche angesehen werden.



2 Arbeitsplan

Mit dem Forschungsvorschlag wurde ein Arbeitsplan übermittelt, der nachfolgend wiedergegeben ist. Aufgrund der Abstimmung mit dem DIBt sowie den Erkenntnissen aus der Analyse und den Untersuchungen wurden weitere Details der Arbeiten gemeinsam mit dem DIBt festgelegt.

AP 1 Festlegung der zu untersuchenden Aufbauten sowie Festlegung der klimatischen Belastungen

Die drei zu untersuchenden Türaufbauten werden in Abstimmung mit dem DIBt festgelegt. Die Türen haben eine gültige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung als Brand- und Rauchschutztür. Weiterhin erfolgen die Analyse möglicher Belastungsszenarien sowie die Erarbeitung eines Vorschlags zur Belastung. Der Vorschlag wird final mit dem DIBt abgestimmt.

AP 2 Beschaffung der Probekörper

Für die in AP1 festgelgeten Türaufbauten werden entsprechende Probekörper beschafft. Es werden je Türtyp 2 identische Probekörper benötigt, d. h. insgesamt 6 Probekörper.

AP 3 Durchführung der klimatischen Belastung

Die zu untersuchenden Türen werden mit den in AP1 festgelegten klimatischen Belastungen beaufschlagt.

AP 4 Durchführung der Prüfungen zur Rauchdichtheit und zum Feuerwiderstand

Zur Ermittlung der Rauchdichtheit werden Prüfungen gemäß bzw. in Anlehnung EN 1634-3 durchgeführt. Die Prüfungen des Feuerwiderstandes erfolgen auf Grundlage der EN 1634-1. Neben den klimabelasteten Türen entsprechend AP3 werden die Türen auch im "Neuzustand" den Prüfungen unterzogen.

AP 5 Auswertung und Dokumentation

Über das durchgeführte Vorhaben wird eine ausführliche Dokumentation erstellt.



3 Festlegung der klimatischen Belastungen

3.1 Klimatische Belastungen

3.1.1 Klimatische Belastungen in der realen Anwendung

Ein FSA in der Außenanwendung kann in der Realität prinzipiell folgenden klimatischen Belastungen ausgesetzt sein:

1. Gegenüber der Innenanwendung erhöhte bzw. erniedrigte Lufttemperaturen
2. Gegenüber der Innenanwendung erhöhte bzw. erniedrigte Luftfeuchtigkeit bzw. Wasserdampfpartialdruck
3. Direkte Beregnung
4. Solare Bestrahlung
5. Belastung durch Druckunterschiede infolge Wind

Zu 1. Lufttemperatur

In der Außenanwendung ergeben sich erniedrigte (Winter) als auch erhöhte (Sommer) Lufttemperaturen. Hierbei kann das erhöhte oder erniedrigte Temperaturniveau auf beiden Seiten des FSA herrschen. Diese Situation ergibt sich beim Einbau in eine Außenwand zu einem unbeheizten Raum z.B. einer Garage. Ebenso kann der Raum hinter dem FSA beheizt oder klimatisiert sein. Hierdurch ergeben sich nur auf der Außenseite des FSA abweichende Temperaturen. In dieser Anwendungssituation stellt sich ein Temperaturgradient über die Dicke des FSA ein. Durch einen Temperaturgradienten können sich Verformungen des Türblattes ergeben.

Durch Absenkung der Temperatur kann die Taupunkttemperatur im Inneren des FSA (im Türblatt, im Falz, im Blendrahmen) unterschritten werden. Ausfallendes Tauwasser kann dann u.U. von feuchteempfindlichen Materialien aufgenommen werden. Dies könnte sich auf die Leistungseigenschaften von kühlenden, dämmenden oder / und intumeszierenden Materialien auswirken. Falls die "aufgefuechteten" Materialien unter 0°C abgekühlt werden sollten, könnte durch ein Auffrieren der Materialien ebenso eine Änderung der Leistungseigenschaften stattfinden.

Typischerweise (im Schatten, ohne Extreme) liegen Außentemperaturen in Deutschland zwischen ca. -20°C und +40°C.

Zu 2. Luftfeuchtigkeit

Eine erhöhte bzw. erniedrigte Luftfeuchtigkeit ergibt sich aufgrund des an einer oder beiden Seiten des FSA vorhandenen Außenklimas. Allein erhöhte oder erniedrigte Luftfeuchtigkeit werden aktuell als nicht kritisch in alleinigem Kontext der Außenwendung gesehen, da auch in der Innenanwendung von FSA prinzipiell erhöhte oder erniedrigte Luftfeuchten auftreten können.

Durch Temperaturwechsel kann jedoch in der Konstruktion Tauwasser ausfallen (siehe hierzu zu 1.)

Zu 3. Direkte Beregnung

Eine direkte Schlagregenbelastung des FSA kann zu einer Auffeuchtung von Materialien führen, die in Bereichen mit direktem Wasserzutritt oder in Bereichen, die der gezielten Entwässerung dienen, eingebaut sind. Ebenso könnte bei bestehenden Undichtigkeiten Wasser in die Konstruktion eindringen. Feuchtempfindliche Materialien könnten hierbei in Mitleidenschaft gezogen werden (Feuchte und / oder Frost). Dies könnte sich auf die Leistungseigenschaften von kühlenden, dämmenden oder / und intumeszierenden Materialien auswirken.

Zu 4. Solare Bestrahlung

FSA in der Außenanwendung können auf der Außenseite direkter Sonnenstrahlung ausgesetzt sein. Hierdurch erhöht sich zum einen die Temperatur auf der Außenseite des FSA. Die sich ergebende Temperatur hängt hierbei von der Intensität der Sonneneinstrahlung sowie des solaren Absorptionsgrades der äußeren Oberfläche ab. Letzterer wird im Wesentlichen durch die Farbe der Oberfläche bestimmt. Es kann davon ausgegangen werden, dass hierdurch Temperaturen auf der Oberfläche von 70°C bis 80°C erreicht werden können. Materialien, die in unmittelbarer Nähe der Oberfläche angeordnet sind, wären somit diesen hohen Temperaturen ausgesetzt.

Des Weiteren kann sich durch den auftretenden Temperaturgradienten zwischen außen und innen das Türblatt verformen. Bei zu hohen Verformungen und nicht mehr ausreichenden Arbeitsweg der Dichtprofile könnten somit Undichtigkeiten resultieren, die sich insbesondere bei der Rauchdichtheit auswirken können.

Neben der Temperaturerhöhung ergibt sich durch die solare Bestrahlung auch eine Belastung durch UV-Strahlung. Aus Sicht des ift Rosenheim ist der Einfluss der UV-Strahlung auf die brandschutztechnischen Leistungseigenschaften eines FSA als gering zu bewerten. Sollten in den FSA transparente Ausfachungen integriert sein, so stehen MIG Aufbauten zur Verfügung, die dauerhaft gegenüber natürlicher UV-Strahlung sind.

Zu 5. Belastung durch Wind

Aufgrund der Einbaulage eines FSA in der Gebäudehülle können sich Belastungen durch Wind (Druck und Sog) ergeben. Dieser Druckunterschied kann zu Verformungen des FSA führen. Im Rahmen der Zielstellung des Forschungsvorhabens wird die Auswirkung von Verformungen aufgrund von Windbelastung untergeordnet betrachtet.

Des Weiteren führt ein Druckunterschied zu einer intensiveren Belastung des Elementes bei Schlagregen. Bei der Beregnung des FSA sollen daher ein Differenzdruck aufgebracht werden (siehe hierzu auch 3.).



Hinsichtlich einer möglichen Degradation von FSA in der Außenanwendung werden Temperatur und Feuchte / Regen als die wesentlichen Belastungen im Sinne des Projektantrags angesehen.

3.1.2 Normative Situation

Die Leistungseigenschaften von FSA, also Feuerwiderstand, Rauchdichtheit und Dauerhaftigkeit der Selbstschließung, werden gemäß der Produktnorm EN 16034 [1] ermittelt. In der EN 16034 werden aktuell keine möglichen Einflüsse von klimatischen Belastungen auf die Leistungseigenschaften Feuerwiderstand und Rauchdichtheit berücksichtigt.

Sind für FSA in der Außenanwendung weitere Leistungseigenschaften nachzuweisen, die für eine Anwendung notwendig sind, so werden diese nach der Produktnorm EN 14351-1 [2] ermittelt.

Tabelle 1 Klassifizierung der Eigenschaften von Außentüren entsprechend EN 14351-1

Tabelle 2 — Klassifizierung der Eigenschaften von Außentüren

Nr.	Ab-schnitt	Eigenschaft/Wert/Einheit	Klassifizierung/Wert							Klasse/ festge- stellter Wert			
			1	2	3	4	5	Exxxx					
1	4.2	Widerstandsfähigkeit gegen Windlast Prüfdruck P1 (Pa)	npd	1 (400)	2 (800)	3 (1 200)	4 (1 600)	5 (2 000)	Exxxx (> 2 000)				
2	4.2	Widerstandsfähigkeit gegen Windlast Rahmendurchbiegung	npd	A (≤ 1/150)			B (≤ 1/200)		C (≤ 1/300)				
3	4.5	Schlagregendichtheit Ungeschützt (A) Prüfdruck (Pa)	npd	1 A (0)	2 A (50)	3 A (100)	4 A (150)	5 A (200)	6 A (250)	7 A (300)	8 A (450)	9 A (600)	Exxxx (>600)
4	4.5	Schlagregendichtheit Geschützt (B) Prüfdruck (Pa)	npd	1 B (0)	2 B (50)	3 B (100)	4 B (150)	5 B (200)	6 B (250)	7 B (300)			
5	4.6	Gefährliche Substanzen	npd	Wie vorgeschrieben									
6	4.7	Stoßfestigkeit Fallhöhe (mm)	npd	200	300	450	700	950					
7	4.8	Tragfähigkeit von Sicherheitsvorrichtungen	npd ^a	Schwellenwert									
8	4.9	Höhe und Breite	npd	Festgestellte Werte									
9	4.10	Fähigkeit zur Freigabe	npd	Siehe EN 179, EN 1125 (E), EN 1935 (E), prEN 13633 oder prEN 13637									
10	4.11	Schallschutz Bewertetes Schalldämm-Maß R_w (C; C_w) (dB)	npd	Festgestellte Werte									
11	4.12	Wärmedurchgangskoeffizient U_D (W/(m ² · K))	npd	Festgestellter Wert									
12	4.13	Strahlungseigenschaften Gesamtenergiedurchlassgrad (g)	npd	Festgestellter Wert									
13	4.13	Strahlungseigenschaften Lichttransmissionsgrad (τ_v)	npd	Festgestellter Wert									

Fortsetzung Tabelle 1

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Nr.	Abschnitt	Eigenschaft/Wert/Einheit	Klassifizierung/Wert								Klasse/festgestellter Wert	
14	4.14	Luftdurchlässigkeit	npd	1 (150) (50 oder 12,50)	2 (300) (27 oder 6,75)	3 (600) (9 oder 2,25)	4 (600) (3 oder 0,75)					
		Maximaler Prüfdruck (Pa) Referenz-Luftdurchlässigkeit bei 100 Pa (m ³ /(h · m ²) oder m ³ /(h · m))										
15	4.16	Bedienungskräfte ^a gestrichener Text ^b	npd	1	2	3	4					
16	4.17	Mechanische Festigkeit	npd	1	2	3	4					
17	4.18	Lüftung Strömungsexponent n Lüftungskenngröße L' Volumenstrom	npd	Festgestellte Werte								
18	4.19	Durchschusshemmung	npd	FB1	FB2	FB3	FB4	FB5	FB6	FB7	FSG	
19	4.20.1	Sprenghemmung Stoßrohr	npd	EPR1	EPR2	EPR3	EPR4					
20	4.20.2	Sprenghemmung Freilandversuch	npd	EXR1	EXR2	EXR3	EXR4	EXR5				
21	4.21	Dauerfunktion Anzahl der Zyklen	npd	5 000	10 000	20 000	50 000	100 000	200 000	500 000	1 000 000	
22	4.22	Differenzklimaverhalten Zulässige Durchbiegung	npd	1(x) ^b ^c	2(x) ^b ^c	3(x) ^b ^c						
23	4.23	Einbruchhemmung	npd	1	2	3	4	5	6			
ANMERKUNG 1 npd: keine Leistung festgestellt (no performance determined).												
ANMERKUNG 2 Die Zahlenangaben in Klammern dienen der Information.												
^a Nur, falls keine Sicherheitsvorrichtung(en) vorhanden ist (sind).												
^b ^c gestrichener Text ^c .												
^b ^c Das Prüfklima (a, b, c, d oder e) ist anzugeben.												

In EN 14351-1 sind lediglich zwei Leistungseigenschaften sowie zugehörige Prüfverfahren genannt, die für die im Rahmen des Projektes zu untersuchenden Fragestellungen herangezogen werden könnten:

1. Schlagregendichtheit (Abschnitt 4.5 der EN 14351-1)
2. Differenzklimaverhalten (Abschnitt 4.22 der EN 14351-1)

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die in den genannten Abschnitten der EN 14351-1 definierten Prüfverfahren nicht direkt für eine Beurteilung der Auswirkungen von Klimabelastungen auf den Feuerwiderstand bzw. die Rauchdichtheit herangezogen werden können. So wird im Abschnitt 4.5 lediglich ein Verfahren definiert, mit dem die Schlagregendichtheit der Außentüre nachgewiesen werden kann. Die Prüfung verfolgt nicht den Zweck eine Degradation von anderen Leistungseigenschaften durch in die Konstruktion eingedringenen Regen zu untersuchen.

Weitere Klimabelastungen wie z. B. ein Klimawechsel sind in EN 14351-1 nicht definiert. Daher ist es notwendig, weitere Regelwerke heranzuziehen, um diese Klimabelastungen für die im Projekt angedachten Untersuchungen zu definieren. Es bietet sich an, hierzu auch die



Produktnorm für Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) EN 1279-5 [3] heranzuziehen, da MIG ein Bestandteil von FSA in Außenanwendung sein kann.

3.1.3 Mögliche Vorgehensweise bei der Klimabelastung im Labor

In Tabelle 2 ist aufgelistet, nach welchen, in den beiden Produktnormen referenzierten, Prüfnormen Vorschläge zur Klimabelastung abgeleitet werden könnten. Für eine Wechselbelastung mit Differenzklima gibt es weder in der EN 14351-1 noch in der EN 1279-5 eine hierfür heranziehbare Prüfnorm. Daher wird vorgeschlagen, den Differenzklimawechsel in Anlehnung an ift Richtlinie MO-02/1 [7] durchzuführen.

Tabelle 2 Gegenüberstellung der realen Klimalast und einer möglichen Nachbildung im Labor

Reale Klimalast	Mögliche Laboruntersuchung in Anlehnung an	Relevante Produktnorm	Sonstiges
Schlagregenbelastung	EN 1027 [5]	EN 14351-1	Zyklenzahl bzw. Dauer der Belastung festzulegen
Differenzklima (Temperatur)	EN 1121 [6]	EN 14351-1	
Differenzklima (solare Einstrahlung)	EN 1121 [6]	EN 14351-1	
Wechselklima (Temperatur und Feuchte)	EN 1279-2 [4]	EN 1279-5	Zyklenzahl bzw. Dauer der Belastung festzulegen
Differenzklimawechsel (Temperatur)	ift Richtlinie MO-02/1 [7]	-	

Nachfolgend ist die detaillierte Vorgehensweise der in Tabelle 2 genannten Prüfdokumente aufgeführt.

1. Simulation Schlagregenbelastung in Anlehnung an EN 1027

Prinzipiell wird durch die in der Produktnorm für Außentüren heranzuziehende EN 1027 die Schlagregendichtheit eines Bauelementes geprüft. Die Leistungseigenschaft Schlagregendichtheit soll sicherstellen, dass durch die Außentüre kein Wasser / Regen in das Gebäude eindringt. Entsprechend EN 14351-1 handelt es sich bei der Schlagregendichtheit um eine mandatierte Eigenschaft.

Die vorgeschlagene Schlagregenbelastung nach bzw. in Anlehnung an EN 1027 hat primär das Ziel, die Konstruktion durch eindringendes Regenwasser aufzufeuhen.

Entsprechend EN 1027 wird das Bauelemente mit einer bestimmten Wassermenge dauernd Besprühen auf der Außenseite besprüht, wobei gleichzeitig positiver Prüfdruck in Form

aufeinanderfolgender ansteigender Druckstufen in gleichmäßigen Abständen aufgebracht wird.

Die Besprühung beginnt bei einem Prüfdruck von 0 Pa für 15 min; anschließend nimmt der Prüfdruck in Intervallen von 5 min zu. Die Gesamtdauer ist abhängig von der Schlagregendichtheit des Prüfkörpers.

Entsprechend DIN 18055 ist für Bauelement mit einer Einbauhöhe bis zu 10 m eine Klasse der Schlagregendichtheit von 6A ausreichend. Nur für Küsten und Inseln der Ost- sowie Nordsee sind bei Windzonen 3 und 4 höhere Klassen der Schlagregendichtheit empfohlen. Ausgehend von einer Klasse 6A würde dies einem maximalen Prüfdruck von 250 Pa entsprechen und einer Wassermenge (Sprühmenge) von 2 l/(m² min). Die Gesamtberegnungszeit beträgt hierbei 40 min.

2. Simulation Differenzklima nach EN 1121

Die in der Produktnorm referenzierte EN 1121 legt das Prüfverfahren zur Prüfung von Türblättern sowie Türelementen zwischen zwei unterschiedlichen Klimaten fest. Hierzu wird das Differenzklima einmalig auf die zu untersuchende Türkonstruktion aufgebracht und so lange gewartet, bis die Tür bzw. das Türblatt eine zeitlich konstante Verformung aufweist. Entsprechend EN 1121 können in diesem Zustand folgende Eigenschaften der Tür bzw. des Türblatts gemessen werden:

1. Längskrümmung
2. Bedienungskräfte
3. Luftdurchlässigkeit

Entsprechend Produktnorm EN 14351-1 ist das Differenzklimaverhalten eine Tür keine mandatierte Eigenschaft. Entsprechend EN 14351-1 wird nur die Krümmung des Türblattes klassifiziert. Der Einfluss eines Differenzklimas auf die Bedienungskräfte bzw. die Luftdurchlässigkeit wird im Rahmen der EN 14351-1 nicht untersucht.

Das in EN 1121 festgelegte Prüfklima d bildet die einseitige Abkühlung der Außenseite der Tür im Winterfall, das Prüfklima e die einseitige Erwärmung der Außenseite der Tür durch Sonneneinstrahlung ab.

Prüfklima	Geforderte Klimate			
	Seite 1		Seite 2	
	Lufttemperatur (θ_1) °C	Relative Feuchte (φ_1) %	Lufttemperatur (θ_2) °C	Relative Feuchte (φ_2) %
a	23 ± 2	30 ± 5	18 ± 2	50 ± 5
b	23 ± 2	30 ± 5	13 ± 2	65 ± 5
c	23 ± 2	30 ± 5	3 ± 2	85 ± 5
d	23 ± 2	30 ± 5	-15 ± 2	keine Anforderungen

θ_1 Lufttemperatur auf Seite 1.
 θ_2 Lufttemperatur auf Seite 2.
 φ_1 Relative Feuchte auf Seite 1.
 φ_2 Relative Feuchte auf Seite 2.
 Die Mittelwerte der Temperatur und die Werte der relativen Feuchte sind so nah wie möglich an den Nennwerten zu halten. Die angegebenen Toleranzen sind die maximal zulässigen Abweichungen.

Prüfklima	Geforderte Klimate			
	Seite 1		Seite 2	
	Lufttemperatur (θ_1) °C	Relative Feuchte (φ_1) %	Lufttemperatur (θ_2) °C	Relative Feuchte (φ_2) %
e	min. 20 max. 30	keine Anforderungen	Referenztemperatur $\theta_3 = \theta_1 + (55 \pm 5)$	keine Anforderungen

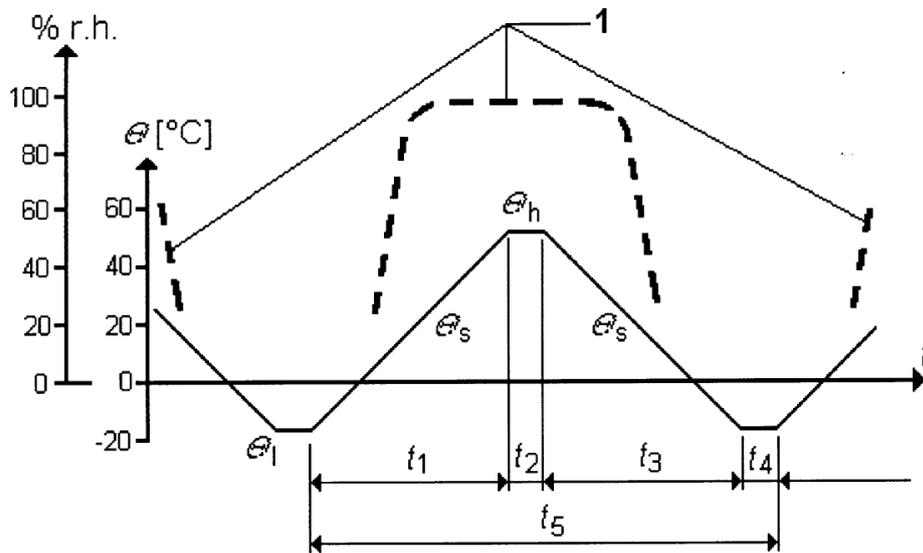
θ_1 Lufttemperatur auf Seite 1.
 θ_2 Referenztemperatur bei Erwärmung der Türoberfläche durch Strahlung.
 Die Referenztemperatur ist der Mittelwert der Temperatur von mindestens drei in 5.2 beschriebenen Referenzflächen, die auf der Türblattoberfläche oder am Prüfraumen angebracht werden.
 φ_1 Relative Feuchte auf Seite 1.
 φ_2 Relative Feuchte auf Seite 2.
 Die Mittelwerte der Temperatur und der relativen Feuchte sind so nah wie möglich an den Nennwerten zu halten. Die angegebenen Toleranzen sind die maximal zulässigen Abweichungen.

