Door-Fan-Prüfmethode zur Bestimmung der Haltezeit

VdS 3877 : 2023-08 (02)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Herausgeber und Verlag: VdS Schadenverhütung GmbH

Amsterdamer Str. 174
D-50735 Köln
Telefon: (0221) 77 66 0; Fax: (0221) 77 66 341

Copyright by VdS Schadenverhütung GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

VdS-Richtlinien für Feuerlöschanlagen

Door-Fan-Prüfmethode zur Bestimmung der Haltezeit

Das vorliegende Dokument ist nur verbindlich, sofern dessen Verwendung im Einzelfall vereinbart wird; ansonsten ist die Berücksichtigung dieses Dokuments unverbindlich. Die Vereinbarung zur Verwendung dieses Dokuments ist rein fakultativ. Dritte können im Einzelfall auch andere Anforderungen nach eigenem Ermessen akzeptieren, die diesem Dokument nicht entsprechen.

Um eine Beeinträchtigung des Textverständnisses zu vermeiden, verwendet VdS Schadenverhütung durchweg das generische Maskulinum. Eine Bevorzugung oder anderweitige Wertung des männlichen, weiblichen oder sonstigen Geschlechts geht damit ausdrücklich nicht einher.

INHALT

1 Allgemeines 5
1.1 Geltungsbereich 5
1.2 Gültigkeit 5
2 Normative Verweisungen 5
3 Begriffe und Abkürzungen 5
3.1 Begriffe 5
3.2 Abkürzungen 6
4 Anwendungsbereich 6
5 Prüfverfahren zur Bestimmung der Haltezeit 7
5.1 Prinzip 7
5.2 Prüfeinrichtungen 7
5.3 Kalibrierung und Genauigkeit der Geräte 8
5.3.1 Gebläseeinheit 8
5.3.2 Druckmesseinrichtungen 8
5.3.3 Temperaturmesseinrichtungen 8
5.4 Vorbereitung 8
5.5 Bewertung des Prüfraumes 9
5.5.1 Allgemein 9
5.5.2 Durchmischung während der Haltezeit 9
5.6 Messung des Prüfraumes 10
5.6.1 Standard-Räume ohne kontinuierliche Durchmischung 10
5.6.2 Räume mit unregelmäßigen Umfassungsflächen ohne kontinuierliche Durchmischung 10
5.6.3 Räume jeglicher Geometrie mit kontinuierlicher Durchmischung 10
5.6.4 Öffnung zum Einbau der Gebläseeinheit 10

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

5.7 Prüfverfahren 10
5.7.1 Vorbereitung 10
5.7.2 Einbau der Gebläseeinheit 11
5.7.3 Messung des Ausgangs-Differenzdruckes während der Door-Fan-Prüfung (P_{bt}) 11
5.7.4 Durchzuführende Messreihen 12
5.7.5 Vor-Ort-Überprüfung der Volumenstrommessung (field calibration check) 13
5.7.6 Messung des Leckagen-Differenzdruckes unter Haltezeitbedingungen ($\boldsymbol{Pbh}$) 14
5.8 Berechnung 14
5.8.1 Symbole 14
5.8.2 Umgebungstemperatur 16
5.8.3 Drücke und Leckagevolumenströme bei Unter- und Überdruck 16
5.8.4 Mittlere Leckage-Eigenschaften 17
5.8.5 Effektive Leckagefläche 18
5.8.6 Säulendrücke und Gasdichten 19
5.8.7 Hilfskonstanten 20
5.8.8 Temperaturkorrektur 20
5.8.9 Theoretische Haltezeit: Standard-Prüfräume ohne kontinuierliche Durchmischung 20
5.8.10 Theoretische Haltezeit: Prüfräume mit kontinuierlicher Durchmischung 21

6 Behandlung von Prüfräumen mit theoretischen Haltezeiten unterhalb der erforderlichen Werte 21

6.1 Allgemeines 21
6.2 Abdichtung des Prüfraumes 21
6.3 Erfassung und Lokalisierung der Leckagen 21
6.3.1 Allgemeines 21
6.3.2 Potential einer Schätzung des unteren Leckageanteils F 22
6.3.3 Verfahren zur Schätzung des unteren Leckageanteils F 22
6.3.4 Berechnung der Haltezeit mit dem geschätzten unteren Leckageanteil 22

7 Prüfbericht 23

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

1 Allgemeines

1.1 Geltungsbereich

Diese Richtlinien beschreiben ein Messverfahren zu Raumdichtheitsprüfungen bei Gas-Löschanlagen nach VdS 2093, VdS 2380 oder VdS 2381. Die Notwendigkeit der Messung ist in diesen Planungs- und Einbau-Regelwerken festgelegt.

Die Durchführung der Messungen erfolgt durch VdS oder ein gemäß VdS 3876 anerkanntes Unternehmen.

1.2 Gültigkeit

Die Richtlinien gelten ab dem 01.08.2023. Sie ersetzen die Version VdS 3877 : 2022-09 (01).

2 Normative Verweisungen

Diese Richtlinien enthalten datierte und undatierte Verweise auf andere Regelwerke. Die Verweise erfolgen in den entsprechenden Abschnitten, die Titel werden im Folgenden aufgeführt. Änderungen oder Ergänzungen datierter Regelwerke gelten nur, wenn sie durch Änderung dieser Richtlinien bekannt gegeben werden. Von undatierten Regelwerken gilt die jeweils letzte Fassung.

VdS 2093	Richtlinien für CO_2-Feuerlöschanlagen – Planung und Einbau
VdS 2380	Richtlinien für Feuerlöschanlagen mit nicht-verflüssigten Inertgasen – Planung und Einbau
VdS 2381	Richtlinien für Feuerlöschanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen – Planung und Einbau
VdS 3876	Richtlinien für die Anerkennung von Unternehmen zur Durchführung von Raumdichtheitsprüfungen gemäß der Door-Fan-Prüfmethode nach VdS 3877

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Anerkennung	Bestätigung der Konformität von Geräten, Bauteilen, Systemen, Errichtern auf Übereinstimmung mit den entsprechenden Richtlinien; Anerkennungen im Sinne dieser Richtlinien sind, soweit nichts anderes vermerkt ist, durch VdS Schadenverhütung ausgesprochene Bestätigungen.
Betriebsdruck	Betriebsmäßig angefahrener Druck in einem System
Druckentlastungseinrichtung	Mechanische Einrichtung, die den Druckanstieg im Schutzbereich auf einen Wert begrenzt, der niedriger als ein durch die Struktur der Raumumfassung vorgegebener Maximalwert ist
Errichter	Fachfirma, die für die Planung und Errichtung von Brandmelde- und/oder Feuerlöschanlagen von den zuständigen Stellen anerkannt ist

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Feuerlöschanlage Anlage, die aufgrund von Brandkenngrößen (Flamme, Rauch, Wärme) automatisch anspricht oder aufgrund dieser Kenngrößen manuell ausgelöst wird und zur Bekämpfung eines bestehenden Brandes dient

Haltezeit Zeitspanne, innerhalb der die Löschgas-Konzentration im Bereich zwischen 10 % und 90 % der Raumhöhe einen bestimmten Wert nicht unterschreitet; die Haltezeit beginnt mit dem Ende der Flutungszeit.

Löschgasmenge Gesamte Gasmenge, mit der der Löschbereich geflutet wird (ausschlaggebend für die maximale Löschgas- und die minimale Sauerstoffkonzentration); die Löschgasmenge kann erheblich über der mindestens erforderlichen Einsatzmenge liegen, weil immer technisch sinnvolle Löschmittelmengen gemeinsam ausgelöst werden müssen.

Beispiel: Eine Einsatzmenge von 51 kg kann nur durch das gemeinsame Auslösen zweier 50 kg-Behälter erreicht werden.

Löschkonzentration Mindestkonzentration des Löschmittels, die zum Löschen des Brandes eines bestimmten Brandstoffes unter festgelegten Versuchsbedingungen notwendig ist, ohne Berücksichtigung von Auslegungs-/Sicherheitsfaktoren weiterer Zuschläge

Raumdichtheitsprüfung Ermittlung der Luftdurchlässigkeit der Hülle eines Schutzbereichs einer Gaslöschanlage mittels Differenzdruckverfahren, mit anschließender Bestimmung der Haltezeiten der erforderlichen Löschgaskonzentration

Ventilator oder Gebläse Strömungsgerät mit Motor und variabler Drehzahl, das Luft in eine bestimmte Richtung bläst und dabei unterschiedliche Volumenströme erzeugen kann

3.2 Abkürzungen

DFT Door-Fan-Test

4 Anwendungsbereich

Im Folgenden wird die Bestimmung der Dichtheit von Räumen und umschlossenen Bereichen im Hinblick auf die Aufrechterhaltung der Löschgaskonzentration für die erforderliche Dauer (Haltezeit) beschrieben, sowie Einzelheiten zur Versuchsdurchführung und -auswertung angegeben.

Die Prüfmethode ist zur Ermittlung, welche Löschgaskonzentrationen in benachbarten Bereichen (z. B. durch Löschmittelverschleppung) auftreten können, ungeeignet.

Die Prüfmethode ist nur unter folgenden Voraussetzungen anwendbar:

a) Ein geeigneter Rückströmpfad ist vorhanden (siehe Abschnitte 5.4, 5.7.1).

b) Die Door-Fan-Prüfeinrichtung kann einen Raumdruck von ≥ 25 Pa aufbauen (dies ist eine Funktion der Raumgröße, der Raumdichtheit sowie der Anzahl und Leistungsfähigkeit der Ventilatoren – siehe Abschnitt 5.2).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

5 Prüfverfahren zur Bestimmung der Haltezeit

5.1 Prinzip

Ein Ventilator wird mittels einer Einbauvorrichtung (z. B. verstellbarer Rahmen und Plane) in einer Öffnung (z. B. Tür) eingebaut. Über die Veränderung der Drehzahl am Ventilator kann im zu prüfenden Raum (Prüfraum) eine Druckerhöhung (Überdruck) bzw. Druckverringerung (Unterdruck) bewirkt werden. Es werden mehrere Druckstufen (z. B. 10, 20, … 60 Pa) angefahren und der jeweilige Luftdurchsatz erfasst. Mit den so ermittelten Messdaten kann die Leckage des Prüfraums bestimmt werden.

Aus diesen Leckage-Eigenschaften wird die theoretische Haltezeit unter folgenden Annahmen ermittelt:

a) Die Leckage tritt unter ungünstigsten Bedingungen auf, d. h.:
   - die Hälfte der effektiven Leckagefläche befindet sich auf maximaler Höhe im Prüfraum, und die andere Hälfte (untere Leckagefläche) befindet sich am niedrigsten Punkt im Prüfraum und
   - die gemittelte Temperaturdifferenz (vgl. Mittelung der Temperatur in Abschnitt 5.8.2) zwischen Prüfraum und Umgebung wird für den ungünstigsten Fall angenommen

b) Der gesamte Leckagestrom ist eindimensional, d. h. Strömungsfunktionen werden vernachlässigt.

c) Die Strömung verläuft durch jede Leckagefläche entweder aus einem unendlich großen Raum in den Prüfraum hinein oder aus dem Prüfraum in einen unendlich großen Raum hinaus.

d) Die Leckage wird durch die Dichteunterschiede zwischen Prüfraum und Umgebung angetrieben (Säulendrücke). Das heißt, wenn die Gemischdichte ρ_{mi} und Luftdichte ρ_a der Umgebung vergleichbar groß sind, kann es zu Ungenauigkeiten kommen. Daher ist die Gemischdichte ρ_{mi} zu begrenzen auf < 95% und > 105% bezogen auf die Luftdichte ρ_a. (Abschitt 5.8).

5.2 Prüfeinrichtungen

Folgende Prüfeinrichtungen können für die Raumdichtheitsprüfungen zum Einsatz kommen:

Gebläseeinheit bestehend aus einem oder mehreren drehzahlregelbaren Gebläsen mit der Möglichkeit, geringe Volumenströme zu fördern, die im Prüfraum einen Differenzdruck von mindestens 25 Pa erzeugen können und einem Rahmen, der in die Zugangsöffnung zum Prüfraum eingebaut und abgedichtet werden kann.

Druckmesseinrichtung – Für die Messung wird mindestens eine Druckmesseinrichtung zur Bestimmung der Druckdifferenz zwischen Prüfraum und Umgebung benötigt. Die meisten Messsysteme beinhalten unabhängig davon noch eine zweite Druckmesseinrichtung zur Messung des statischen Differenzdruckes am Ventilator/Gebläse, um darüber den Volumenstrom durch die Gebläseeinheit hindurch zu bestimmen.

Rauchindikatoren und/oder Raucherzeuger

Zwei Thermometer zur Messung der Umgebungstemperatur

Barometer zur Bestimmung des Atmosphärendrucks

Schilder mit der Aufschrift „NICHT ÖFFNEN – DRUCKVERSUCH“ und „NICHT SCHLIESSEN – DRUCKVERSUCH“

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Anmerkung: Weitere Geräte können notwendig oder nützlich sein, z. B. Maßbänder, Lampen, Leitern, Werkzeuge zur Entnahme von Boden- und Deckenplatten, Computer oder andere Rechengeräte, Kamera.

5.3 Kalibrierung und Genauigkeit der Geräte

5.3.1 Gebläseeinheit

Die Gebläseeinheit ist entsprechend dem vom Hersteller empfohlenen Verfahren in den empfohlenen Abständen zu kalibrieren. Aufzeichnungen und, falls vorhanden, Kalibrierbescheinigungen sind aufzubewahren. Der Volumenstrom muss eine Genauigkeit von +/- 5 % des Messwertes aufweisen.

5.3.2 Druckmesseinrichtungen

Die Druckmesseinrichtung zur Bestimmung der Druckdifferenz zwischen Prüfraum und Umgebung muss eine Genauigkeit von +/- 1 Pa im Bereich 0 bis 100 Pa aufweisen und in regelmäßigen Zeitabständen nach Herstellerangaben kalibriert werden. Aufzeichnungen und, falls erforderlich, Kalibrierbescheinigungen sind aufzubewahren. Die Genauigkeit der Druckmesseinrichtung zur Messung des statischen Differenzdruckes am Gebläse darf hiervon abweichen, sofern die Anforderungen an die Genauigkeit des Volumenstromes (siehe Abschnitt 5.3.1) erfüllt ist.

Die Druckmesseinrichtung für den Atmosphärendruck muss eine Genauigkeit von +/- 100 Pa haben.

Bei Anwendung von Schrägrohrmanometern muss die Flüssigkeit in den vom Hersteller empfohlenen Abständen ausgetauscht werden. Die Manometer sind vor jeder Prüfung zu nivellieren und der Nullpunkt ist einzustellen.