Abbildung 1 Auszug aus EN 1121 mit definierten Prüfklimaten

Änderungen von Leistungseigenschaften, die durch ein mehrmaliges oder zeitlich andauerndes Auftreten eines Differenzklimas verursacht werden könnten, sind prinzipiell nicht das Ziel der EN 1121.

3. Klimawechsel des kompletten FSA in Anlehnung an EN 1279-2 (-28° bis 53°C)

Die Klimawechselprüfung nach EN 1279-2 besteht aus 56 je 12-stündigen Temperaturzyklen zwischen -18°C und +53°C mit Änderungen von 14°C/h.



Legende

- 1 Relative Luftfeuchte während des Temperaturzyklus. Höchstwert von $RH \geq 95\%$. Während der Kaltphase des Zyklus wird die hohe Feuchte unterbrochen. Zeitweilige Kondensation an den Prüfscheiben ist zulässig.
Zeitintervalle: $t_1 = 5\text{ h}$, $t_2 = 1\text{ h}$, $t_3 = 5\text{ h}$, $t_4 = 1\text{ h}$, $t_5 = \text{Gesamtzykluszeit } 12\text{ h}$
Toleranzen bei den Zeitintervallen: weniger als 1 min.
Temperaturen der mittleren Prüfscheibe während des Zyklus:
— $\Theta_h = (53,0 \pm 1,0) \text{ }^\circ\text{C}$ (hohe Temperatur)
— $\Theta_l = (-18,0 \pm 1,0) \text{ }^\circ\text{C}$ (niedrige Temperatur)
— $\Theta_s = (14 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C/h}$ (Steigungen)

Abbildung 2 Wechselklima nach EN 1279-2

4. Simulation Temperaturwechsel auf der Außenseite

Zur Temperaturwechselbelastung wird die Außentemperatur auf der Außenseite zwischen $+60^\circ\text{C}$ und -15°C wie in Abbildung 3 schematisch dargestellt variiert. Während der Belastung wirkt auf der Innenseite das Raumklima. Insgesamt werden 10 komplette Zyklen durchgeführt.

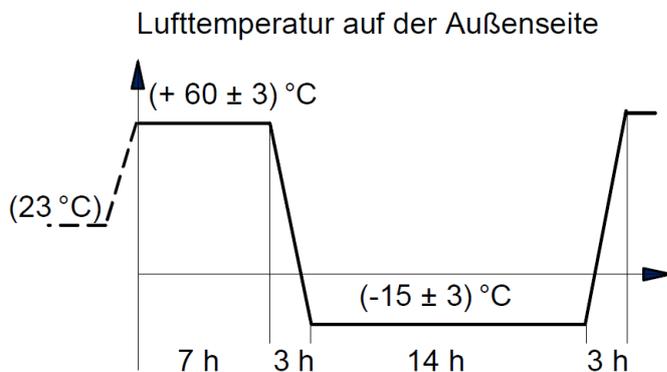


Abbildung 3 Temperaturwechselbelastung



Diese Temperaturwechselbelastung wird bereits in der ift Richtlinie MO-02/1 angewandt. Diese Richtlinie legt ein Verfahren zur Ermittlung der Eignung und des Leistungsvermögens von Befestigungsmitteln/-systemen zur Montage von Fenstern und Türen fest.

3.2 Abgestimmte Vorgehensweise und Belastungen im Projekt

Die mit dem DIBt auf Grundlage des Abschnittes 3.1 abgestimmten Belastungen und Untersuchungen zur Rauchdichtheit sowie zu Feuerwiderstand sind nachfolgend dargestellt.

3.2.1 Unterstelltes Brand-Szenario

Für die Untersuchungen im vorliegenden Vorhaben wird folgendes Brand-Szenario angenommen:

- Die Türen öffnen nach außen.
- Brandlast liegt auf der Innenseite.

3.2.2 Belastungen und Untersuchungen zur Rauchdichtheit

Ziel der Untersuchungen ist es den Einfluss von Differenzklimata und der damit verbundenen Verformung der Tür bzw. des Türblattes auf die Rauchdichtheit der drei FSA zu untersuchen. Da für den Fall heißer Rauch (200°C) eine Verformung der Tür bzw. des Türblattes im Wesentlichen durch den Heißrauch bestimmt wird und die Verformungen des Türblattes durch Differenzklima und/oder Sonneneinstrahlung als nicht signifikant (im Vergleich zur Temperaturbelastung unter Heißrauch) eingestuft werden, wurden die Untersuchungen nur für den Fall Umgebungstemperatur bzw. kalten Rauchs (20°C) durchgeführt. Die Rauchquelle wird hierbei sowohl auf der Außen- als auch auf der Innenseite angenommen. Der FSA öffnet nach außen zum Außenklima.

Untersuchungsablauf sowie Belastung

1. Ermittlung der Verformung der drei FSA bei Einwirkung von Klima d bzw. Klima e entsprechend EN 1121 auf der Außenseite des FSA
2. Bestimmung der Leckage / Luftdurchlässigkeit des FSA bei 10 Pa sowie 25 Pa Über- als auch Unterdruck. Die Leckage / Luftdurchlässigkeit wird sowohl bei keiner Verformung als auch bei den entsprechend 1. gemessenen Verformungen ermittelt. Hierbei wird entsprechend EN 1121 Anhang B die schlossseitige Türblattkante mit Hilfe eines pneumatischen oder hydraulischen Zylinders mechanisch verformt, bis die in der Klimaprüfung ermittelte Durchbiegung erreicht ist.

Ergebnisse:

1. Leckage / Luftvolumenstrom bei 10 Pa sowie 25 Pa des FSA im nicht verformten Zustand
2. Leckage / Luftvolumenstrom bei 10 Pa sowie 25 Pa des FSA bei Prüfklima d (Winterfall)
3. Leckage / Luftvolumenstrom bei 10 Pa sowie 25 Pa des FSA bei Prüfklima e (Sommerfall)

Hinweis:

Bei der Ermittlung des Luftvolumenstroms wurde der untere Spalt zwischen Türblatt und Schwelle entsprechend der Festlegung in EN 1634-3 Abschnitt 6.4 bzw. EN 13501-2 Abschnitt 7.5.6.3.1 abgedichtet.

3.2.3 Untersuchungen zum Feuerwiderstand

Ziel der Untersuchungen ist es den Einfluss von klimatischen Belastungen durch Temperatur und Feuchtigkeit auf den Feuerwiderstand des FAS zu untersuchen. Die Brandlast wird hierbei entsprechend 3.2.1 auf der Innenseite des FSA angenommen; der FSA öffnet nach außen.

Untersuchungsablauf sowie Belastung

1. Klimabelastung des FSA entsprechend nachfolgendem Vorschlag
 1. Schlagregenbelastung in Anlehnung an EN 1027
2-malige Beregnung des FSA von der Außenseite mit einer Sprühmenge von 2 l/(m² min) bis zu einem maximalen Prüfdruck von 250 Pa. Die Gesamtberegnungszeit beträgt 80 Minuten.
 2. Klimawechselbelastung in Anlehnung an EN 1279-2
Einwöchige Klimawechselbelastung besteht aus 14 je 12-stündigen Temperaturzyklen zwischen -18 °C und +53 °C mit Änderungen von 14 °C/h.
 3. Schlagregenbelastung in Anlehnung an EN 1027
2-malige Beregnung des FSA von der Außenseite mit einer Sprühmenge von 2 l/(m² min) bis zu einem maximalen Prüfdruck von 250 Pa. Die Gesamtberegnungszeit beträgt 80 Minuten
 4. Differenzklima
2 Zyklen Temperaturwechselbelastung in Anlehnung an ift Richtlinie M0-02/1
 5. Schlagregenbelastung in Anlehnung an EN 1027
2-malige Beregnung des FSA von der Außenseite mit einer Sprühmenge von 2 l/(m² min) bis zu einem maximalen Prüfdruck von 250 Pa. Die Gesamtberegnungszeit beträgt 80 Minuten
 6. Differenzklima
2 Zyklen Temperaturwechselbelastung in Anlehnung an ift Richtlinie M0-02/1



2. Einbau des nicht belasteten als auch des klimabelasteten FSAs in eine Porenbetonwand
3. Prüfung der FSA entsprechend EN 1634-1
Für die Stahlblechtür wird hierbei eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten, für die Rohrrahmentür sowie die Holzrahmentür von 30 Minuten angestrebt.

Ergebnisse:

1. Feuerwiderstand der unbelasteten Holztür
2. Feuerwiderstand der klimatisch belasteten Holztür
3. Feuerwiderstand der unbelasteten Stahlblechtür
4. Feuerwiderstand der klimatisch belasteten Stahlblechtür
5. Feuerwiderstand der unbelasteten Rohrrahmentür
6. Feuerwiderstand der klimatisch belasteten Rohrrahmentür



4 Beschreibung der Probekörper

4.1 Allgemeines

Die für die Untersuchung verwendeten Türaufbauten wurden durch das Deutsche Institut für Bautechnik ausgewählt. Hierbei wurden drei unterschiedliche "Konstruktionsvarianten" vorgegeben:

- Einflügelige Holztür mit Glasfüllung
- Einflügelige Stahlblechtür
- Einflügelige Rohrrahmentür mit Glasfüllung

Tabelle 3 Übersicht der im Vorhaben untersuchten Türen

Typ	Zulassungs-Nr.	Feuerwiderstandsdauer	Außenmaße in mm	Sonstiges
Holztür	Bekannt beim DIBt	30 Minuten	1422 x 2388	mit transp. Ausfachung
Stahlblechtür	Bekannt beim DIBt	90 Minuten	1192 x 2158,5	
Rohrrahmen-tür	Bekannt beim DIBt	30 Minuten	1200 x 2200	mit transp. Ausfachung

Zu jeder Art Feuerschutzabschluss wurden zwei baugleiche Probekörper durch den Hersteller angefertigt und an das ift Rosenheim angeliefert.

An einem der beiden Probekörper wurden zuerst die Untersuchungen zur Rauchdichtheit durchgeführt. Anschließend wurde dieser Probekörper den in 3.2.2 definierten Belastungen ausgesetzt. Der zweite Probekörper verblieb im Anlieferungs- bzw. Neuzustand. Nach Abschluss der Belastung wurden beide Probekörper einer vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung unterzogen.



5 Untersuchungen zur Rauchdichtheit

5.1 Detaillierte Beschreibung

5.1.1 Einwirkung von Klima d

Das in EN 1121 festgelegte Prüfklima d bildet die einseitige Abkühlung der Außenseite der Tür im Winterfall ab. Gemäß EN 1121:2000-09 wurde die Tür zwischen zwei Klimakammern eingebaut. Um den Anforderungen an das Prüfklima d zu entsprechen, wurde in einer Klimakammer eine (Außen-)Temperatur θ_2 von -15 °C aufgebracht. In der gegenüberliegenden Klimakammer wurde eine (Innen-)Temperatur θ_1 von 23 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit φ_1 von 30% aufgebracht. Der Probekörper wurde dem Differenzklima sechs Tage ausgesetzt und anschließend die Verformung ermittelt.

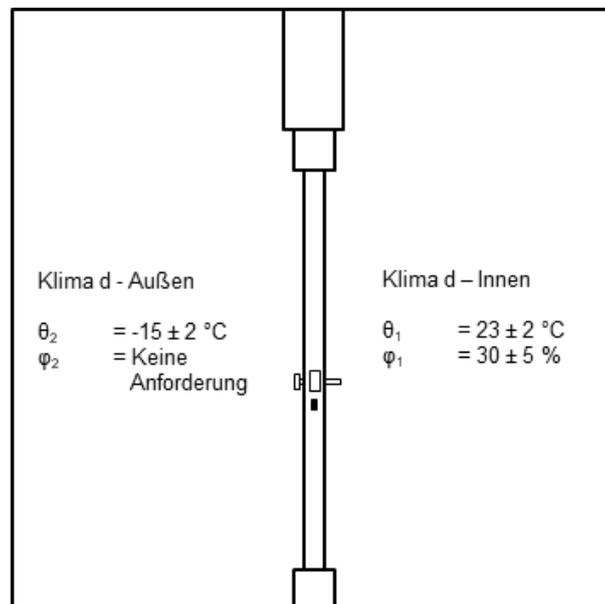


Abbildung 4 Schematische Darstellung des Einbaus des Probekörpers in die Klimakammern mit den erforderlichen Klimaten für das Prüfklima d

5.1.2 Einwirkung von Klima e

Das in EN 1121 festgelegte Prüfklima e bildet die einseitige Erwärmung der Außenseite der Tür durch Sonneneinstrahlung ab. Die Bestrahlung des Probekörpers wird hierbei mit Glühlampen (Infrarot-Licht) aufgebracht. Hierzu sind die Glühlampen gemäß EN 1121:2000-09 auf einer Vorrichtung so angeordnet, dass die Strahlungsenergie möglichst gleichmäßig verteilt ist. Schematisch ist der Versuchsaufbau in Abbildung 5 dargestellt.

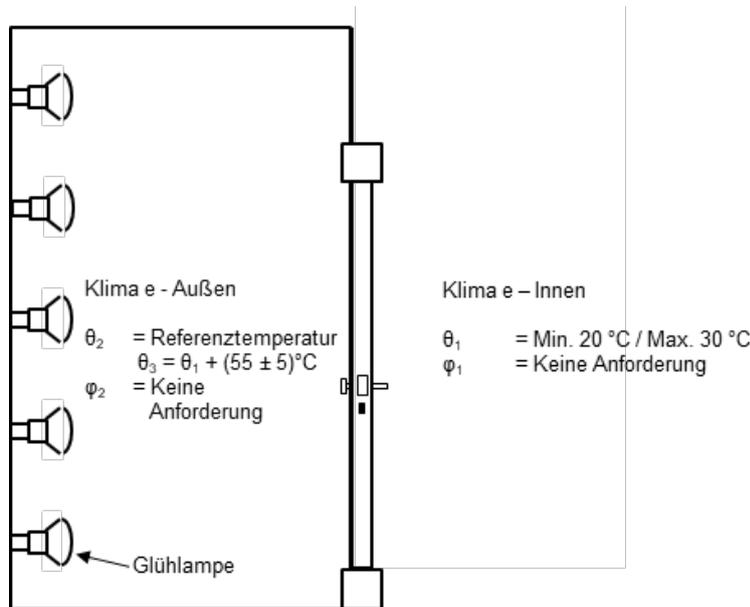


Abbildung 5 Schematische Darstellung des Einbaus des Probekörpers in die Klimakammern mit den erforderlichen Klimaten für das Prüfklima e

5.1.3 Bestimmung der Verformung und der Bedienkräfte in Folge der Belastung mit Prüfklima d und Prüfklima e

Nach der jeweiligen Klimatisierung unter Prüfklima d sowie Prüfklima e wurde an dem jeweiligen Türblatt die Verformung ermittelt. Dabei wurde die Längskrümmung sowie die Querkrümmung ermittelt. Das wichtigste Prüfkriterium ist hier im Allgemeinen die Längskrümmung.

Die Verformungsrichtung des Türblatts, hin zur Außen- oder hin zur Innenseite, wird bei dem Ergebnis der Verformung durch das Vorzeichen deutlich. Ein positives Vorzeichen bedeutet eine Krümmung nach außen, während ein negatives Vorzeichen eine Krümmung nach innen bedeutet (siehe Abbildung 6).

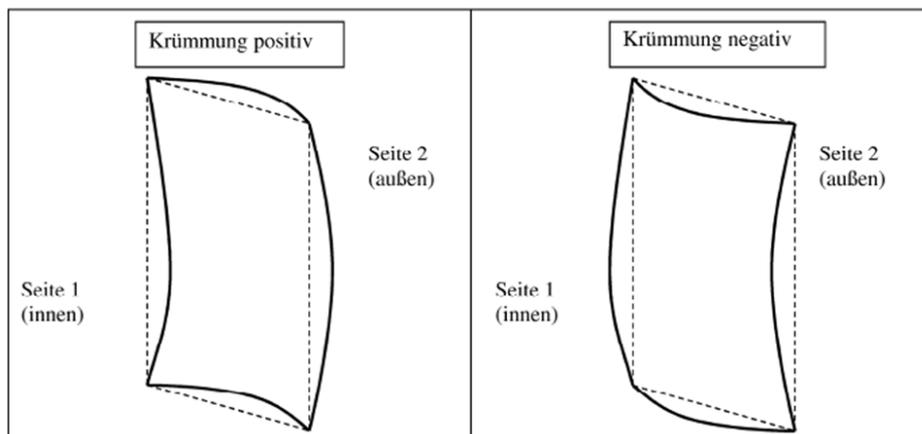


Abbildung 6 Informationen zur Krümmungsrichtung



5.1.4 Ermittlung der Leckage unter Verformung durch Klima d und Klima e

Zunächst ist anzumerken, dass das Ziel dieser Untersuchung weniger der Ermittlung der Luftdurchlässigkeit gilt, sondern auf die Rauchdichtheit abzielt. So soll der Einfluss eines Differenzklimas und der damit verbundenen Verformungen des Türblattes auf die Rauchdichtheit des Feuerschutzabschlusses untersucht werden.

Eine Prüfung zum Nachweis der Klassifizierung der Rauchdichtheit S_a bei Umgebungstemperatur (20 ± 10)°C fordert gemäß EN 1634-3:2004-10 die Bestimmung der Leckrate durch den Probekörper bei Druckdifferenzen von 10 Pa und 25 Pa.

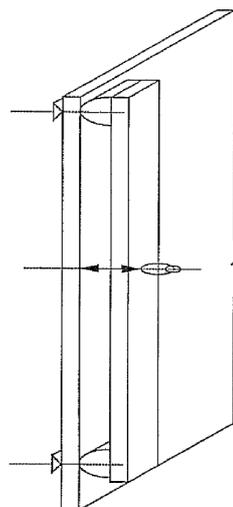
Gemäß EN 1634-3 sind bei der Prüfung der Rauchdichtheit zu ermitteln:

- Die Gesamtleckrate als Volumenstrom Q_{spec} in m^3/h
- Die umfangbezogene Leckrate Q_l in $m^3/(h \cdot m)$

Um die Prüfung der Rauchdichtheit bei Umgebungstemperatur nachzubilden, wird entsprechend EN 1121:2000-06 und in Anlehnung an EN 1026:2016-09 die Prüfung der Luftdurchlässigkeit des Probekörpers unter Verformung durch Prüfklima d und Prüfklima e ermittelt.

Die durch das jeweilige Prüfklima verursachte Verformung wird nachgestellt, indem das Türblatt entsprechend EN 1121 mechanisch verformt wird (Abbildung 7). Dabei wird Bereich des Schlosskastens eine Kraft eingeleitet, um die gemessene Verformung nachzustellen.

Die Leckage wurde in geschlossenem und eingerasteten Zustand der Hauptfalle sowie evtl. vorhandener Nebenfallen ermittelt.



1 Pneumatischer oder hydraulischer Zylinder

Abbildung 7 Auszug aus EN 1121 zur schematischen Darstellung der Vorrichtung zur mechanischen Verformung des Türblattes

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Holztür mit Verglasung

5.2.1.1 Verformung unter Einwirkung von Prüfklima d und e

Die Ergebnisse der Verformung bei Einwirkung von Prüfklima d können Tabelle 4, die Verformung bei Einwirkung von Prüfklima e können Tabelle 5 entnommen werden.

Zur Klassifizierung der Längskrümmung und der Querkrümmung wird zunächst das Maximum der absoluten Differenz für die Schloss- und Bandseite bzw. für oben und unten aus verwendet. Das Maximum der absoluten Differenz ist für die jeweilige Teilklassifizierung der Längs- bzw. Querkrümmung maßgeblich. Für die Gesamtklasse ist wiederum die kleinste erreichte Klasse maßgeblich.

Tabelle 4 Probekörper Holztür mit Glasfüllung; Verformung in Folge Prüfklima d

Zeitpunkt	Verformung in mm			
	Längskrümmung		Querkrümmung	
	Schlossseite	Bandseite	oben	unten
vor Prüfklima (Flügel offen)	0,2	0,4	0,3	0,4
Vor Prüfklima (Flügel geschlossen)	0,2	0,2	0,3	0,4
Nach Prüfklima (Flügel geschlossen)	-0,2	0,1	0,1	0,2
Nach Prüfklima (Flügel offen)	-0,3	0,1	0,1	0,2
Differenz (Absolut)	0,5	0,3	0,2	0,2
Endgültige Verformung (Absolut)	0,3	0,1	0,1	0,2

Tabelle 5 Probekörper Holztür mit Glasfüllung; Verformung in Folge Prüfklima e

Zeitpunkt	Verformung in mm			
	Längskrümmung		Querkrümmung	
	Schlossseite	Bandseite	Oben	Unten
vor Prüfklima (Flügel offen)	0,0	0,2	0,3	0,3
Vor Prüfklima (Flügel geschlossen)	0,1	0,1	0,3	0,4



Zeitpunkt	Verformung in mm			
	Längskrümmung		Querkrümmung	
	Schlossseite	Bandseite	Oben	Unten
Nach Prüfklima (Flügel geschlossen)	-0,3	-0,2	0,1	0,2
Nach Prüfklima (Flügel offen)	-0,3	-0,2	0,2	0,2
Differenz (Absolut)	0,3	0,4	0,1	0,1
Endgültige Verformung (Absolut)	0,3	0,2	0,2	0,2

Auf Grundlage der ermittelten Verformungen ergeben sich für die untersuchte Holztür mit Lichtausschnitt die Klasse 3(d) sowie Klasse 3(e) entsprechend EN 12219. Die Anforderungen der MVV-TB Ausgabe 2020/1 an die Mindestklassen 2(d) und 2(e) werden erfüllt.

5.2.1.2 Luftdurchlässigkeit/Leckage unter Verformung

Die Verformungen, die der Probekörper unter dem Prüfklima d sowie unter dem Prüfklima e erfahren hat, wurden für die Ermittlung der Luftdurchlässigkeit unter Verformung, entsprechend EN 1121 durch mechanische Verformung nachgestellt. Tabelle 6 stellt die

- am nicht verformten Probekörper,
- unter der Verformung durch Klima d sowie
- unter der Verformung durch Klima e

ermittelte Leckage/Luftdurchlässigkeit bei Druckdifferenzen (Überdruck als auch Unterdruck) von 10 Pa und 25 Pa dar.

Tabelle 6 Ermittelte Leckage/Luftdurchlässigkeit der Holztür mit Lichtausschnitt

		Nicht verformter Zustand		Unter Verformung in Folge Prüfklima d		Unter Verformung in Folge Prüfklima e	
		10 Pa	25 Pa	10 Pa	25 Pa	10 Pa	25 Pa
Überdruck	Volumenstrom in m ³ /h	0,70	0,91	0,83	1,03	0,86	1,06
	Längenbezogen in m ³ /(h m)	0,10	0,13	0,12	0,15	0,12	0,15
Unterdruck	Volumenstrom in m ³ /h	0,64	1,02	0,55	0,92	0,52	0,86
	Längenbezogen in m ³ /(h m)	0,09	0,15	0,08	0,13	0,07	0,12

Die gemessenen Leckagen unter Verformung infolge Prüfklime d als auch in Folge Prüfklime e sind für Überdruck nur sehr geringfügig gegenüber dem nicht verformten Zustand erhöht. Für die Unterdruck Situation ergeben sich sehr geringfügig reduziert Leckagen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Verformung in Folge des Prüfklime d und Prüfklime e keine Auswirkung auf die Leckagen hat. Der längenbezogenen Volumenstrom liegt für alle untersuchten Fälle unter der Anforderung für die S_a Klassifizierung von 3 m³/(h m).

5.2.2 Stahlblechtür

5.2.2.1 Verformung unter Einwirkung von Prüfklime d und e

Die Ergebnisse der Verformung bei Einwirkung von Prüfklime d können Tabelle 7, die Verformung bei Einwirkung von Prüfklime e können Tabelle 8 entnommen werden.

Zur Klassifizierung der Längskrümmung und der Querkrümmung wird zunächst das Maximum der absoluten Differenz für die Schloss- und Bandseite bzw. für oben und unten verwendet. Das Maximum der absoluten Differenz ist für die jeweilige Teilklassifizierung der Längs- bzw. Querkrümmung maßgeblich. Für die Gesamtklasse ist wiederum die kleinste erreichte Klasse maßgeblich.

Tabelle 7 Probekörper Stahlblechtür; Verformung in Folge Prüfklime d

Zeitpunkt	Verformung in mm			
	Längskrümmung		Querkrümmung	
	Schlossseite	Bandseite	oben	unten
vor Prüfklime (Flügel offen)	-0,1	0,3	-0,9	-0,6
Vor Prüfklime (Flügel geschlossen)	-0,1	0,2	-1,1	-0,9
Nach Prüfklime (Flügel geschlossen)	-2,4	-2,3	-1,1	-1,0
Nach Prüfklime (Flügel offen)	-2,3	-2,3	-1,1	-1,1
Differenz (Absolut)	2,2	2,6	0,2	0,5
Endgültige Verformung (Absolut)	2,3	2,3	1,1	1,1

**Tabelle 8** Probekörper Stahlblechtür; Verformung in Folge Prüfklima e

Zeitpunkt	Verformung in mm			
	Längskrümmung		Querkrümmung	
	Schlossseite	Bandseite	Oben	Unten
vor Prüfklima (Flügel offen)	0,3	0,1	-0,5	-0,2
Vor Prüfklima (Flügel geschlossen)	0,2	-0,2	-0,7	-0,2
Nach Prüfklima (Flügel geschlossen)	1,7	2,6	0,1	0,1
Nach Prüfklima (Flügel offen)	1,9	3,2	0,0	0,1
Differenz (Absolut)	1,6	3,1	0,5	0,3
Endgültige Verformung (Absolut)	1,9	3,2	0,0	0,1

Auf Grundlage der ermittelten Verformungen ergeben sich für die untersuchte Stahlblechtür die Klasse 2(d) sowie Klasse 2(e) entsprechend EN 12219. Die Anforderungen der MVV-TB Ausgabe 2020/1 an die Mindestklassen 2(d) und 2(e) werden erfüllt.

5.2.2.2 Luftdurchlässigkeit / Leakage unter Verformung

Die Verformungen, die der Probekörper unter dem Prüfklima d sowie unter dem Prüfklima e erfahren hat, wurden für die Ermittlung der Luftdurchlässigkeit unter Verformung, entsprechend EN 1121 durch mechanische Verformung nachgestellt. Tabelle 9 stellt die

- am nicht verformten Probekörper,
- unter der Verformung durch Klima d sowie
- unter der Verformung durch Klima e

ermittelte Leakage/Luftdurchlässigkeit bei Druckdifferenzen (Überdruck als auch Unterdruck) von 10 Pa und 25 Pa sowie zusätzlich bei 50 Pa dar.

Tabelle 9 Ermittelte Leckage/Luftdurchlässigkeit der Stahlblechtür

		Nicht verformter Zustand		Unter Verformung in Folge Prüfklima d		Unter Verformung in Folge Prüfklima e	
		10 Pa	25 Pa	10 Pa	25 Pa	10 Pa	25 Pa
Überdruck	Druckdifferenz						
	Volumenstrom in m ³ /h	3,9	6,9	4,6	8,2	3,7	6,7
Unterdruck	Längenbezogen in m ³ /(h m)	0,73	1,29	0,86	1,53	0,69	1,25
	Volumenstrom in m ³ /h	4,1	7,4	4,9	8,7	4,0	7,1
Überdruck	Längenbezogen in m ³ /(h m)	0,77	1,38	0,92	1,63	0,75	1,32

Die gemessenen Leckagen unter Verformung infolge Prüfklima d sind für Überdruck als auch für Unterdruck nur geringfügig gegenüber dem nicht verformten Zustand erhöht. Für die gemessenen Leckagen unter Verformung infolge Prüfklima e sind sowohl für Überdruck als auch für Unterdruck geringfügig reduziert Leckagen gegenüber dem nicht verformten Zustand ermittelt worden. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Verformung in Folge des Prüfklimas d und Prüfklimas e keine signifikante Auswirkung auf die Leckagen hat. Der längenbezogenen Volumenstrom liegt für alle untersuchten Fälle unter der Anforderung für die S_a Klassifizierung von 3 m³/(h m).

5.2.3 Rohrrahmentür mit Verglasung

5.2.3.1 Verformung unter Einwirkung von Prüfklima d und e

Die Ergebnisse der Verformung bei Einwirkung von Prüfklima d können Tabelle 10, die Verformung bei Einwirkung von Prüfklima e können Tabelle 11 entnommen werden.

Zur Klassifizierung der Längskrümmung und der Querkrümmung wird zunächst das Maximum der absoluten Differenz für die Schloss- und Bandseite bzw. für oben und unten aus verwendet. Das Maximum der absoluten Differenz ist für die jeweilige Teilklassifizierung der Längs- bzw. Querkrümmung maßgeblich. Für die Gesamtklasse ist wiederum die kleinste erreichte Klasse maßgeblich.

**Tabelle 10** Probekörper Rohrrahmentür; Verformung in Folge Prüfklima d

Zeitpunkt	Verformung in mm			
	Längskrümmung		Querkrümmung	
	Schlossseite	Bandseite	oben	unten
vor Prüfklima (Flügel offen)	0,3	0,3	-0,3	0,0
Vor Prüfklima (Flügel geschlossen)	0,2	0,3	-0,4	0,0
Nach Prüfklima (Flügel geschlossen)	-2,4	-1,5	-0,8	-0,5
Nach Prüfklima (Flügel offen)	-2,2	-1,6	-1,0	-0,4
Differenz (Absolut)	2,5	1,9	0,7	0,4
Endgültige Verformung (Absolut)	2,2	1,6	1,0	0,4

Tabelle 11 Probekörper Rohrrahmentür; Verformung in Folge Prüfklima e

Zeitpunkt	Verformung in mm			
	Längskrümmung		Querkrümmung	
	Schlossseite	Bandseite	Oben	Unten
vor Prüfklima (Flügel offen)	0,3	0,5	-0,2	0,0
Vor Prüfklima (Flügel geschlossen)	0,1	0,4	-0,2	0,0
Nach Prüfklima (Flügel geschlossen)	1,3	1,6	0,5	0,3
Nach Prüfklima (Flügel offen)	1,6	1,7	0,6	0,2
Differenz (Absolut)	1,3	1,2	0,8	0,2
Endgültige Verformung (Absolut)	1,6	1,7	0,6	0,2

Auf Grundlage der ermittelten Verformungen ergeben sich für die untersuchte Rohrrahmentüre die Klasse 2(d) sowie Klasse 3(e) entsprechend EN 12219. Die Anforderungen der MVV-TB Ausgabe 2020/1 an die Mindestklassen 2(d) und 2(e) werden erfüllt.

5.2.3.2 Luftdurchlässigkeit / Leckage unter Verformung

Die Verformungen, die der Probekörper unter dem Prüfklima d sowie unter dem Prüfklima e erfahren hat, wurden für die Ermittlung der Luftdurchlässigkeit unter Verformung, entsprechend EN 1121 durch mechanische Verformung nachgestellt. Tabelle 12 stellt die

- am nicht verformten Probekörper,
- unter der Verformung durch Klima d sowie
- unter der Verformung durch Klima e

ermittelte Leckage/Luftdurchlässigkeit bei Druckdifferenzen (Überdruck als auch Unterdruck) von 10 Pa und 25 Pa sowie zusätzlich bei 50 Pa dar.

Tabelle 12 Ermittelte Leckage/Luftdurchlässigkeit der Rohrrahmentür

Druckdifferenz		Nicht verformter Zustand		Unter Verformung in Folge Prüfklima d		Unter Verformung in Folge Prüfklima e	
		10 Pa	25 Pa	10 Pa	25 Pa	10 Pa	25 Pa
Überdruck	Volumenstrom in m ³ /h	0,46	0,90	9,70	15,90	0,60	0,98
	Längenbezogen in m ³ /(h m)	0,09	0,17	1,88	3,09	0,12	0,19
Unterdruck	Volumenstrom in m ³ /h	0,45	0,86	12,2	18,6	0,50	0,97
	Längenbezogen in m ³ /hm	0,09	0,17	2,37	3,61	0,10	0,19

Die gemessenen Leckagen unter Verformung infolge Prüfklima d sind für Überdruck als auch für Unterdruck deutlich gegenüber dem nicht verformten Zustand erhöht. Für die gemessenen Leckagen unter Verformung infolge Prüfklima e sind sowohl für Überdruck als auch für Unterdruck geringfügig erhöhte Leckagen gegenüber dem nicht verformten Zustand ermittelt worden. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Verformung in Folge des Prüfklimas e keine signifikante Auswirkung auf die Leckagen hat. Der längenbezogenen Volumenstrom liegt für Verformung in Folge Prüfklima e unter der Anforderung für die S_a Klassifizierung von 3 m³/(h m). Die Verformung, die durch das Prüfklima d hervorgerufen wurden, hatte eine signifikante Auswirkung auf die ermittelte Leckage. Der längenbezogenen Volumenstrom liegt für Verformung in Folge Prüfklima d über der Anforderung für die S_a Klassifizierung von 3 m³/(h m).



6 Vergleichende Untersuchungen zum Feuerwiderstand

6.1 Klimatische Belastungen

Vor der Prüfung auf Feuerwiderstand wurde jeweils einer der beiden Probekörper klimatischen Belastungen entsprechend Kapitel 3.2.3 ausgesetzt.

1. Schlagregenbelastung in Anlehnung an EN 1027
2 malige Beregnung des FSA von der Außenseite mit einer Sprühmenge von 2 l/(m² min) bis zu einem maximalen Prüfdruck von 250 Pa. Die Gesamtberegnungszeit beträgt 80 Minuten
2. Klimawechselbelastung in Anlehnung an EN 1279-2
Einwöchige Klimawechselbelastung besteht aus 14 je 12-stündigen Temperaturzyklen zwischen –18 °C und +53 °C mit Änderungen von 14 °C/h.
3. Schlagregenbelastung in Anlehnung an EN 1027
2 malige Beregnung des FSA von der Außenseite mit einer Sprühmenge von 2 l/(m² min) bis zu einem maximalen Prüfdruck von 250 Pa. Die Gesamtberegnungszeit beträgt 80 Minuten
4. Differenzklima
2 Zyklen Temperaturwechselbelastung in Anlehnung an ift Richtlinie M0-02/1
5. Schlagregenbelastung in Anlehnung an EN 1027
2 malige Beregnung des FSA von der Außenseite mit einer Sprühmenge von 2 l/(m² min) bis zu einem maximalen Prüfdruck von 250 Pa. Die Gesamtberegnungszeit beträgt 80 Minuten
6. Differenzklima
2 Zyklen Temperaturwechselbelastung in Anlehnung an ift Richtlinie M0-02/1

Der schematische Ablauf ist in Abbildung 8 dargestellt.

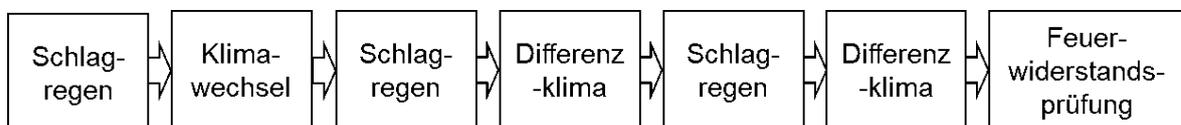


Abbildung 8 Schematischer Ablauf der Klimabelastung vor der Feuerwiderstandsprüfung

Die gesamte klimatische Belastung nahm einen Zeitraum von jeweils 14 Tagen in Anspruch. Die Durchführung der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung fand für die Holztür sowie die Rohrrahmentür ca. 5 Tage nach Beendigung der letzten Differenzklimabelastung statt. Aufgrund der notwendigen Trocknungsdauer für den Verfüllmörtel der Gegenzarge der Stahlblechtür fand hier die vergleichende Feuerwiderstandsprüfung 10 Tage nach der letzten Differenzklimabelastung statt.

6.2 Montage der Probekörper

Für die Prüfung des Feuerwiderstandes EN 1634-1:2014-01 wurden der klimatisch unbelastete sowie der klimatisch belastete Probekörper gemeinsam in eine Wand aus Porenbeton montiert. Eine gegenseitige Beeinflussung im Sinne der EN 1634-1 bestand nicht. Zwischen beiden Türen befand sich ein Pfeiler aus Porenbeton mit der jeweiligen Wanddicke. Der Abstand zwischen den beiden Türen betrug jeweils mehr als 1000 mm. Für die Holztür betrug die Dicke der Porenbetonwand 150 mm, für die Rohrrahmentür 175 mm und für die Stahlblechtür b 200 mm. Die zugehörigen Daten sind in Tabelle 13 nochmals zusammengefasst.

Tabelle 13 Untersuchte Türen sowie zugehörige Dicke der Tragkonstruktion (Porenbeton)

Typ	Feuerwiderstandsdauer	Abmessung in mm	Dicke der Wand aus Porenbeton in mm
Holztür	30 Minuten	1422 x 2388	150
Stahlblechtür	90 Minuten	1192 x 2158	200
Rohrrahmentür	30 Minuten	1200 x 2200	175

Die Montage der Probekörper erfolgte durch Mitarbeiter des jeweiligen Herstellers der Feuerschutzabschlüsse.

6.3 Durchführung der vergleichenden Prüfung zum Feuerwiderstand

Die vergleichenden Prüfungen zum Feuerwiderstand wurden entsprechend nachfolgend genannten Regelwerken durchgeführt

EN 1363-1:2020	Feuerwiderstandsprüfungen Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 1363-2:1999	Feuerwiderstandsprüfungen Teil 2: Alternative und ergänzende Verfahren
EN 1634-1:2014+A1:2018	Feuerwiderstandsprüfungen und Rauchschutzprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse, Fenster und Baubeschläge Teil 1: Feuerwiderstandsprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse und Fenster
EN 13501-2:2016	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen (mit Ausnahme von Produkten für Lüftungsanlagen)
EN 16034:2014	Türen, Tore und Fenster – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Feuer- und / oder Rauchschutzeigenschaften



Zwischen Erstellung der Tragkonstruktion (Wand), Einbau der Probekörper und Zeitpunkt der Brandprüfung lag ein ausreichender Zeitraum für die Konditionierung der Tragkonstruktion unter dem in der Prüfhalle herrschenden Raumklima, das den Normanforderungen der EN 1363-1 entspricht.

Vor der Brandprüfung wurden 25 Öffnungszyklen durchgeführt. Das Öffnen erfolgte dabei manuell, das Schließen über das Schließmittel des Probekörpers.

Die Temperatur auf der feuerzugewandten Seite wurde durch 10 Heizölbrenner unter Verwendung von Heizöl EL nach DIN 51603 entsprechend der Einheits-Temperaturzeitkurve nach EN 1363-1 erhöht. Der Mittelwert des Temperaturverlaufes auf der feuerzugewandten Seite, gemessen an den zugehörigen Messstellen gemäß EN 1363-1, Abschnitt 9.1.1, entsprach den normativen Anforderungen. Die Druckverhältnisse auf der feuerzugewandten Seite wurden während der Prüfung entsprechend EN 1363-1, Abschnitt 5.2.2, eingestellt und überwacht.

Folgende Messwerte wurden während der Versuchsdurchführung kontinuierlich erfasst und aufgezeichnet:

- Temperatur auf der feuerzugewandten Seite
- Druckdifferenz auf der feuerzugewandten Seite
- Oberflächentemperaturen auf der dem Feuer abgewandten Seite des Probekörpers entsprechend der Messstellenanordnung gemäß EN 1634-1
- Umgebungstemperatur in der Prüfhalle
- Verformungen des Probekörpers auf der dem Feuer abgewandten Seite

Es wurden weiterhin Veränderungen des Probekörpers auf der dem Feuer zugewandten und abgewandten Seite beobachtet und protokolliert.

6.4 Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung

6.4.1 Holztür mit Verglasung

6.4.1.1 Ofenparameter

Nachfolgend sind die wesentlichen Ofenparameter während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung dargestellt. In Abbildung 9 und Abbildung 10 kann der zeitliche Verlauf der Ofentemperatur sowie die zeitliche Abweichung von der ETK entnommen werden. Aus Abbildung 11 können die in unterschiedlichen Höhen gemessenen Ofendrucke entnommen werden.