5.3.3 Temperaturmesseinrichtungen

Temperturmesseinrichtungen zur Bestimmung der Raum- und der Umgebungstemperatur müssen eine Genauigkeit von +/- 1 °C im Bereich -20 bis +40 °C aufweisen und in regelmäßigen Zeitabständen nach Herstellerangaben kalibriert werden.

5.4 Vorbereitung

Vom Betreiber ist eine Beschreibung der Lüftungsanlage und der Anlage zur Löschmittelabsaugung für den Prüfraum und dessen Umgebung anzufordern.

Zu überprüfen sind:

a) Vorhandensein von Zwischenböden und -decken

b) visuell erkennbare Leckageöffnungen im Prüfraum

c) ausreichend bemessene Strömungsquerschnitte außerhalb des Prüfraumes zwischen den Leckageöffnungen und der Gebläseeinheit (Rückströmpfad)

d) störende Aktivitäten im Prüfraum und in benachbarten Räumlichkeiten und

e) die Tür oder andere Öffnungen, die für den Einbau der Gebläseeinheit gewählt wurden, hinsichtlich visuell erkennbarer Leckageöffnungen im Haltezeitzustand

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Dem Betreiber sind vorab folgende Informationen zur Verfügung zu stellen:

a) Beschreibung der Prüfung

b) Abschätzung des Zeitaufwandes zur vollständigen Durchführung der Prüfung

c) Hilfestellungen, die vom Betreiber benötigt werden

d) Informationen über alle unumgänglichen Beeinträchtigungen im Gebäude oder seiner Versorgungseinrichtungen während der Prüfung; z. B. die Entnahme von Boden- oder Deckenplatten, Abschaltung von Lüftungsanlagen oder sonstiger Betriebsmittel, das Offen- oder Geschlossenhalten von Türen

e) Notwendigkeit, die Löschanlage außer Betrieb zu nehmen/zu blockieren

f) Notwendigkeit Brandmelder und sonstige Melder (z. B. Alarmanlagen etc.), die von der Messung bzw. den Arbeiten im Prüfraum beeinflusst werden können und somit abzuschalten sind

5.5 Bewertung des Prüfraumes

5.5.1 Allgemein

Es muss eine Skizze vorliegen oder erstellt werden, aus der folgende Angaben hervorgehen:

a) Größe und Geometrie des leeren Prüfraums sowie der Umgebung

b) Größe und Lage von Türen und anderen Öffnungen, durch die während der Prüfung Luft strömt

c) Größe und Lage aller Kanäle, die in den Prüfraum führen, wenn erforderlich (alternativ können auch die Planungsunterlagen der lüftungstechnischen Einrichtungen beigefügt werden)

d) Lage und Funktion aller in Kanälen eingebauter Klappen, wenn erforderlich (alternativ können auch die Planungsunterlagen der lüftungstechnischen Einrichtungen beigefügt werden)

e) Betriebszustand aller Türen, Luken, Klappen oder anderer wichtiger Einrichtungen (z. B. Ventilatoren) während der Haltezeit, d. h. offen, geschlossen, an- oder ausgeschaltet

f) Größe und Lage der Zugangsöffnung(en), welche für den Einbau der Gebläseeinheit(en) vorgesehen sind und

g) Größe und Lage von Abflüssen und Bodeneinläufen, wenn erforderlich (alternativ können auch die Planungsunterlagen der HKL Einrichtungen beigefügt werden)

5.5.2 Durchmischung während der Haltezeit

Prüfräume mit kontinuierlicher Durchmischung sind Räume, in denen sich (z. B. aufgrund von im Brandfall weiterlaufenden Umluft-Lüftungsanlagen) keine absinkende Grenzschicht ausbilden kann und während der Haltezeit im gesamten Prüfraum eine einheitliche Löschgaskonzentration aufrechterhalten wird.

Prüfräume ohne kontinuierliche Durchmischung sind Räume, in denen während der Haltezeit keine signifikante, mechanisch oder thermisch verursachte Durchmischung stattfindet.

Wenn nicht sicher feststellbar ist, ob es sich um einen Prüfraum mit oder ohne kontinuierliche Durchmischung handelt, ist die Berechnung der Haltezeit für beide Situationen durchzuführen (entsprechend Abschnitt 5.8.9 und Abschnitt 5.8.10). Der geringere der beiden ermittelten Werte für die Haltezeit ist zu verwenden.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

5.6 Messung des Prüfraumes

5.6.1 Standard-Räume ohne kontinuierliche Durchmischung

Standard-Räume haben eine einheitliche horizontale Querschnittsfläche sowie horizontale obere und untere Begrenzungen. Das Volumen des Prüfraumes ist erforderlichenfalls zu vermessen; aufzuzeichnen sind:

a) die Gesamthöhe des Prüfraumes, H_O

b) die erforderliche für die Haltezeit zu berücksichtigende Höhe, H

c) das Bruttovolumen des Prüfraumes, V

5.6.2 Räume mit unregelmäßigen Umfassungsflächen ohne kontinuierliche Durchmischung

Für Räume mit unregelmäßigen Umfassungsflächen ohne Durchmischung ist die Anwendbarkeit und ggf. die Verfahrensweise im Einzelfall zu prüfen (Rücksprache mit VdS).

5.6.3 Räume jeglicher Geometrie mit kontinuierlicher Durchmischung

Als Gesamthöhe des Raumes (H_O) ist die Höhe vom niedrigsten Punkt im Prüfraum bis zum höchsten Punkt im Prüfraum anzugeben. Ferner ist das Bruttovolumen des Prüfraumes V zu vermessen und anzugeben. Die Anwendbarkeit und ggf. die Verfahrensweise sind im Einzelfall zu prüfen (Rücksprache mit VdS).

5.6.4 Öffnung zum Einbau der Gebläseeinheit

Wenn die Tür oder eine andere Öffnung, die während der Prüfung durch die Gebläseeinheit ersetzt wird, im Haltezeitzustand signifikante messbare Leckage-Öffnungen aufweist, sind diese zu vermessen und aufzuzeichnen.

Hinweis: Die signifikante Öffnung ist abhängig vom Volumen des jeweiligen Schutzbereichs einer Gaslöschanlage. Je größer das Raumvolumen desto geringer ist der Einfluss, so ist z. B. ab ca. 500 m³ eine Leckage eines um 0,5 cm gekürzten Türblatts nicht mehr von Relevanz.

5.7 Prüfverfahren

5.7.1 Vorbereitung

Papiere und Gegenstände, die durch vom Ventilator erzeugte Turbulenzen beschädigt werden können, sind zu entfernen.

Es sind ausreichend Türen außerhalb des Prüfraums offen zu halten, um einen geeigneten Rückströmpfad für die Luft zwischen Gebläseeinheit und den Leckagen in der Umfassungsfläche des Prüfraumes herzustellen. Bei einem handelsüblichen Messsystem und dessen Luftförderleistung sind Öffnungsflächen von 2 m^2 (übliche Türgröße) ausreichend. Alle Anforderungen an die Einrichtung einschließlich der Anforderungen an Sicherheit, Brandschutz und Umwelteinschränkungen, müssen erfüllt werden. Andernfalls sind entsprechende Ersatzmaßnahmen notwendig.

Alle Einrichtungen der Lüftungsanlage und der Löschmittelabsaugung werden in den Zustand versetzt, in dem sie sich während der Haltezeit befinden (siehe Dokumentation gemäß Abschnitt 5.5).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Ausgenommen hiervon sind Umwälzlüftungen ohne Frischluftzufuhr oder Absaugung im Prüfraum, die zur Vermeidung einer Temperaturerhöhung z. B. in Computern erforderlich sind; diese können während der Prüfung eingeschaltet bleiben, wenn diese weder eine Druckerhöhung noch anderweitige Beeinträchtigungen der Prüfung bewirken. Dieses gilt auch dann, wenn sie bei Auslösung der Löschanlage abgeschaltet werden.

An den Türen sind die Schilder gemäß Abschnitt 5.2 anzubringen.

Innerhalb des Prüfraums sind Türen zu öffnen und Boden- oder Deckenplatten zu entfernen, so dass alle durch die Löschanlage geschützten Bereiche ein zusammenhängendes Volumen ergeben. Platten aus abgehängten Decken dürfen nicht entfernt werden, wenn das Volumen oberhalb der abgehängten Decke nicht durch die Löschanlage geschützt wird.

Anmerkung: VORSICHT – Das Entfernen von Bodenplatten kann die (Arbeits-)Sicherheit gefährden. Es sind geeignete Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.

Alle Türen, Fenster und andere Öffnungen in der Umfassung des Prüfraumes sind in den Zustand zu bringen, in dem sie sich während der Haltezeit befinden.

Der Zustand des Prüfraums sowie der Umgebung und der Einrichtungen während der Haltezeit ist aufzuzeichnen.

5.7.2 Einbau der Gebläseeinheit

Die Gebläseeinheit wird in eine Zugangsöffnung eingebaut, die vom Prüfraum in den Bereich des Gebäudes mit dem größten Volumen führt, so dass die Luft vom Gebläse über den Prüfraum, die Leckagen und den Bereich des Gebäudes zurück zum Gebläse strömen kann.

Zur Vorbereitung und Überprüfung der Druckmesseinrichtungen (z. B. Nullpunkt einstellen) sind die jeweiligen Empfehlungen des Herstellers (Bedienungsanleitung) zu befolgen.

Die Messgeräte zur Ermittlung des Differenzdrucks im Prüfraum und zur Ermittlung des statischen Differenzdrucks am Gebläse (falls erforderlich) werden angeschlossen. Dabei ist sicherzustellen, dass die offenen Enden der flexiblen Schläuche in der Nähe der Gebläseeinheit nicht im Bereich des Gebläseluftstroms oder anderer Luftströme angeordnet sind, die die Messwerte beeinflussen können. Es ist daher zu empfehlen, auf Schlauchenden T-Stücke aufzusetzen.

Mit der/den Gebläseeinheit(en) wird eine Erhöhung oder Verringerung des Druckes im Prüfraum bis zum höchsten erreichbaren, sicheren Druck erzeugt. Für alle Klappen ist zu überprüfen, ob sie vorschriftsmäßig schließen. Das Schließen der Türen und Luken ist ebenfalls zu überprüfen. Wände (ober- und unterhalb abgehängter Decken) und der Boden sind auf größere Leckagen zu untersuchen, deren Größe und Lage ist aufzuzeichnen.

Es ist sicherzustellen, dass zwischen dem Bereich des Gebläses außerhalb des Prüfraumes und entlang der Rückströmpfade um den Prüfraum herum keine die Messung beeinflussende Differenzdrücke (max. 3Pa) bestehen. Dies kann visuell oder mittels Druckmessung erfolgen.

5.7.3 Messung des Ausgangs-Differenzdruckes während der Door-Fan-Prüfung (P_{bt})

P_{bt}, im Folgenden Ausgangs-Differenzdruck (mit Null-Förderung) genannt, wird benötigt, um die gemessene Druckdifferenz zwischen Prüfraum und Umgebung zu korrigieren und die Leckage-Eigenschaften des Prüfraumes zu berechnen. Er ist zu unterscheiden vom Ausgangs-Differenzdruck unter Haltezeitbedingungen P_{bh}, der diese Rolle bei der Berechnung der Haltezeit übernimmt.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Der Ein- bzw. Auslass der Gebläseeinheit ist zu verschließen. Mit der Ablesung des Druckmessgeräts zum Messen des Ausgangs-Differenzdrucks ist zu warten, bis sich die Anzeige soweit wie möglich stabilisiert hat (dies kann bis zu 30 s dauern), ohne dass das/die Gebläse betätigt wird/werden. Anschließend wird der Druck als Mittelwert gemessen, über einen Zeitraum von 15 Sekunden (Mittelung von mindestens 10 Einzelwerten).

Der so ermittelte Ausgangs-Differenzdruck P_{bt} und seine Richtung werden aufgezeichnet: Nach außen gerichtete Drücke erhalten ein positives Vorzeichen, nach innen gerichtete ein negatives. Ist der Absolutwert von P_{bt} größer als 3 Pa (d. h. $|P_{bt}| > 3\ \mathrm{Pa}$), so muss der Ausgangs-Differenzdruck verringert werden, bevor die Dichtheitsprüfung fortgesetzt wird.

Der Ausgangs-Differenzdruck P_{bt} ist durch Abschaltung von Lüftungsanlagen, auch wenn diese während der Haltezeit weiterlaufen, soweit wie möglich zu verringern.

Wenn ein einen Überdruck erzeugendes Zwischenboden-Lüftungssystem nicht abgeschaltet werden kann, können ggf. vorhandene Leckagen im Zwischenboden bei der Messung nicht genau erfasst werden. Während der Prüfung sollten daher so viele Bodenplatten entfernt werden wie notwendig sind, um den Einfluss des Überdruckes im Zwischenboden zu beseitigen. Andernfalls sollten die Leckagen im Zwischenbodenbereich nach Möglichkeit so weit verringert werden, dass sie vernachlässigbar sind.

Anmerkung: VORSICHT – Das Entfernen von Bodenplatten kann die (Arbeits-)Sicherheit gefährden. Es sind geeignete Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.

Bei fluktuierendem Ausgangs-Differenzdruck P_{bt} (z. B. durch Wind hervorgerufen), kann möglicherweise die erforderliche Korrelationsgenauigkeit bei den Door-Fan-Prüfungen nicht erreicht werden. Zur Durchführung einer Door-Fan-Prüfung müssen dann die Fluktuationen verringert werden, indem Leckagepfade zwischen dem Prüfraum und der Ursache des fluktuierenden Druckes abgedichtet werden.

5.7.4 Durchzuführende Messreihen

Die Leckagerate wird aus zwei Messreihen ermittelt: der Überdruckmessung (Leckage von innen nach außen) und der Unterdruckmessung (Leckage von außen nach innen). In jeder Messreihe werden mittels verschiedener Gebläsevolumenströme Differenzdrücke gegenüber der Umgebung aufgebaut und gemessen.

Mit der Gebläseeinheit ist im Prüfraum ein möglichst großer Über- bzw. Unterdruck aufzubauen, jedoch maximal 60 Pa, da sich bei höheren Differenzdrücken die Strömungseigenschaften der Leckagepfade ändern können. Die Anzeige des Differenzdrucks im Prüfraum muss sich dann (bis zu 30 s) stabilisieren, und der beobachtete Wert P_{messP} bzw P_{messD} ist aufzuzeichnen: Nachdem sich das Gebläse und die Messgeräte stabilisiert haben, sollte der Mittelwert über ein Intervall von 10 s oder mehr, wenn Fluktuationen beobachtet werden, verwendet werden.