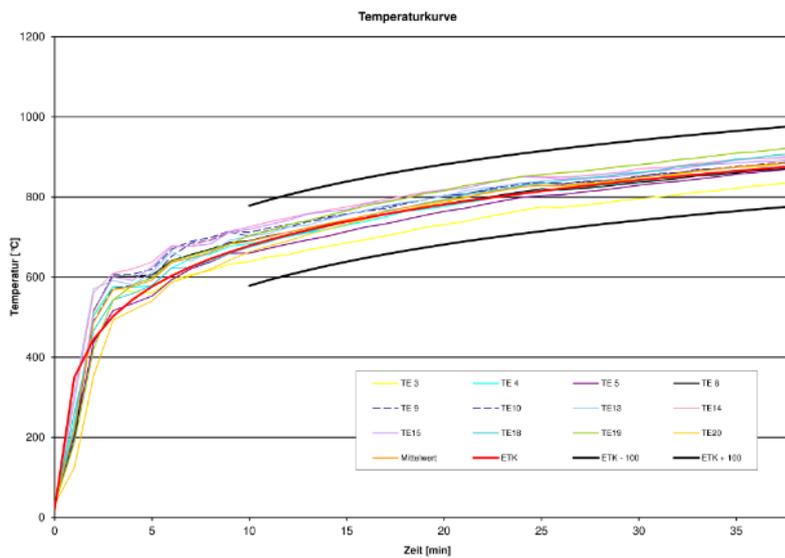


Abbildung 9 Temperaturen im Ofen

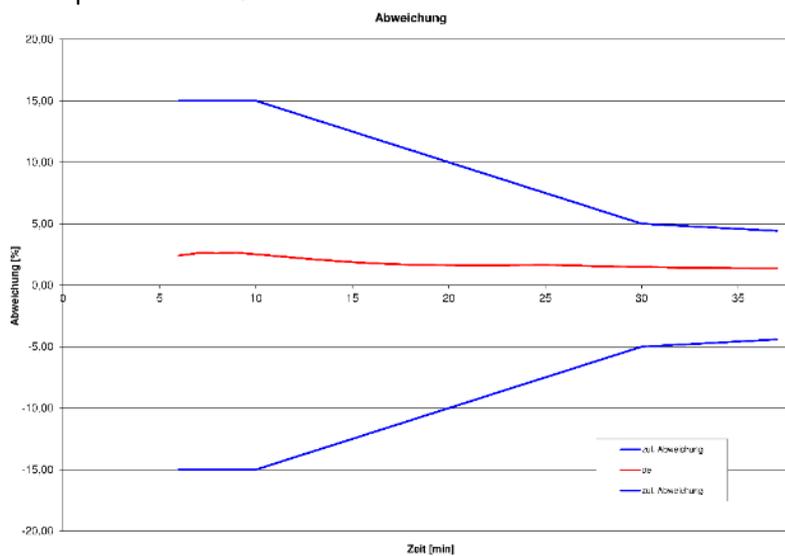


Abbildung 10 Abweichungen der tatsächlichen mittleren Temperaturzeitkurve von der Einheits-Temperaturzeitkurve nach EN 1363-1, 5.1.2

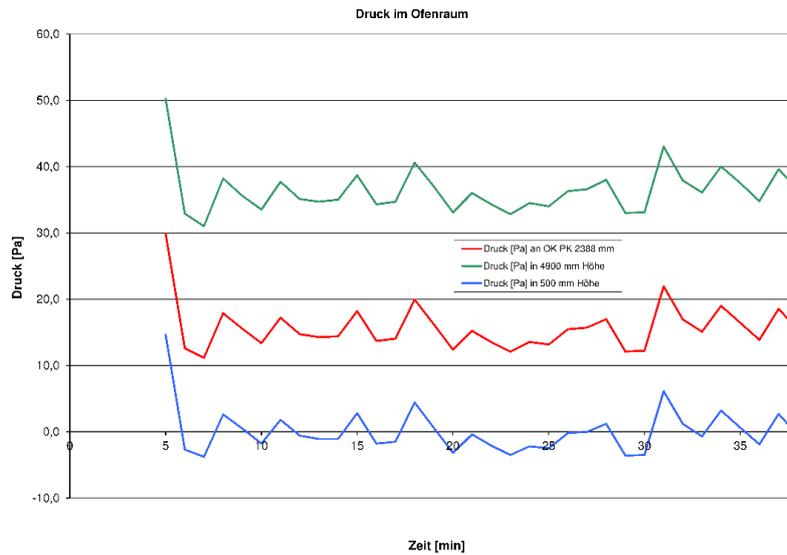


Abbildung 11 zeitlicher Verlauf des Drucks im Ofenraum für drei unterschiedliche Höhen

6.4.1.2 Lage der Messstellen

Nachfolgend sind die Lagen der Temperaturmessstellen (Abbildung 12) sowie die Lage der Stellen zur Messung der Verformung (Abbildung 13) dargestellt.

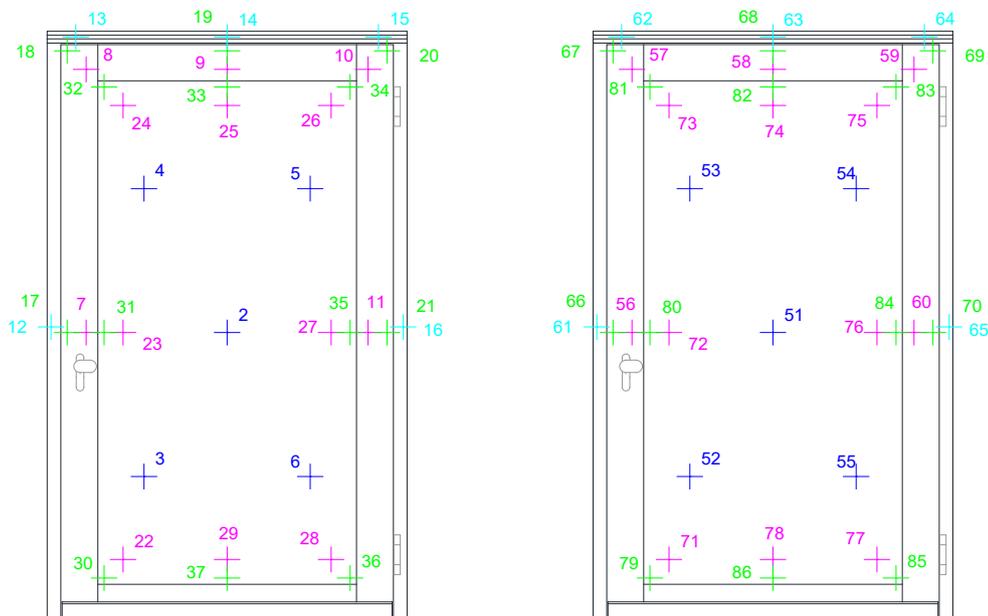


Abbildung 12 Plan der Lage der Temperaturmessstellen; links: PK1, Holztür mit Verglasung; unbelastet; rechts: PK2, Holztür mit Verglasung; klimatisch belastet

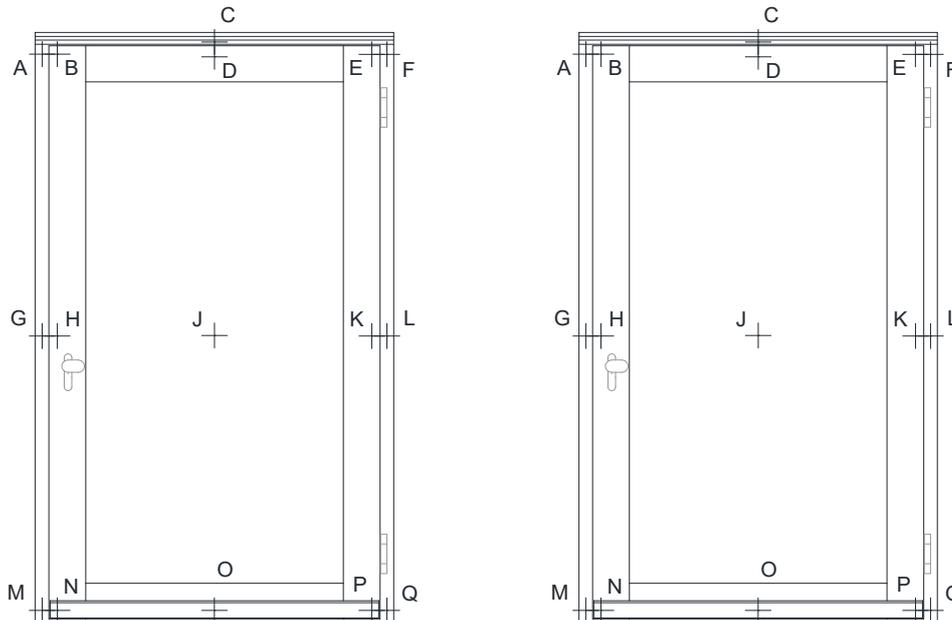


Abbildung 13 Plan der Lage der Stellen zur Messung der Verformung

6.4.1.3 Prüfergebnisse und Beobachtungen

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandprüfung sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper dargestellt.

Tabelle 14 Holztür mit Glasfüllung – Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung

Normbezug nach	Leistungskriterien	Versagenskriterium	Prüfergebnisse	
			PK1 unbelastet	PK2 belastet
EN 1634-1 11.1	"E" Wahrung des Raumabschlusses	Entzünden des Wattebausches	kein Entzünden des Wattebausches bis zum Prüfeinde in der 39. Minute	
		Durchdringen des Probekörpers mit der 6 mm-Spaltlehre	Spaltlehre konnte nicht in einem Spalt ≥ 150 mm bewegt werden bis zum Prüfeinde in der 39. Minute	
		Durchdringen des Probekörpers mit der 25 mm-Spaltlehre	Spaltlehre konnte nicht den Probekörper durchdringen bis zum Prüfeinde in der 39. Minute	
		Flammen auf der, dem Feuer abgewandten Seite	Flammen > 10 s auf der abgewandten Seite traten nicht auf bis zum Prüfeinde in der 39. Minute	
EN 1634-1 11.2.2 und 11.2.3	"I" Mittlerer Temperaturanstieg	Überschreitung der zulässigen mittleren Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der dem Feuer abgewandten Probekörperoberfläche [K]: max. zul. Mittelwert = 140 K	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der 39. Minute	
			max. ΔT – mittel [K]	70

Normbezug nach	Leistungskriterien	Versagenskriterium	Prüfergebnisse		
				PK1 unbelastet	PK2 belastet
EN 1634-1 11.2.2 und 11.2.5	"I ₁ " Maximaler Temperaturanstieg mit Ergänzungsverfahren	Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der gesamten dem Feuer abgewandten Probekörperoberfläche [K]: (Ergänzungsverfahren) max. zul. Einzelwert = 180 K	keine Überschreitung bis zum Prüfen in der	39. Minute	
			an Messstelle	33	81
			max. ΔT in K	82	96
EN 1634-1 11.2.2 und 11.2.4	"I ₂ " Maximaler Temperaturanstieg	Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der dem Feuer abgewandten Türblattoberfläche (ohne Berücksichtigung des 100 mm Randbereiches des Türblattes) [K]: Türblatt: max. zul. Einzelwert = 180 K	keine Überschreitung bis zum Prüfen in der	39. Minute	
			an Messstelle	23	74
			max. ΔT in K	75	76
		Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der dem Feuer abgewandten Zargen- / Blendrahmenoberfläche [K]: Flügelangrenzend: max. zul. Einzelwert = 360 K sonst: max. zul. Einzelwert = 180 K	keine Überschreitung bis zum Prüfen in der	39. Minute	
			an Zargen-Messstelle	16	62
max. ΔT in K	15	18			
EN 1634-1 11.3	"W" Strahlung	Bei Oberflächentemperaturen > 300°C ¹ Überschreitung der zulässigen maximalen Strahlung auf der dem Feuer abgewandten Probekörperoberfläche [kW/m ²] max. zul. Einzelwert = 15 kW/m²	keine Überschreitung bis zum Prüfen in der	-	
			an Messstelle	-	
			Einzelwert in kW/m ²	-	
EN 1363-1 5.6	Umgebungstemperatur	Prüfbeginn: zul. Temperatur 10°C - 40°C	T in °C	21,5	
		Während der Prüfung: zul. ΔT (-10 / +20) K	ΔT in K	-0 / + 2,5	
EN 1363-1 5.2.	Ofendruck	Druck auf der feuerzugewandten Seite an der Oberkante des Probekörpers	p in Pa	15,2 ± 2,5	
EN 16034 Anhang A.2.3	Selbstschließung	Funktionsprüfung	Zyklen	25	

¹ Wurde nicht ermittelt, da gemäß EN 1363-2 mit einer Oberflächentemperatur unter 300°C gerechnet wurde

Die Tabelle 15 gibt die während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung aufgezeichneten Beobachtungen sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper dargestellt in Abhängigkeit der Prüfzeit wieder.

Tabelle 15 Holztür mit Glasfüllung –Beobachtungen während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung

Prüfminute	Probekörperseite ¹	Beobachtungen	
		PK1 unbelastet	PK2 belastet
2	A	Erste Scheibe auf der Belastungsseite bricht	Geringer Rauchaustritt aus dem oberen Türspalt, schlossseitig
		Brandschutzschicht beginnt zu reagieren	
3	A	-	Erste Scheibe auf der Belastungsseite bricht
			Brandschutzschicht beginnt zu reagieren

Prüf- minute	Probe- körper- seite ¹	Beobachtungen	
		PK1 unbelastet	PK2 belastet
6	A	-	Geringer Rauchaustritt aus dem Bodenspalt in der bandseitigen Ecke
7	A	Geringer Rauchaustritt aus der Mitte des Bodenspalt	Bodendichtung schließt den Bodenspalt nicht vollständig. 1-2 mm Spalt über eine Länge von 150 mm ab der bandseitigen Ecke
9	A	-	Geringer Rauchaustritt aus dem bandseitigem Türspalt im Bereich um das obere Band
10	A	Brandschutzschicht im Glasaufbau reagiert vollflächig	Brandschutzschicht im Glasaufbau reagiert vollflächig
11	A	-	Geringer Rauchaustritt aus dem schlossseitigem Türspalt in der oberen Ecke
12	A	Geringer Rauchaustritt aus dem Bodenspalt in der schlossseitigen Ecke	-
15	A	Geringer Rauchaustritt aus dem Profilzylinder	Geringer Rauchaustritt aus dem Profilzylinder
16	A	-	Geringer Rauchaustritt aus dem Bodenspalt in der schlossseitigen Ecke
18	A	Geringer Rauchaustritt aus dem bandseitigem Türspalt im Bereich um das obere Band	-
19	A	Geringer Rauchaustritt aus dem schlossseitigem Türspalt in der oberen Ecke	-
21	A	-	Kein Spalt an der Bodendichtung mehr erkennbar
24	A	Mäßiger Rauchaustritt aus dem Bodenspalt in der schlossseitigen Ecke	Starker Rauchaustritt mit brauner Verfärbung aus dem schlossseitigen Türspalt an der oberen Ecke
26	A	-	Starker Rauchaustritt aus dem oberen Türspalt von der schlossseitigen Ecke bis halbe Breite des Türblattes
28	A	-	Starker Rauchaustritt aus dem bandseitigem Türspalt im Bereich um das untere Band
31	A	Raumabschluss intakt	
32	A	-	Schwarze Verfärbung auf der Zarge am schlossseitigen Türspalt der oberen Ecke bis zur halben Breite des Türblattes
36	A	Mäßiger Rauchaustritt aus dem oberen Türspalt von der schlossseitigen Ecke bis zur mittleren Breite	-
37	A	-	Flammenaustritt < 2 Sekunden, aus dem Bodenspalt in mittlerer Breite
38	A	-	Wiederholter Flammenaustritt < 2 Sekunden, aus dem Bodenspalt in mittlerer Breite
Beendigung der Prüfung in der 39. Minute			
¹ A = feuerabgewandte Seite, Z = feuerzugewandte Seite			

Abbildung 14, Abbildung 15, Abbildung 16 sowie Abbildung 17 stellen die ermittelten Temperaturerhöhungen am Prüfende in der 39. Minute für die unbelastete (PK1) sowie klimatisch belastete (PK2) Holztür mit Verglasung dar. Dargestellt sind die Einzelwerte der jeweiligen Messstellen der Temperaturerhöhungen gemäß den Anforderungen der EN 1634-1.

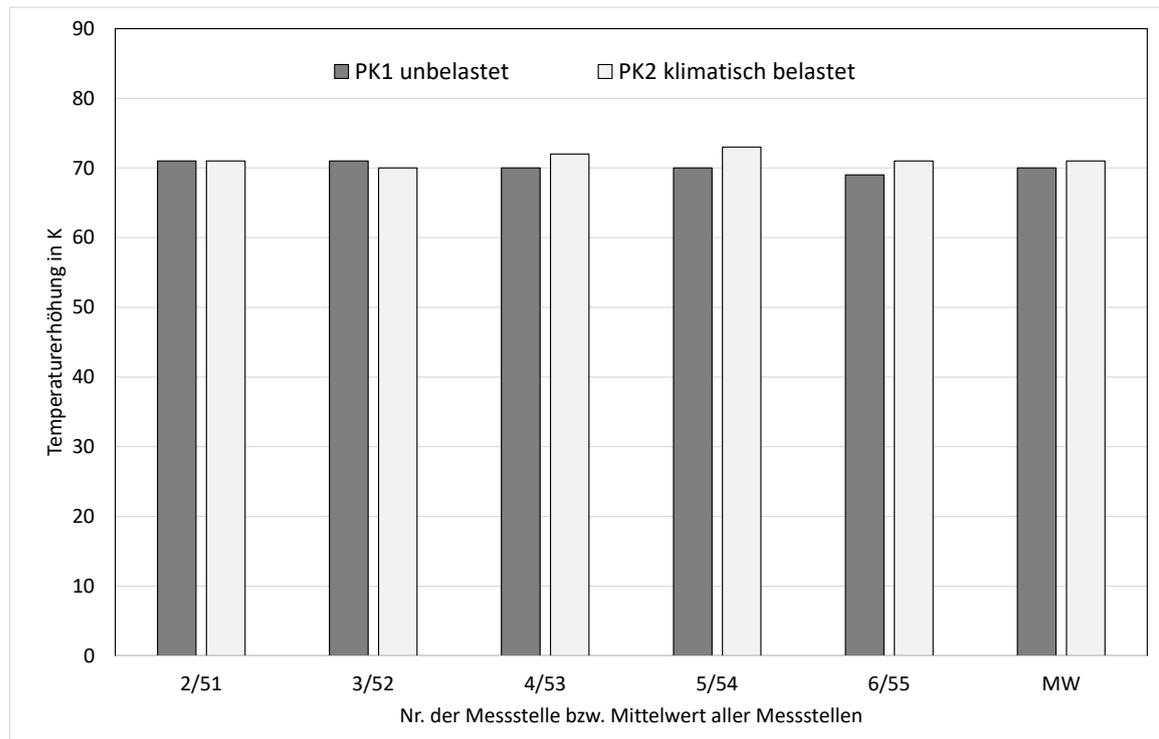


Abbildung 14 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf die Mittelwerte gemäß EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.2

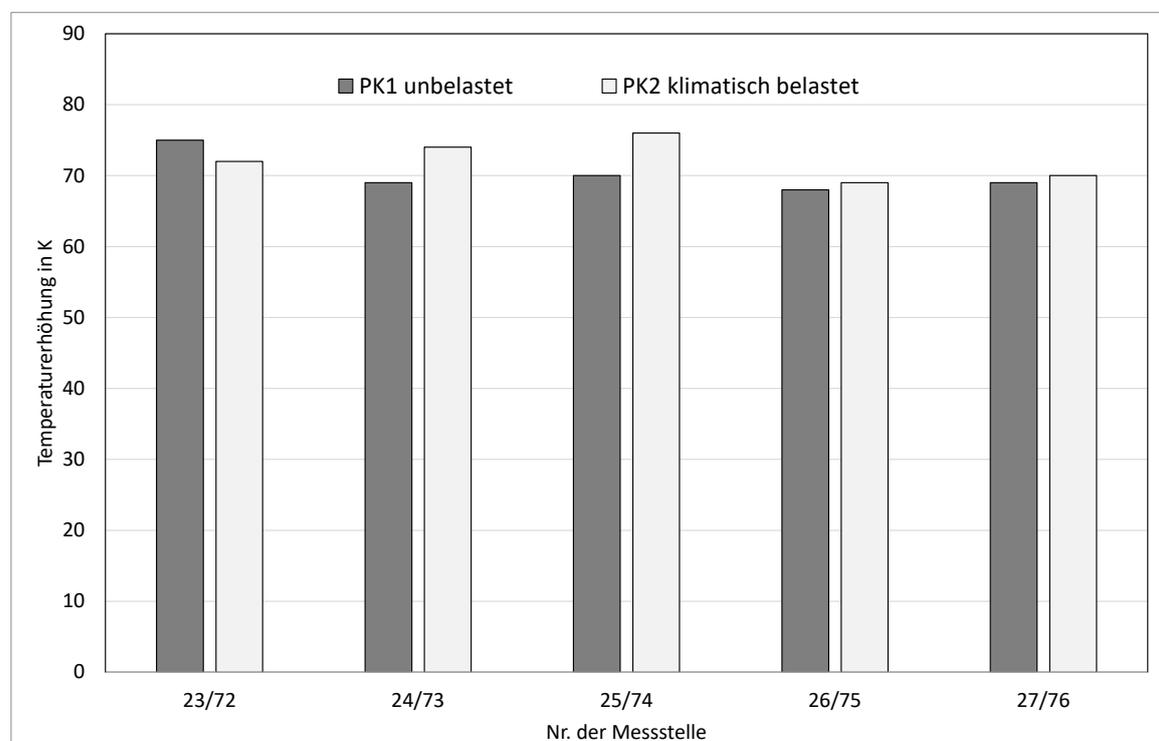


Abbildung 15 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf den Maximalwert nach EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.3.4 (Türflügel Teilfläche)