Die Unterdrücke erhalten für die weitere Auswertung ein negatives Vorzeichen. Dieser Vorgang ist für mindestens vier weitere Ventilator-Strömungsraten zu wiederholen, so dass fünf Messwerte für die Überdruck- und fünf Messwerte für die Unterdruckmessung aufgezeichnet werden, die gleichmäßig über den Bereich bis hinunter auf den höheren Wert von 10 Pa oder $10\times |P_{bt}|$ verteilt sind. Für jede Druckdifferenz werden der Luftstrom und der Differenzdruck über die Begrenzung des Prüfraumes gemessen. Wenn stabile Messwerte bei dem minimalen Druck (10 Pa oder $10\times |P_{bt}|$) nicht erzielt werden können, sind die Messungen bis mindestens zu dem niedrigsten Druck durchzuführen, bei dem noch stabile Messwerte möglich sind.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Die Differenzdruckmessung mit Null-Förderung (Ausgangs-Differenzdruck P_{bt}) wird abschließend wiederholt. Wenn der Messwert mehr als 1 Pa von dem Messwert der zu Beginn durchgeführten Differenzdruckmessung mit Null-Förderung abweicht, ist die gesamte Prüfung zu wiederholen.

Die folgenden Lufttemperaturen sind zu messen, vor Beginn und nach Abschluss der Prüfung:

– innerhalb des Raums: T_R
– außerhalb des Raums vor dem Gebläse: T_O
– außerhalb des Raums, auf der Rückseite der verschiedenen Umfassungsflächen des Raums (Wände, Decke, Boden): $T_{1,2,...}$

5.7.5 Vor-Ort-Überprüfung der Volumenstrommessung (field calibration check)

Die äquivalente Leckagefläche des Prüfraumes (Mittelwert von Über- und Unterdruck) wird mit Hilfe der Gleichungen 5 - 10 und 5 - 12 (für einen geeigneten Referenz-Differenzdruck berechnet. Dieser Wert sollte vorzugsweise innerhalb und möglichst in der Mitte des Bereiches der verwendeten Prüfraum-Differenzdrücke liegen.

In einer Platte aus festem Material, weniger als 3 mm stark und ohne Öffnungen, wird eine scharfkantige kreisrunde Prüföffnung geschnitten. Die Fläche der Öffnung muss groß genug sein, um einen leicht messbaren Anstieg in der Leckagerate des Prüfraumes zu verursachen, aber nicht so groß, dass ein anderer Bereich des Gebläses verwendet werden muss, um die angestiegene Strömungsrate zu erfassen. In der Regel ist hierzu eine geometrische Fläche von etwa 50 % der äquivalenten Öffnungsfläche geeignet. Falls möglich, ist die Platte in einem nicht verwendeten Teil der Gebläseeinrichtung einzubauen. Andernfalls ist die Platte in einer anderen geeigneten Öffnung des Prüfraumes zu installieren; hierbei ist zu beachten, dass dies die Leckage-Eigenschaften des Prüfraumes ändert und damit die Genauigkeit der Überprüfung der Prüfeinrichtung vor Ort verringert.

Die Gebläseeinheit und die Öffnung werden verschlossen, die Messung des Ausgangs-Differenzdruckes während der Door-Fan-Prüfung (Abschnitt 5.7.3) wiederholt und der Wert von P_{bt} aufgezeichnet.

Die Prüföffnung wird geöffnet und die Messung der Leckagerate (Abschnitt 5.7.4) wiederholt.

Die äquivalente Leckagefläche des Prüfraumes mit Prüföffnung (Mittelwert von Über- und Unterdruck) wird mit Hilfe der Gleichungen 5 - 10 und 5 - 12 für den verwendeten Referenz-Differenzdruck berechnet.

Die gemessene äquivalente Leckagefläche der Prüföffnung ist die äquivalente Leckagefläche des Prüfraumes mit Prüföffnung abzüglich der äquivalenten Leckagefläche des Prüfraumes allein.

Die Vor-Ort-Überprüfung der Volumenstrommessung ist akzeptabel, wenn die gemessene äquivalente Leckagefläche der Prüföffnung im Bereich von +/- 15 % ihrer geometrischen Fläche liegt. Ist die Abweichung größer als 15 %, muss die Door-Fan-Prüfeinrichtung neu kalibriert werden.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

5.7.6 Messung des Leckagen-Differenzdruckes unter Haltezeitbedingungen (P_{bh})

P_{bh}, im Folgenden Leckagen-Differenzdruck genannt, ist der Differenzdruck unter Haltezeitbedingungen, der für die Berechnung der Haltezeit benötigt wird.

Der Prüfraum, seine Umgebung und die Einrichtungen sind in den Zustand zu versetzen, in dem sie sich während der Haltezeit befinden – dabei sind die Informationen aus Abschnitt 5.5 zu verwenden.

Der Leckagen-Differenzdruck P_{bh} ist über so viele Grenzflächen des Prüfraumes wie möglich zu messen.

Bei Anzeige eines Differenzdruckes sind der Luftstrom und seine Richtung mit Hilfe von Rauch festzustellen. Bestätigt sich die Anzeige, ist der Differenzdruck als Leckagen-Differenzdruck (P_{bh}) aufzuzeichnen. P_{bh} ist negativ, wenn der Druck im Prüfraum geringer ist als in dem benachbarten Bereich.

Bei einem großen Prüfraum oder bei einem weitgehend durch Wind oder Staueffekte verursachten Leckagen-Differenzdruck wird die Messung an einer oder mehreren anderen Zugangsöffnungen wiederholt. Alle Messwerte werden aufgezeichnet; der größte positive Wert (oder, falls nur negative Werte aufgezeichnet wurden, der Wert, der Null am nächsten liegt) stellt den Leckagen-Differenzdruck dar.

Falls der Zahlenwert des Leckagen-Differenzdruckes 25 % des Ausgangs-Druckes der Löschgas-/Luft-Säule (siehe Gleichung 5 - 15) überschreitet, d. h. $|P_{bh}| > 0.25\ P_{mi}$, so ist die Haltezeit wahrscheinlich zu kurz, d. h. im Prüfraum wird die vorgeschriebene Löschmittel-Konzentration nicht lange genug aufrechterhalten. Die Ursache für übermäßigen Leckagen-Differenzdruck sollte ermittelt und nach Möglichkeit dauerhaft beseitigt werden, um eine unzulässige negative Beeinflussung der Haltezeit auszuschließen.

Hinweis: Bei kleinen Raumhöhen, wie z. B. bei Kabelböden, hat der Leckage-Differenzdruck sehr großen Einfluss auf die Haltezeit.

5.8 Berechnung

5.8.1 Symbole

Zur Berechnung werden folgende Zeichen für Größen und folgende Einheiten verwendet:

A_e	effektive Leckagefläche	(m^2)
C	Start-Konzentration des Löschgases in Luft im Prüfraum zu Beginn der Haltezeit	(Vol.-%)
C_{min}	Mindestkonzentration des Löschgases in Luft im Prüfraum in der Höhe H am Ende der Haltezeit – nicht weniger als die Löschkonzentration	(Vol.-%)
ELA	äquivalente Leckagefläche	(m^2)
F	unterer Leckageanteil, effektive Fläche der unteren Leckagen dividiert durch die effektive Fläche aller Leckagen	(-)
g_n	Erdbeschleunigung (= 9,81)	(m/s^2)
H	erforderliche, für die Haltezeit zu berücksichtigende Höhe – d. h. die Höhe, in der am Ende der Haltezeit noch c_{min} gefordert ist	(m)
H_0	Gesamthöhe des Prüfraumes	(m)
H_e	Höhe der äquivalenten scharfen Grenzschicht	(m)
k_1	Gemittelter Leckage-Koeffizient (siehe Gleichung 5 - 8)	($m^3\ s^{-1}\ Pa^{-n}$)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

k_2	Hilfskonstante (siehe Gleichung 5 - 20)	($m^{3-2n}\ s^{-1+2n}$)
k_3	Hilfskonstante zur Vereinfachung (siehe Gleichung 5 - 21)	(m/s^2)
k_4	Hilfskonstante zur Vereinfachung (siehe Gleichung 5 - 22)	(Pa m^3/kg)
k_T	Korrekturfaktor für die Haltezeit (siehe Gleichung 5 - 23)	(-)
n	Gemittelter Leckage-Koeffizient (siehe Gleichung 5 - 9)	(-)
P_{messP}	Gemessene Raumdrücke der Überdruck-Messreihe	(Pa)
P_{messD}	Gemessene Raumdrücke der Unterdruck-Messreihe	(Pa)
P_f	durch das Gebläse erzeugter Differenzdruck	(Pa)
P_{mi}	Startdruck der Löschgas-/Luft-Säule	(Pa)
P_{mf}	Enddruck der Löschgas-/Luft-Säule	(Pa)
P_{bt}	Ausgangs-Differenzdruck zur Zeit der Door-Fan-Prüfung	(Pa)
P_{bh}	Leckagen-Differenzdruck während der Haltezeit	(Pa)
P_c	atmosphärischer Druck während der Kalibrierung des Gebläses	(bar)
P_t	atmosphärischer Druck während der Door-Fan-Prüfung	(bar)
P_{ref}	Referenz-Differenzdruck für die Bestimmung der äquivalenten Leckagefläche (10 Pa)	(Pa)
Q_f	gemessener Luftvolumenstrom durch das Gebläse	(m^3/s)
Q_L	Leckagevolumenstrom	(m^3/s)
Q_{ref}	Referenzvolumenstrom zur Bestimmung der äquivalenten Leckagefläche	(m^3/s)
ΔT	Mittlere Differenz der Lufttemperaturen inner- und außerhalb des Prüfraumes unter Haltezeitbedingungen	(°C)
T_M	Mittlere Lufttemperatur außerhalb des Prüfraumes während der Door-Fan-Messung	(°C)
T_O	Lufttemperatur außerhalb des Prüfraumes, am Ort der Door-Fan-Messung	(°C)
T_C	atmosphärische Temperatur während der Kalibrierung des Gebläses	(°C)
T_R	Temperatur im geprüften Raum	(°C)
t	theoretische Haltezeit	(s)
V	Bruttovolumen des Prüfraumes	(m^3)
ρ_a	Dichte von Luft (1,205 bei 20 °C und 1013,25 hPa)	(kg/m^3)
ρ_{mf}	Dichte des Löschgas-/Luft-Gemisches bei der Konzentration c_{min}, 20 °C und 1013,25 hPa Atmosphärendruck	(kg/m^3)
ρ_{mi}	Dichte des Löschgas-/Luft-Gemisches bei der Start-Konzentration c, 20 °C und 1013,25 hPa Atmosphärendruck	(kg/m^3)
ρ_m	Dichte des Löschgas-/Luft-Gemisches bei 20 °C und 1013,25 hPa Atmosphärendruck	(kg/m^3)
ρ_e	Dichte des Löschgases bei 20 °C und 1013,25 hPa Atmosphärendruck	(kg/m^3)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

5.8.2 Umgebungstemperatur

Die gemäß Abschnitt 5.7.4 aufgezeichneten Temperaturen außerhalb des Raums, auf der Rückseite der verschiedenen Umfassungsflächen des Raums (Wände, Decke, Boden), werden als mittlere Umgebungstemperatur T_M zusammengefasst.

Für die Mittelung sind die Temperaturen entsprechend der Anteile an der Umfassungsfläche zu gewichten:

$T_M = \frac{1}{A_{total}} \times (A_1 T_1 + A_2 T_2 + \cdots)$	5 - 1

$T_M = \frac{\sum A_i T_i}{A_{total}}$, $A_{total} = \Sigma A_i$	5 - 2

Falls Leckagen bekannt sind, so kann hiervon abgewichen werden, und die Flächen mit den bekannten Leckagen dürfen stärker berücksichtigt werden.

Neben den Temperaturen zum Zeitpunkt der Door-Fan-Messung sind auch die Temperaturdifferenzen während der Haltezeit zu bestimmen. Hierfür genügt eine begründete Schätzung. Es ist stets der ungünstigste Fall anzunehmen. Folgende Werte können im Flutungsbereich angenommen werden:

- Inertgase Absenkung um 10 bis 15 Kelvin
- CO_2 Absenkung auf -78°C
- Halogenierte Kohlenwasserstoffe Absenkung um 30 bis 40 Kelvin

Ausschlaggebend sind besonders die Temperaturdifferenzen an den Wänden mit Leckagen.

– Für Löschgase schwerer als Luft ist das die niedrigste Raumtemperatur nach der Flutung sowie die höchsten Temperaturen außerhalb des Raums, auf der Rückseite der verschiedenen Umfassungsflächen des Raums.
– Für IG100 ist das die größere der beiden möglichen Differenzen:
  – höchste Raumtemperatur nach der Flutung und die niedrigsten Temperaturen außerhalb des Raums
  – höchste Temperaturen außerhalb des Raums und niedrigste Raumtemperatur nach der Flutung

5.8.3 Drücke und Leckagevolumenströme bei Unter- und Überdruck

Aus den gemessenen Werten werden die Leckagekoeffizienten des Raums ermittelt. Hierfür sind die Wertepaare aus Differenzdruck P_f und Leckagevolumenstrom Q_L heranzuziehen.

Der Differenzdruck P_f wird aus den gemessenen Werten P_{mess} durch Subtraktion des Ausgangs-Differenzdruck berechnet. Dabei sind die Vorzeichen von P_{bt}, P_{messP} und P_{messD} zu beachten: Nach außen gerichtete Drücke erhalten ein positives Vorzeichen, nach innen gerichtete ein negatives.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

$P_f = P_{mess} - P_{bt}$	5 - 3

Anschließend erhalten sämtliche Differenzdrücke für die weitere Auswertung ein positives Vorzeichen.

Die Leckagevolumenströme sind wie folgt aus den gemessenen Gebläsevolumenströmen zu berechnen:

Überdruckmessung:

Bei der Überdruckmessung hat der Gebläsevolumenstrom Q_f die Umgebungstemperatur T_O, der Leckagevolumenstrom Q_L dagegen die Temperatur im geprüften Raum T_R.

Der Leckagevolumenstrom (Überdruck) ist

$Q_L = Q_f \frac{T_R/°C + 273{,}15}{T_O/°C + 273{,}15}$	5 - 4

Unterdruckmessung:

Bei der Unterdruckmessung hat der Gebläsevolumenstrom Q_f die Temperatur im geprüften Raum T_R, der Leckagevolumenstrom Q_L dagegen die mittlere Umgebungstemperatur T_M.

Der Leckagevolumenstrom (Unterdruck) ist

$Q_L = Q_f \frac{T_M/°C + 273{,}15}{T_R/°C + 273{,}15}$	5 - 5

Einflüsse von Luftfeuchte und Viskosität werden vernachlässigt.

5.8.4 Mittlere Leckage-Eigenschaften

Die Messreihen für Über- und für Unterdruck werden zunächst getrennt voneinander ausgewertet, indem unter Verwendung der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die Ausgleichsfunktion

$Q_L = k \times P_f^n$	5 - 6

bzw. für eine lineare Regression

$\log Q_L = \log k + n \times \log P_f$	5 - 7

an die Messwerte gefittet wird. Die Parameter der Ausgleichsfunktion sind die Leckagekoeffizienten k und n. Die beiden Messreihen werden in der Regel unterschiedliche Werte

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

für k und n haben. Es ist zu prüfen, dass der Korrelationskoeffizient jeder Messreihe mindestens $r = 0{,}99$ oder $r^2 = 0{,}98$ beträgt.