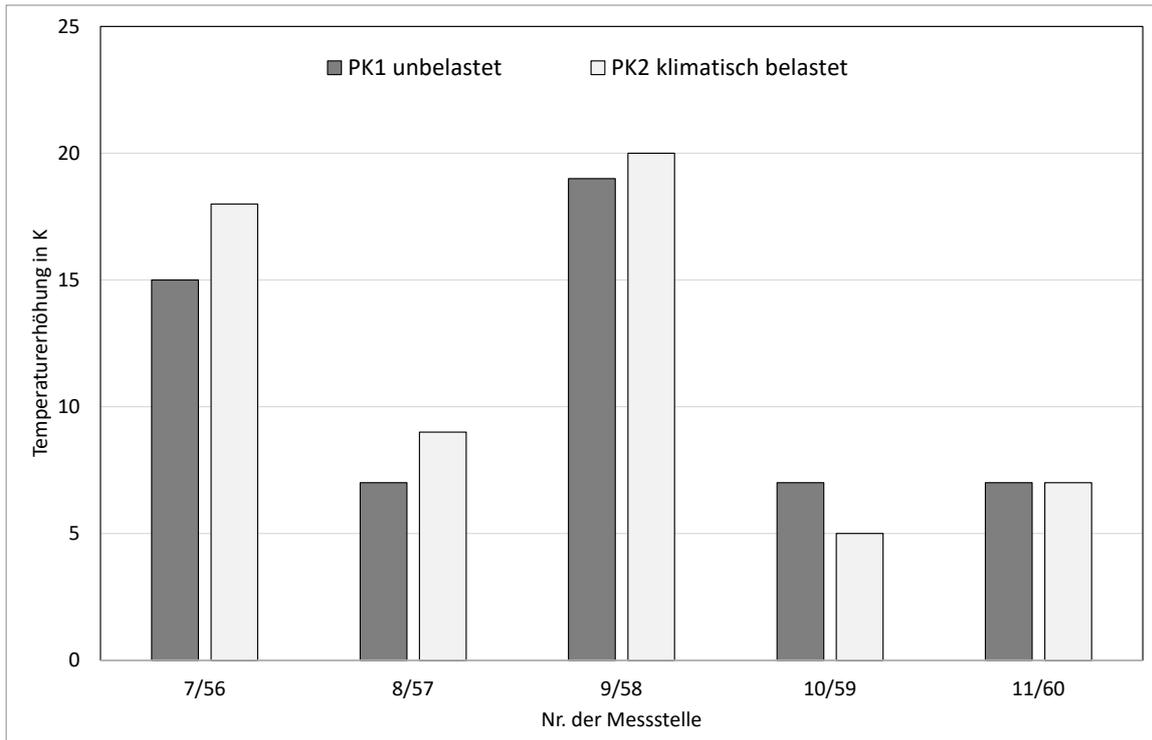


Abbildung 16 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf den Maximalwert nach EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.3.3 (Türflügel)

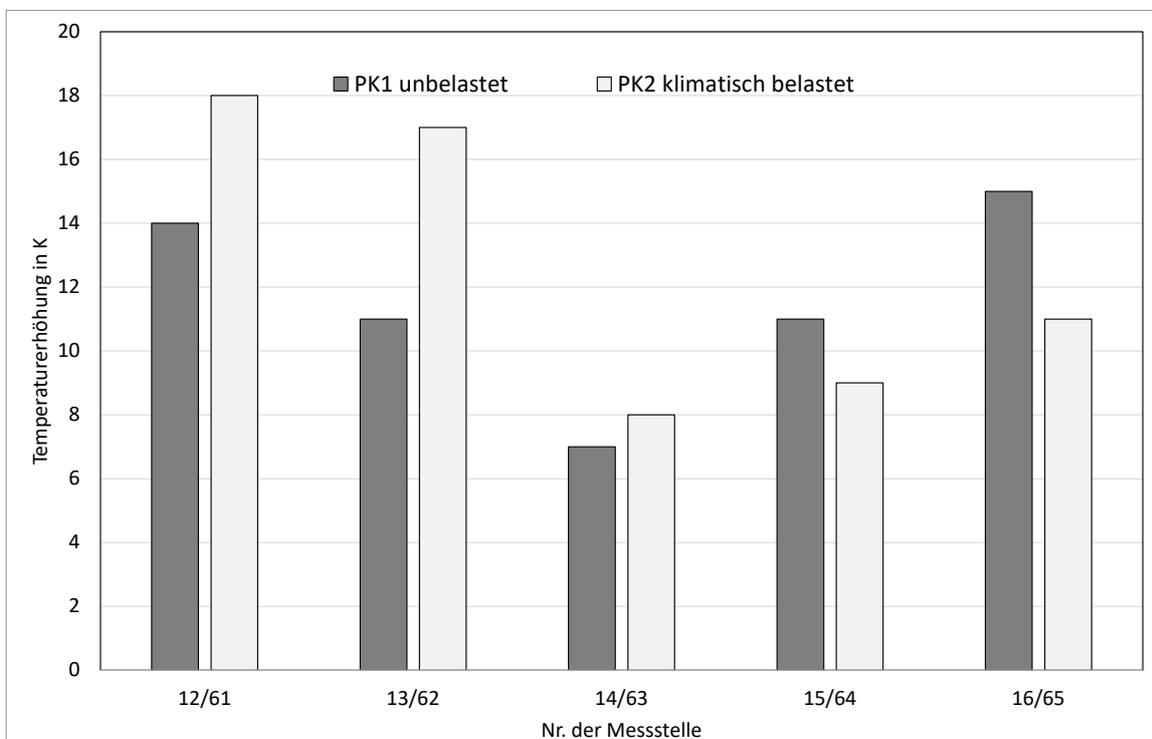


Abbildung 17 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf den Maximalwert nach EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.3.2 (Zarge)



Die während der vergleichenden Feuerwiderstandprüfung gemessenen Verformungen können sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper in Abhängigkeit der Prüfzeit sowie der Lage der Messstelle der Tabelle 16 entnommen werden. Die Lage der Messstellen kann Abbildung 13 entnommen werden.

Tabelle 16 Abstände der Oberfläche vom Fixpunkt in mm am Prüfelement an den Messstellen (MS) Negative Werte bedeuten eine Verformung zur feuerzugewandten Seite. Fehlende Messwerte wurden nicht erfasst.
PK1: Holztür mit Verglasung; unbelastet
PK2: Holztür mit Verglasung; klimatisch belastet

MS min	A		B		C		D		E		F		G		H	
	PK1	PK2														
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-1	-1	-1	0	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
10	-4	-5	-4	-3	-5	-5	-5	-4	-5	-3	-5	-2	-3	-3	-3	-3
15	-7	-10	-7	-8	-10	-8	-9	-7	-10	-5	-10	-5	-5	-5	-5	-5
20	-10	-16	-10	-14	-14	-13	-13	-12	-16	-8		-7	-7	-9	-7	-9
25	-12	-20	-13	-18	-17	-16	-17	-15	-20	-10		-9	-8	-12	-8	-11
30	-14	-25	-15	-22	-21	-21	-19	-17	-25	-12	-28	-11	-9	-15	-9	-14
35	-16	-29	-15	-24	-24	-23	-20	-19	-28	-13	-27		-10	-17	-10	-15
38	-16	-30	-16	-25	-25	-25	-21	-19	-29	-14	-31	-13	-11	-18	-10	-16

MS min	J		K		L		M		N		O		P		Q	
	PK1	PK2														
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-2	-3	-1	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	-3	-4	-4	-2	-3	-2	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	-1	0
15	-5	-4	-6	-4	-6	-3	-1	-1	1	0	0	0	-1	0	-1	-1
20	-8	-7	-10	-5	-9	-4	-1	-2	1	-1	-1	-1	-1	0	-2	-1
25	-10	-9	-12	-7	-12	-5	-2	-2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1
30	-11	-9	-15	-7	-15	-6	-2	-2	1	-1	0	-1	-1	0	-2	-1
35	-10	-8	-16	-7	-17	-8	-2	-3	0	-2	-1	0	-2	-1	-3	-2
38	-10	-8	-17	-8	-18	-8	-2	-3	0	-1	-1	0	-2	-1	-3	-2

Die aus den Verformungen ermittelte effektive Falztiefe nach EN 15269-3 kann Tabelle 17 sowohl für die unbelastete (PK1) als auch klimatisch belastete (PK2) Holztür mit Verglasung entnommen werden.

Tabelle 17 Effektive Falztiefe nach EN 15269-3:2012
 PK1: Holztür mit Verglasung; unbelastet
 PK2: Holztür mit Verglasung; klimatisch belastet

bis einschl. Prüfminute	effektive Falztiefe in mm		maximale ermittelte Relativverformung in mm		maximale ermittelte Relativverformung in %		Maß der Verformung	
	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2
38	45,5	45,5	4	5	≤ 40	≤ 40	geringe Verformung	geringe Verformung

Vergleicht man die oben aufgelisteten detaillierten Ergebnisse sowie die Zusammenfassung der Ergebnisse in Tabelle 14, so stellt man fest, dass beide Probekörper PK1 (unbelastet) und PK2 (klimatisch vorbelastet) das gleiche Prüfergebnis, nämlich EI₂₃₀ erreicht haben. Auch das Ergebnis der ermittelten Relativverformung lässt keinen signifikanten Unterschied erkennen. Tabelle 18 stellt sowohl die erreichten Prüfergebnisse der unbelasteten als auch der klimatisch belasteten Holztür mit Verglasung den Normkriterien gegenüber.

Tabelle 18 Gegenüberstellung der erreichten Prüfergebnisse mit den Normkriterien
 PK1: Holztür mit Verglasung; unbelastet
 PK2: Holztür mit Verglasung; klimatisch belastet

Kriterium	Erreichte Prüfergebnisse	
	PK1 - unbelastet	PK2 – klimatisch belastet
E - Flamme > 10 s	38 Minuten	38 Minuten
E - Spaltlehre	38 Minuten	38 Minuten
E - Wattebausch	38 Minuten	38 Minuten
I - Wärmedämmung Mittelwert	38 Minuten	38 Minuten
I₁ - Wärmedämmung	38 Minuten	38 Minuten
I₂ - Wärmedämmung	38 Minuten	38 Minuten
W - Strahlung	-	-
Beendigung der Prüfung	in der 39. Minute	

Anhand der vorliegenden Prüfergebnisse kann abgeleitet werden, dass die klimatische Vorbelastung des Probekörpers PK2 keine negativen Auswirkungen auf dessen Feuerwiderstandsfähigkeit hatte.



6.4.2 Stahlblechtür

6.4.2.1 Ofenparameter

Nachfolgend sind die wesentlichen Ofenparameter während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung dargestellt. In Abbildung 18 und Abbildung 19 kann der zeitliche Verlauf der Ofentemperatur sowie die zeitliche Abweichung von der ETK entnommen werden. Aus Abbildung 20 können die in unterschiedlichen Höhen gemessenen Ofendrucke entnommen werden.

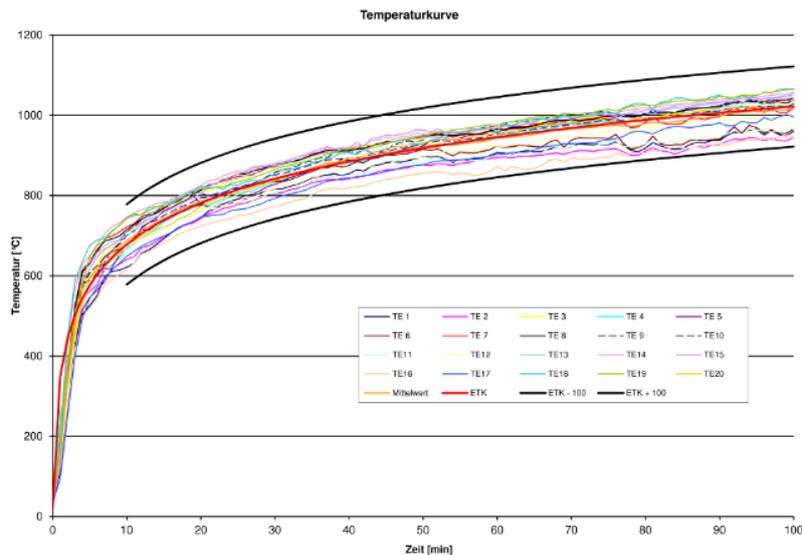


Abbildung 18 Temperatur im Ofen

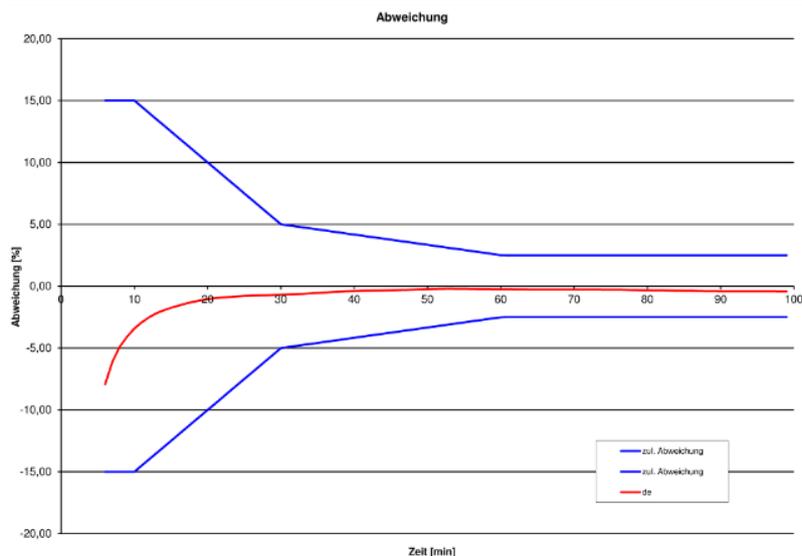


Abbildung 19 Abweichungen der tatsächlichen mittleren Temperaturzeitkurve von der Einheits-Temperaturzeitkurve nach EN 1363-1, 5.1.2

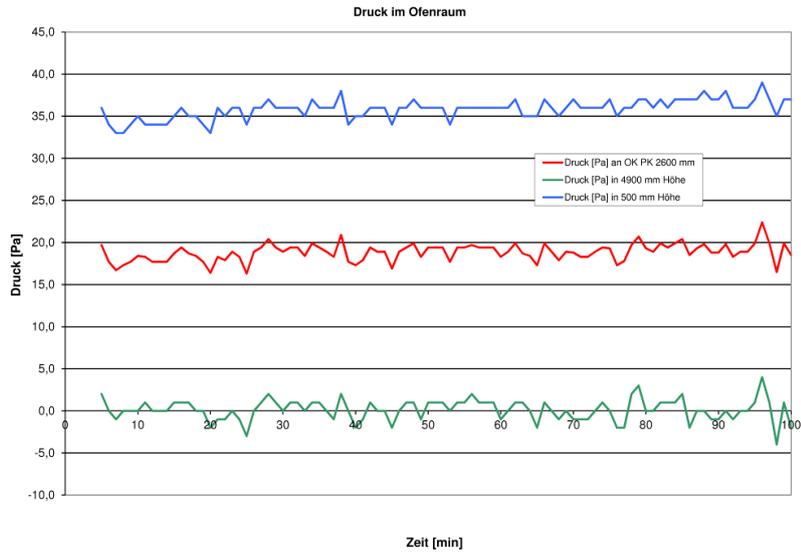


Abbildung 20 zeitlicher Verlauf des Drucks im Ofenraums für drei unterschiedliche Höhen

6.4.2.2 Lage der Messstellen

Nachfolgend sind die Lagen der Temperaturmessstellen (Abbildung 21) sowie die Lage der Stellen zur Messung der Verformung (Abbildung 22) dargestellt.

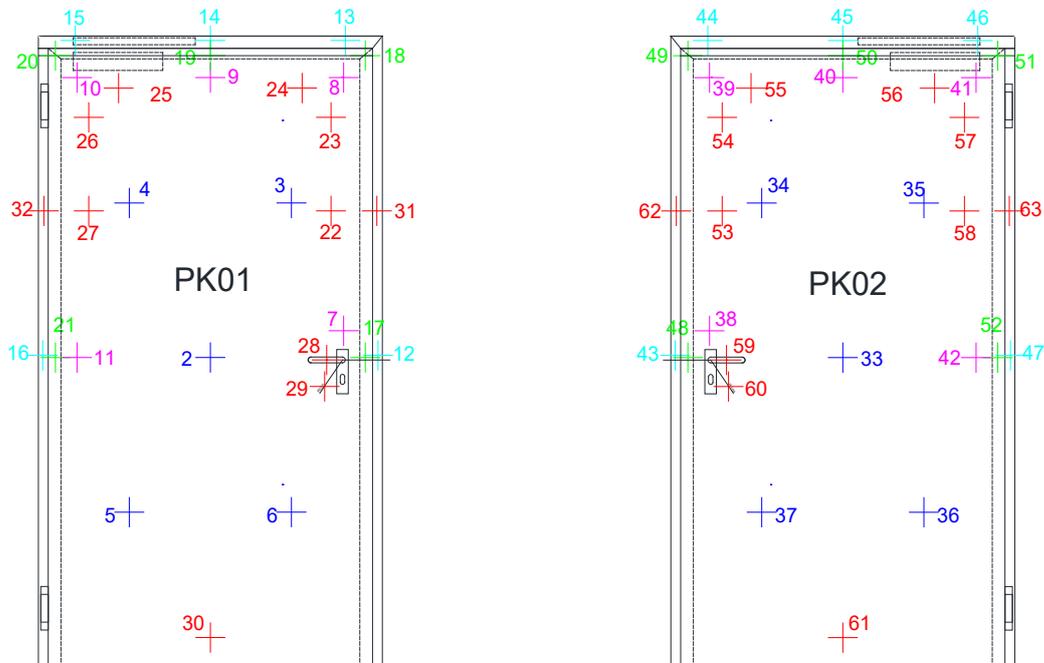


Abbildung 21 Plan der Lage der Temperaturmessstellen; links: PK1, Stahlblechtür; unbelastet; rechts: PK2, Stahlblechtür; klimatisch belastet

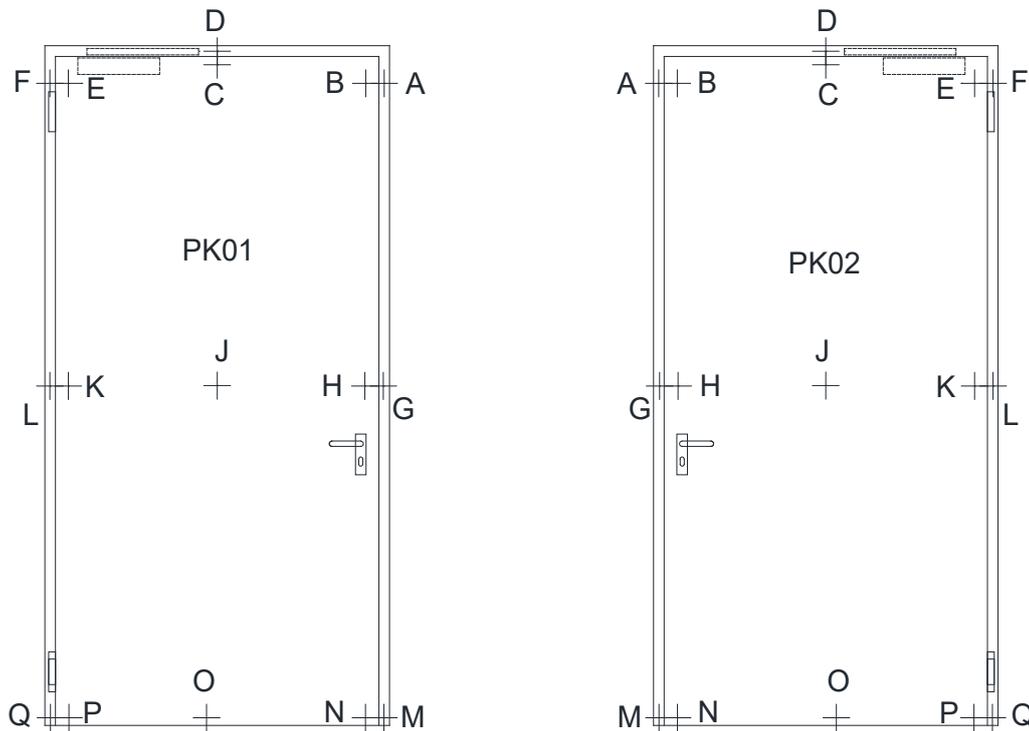


Abbildung 22 Plan der Lage der Stellen zur Messung der Verformung

6.4.2.3 Prüfergebnisse und Beobachtungen

In Tabelle 19 sind die Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper dargestellt.