Wenn der Korrelationskoeffizient zu niedrig ist, ist wie folgt zu verfahren:

– Überprüfung auf fluktuierenden Ausgangs-Differenzdruck
– Überprüfung, ob sich Klappen, Luken, o. ä. bewegen und
– Wiederholung der Door-Fan-Prüfung

Die Leckagekoeffizienten k und n aus der Über- und die Unterdruckmessung werden nun arithmetisch gemittelt:

$k_1 = \frac{k_{Überdruck} + k_{Unterdruck}}{2}$	5 - 8

$n = \frac{n_{Überdruck} + n_{Unterdruck}}{2}$	5 - 9

5.8.5 Effektive Leckagefläche

Zur Veranschaulichung der Leckageeigenschaften dient die effektive Leckagefläche A_e. Es handelt sich um die Fläche einer kreisrunden scharfkantigen Öffnung, die bei dem Referenz-Differenzdruck P_{ref} dieselben Leckageeigenschaften bewirkt wie die tatsächliche Leckagefläche.

Die effektive Leckagefläche A_e wird nach folgender Gleichung berechnet:

$A_e = Q_{ref}\left(\frac{\rho_a}{2P_{ref}}\right)^{\frac{1}{2}} = k_1 \times {P_{ref}}^{n-\frac{1}{2}} \times \left(\frac{\rho_a}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$	5 - 10

Bei 20 °C und 1,013 bar vereinfacht sich die Gleichung zu:

$A_e = 0{,}7762 \times k_1 \times {P_{ref}}^{n-\frac{1}{2}}$	5 - 11

Die äquivalente Leckagefläche (ELA) kann folgendermaßen berechnet werden:

$ELA = \frac{A_e}{0{,}61}$	5 - 12

Die äquivalente Leckagefläche (ELA) wird für die Vor-Ort-Überprüfung der Volumenstrommessung und zur Identifizierung von vorhandenen Leckagen benötigt.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

5.8.6 Säulendrücke und Gasdichten

Die Dichte des Löschgas-/Luft-Gemisches (bei 20 °C und Start-Konzentration c zu Beginn der Haltezeit) ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$\rho_{mi} = \rho_e \times \frac{C}{100\%} + \rho_a \times \frac{100\% - C}{100\%}$	5 - 13

Für Prüfräume mit Durchmischung wird die Dichte des Löschgas-/Luft-Gemisches (bei 20 °C und Konzentration c_{min}) nach folgender Gleichung berechnet:

$\rho_{mf} = \rho_e \times \frac{C_{min}}{100\%} + \rho_a \times \frac{100\% - C_{min}}{100\%}$	5 - 14

Der Ausgangs-Druck der Löschgas-/Luft-Säule P_{mi} ist nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$P_{mi} = g_n H_0 \times (\rho_{mi} - \rho_a)$	5 - 15

Wenn P_{bh} negativ ist (Unterdruck im Prüfraum bei Haltezeitbedingungen), ist der Enddruck der Säule P_{mf} nach untenstehenden Gleichungen zu berechnen, und es ist zu prüfen, ob P_{mf} größer ist als der Absolutwert von P_{bh}. Wenn dies nicht der Fall ist, sind die Gleichungen zur Berechnung der Haltezeit nicht anwendbar, da der Leckagen-Differenzdruck Strömungsumkehr verursacht.

Für Standard-Prüfräume ohne kontinuierliche Durchmischung:

$P_{mf} = g_n H_e \times (\rho_{mi} - \rho_a)$	5 - 16

wobei

$H_e = H_0 - (H_0 - H) \times \frac{C}{2 \times C_{min}}$	5 - 17

bzw. für den Fall $H = 90\% \times H_0$:

$H_e = H_0 \left(1 - 0.05 \frac{c}{c_{min}}\right)$	5 - 18

Für Prüfräume mit kontinuierlicher Durchmischung:

$P_{mf} = g_n H_0 \times (\rho_{mf} - \rho_a)$	5 - 19

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

5.8.7 Hilfskonstanten

Die Hilfskonstanten k_2, k_3 und k_4 werden nach folgenden Gleichungen berechnet:

$k_2 = k_1 \left(\frac{\rho_a}{2}\right)^n$	5 - 20

$k_3 = \frac{2g_n \times \lvert\rho_{mi} - \rho_a\rvert}{\rho_{mi} + \rho_a \times \left(\frac{F}{1-F}\right)^{\frac{1}{n}}}$	5 - 21

$k_4 = \frac{2 \times \lvert P_{bh}\rvert}{\rho_{mi} + \rho_a \times \left(\frac{F}{1-F}\right)^{\frac{1}{n}}}$	5 - 22

5.8.8 Temperaturkorrektur

Übersteigt die Temperaturdifferenz zwischen Prüfraum und Umgebung unter Haltezeitbedingungen (d. h. nach Flutungsende) einen Wert von 20°C ($|\Delta T| > 20°C$), so ist folgender Korrekturfaktor für die Haltezeit zu wählen:

$k_T = 1 - \lvert\Delta T\rvert \times \frac{0{,}05}{20°C}$	5 - 23

Andernfalls ist $k_T = 1$.

5.8.9 Theoretische Haltezeit: Standard-Prüfräume ohne kontinuierliche Durchmischung

Unter der Annahme einer Löschgas-Verteilung im Prüfraum kann für Standard-Prüfräume ohne kontinuierliche Durchmischung die theoretische Haltezeit t für das Abnehmen der Löschgaskonzentration in der Höhe H von Konzentration C auf Konzentration C_{min} berechnet werden. Die Haltezeit wird für eine scharfe Grenzschicht berechnet, die denselben Säulendruck und dieselbe Leckagerate ergeben würde wie die tatsächliche Löschgas-Verteilung.

In diesem Berechnungsverfahren wird vorausgesetzt, dass

a) der Prüfraum ein Standard-Raum ist

b) $c_{min} \geq 0{,}5 \times c$ ist und

c) zu jedem Zeitpunkt die Löschgaskonzentration von der unteren Begrenzung des Prüfraumes bis in eine bestimmte Höhe gerade die Start-Konzentration c ist; oberhalb dieser Höhe nimmt die Konzentration mit zunehmender Höhe linear ab, bis zum Wert Null an der oberen Begrenzung des Prüfraumes.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Die Höhe H_e der äquivalenten scharfen Grenzschicht wird nach Gleichung 5 - 17 bzw, 5 - 18 berechnet.

Es wird $F = 0{,}5$ angenommen und die theoretische Haltezeit folgendermaßen berechnet:

$$t = \frac{V \times k_T}{H_0} \times \frac{(k_3 \times H_0 + k_4)^{1-n} - (k_3 \times H_e + k_4)^{1-n}}{(1-n) \times k_2 \times F \times k_3} \qquad \text{5 - 24}$$

Wenn $C_{min} < 0{,}5 \times C$, ist die Haltezeit nach Gleichung 5 - 24 zu berechnen, allerdings unter Verwendung von H an Stelle von H_e.