Tabelle 19 Stahlblechtür – Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung

Norm- bezug nach	Leistungs- kriterien	Versagenskriterium	Prüfergebnisse	
			PK1 unbe- lastet	PK2 belas- tet
EN 1634- 1 11.1	"E" Wahrung des Raumab- schlusses	Entzünden des Wattebausches	kein Entzünden des Wattebausches bis zum Prüfeinde in der	101. Minute
		Durchdringen des Probekörpers mit der 6 mm- Spaltlehre	Spaltlehre konnte nicht in einem Spalt ≥150 mm bewegt wer- den bis zum Prüfeinde in der	101. Minute
		Durchdringen des Probekörpers mit der 25 mm-Spaltlehre	Spaltlehre konnte nicht den Probekör- per durchdringen bis zum Prüfeinde in der	101. Minute
		Flammen auf der, dem Feuer abgewandten Seite	Flammen > 10 s auf der abgewandten Seite traten nicht auf bis zum Prüfeinde in der	101. Minute

Normbezug nach	Leistungskriterien	Versagenskriterium	Prüfergebnisse		
				PK1 unbelastet	PK2 belastet
EN 1634-1 11.2.2 und 11.2.3	"I" Mittlerer Temperaturanstieg	Überschreitung der zulässigen mittleren Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der dem Feuer abgewandten Probekörperoberfläche [K]: max. zul. Mittelwert = 140 K	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der	101. Minute	
			max. ΔT – mittel in K	101	84
EN 1634-1 11.2.2 und 11.2.5	"I ₁ " Maximaler Temperaturanstieg mit Ergänzungsverfahren	Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der gesamten dem Feuer abgewandten Probekörperoberfläche [K]: (Ergänzungsverfahren) max. zul. Einzelwert = 180 K	Überschreitung in der	64. Minute	49. Minute
			an Messstelle	17	53
			ΔT in K	181	181
EN 1634-1 11.2.2 und 11.2.4	"I ₂ " Maximaler Temperaturanstieg	Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der dem Feuer abgewandten Türblattoberfläche (ohne Berücksichtigung des 100 mm Randbereiches des Türblattes) in K: Türblatt: max. zul. Einzelwert = 180 K	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde bzw. Überschreitung in der	101. Minute	99. Minute
			an Messstelle	7,8	38
			max. ΔT in K	144	182
		Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstemperatur auf der dem Feuer abgewandten Zargen- / Blendrahmenoberfläche [K]: Flügelangrenzend: max. zul. Einzelwert = 360 K sonst: max. zul. Einzelwert = 180 K	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der	101. Minute	
			an Zargen-Messstelle	12	43
max. ΔT in K	295	305			
EN 1634-1 11.3	"W" Strahlung	Bei Oberflächentemperaturen > 300°C ¹ Überschreitung der zulässigen maximalen Strahlung auf der dem Feuer abgewandten Probekörperoberfläche [kW/m ²] max. zul. Einzelwert = 15 kW/m²	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der	-	
			an Messstelle	-	
			Einzelwert in kW/m ²	-	
EN 1363-1 5.6	Umgebungstemperatur	Prüfbeginn: zul. Temperatur 10°C - 40°C	T in °C	29	
		Während der Prüfung: zul. ΔT (-10 / +20) K	ΔT in K	± 2	
EN 1363-1 5.2.	Ofendruck	Druck auf der feuerzugewandten Seite an der Oberkante des Probekörpers	p in Pa	19 ± 1	
EN 16034 Anhang A.2.3	Selbstschließung	Funktionsprüfung	Zyklen	25	

¹ Wurde nicht ermittelt, da gemäß EN 1363-2 mit einer Oberflächentemperatur unter 300°C gerechnet wurde

Tabelle 20 gibt die während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung aufgezeichneten Beobachtungen sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper dargestellt in Abhängigkeit der Prüfzeit wieder.

**Tabelle 20** Stahlblechtür – Beobachtungen während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung

Prüf- minute	Probe- körper- seite ¹	Beobachtungen	
		PK1 unbelastet	PK2 belastet
3	A	Geringer Rauchaustritt aus Türspalt schloss- seitig auf 1/2 Höhe und Ecke oben	-
4	A	Geringer Rauchaustritt aus Profilylinder	-
7	A	Geringer Rauchaustritt aus Türspalt bandseitig Ecke oben	Geringer Rauchaustritt Türspalt Ecken oben
			Geringer Rauchaustritt bandseitiger Türspalt im Bereich des unteren Bandes
			Geringer Rauchaustritt schlossseitiger Türspalt halbe Höhe
11	A	Geringer Rauchaustritt aus Türspalt oben über die ganze Breite	Geringer Rauchaustritt aus Türspalt oben ge- samte Breite
14	A	Geringer Rauchaustritt aus Türspalt schloss- seitig ab 1/2 Höhe bis Ecke oben	Geringer Rauchaustritt aus Türspalt schlosssei- tig vom Türdrücker bis Ecke oben
31	A	Raumabschluss intakt	
36	A	Schwarze Verfärbung auf der Zarge oben und schlossseitig ab 1/2 Höhe bis Ecke oben und im Bereich des oberen Bandes	Schwarze Verfärbung Zarge oben und Türspalt schlossseitig bis Ecke oben und Türspalt band- seitig im Bereich des oberen Bandes
51	A	-	Stärker werdender Riss im Mauerwerk der Trag- konstruktion (ggf. MS43 durch Heißgase beein- flusst)
61	A	Raumabschluss intakt	
64	A	-	Schwarze Verfärbung auf Türblatt im Bereich der Schlosstasche
82	A	Geringer Rauchaustritt aus dem Bodenspalt über die ganze Breite	-
91	A	Raumabschluss intakt	
92	A	Flammenaustritt < 10 Sekunden aus dem Bo- denspalt ca. 100 mm von der Bandseite aus gesehen	
Beendigung der Prüfung in der 101. Minute			
¹ A = feuerabgewandte Seite, Z = feuerzugewandte Seite			

Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25 stellen die ermittelten Temperaturerhöhungen am Prüfende in der 101. Minute für die unbelastete (PK1) sowie klimatisch belastete (PK2) Stahlblechtür dar. Dargestellt sind die Einzelwerte der jeweiligen Messstellen der Temperaturerhöhungen gemäß den Anforderungen der EN 1634-1.

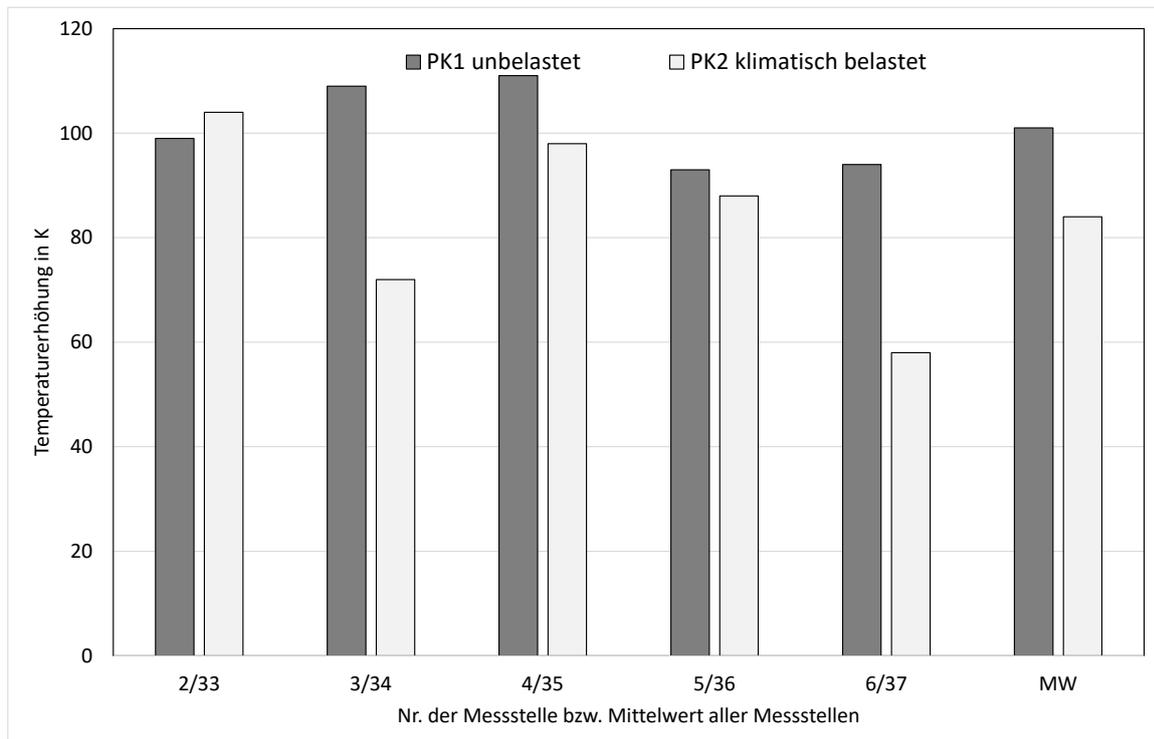


Abbildung 23 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf die Mittelwerte gemäß EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.2

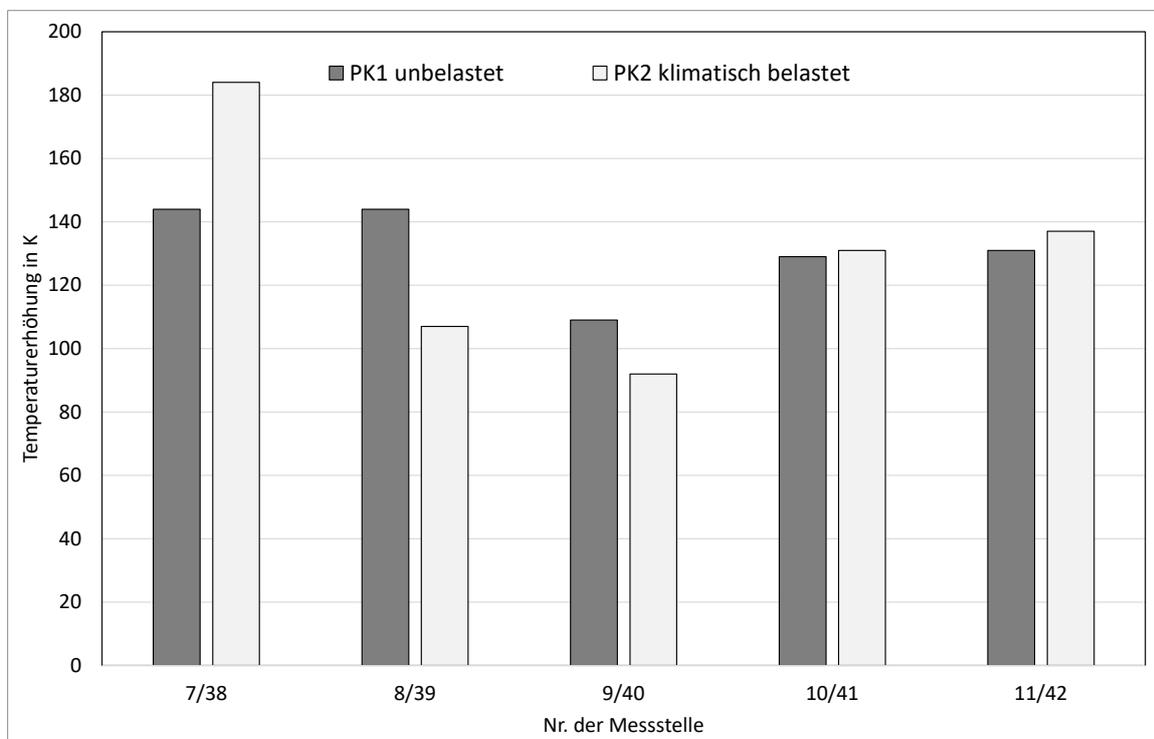


Abbildung 24 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf den Maximalwert nach EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.3.3 (Türflügel)

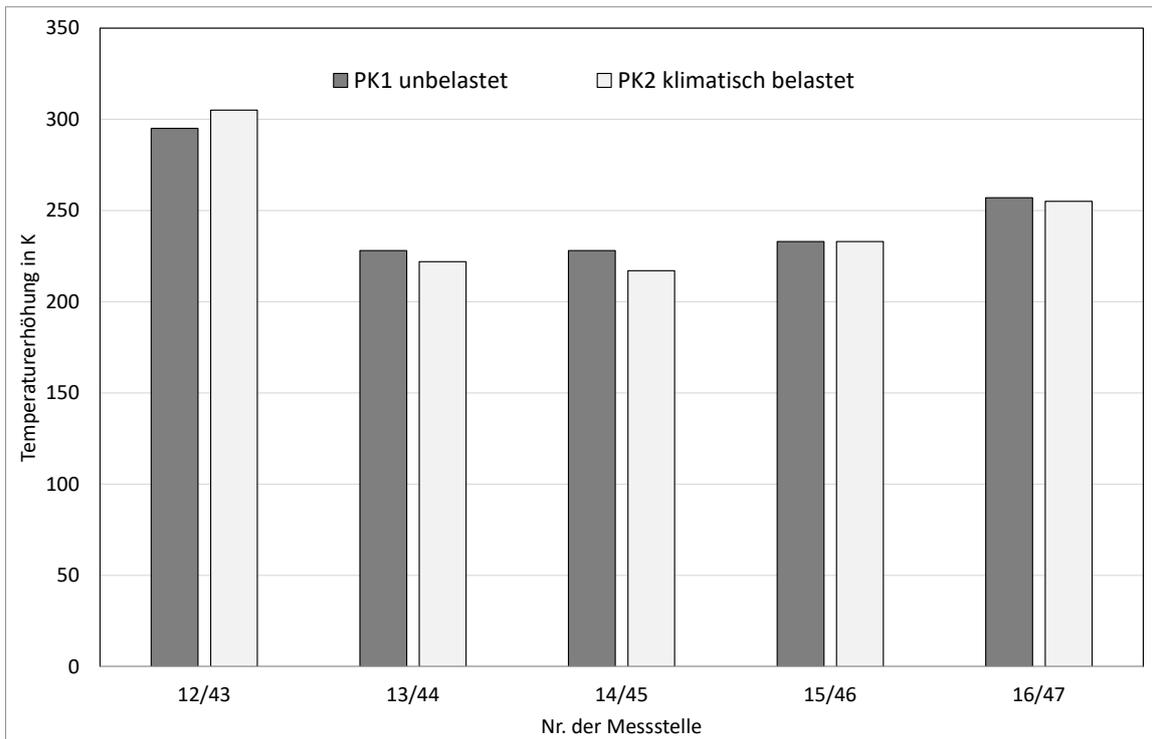


Abbildung 25 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf den Maximalwert nach EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.3.2 (Zarge)

Die während der vergleichenden Feuerwiderstandprüfung gemessenen Verformungen können sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper in Abhängigkeit der Prüfzeit sowie der Lage der Messstelle der Tabelle 21 entnommen werden. Die Lage der Messstellen kann Abbildung 30 entnommen werden.

Tabelle 21 Abstände der Oberfläche vom Fixpunkt in mm am Prüfelement an den Messstellen Negative Werte bedeuten eine Verformung zur feuerzugewandten Seite. Fehlende Messwerte wurden nicht erfasst.
PK1: Stahlblechtür; unbelastet
PK2: Stahlblechtür; klimatisch belastet

MS min	A		B		C		D		E		F	
	PK1	PK2										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-5	-6	0	-2	-3	-3	-6	-5	-2	-1	-4	-2
8	-11	-10	-3	-5	-7	-6		-8	-5	-3	-6	-4
13	-12	-12	-7	-9	-10	-9	-13	-11	-6	-4	-7	-5
18	-17	-17	-13	-15	-15	-14	-17	-15	-10	-8	-11	-8
23	-15	-16	-12	-14	-13	-13	-16	-14	-8	-7	-9	-7
28	-18	-19	-15	-17	-16	-15	-18	-16	-10	-8	-11	-9
32	-20	-20	-17	-17	-17	-16	-19	-17	-11	-9	-11	-10
48	-29	-28	-26	-24	-25	-23	-27	-24	-15	-12	-16	-14
53	-33	-31	-28	-26	-28	-25	-29	-27	-16	-13	-18	-15

MS min	A		B		C		D		E		F	
	PK1	PK2										
60	-37	-35	-32	-29	-32	-28	-33	-30	-18	-14	-20	-17
63	-42	-39	-36	-31	-36	-31	-37	-33	-20	-15	-22	-19
68	-49	-45	-42	-36	-42	-36	-42	-38	-23	-17	-25	-21
72	-56	-51	-49	-42	-48	-41	-49	-43	-27	-20	-30	-24
74	-58	-52	-51	-43	-49	-42	-50	-44	-28	-20	-31	-24
78		-58	-56	-49	-54	-47		-49	-31	-23	-34	-27
83		-66	-64	-56	-62	-54		-56	-36	-28	-40	-32
88			-72	-63	-69	-61		-63	-40	-32	-44	-36
93			-79	-69	-74	-67		-69	-45	-36	-48	-40

MS min	G		H		J		K		L	
	PK1	PK2								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-13	-13	-13	-14	-12	-9	-12	-12	-9	-8
8	-17	-17	-18	-19	-14	-11	-16	-15	-13	-12
13	-21	-22	-22	-23	-16	-13	-21	-19	-16	-15
18	-28	-29	-29	-30	-19	-17	-26	-24	-22	-20
23	-26	-27	-27	-29	-14	-13	-23	-22	-19	-19
28	-30	-30	-30	-31	-15	-13	-26	-24	-22	-20
32	-31	-31	-31	-31	-14	-12	-26	-23	-23	-21
48	-37	-34	-38	-34	-12	-10	-29	-25	-26	-22
53	-39	-35	-39	-35	-11	-8	-29	-25	-26	-23
60	-41	-37	-42	-37	-10	-9	-29	-26	-27	-24
63	-44	-39	-44	-38	-12	-10	-29	-26	-27	-24
68	-46		-47	-40	-15	-12	-29	-25	-27	-24
72	-50		-51	-43	-20	-15	-31	-27	-28	-26
74	-52		-52	-44	-20	-15	-31	-27	-29	-26
78	-55		-56	-45	-23	-17	-32	-28	-30	-27
83			-61	-50	-26	-20	-33	-30	-31	-28
88			-65	-54	-28	-21	-34	-30	-31	-29
93			-69	-56	-32	-23	-35	-31	-32	-30

MS min	M		N		O		P		Q	
	PK1	PK2								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-5	-5	-4	-1	-11	-9	-2	-1	-4	-4
8	-6	-6	-5	-3	-13	-11	-2	-1	-4	-4
13	-7	-6	-7	-5	-16	-13	-3	-1	-4	-4
18	-11	-10	-12	-10	-21	-19	-8	-4	-9	-6
23	-5	-5	-7	-6	-15	-15	-1	-2	-2	-3
28	-8	-7	-10	-6	-17	-16	-4	-3	-5	-5
32	-8	-7	-10	-6	-16	-15	-4	-3	-5	-5



MS min	M		N		O		P		Q	
	PK1	PK2								
48	-10	-9	-10	-4	-15	-12	-5	-3	-7	-6
53	-10	-9	-9	-2	-15	-11	-5	-3	-7	-6
60	-10	-10	-7	-1	-15	-12	-5	-3	-8	-7
63	-9	-9	-3	1	-13	-11	-3	-1	-6	-6
68	-8	-8	1	4	-11	-9	-1	1	-5	-5
72	-8	-8	2	5	-12	-8	-1	1	-5	-5
74	-8	-8	2	6	-12	-8	-1	1	-5	-5
78	-8	-8	3	7	-12	-7	0	2	-5	-5
83	-8	-8	3	7	-12	-7	1	2	-5	-5
88	-8	-8	4	8	-13	-7	1	3	-5	-5
93	-8	-8	4	8	-13	-7	1	3	-5	-5

Die aus den Verformungen ermittelte effektive Falztiefe nach EN 15269-3 kann Tabelle 22 sowohl für die unbelastete (PK1) als auch klimatisch belastete (PK2) Stahlblechtür entnommen werden.

Tabelle 22 Effektive Falztiefe nach EN 15269-3:2012

PK1: Stahlblechtür; unbelastet

PK2: Stahlblechtür; klimatisch belastet

bis einschl. Prüfminute	effektive Falztiefe in mm		maximale ermittelte Relativverformung in mm		maximale ermittelte Relativverformung in %		Maß der Verformung	
	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2
93	59	59	12	16	≤ 40	≤ 40	geringe Verformung	geringe Verformung

Vergleicht man die oben aufgelisteten detaillierten Ergebnisse sowie die Zusammenfassung der Ergebnisse in Tabelle 19, so stellt man fest, dass beide Probekörper PK1 (unbelastet) und PK2 (klimatisch vorbelastet) das gleiche Prüfergebnis, nämlich EI₂90 erreicht haben. Auch das Ergebnis der ermittelten Relativverformung lässt keinen signifikanten Unterschied erkennen. Tabelle 23 stellt sowohl die erreichten Prüfergebnisse der unbelasteten als auch der klimatisch belasteten Stahlblechtür den Normkriterien gegenüber.

Tabelle 23 Gegenüberstellung der erreichten Prüfergebnisse mit den Normkriterien
 PK1: Stahlblechtür; unbelastet
 PK2: Stahlblechtür; klimatisch belastet

Kriterium	Erreichte Prüfergebnisse	
	PK1 – unbelastet	PK2 – klimatisch belastet
E - Flamme > 10 s	100 Minuten	100 Minuten
E - Spaltlehre	100 Minuten	100 Minuten
E - Wattebausch	100 Minuten	100 Minuten
I - Wärmedämmung Mittelwert	100 Minuten	100 Minuten
I ₁ - Wärmedämmung	63 Minuten	48 Minuten
I ₂ - Wärmedämmung	100 Minuten	98 Minuten
W - Strahlung	-	-
Beendigung der Prüfung	in der 101. Minute	

Anhand der vorliegenden Prüfergebnisse kann abgeleitet werden, dass die klimatische Vorbelastung des Probekörpers PK2 keine negativen Auswirkungen auf dessen Feuerwiderstandsfähigkeit hatte.

6.4.3 Rohrrahmentür mit Verglasung

6.4.3.1 Ofenparameter

Nachfolgend sind die wesentlichen Ofenparameter während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung dargestellt. In Abbildung 26 und Abbildung 27 kann der zeitliche Verlauf der Ofentemperatur sowie die zeitliche Abweichung von der ETK entnommen werden. Aus Abbildung 28 können die in unterschiedlichen Höhen gemessenen Ofendrucke entnommen werden.

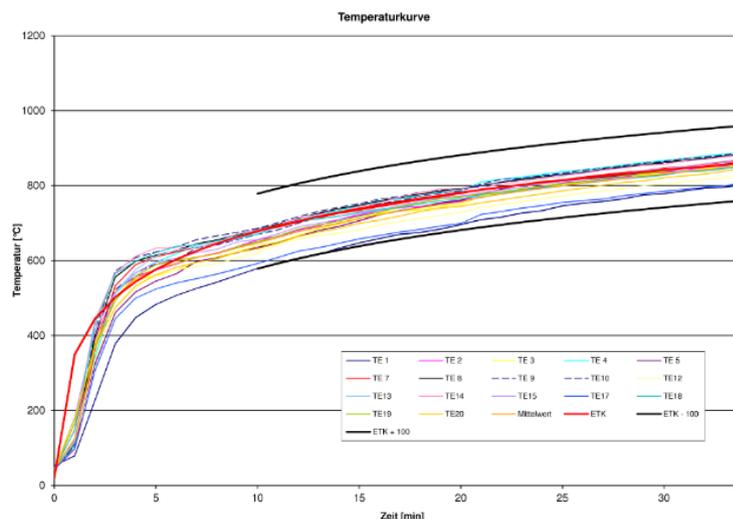


Abbildung 26 Temperatur im Ofen

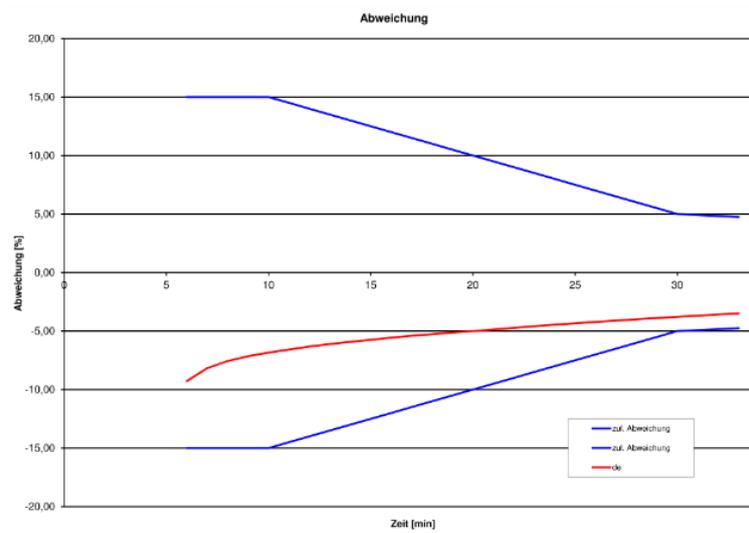


Abbildung 27 Abweichungen der tatsächlichen mittleren Temperaturzeitkurve von der Einheits-Temperaturzeitkurve nach EN 1363-1, 5.1.2

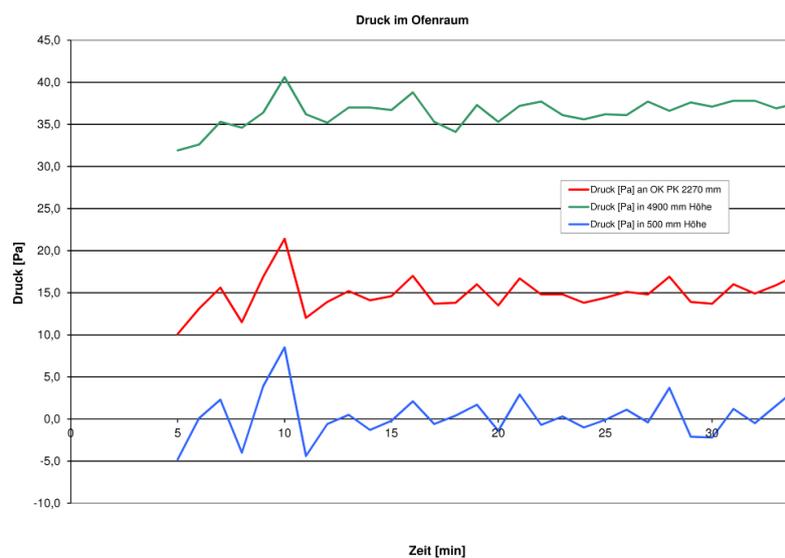


Abbildung 28 Zeitlicher Verlauf des Drucks im Ofenraum für drei unterschiedliche Höhen

6.4.3.2 Lage der Messstellen

Nachfolgend sind die Lagen der Temperaturmessstellen (Abbildung 29) sowie die Lage der Stellen zur Messung der Verformung (Abbildung 30) dargestellt.

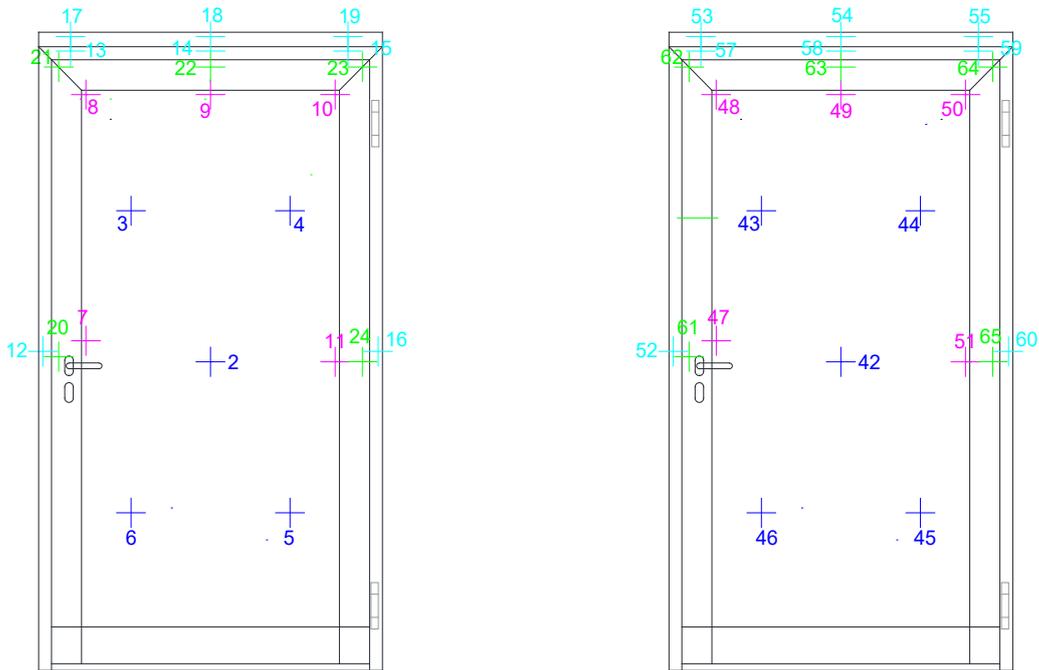


Abbildung 29 Plan der Lage der Temperaturmessstellen; links: PK1, Rohrrahmentür unbelastet; rechts: PK2, Rohrrahmentür klimatisch belastet

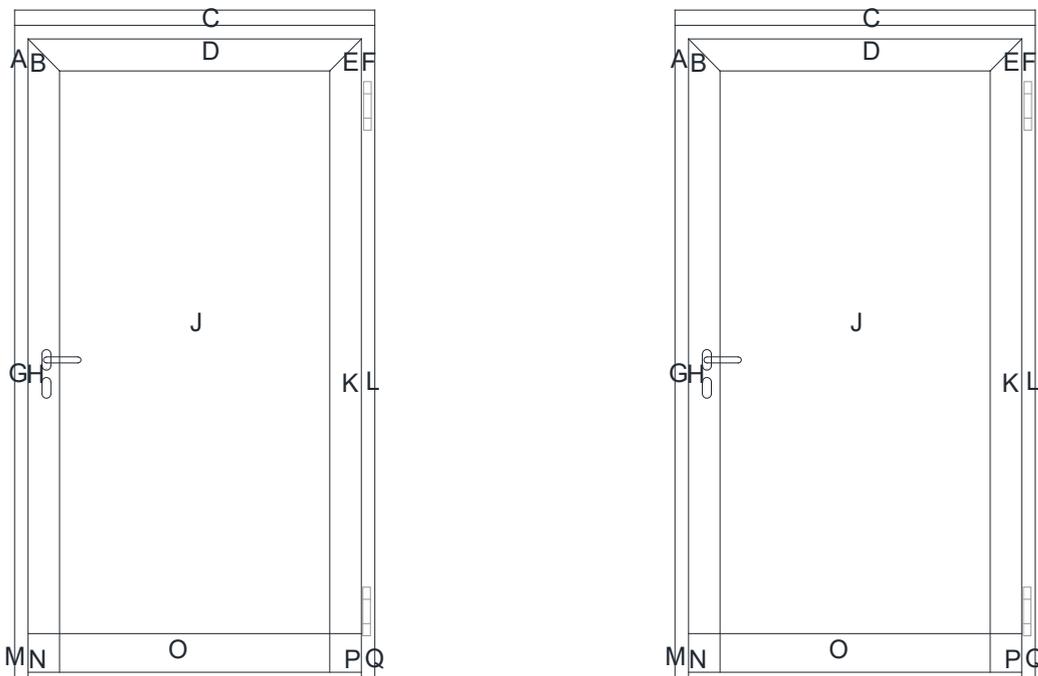


Abbildung 30 Plan der Lage der Stellen zur Messung der Verformung



6.4.3.3 Prüfergebnisse und Beobachtungen

In Tabelle 24 sind die Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandprüfung sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper dargestellt.

Tabelle 24 Rohrrahmentür– Ergebnisse der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung

Norm- bezug nach	Leistungs- kriterien	Versagenskriterium	Prüfergebnisse		
				PK1 unbe- lastet	PK2 belas- tet
EN 1634- 1 11.1	"E" Wahrung des Raumab- schlusses	Entzünden des Wattebausches	kein Entzünden des Wattebausches bis zum Prüfeinde in der	35. Minute	
		Durchdringen des Probekörpers mit der 6 mm- Spaltlehre	Spaltlehre konnte nicht in einem Spalt ≥150 mm bewegt wer- den bis zum Prüfeinde in der	35. Minute	
		Durchdringen des Probekörpers mit der 25 mm-Spaltlehre	Spaltlehre konnte nicht den Probekör- per durchdringen bis zum Prüfeinde in der	35. Minute	
		Flammen auf der, dem Feuer abgewandten Seite	Flammen > 10 s auf der abgewandten Seite traten nicht auf bis zum Prüfeinde in der	35. Minute	
EN 1634- 1 11.2.2 und 11.2.3	"I" Mittlerer Temperaturan- stieg	Überschreitung der zulässigen mittleren Temperaturerhöhung über die Anfangstempe- ratur auf der dem Feuer abgewandten Probe- körperoberfläche [K]: max. zul. Mittelwert = 140 K	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der	35. Minute	
			max. ΔT – mittel [K]	39	40
EN 1634- 1 11.2.2 und 11.2.5	"I ₁ " Maximaler Temperaturan- stieg mit Er- gänzungsver- fahren	Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstempe- ratur auf der gesamten dem Feuer abgewand- ten Probekörperoberfläche [K]: (Ergänzungs- verfahren) max. zul. Einzelwert = 180 K	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der	35. Minute	
			an Messstelle	8, 11	61
			max. ΔT in K	123	101
EN 1634- 1 11.2.2 und 11.2.4	"I ₂ " Maximaler Temperaturan- stieg	Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstempe- ratur auf der dem Feuer abgewandten Türblat- toberfläche (ohne Berücksichtigung des 100 mm Randbereiches des Türblattes) [K]: Türblatt: max. zul. Einzelwert = 180 K	Überschreitung in der bzw. keine Über- schreitung bis zum Prüfeinde in der	31. Minute	35. Minute
			an Messstelle	Ecke unten band- seitig ²	48
			max. ΔT in K	260	97
		Überschreitung der zulässigen maximalen Temperaturerhöhung über die Anfangstempe- ratur auf der dem Feuer abgewandten Zargen- / Blendrahmenoberfläche [K]: Flügelangrenzend: max. zul. Einzelwert = 360 K sonst: max. zul. Einzelwert = 180 K	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der	35. Minute	
			an Zargen-Messstelle	12	52
max. ΔT in K	101	106			
EN 1634- 1 11.3	"W" Strahlung	Bei Oberflächentemperaturen > 300°C ¹ Überschreitung der zulässigen maximalen Strahlung auf der dem Feuer abgewandten Probekörperoberfläche [kW/m ²]	keine Überschreitung bis zum Prüfeinde in der	-	
			an Messstelle	-	

Norm- bezug nach	Leistungs- kriterien	Versagenskriterium max. zul. Einzelwert = 15 kW/m ²	Prüfergebnisse		
				PK1 unbe- lastet	PK2 belas- tet
			Einzelwert in kW/m ²	-	
EN 1363- 1 5.6	Umgebungs- temperatur	Prüfbeginn: zul. Temperatur 10°C - 40°C	T in °C	22	
		Während der Prüfung: zul. ΔT (-10 / +20) K	ΔT in K	+ 0 / - 1	
EN 1363- 1 5.2.	Ofendruck	Druck auf der feuerzugewandten Seite an der Oberkante des Probekörpers	p in Pa	15 ± 1,9	
EN 16034 Anhang A.2.3	Selbstschlie- ßung	Funktionsprüfung	Zyklen	25	

¹ Wurde nicht ermittelt, da gemäß EN 1363-2 mit einer Oberflächentemperatur unter 300°C gerechnet wurde
² Handmessung am Hotspot im Glas (Ecke unten bandseitig): ca. 280°C

Tabelle 25 gibt die während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung aufgezeichneten Beobachtungen sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper dargestellt in Abhängigkeit der Prüfzeit wieder.

Tabelle 25 Rohrrahmentür–Beobachtungen während der vergleichenden Feuerwiderstandsprüfung

Prüf- minute	Probe- körper- seite ¹	Beobachtungen	
		PK1 unbelastet	PK2 belastet
3	Z/A	Erste Glasschicht feuerzugewandte Seite reagiert Geringer Dampfaustritt Türspalt oben mittig	Brandschutzschicht im Glas reagiert
5	A	Geringer Dampfaustritt aus Glasanbindung bandseitig Ecke unten	
6	Z	-	Glas auf feuerzugewandter Seite geplatzt und in den Ofen abgefallen
7	A	Brandschutzschicht im Glas reagiert, jedoch Glas auf feuerzugewandter Seite fällt nicht in den Ofen ab	Brandschutzschicht im Glas komplett reagiert / zugeschäumt
10	A	Geringer Rauchaustritt aus Profilzylinder und Bodenspalt beide Ecken	Anhaltend geringer Rauchaustritt aus Glasanbindung in den Ecken oben sowie aus Türspalt oben und Bodenspalt sowie band- und schlossseitig
		Mäßiger Rauchaustritt aus Glasanbindung bandseitig Ecken unten	
15	A	Starker Rauchaustritt aus Glasanbindung bandseitig Ecken oben	-
17	A	Starker Rauchaustritt aus Glasanbindung alle vier Ecken	-
20	A	-	Mäßiger Rauchaustritt aus Glasanbindung unten
21	Z/A	Brandschutzschicht im Glas hat vollständig reagiert, jedoch Glas auf feuerzugewandter Seite fällt nicht in den Ofen ab	-
		Bandseitig Ecke unten Glas mit Brandschutzschicht Ø ca. 300 mm in den Ofen abgefallen, Bildung eines Hotspot im Glas, Messen mit Handthermometer vorerst nicht durchführen, da die Gefahr besteht, dass das Glas kaputt geht und damit die Prüfung auch für PK02 beendet wäre	



Prüf- minute	Probe- körper- seite ¹	Beobachtungen	
		PK1 unbelastet	PK2 belastet
22	A	Geringer Rauchaustritt aus Bodenspalt sowie Ecken der Glasanbindung	-
24	A	Gelbe Verfärbung auf der gesamten Brandschutzschicht des Glases	-
26	A	Abdeckkappe Band oben abgefallen, Abdeckkappe Band unten schmilzt weg	-
31	A	Raumabschluss intakt	
31	A	Handmessung am Hotspot im Glas (Ecke unten bandseitig): ca. 280°C	-
33	A	-	Beginnende Hotspotbildung im Glas unten schlossseitige Ecke Temperaturmessung mit Handthermometer: 80°C
34	Z	-	Brandschutzschicht im Glas löst sich komplett ab und fällt in den Ofen, es bleibt nur noch die äußere ESG-Scheibe stehen
Beendigung der Prüfung in der 35. Minute			
¹ A = feuerabgewandte Seite, Z = feuerzugewandte Seite			

Abbildung 31, Abbildung 32 sowie Abbildung 33 stellen die ermittelten Temperaturerhöhungen am Prüfende in der 35. Minute für die unbelastete (PK1) sowie klimatisch belastete (PK2) Rohrrahmentür mit Verglasung dar. Dargestellt sind die Einzelwerte der jeweiligen Messstellen der Temperaturerhöhungen gemäß den Anforderungen der EN 1634-1.

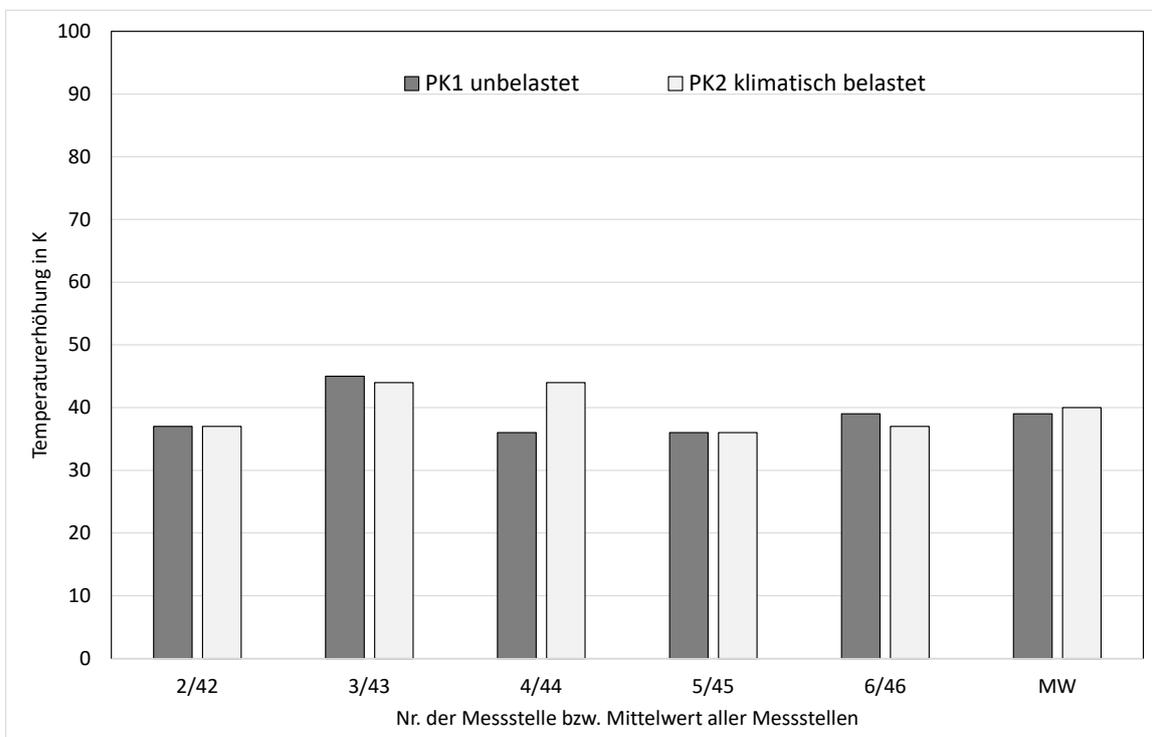


Abbildung 31 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf die Mittelwerte gemäß EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.2

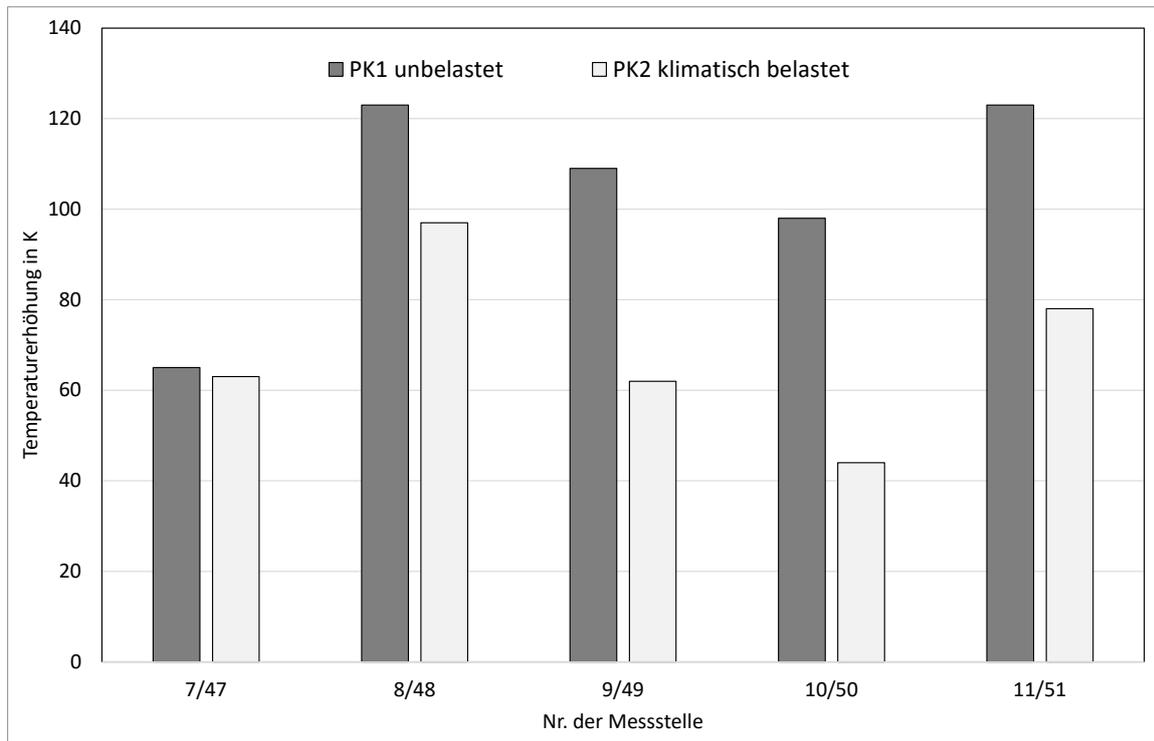


Abbildung 32 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf den Maximalwert nach EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.3.3 (Türflügel)

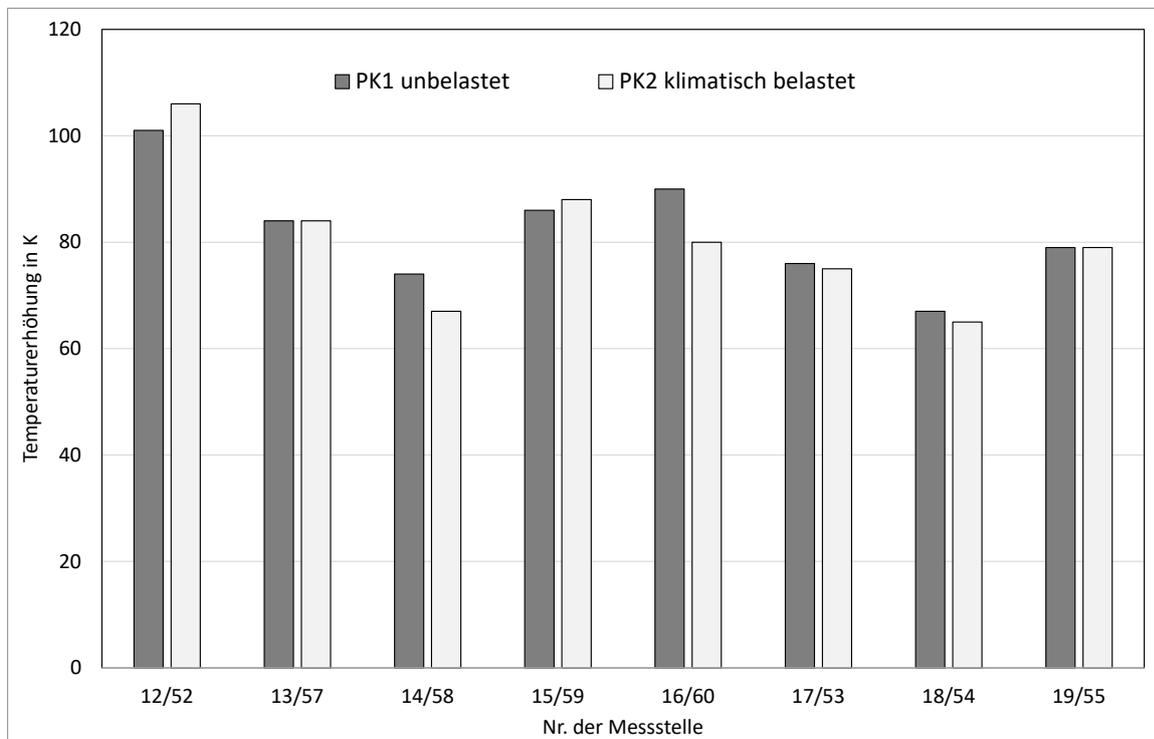


Abbildung 33 Vergleich der Temperaturerhöhungen für PK1 und PK2 in Bezug auf den Maximalwert nach EN 1634-1 Abschnitt 9.1.2.3.2 (Zarge und Verbreiterung)



Die während der vergleichenden Feuerwiderstandprüfung gemessenen Verformungen können sowohl für den unbelasteten (PK1) als auch klimatisch belasteten (PK2) Probekörper in Abhängigkeit der Prüfzeit sowie der Lage der Messstelle der Tabelle 26 entnommen werden. Die Lage der Messstellen kann Abbildung 30 entnommen werden.

Tabelle 26 Abstände der Oberfläche vom Fixpunkt in mm am Prüfelement an den Messstellen
 Negative Werte bedeuten eine Verformung zur feuerzugewandten Seite.
 Fehlende Messwerte wurden nicht erfasst.
 PK1: Rohrrahmentür; unbelastet
 PK2: Rohrrahmentür; klimatisch belastet

MS min	A		B		C		D		E		F	
	PK1	PK2										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	3	5	5	-1	0	1	3	5	6	3	4
5	2	2	0	-1	2	2	0	1	5	6	3	5
8	1	1	-1	-2	1	2	0	2	5	6	2	3
10	0	0		-2	0	0	-2	1	3	6	0	3
13	-1	-3	-3	-4	-2	-1	-3	-1		3		2
15		-5		-5		-4		-3	-4	0	-5	0
18	-6	-9	-5	-9	-6	-6	-7	-6	-8	-3	-9	-2
21	-8	-13	-7	-11	-10	-9	-10	-9	-12	-5	-12	-5
24	-11	-18	-11	-16	-14	-14	-12	-14	-18	-10	-18	-8
26	-13	-20	-13	-19	-16	-16	-13	-15	-20	-12	-20	-10
31	-16	-25	-17	-24	-21	-21	-15	-18	-25	-15	-25	-13

MS min	G		H		J		K		L	
	PK1	PK2								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-20	-24	-22	-25	-17	-13	-30	-19	-26	-17
5	-22	-21	-21	-21	-16		-28	-20	-26	-19
8	-24	-22	-23	-21	-23	-23	-27	-23	-25	-21
10		-21		-22		-23	-27	-23	-25	-19
13	-22	-21	-21	-22	-20	-21		-21		-18
15	-21	-23		-23		-22	-24	-20	-25	-18
18	-23	-24	-20	-25	-22	-23	-25	-19	-27	-18
21	-24	-27	-22	-26	-25	-24	-27	-18	-28	-19
24	-25	-29	-23	-29	-25	-26	-28	-18	-31	-21
26	-26	-31	-24	-31	-26	-27	-31	-19	-33	-22
31	-28	-34	-27	-35	-30	-29	-36	-23	-37	-24

MS min	M		N		O ¹		P		Q	
	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2
0	0	0	0	0			0	0	0	0
3	-1	-1	2	1			0	0	-2	-1
5	-1	-2	1	-1			-1	-1	-2	-1
8	-2	-2	2	2			0	-1	-3	-2
10	-1	-2	2	2				0		-2
13			1	1			-2	0	-3	-1
15				0			-2	-1	-4	-2
18	-3	-2	2	0			-2	-1	-4	-3
21	-3	-3	1	-1			-3	-2	-4	-3
24	-3	-4	-1	-2			-3	-2	-5	-3
26	-4		-1	-2			-3	-2	-5	-3
31	-4	-5	-1	-3			-4	-2	-6	-3

¹ Verformungsmesspunkt "O" konnte nicht erfasst werden

Die aus den Verformungen ermittelte effektive Falztiefe nach EN 15269-3 kann

Tabelle 27 sowohl für die unbelastete (PK1) als auch klimatisch belastete (PK2) Rohrrahmentür mit Verglasung entnommen werden.

Tabelle 27 Effektive Falztiefe nach EN 15269-3:2012
 PK1: Rohrrahmentür; unbelastet
 PK2: Rohrrahmentür; klimatisch belastet

bis einschl. Prüfminute	effektive Falztiefe in mm		maximale ermittelte Relativverformung in mm		maximale ermittelte Relativverformung in %		Maß der Verformung	
	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2	PK1	PK2
31	65,5	65,5	3	14	≤ 40	≤ 40	geringe Verformung	geringe Verformung

Vergleicht man die oben aufgelisteten detaillierten Ergebnisse sowie die Zusammenfassung der Ergebnisse in Tabelle 24, so stellt man fest, dass beide Probekörper PK1 (unbelastet) und PK2 (klimatisch vorbelastet) das gleiche Prüfergebnis, nämlich EI₂₃₀ erreicht haben.

Die Temperaturüberschreitung bei PK1 (unbelastet), die in der 31. Minute durch Handmessung ermittelt wurde, resultiert aus der Bildung eines Hotspots im Glas. Das Glas im PK2 zeigte zu diesem Zeitpunkt keine derartige Hotspot-Bildung. Zurückzuführen könnte eventuell auf die Glasfertigung sein, da es sich bei dem Probekörper PK1 um den unbelasteten handelt. Somit kann ein Zusammenhang zwischen der klimatischen Vorbehandlung und der Bildung des Hotspots im Glas ausgeschlossen werden. Prinzipiell waren auch diese beiden Probekörper vergleichbar in ihren Reaktionen. Auch das Ergebnis der ermittelten Relativverformung lässt keinen signifikanten Unterschied erkennen. Tabelle 28 stellt sowohl



die erreichten Prüfergebnisse der unbelasteten als auch der klimatisch belasteten Rohrrahmentür mit Verglasung den Normkriterien gegenüber.

Tabelle 28 Gegenüberstellung der erreichten Prüfergebnisse mit den Normkriterien
 PK1: Rohrrahmentür; unbelastet
 PK2: Rohrrahmentür; klimatisch belastet

Kriterium	Erreichte Prüfergebnisse	
	PK1 – unbelastet	PK2 – klimatisch belastet
E - Flamme > 10 s	34 Minuten	34 Minuten
E - Spaltlehre	34 Minuten	34 Minuten
E - Wattebausch	34 Minuten	34 Minuten
I - Wärmedämmung Mittelwert	34 Minuten	34 Minuten
I₁ - Wärmedämmung	30 Minuten	34 Minuten
I₂ - Wärmedämmung	30 Minuten	34 Minuten
W - Strahlung	-	-
Beendigung der Prüfung	in der 35. Minute	

Anhand der vorliegenden Prüfergebnisse kann abgeleitet werden, dass die klimatische Vorbelastung des Probekörpers PK2 keine negativen Auswirkungen auf dessen Feuerwiderstandsfähigkeit hatte.



7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Um den Einfluss von Bewitterung und klimatischen Änderungen auf die Rauchdichtheit und Feuerwiderstandsdauer zu ermitteln, wurden insgesamt sechs Feuerschutzabschlüsse untersucht. Berücksichtigt wurden drei unterschiedliche Konstruktionstypen:

- Holztür mit Verglasung
- Stahlblechtür
- Rohrrahmentür mit Verglasung

Dabei wurden je drei Türen im Neuzustand als Referenz hinsichtlich Rauchdichtheit und Feuerwiderstand geprüft und mit drei weiteren jeweils gleichen Türen, die einer klimatischen Belastung unterzogen wurden, verglichen.

Für die Untersuchungen zur Rauchdichtheit wurden die FSA mit dem Prüfklima d als auch dem Prüfklima e entsprechend EN 1121 belastet und die Verformungen gemessen. Mit der hierbei ermittelten Verformung wurde anschließend die Leckage für Kaltrauch ermittelt; ebenso wurde die Leckage für Kaltrauch bei nicht verformten Zustand ermittelt. Mit den gemessenen Verformungen aller drei Türvarianten konnten die entsprechend MVV-TB Ausgabe 2020/1 geforderten Mindestklassen 2 (d) und 2(e) erfüllt werden.

Bei der Holztür mit Verglasung sowie bei der Stahlblechtür zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Leckage im nichtverformten Zustand sowie den durch Einwirkung der Prüfklimata d und e verformten Türen. Die gemessenen Leckagen lagen sowohl für Über- als auch Unterdruck unter dem entsprechend geforderten längenbezogenen Volumenstrom von $3 \text{ m}^3/(\text{h m})$ für die S_a Klassifizierung. Für die gemessenen Leckagen der Rohrrahmentür mit Verglasung unter Verformung infolge Prüfklima e sind sowohl für Überdruck als auch für Unterdruck keine signifikanten Änderungen der Leckage gegenüber dem nicht verformten Zustand ermittelt worden. Die an der Rohrrahmentür gemessenen Leckagen unter Verformung infolge Prüfklima d sind jedoch sowohl für Überdruck als auch für Unterdruck deutlich gegenüber dem nicht verformten Zustand erhöht. Der längenbezogenen Volumenstrom liegt für Verformung in Folge Prüfklima d über der Anforderung für die S_a Klassifizierung von $3 \text{ m}^3/(\text{h m})$.

Für die vergleichende Feuerwiderstandsprüfung wurde je eine der drei unterschiedlichen Feuerschutzabschlüsse unterschiedlichen klimatischen Belastungen ausgesetzt. Hierbei wurde eine Belastung mit Schlagregen, eine Belastung mit Differenzklima sowie eine Belastung mit Wechselklima berücksichtigt. Die Gesamtdauer der klimatischen Belastung betrug ca. 12 Tage. Anschließend wurden die belasteten FSA mit den unbelasteten FSA einer vergleichenden Brandschutzprüfung unterzogen. Für die Holztür mit Glasausschnitt sowie die Rohrrahmentür mit Glasfüllung betrug die Feuerwiderstandsdauer 30 Minuten; für die Stahlblechtür 90 Minuten.

Die vorangegangene Auswertung der durchgeführten Feuerwiderstandsprüfungen nach EN 1634-1 an allen drei Konstruktionstypen von Feuerschutzabschlüssen in der Außenanwendung, Holztür mit Glasausschnitt, Stahlblechtür und Rohrrahmentür mit Glasfüllung, hat gezeigt, dass die Ergebnisse an Probekörpern mit klimatischer Vorbehandlung und an Probekörpern ohne Vorbehandlung keinen signifikanten Unterschied bringen. Bei keinem der Probekörper konnte eine negative Auswirkung auf dessen Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen werden. Die nachgewiesene Feuerwiderstandsfähigkeit von 30 Minuten bei Holztür mit Glasausschnitt und Rohrrahmentür mit Glasfüllung sowie 90 Minuten bei der Stahlblechtür wurden jeweils in einer vergleichenden Prüfung bestätigt. Somit kann eine Verschlechterung durch die durchgeführten klimatischen Vorbelastungen ausgeschlossen werden.

Die für die Untersuchungen angewandten klimatischen Belastungen vor der Prüfung des Feuerwiderstandes beruhen auf keinen normativ festgelegten Belastungen und könnten daher als willkürlich bezeichnet werden. Daher könnte prinzipiell angezweifelt werden, ob die durchgeführten klimatische Laborbelastungen die Realität abbilden. Es wird daher in Ergänzung zu dem aktuellen Vorhaben vorgeschlagen, einen oder mehrere Brandschutzabschlüsse zu untersuchen, die eine definierte Zeit (nach Möglichkeit mehrere Jahre) in der Gebäudehülle eingebaut waren. Durch eine solche Untersuchung an real belasteten FSA könnten die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden.



8 Danksagung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Deutschen Instituts für Bautechnik gefördert (Aktenzeichen: P 52-5-4.202-2029/18).

Besonderer Dank gebührt auch den Industriepartnern, die das Projekt durch kostenlose Lieferung der untersuchten Feuerschutzabschlüsse unterstützt haben.



9 Literaturverzeichnis

- [1] EN 16034:2014
Türen, Tore und Fenster - Produktnorm, Leistungseigenschaften - Feuer- und/oder
Rauchschutzeigenschaften
Beuth Verlag, Berlin
- [2] EN 14351-1:2006+A2:2016
Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften - Teil 1: Fenster und Außentüren
Beuth Verlag, Berlin
- [3] EN 1279-5:2018
Glas im Bauwesen - Mehrscheiben-Isolierglas - Teil 5: Produktnorm
Beuth Verlag, Berlin
- [4] EN 1279-2:2018
Glas im Bauwesen - Mehrscheiben-Isolierglas - Teil 2: Langzeitprüfverfahren und Anforderungen
bezüglich Feuchtigkeitsaufnahme
Beuth Verlag, Berlin
- [5] EN 1027:2016
Fenster und Türen - Schlagregendichtheit - Prüfverfahren
Beuth Verlag, Berlin
- [6] EN 1121:2000
Türen - Verhalten zwischen zwei unterschiedlichen Klimaten - Prüfverfahren
Beuth Verlag, Berlin
- [7] ift Richtlinie MO-02/1
Baukörperanschluss von Fenstern Teil 2: Verfahren zu Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit von
Befestigungssystemen
ift Rosenheim, Rosenheim
- [8] EN 1363-1:2020
Feuerwiderstandsprüfungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
Beuth Verlag, Berlin
- [9] EN 1363-2:1999
Feuerwiderstandsprüfungen - Teil 2: Alternative und ergänzende Verfahren
Beuth Verlag, Berlin
- [10] EN 1634-1: 2014+A1:2018
Feuerwiderstandsprüfungen und Rauchschutzprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse, Fenster und
Baubeschläge - Teil 1: Feuerwiderstandsprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse und Fenster
Beuth Verlag, Berlin
- [11] EN 13501-2: 2016+A1:2018
Klassifizierung von Bauprodukten und Bauteilen zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit
den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen
Beuth Verlag, Berlin



ift Rosenheim
Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

Tel.: +49 (0) 80 31 / 261-0
Fax: +49 (0) 80 31 / 261-290
E-Mail: info@ift-rosenheim.de
www.ift-rosenheim.de

© ift Rosenheim 2023