5.8.10 Theoretische Haltezeit: Prüfräume mit kontinuierlicher Durchmischung

Für Prüfräume mit kontinuierlicher Durchmischung wird $F = 0{,}5$ angenommen und die theoretische Haltezeit t für den Abfall der Löschgaskonzentration von der Start-Konzentration C auf die Konzentration C_{min} (siehe VdS 2093 Abschnitt 6.10; für andere Löschgase als CO_2 entsprechend) nach folgender Gleichung berechnet:

$$t = \frac{V \times k_T}{F \times k_2} \times \int_{\rho_{mf}}^{\rho_{mi}} \left(\frac{2 g_n \times H_0 \times |\rho_m - \rho_a|^{\frac{n+1}{n}} + 2|P_{bh}| \times |\rho_m - \rho_a|^{\frac{1}{n}}}{\rho_m + \rho_a \times \left(\frac{F}{1-F}\right)^{\frac{1}{n}}} \right)^{-n} d\rho_m \qquad \text{5 - 25}$$

Die Gleichung ist mit einem geeigneten Näherungsverfahren zu lösen.

6 Behandlung von Prüfräumen mit theoretischen Haltezeiten unterhalb der erforderlichen Werte

6.1 Allgemeines

Falls die nach Abschnitt 5 berechnete theoretische Haltezeit geringer ist als die nach der VdS 2093 (für andere Löschgase als CO_2: entsprechendes Regelwerk) erforderliche Haltezeit, ist nach den folgenden Abschnitten zu verfahren.

6.2 Abdichtung des Prüfraumes

Muss die Abdichtung des Prüfraumes verbessert werden, sind nach Durchführung der Maßnahmen, auf Basis erneuter Door-Fan-Prüfungen gemäß diesen Richtlinien, die neuen theoretischen Haltezeiten zu ermitteln und zu beurteilen. Liegen die ermittelten neuen Haltezeiten über dem erforderlichen Mindestwert, sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

6.3 Erfassung und Lokalisierung der Leckagen

6.3.1 Allgemeines

Die unteren Leckagen sind diejenigen, durch die das Löschgas-/Luft-Gemisch aus dem Prüfraum entweicht; umgekehrt sind die oberen Leckagen diejenigen, durch die Luft in den

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

Prüfraum eindringt. Ist das Luft-Löschgas-Gemisch während der Haltezeit leichter als die Umgebungsluft, so ist das umgekehrt. In einem Prüfraum ohne Leckagen-Differenzdruck kann die mittlere Höhe des Prüfraumes als „neutrale Ebene“ (zwischen Einströmen und Ausströmen) genommen werden. Im Rahmen dieser Beurteilung wird vorausgesetzt, dass die unteren Leckagen unterhalb der neutralen Ebene und die oberen Leckagen oberhalb davon liegen.

Die Door-Fan-Prüfung zeigt nicht die Lage der Leckagen oder den Wert des unteren Leckageanteils *F* an. Es wird von der Voraussetzung ausgegangen, dass der Wert für $F = 0{,}5$ beträgt, wobei alle unteren Leckagen am Boden des Prüfraumes und alle oberen Leckagen (die der Fläche der unteren Leckagen entsprechen) an der Decke des Prüfraumes liegen. Das ist der ungünstigste Fall, und es ergibt sich der kleinste Wert für die Haltezeit.

Falls einige untere Leckagen oberhalb des Bodens des Prüfraumes liegen oder einige obere Leckagen unterhalb der Decke des Prüfraumes, wird die Haltezeit zu gering eingeschätzt; eine einfache mathematische Behandlung dieses Falls ist jedoch nicht möglich.

Die Schätzung der Haltezeit ergibt auch dann einen zu geringen Wert, wenn F nicht $0{,}5$ beträgt. Dieser Einfluss kann berechnet werden.

6.3.2 Potential einer Schätzung des unteren Leckageanteils F

Ob die Abschätzung des unteren Leckageanteils F sinnvoll ist, kann überprüft werden, indem eine erneute Haltezeitberechnung durchgeführt wird, bei der $F = 0{,}15$ angenommen wird. Falls der berechnete Wert über dem erforderlichen Mindestwert der Haltezeit liegt, ist eine Schätzung des tatsächlichen Wertes von F unter Verwendung der im folgenden Abschnitt beschriebenen Methode durchzuführen.

6.3.3 Verfahren zur Schätzung des unteren Leckageanteils F

Obere Leckagen, z. B. Klappen, die mit Hilfe von Rauch ermittelt werden können, sind vorübergehend abzudichten. Die Door-Fan-Prüfung wird wiederholt, und die verringerte äquivalente Leckagefläche ELA_2 wird gemäß Abschnitt 5.8.5 berechnet.

Die Abdichtungen der oberen Leckagen ist wieder zu entfernen, und untere Leckagen, die mit Hilfe von Rauch ermittelt werden können, sind vorübergehend abzudichten. Die Door-Fan-Prüfung wird wiederholt und die verringerte äquivalente Leckagefläche ELA_3 wird gemäß Abschnitt 5.8.5 berechnet.

Auf diese Weise kann die Fläche der vorübergehend abgedichteten oberen und unteren Leckagen bestimmt werden; für die übrige Öffnungsfläche wird von 50 % oberen Leckagen und 50 % unteren Leckagen ausgegangen. Der neue Wert für F wird nach folgender Gleichung berechnet, dabei ist ELA_1 der in der ursprünglichen Messung ermittelte Wert für ELA:

$F = 0{,}5 \times \frac{ELA_1 + ELA_2 - ELA_3}{ELA_1}$	6 - 1

6.3.4 Berechnung der Haltezeit mit dem geschätzten unteren Leckageanteil

Unter Verwendung des bestimmten Wertes für F wird die Haltezeit mit Hilfe der Gleichungen gemäß Abschnitt 5.8.9 bzw. 5.8.10 neu berechnet. F sollte nicht größer als $0{,}5$ und

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

nicht kleiner als $0{,}15$ sein. Wenn F kleiner ist als $0{,}15$, ist $0{,}15$ zu verwenden. Wenn F größer ist als $0{,}5$, ist $0{,}5$ zu verwenden (Falls F größer ist, könnte durch die unteren Leckagen Luft einströmen).

7 Prüfbericht

Folgende Angaben sind als Mindestdokumentation zur durchgeführten Messung erforderlich:

- Prüfobjekt (Name, Anschrift, Betreiber)
- VdS-Anerkennungsnummer des Prüfunternehmens
- Prüfer
- Datum der Prüfung
- Beschreibung der Löschanlage (je Löschbereich)
  - Raumnutzung (z. B. Schaltanlage, EDV, etc…)
  - Schutzumfang (Zwischendecke, Raum, Doppelboden)
  - Raumgeometrie (Grundfläche, Höhe, Volumen)
  - Löschmittel und Löschmittelmenge
  - Auslegungs-/ und Haltekonzentration
  - Geforderte Haltezeit
- Auflistung aller Mess- und Prüfeinrichtungen mit Angaben
  - Inventarnummer
  - Messgenauigkeit
- Falls vorhanden, Name von Auswertedatei-/programm mit Versionsnummer
- Bestätigung der Haltezeitermittlung auf Grundlage der VdS 3877
- Zustand des Prüfraums (je Löschbereich) während der Haltezeit
  - Auflistung und Beschreibung aller Öffnungen in der Raumumfassung (Türen, Kanäle, Druckentlasung, etc…) mit Zustand
  - Auflistung aller Betriebsmittel (Anlagen der Raumnutzung wie EDV- oder Schaltanlagen, Lüftungsanlagen, Umluftanlagen, etc…) mit Zustand
- Zustände der zum Prüfraum angrenzenden Räume mit deren Betriebsmitteln insbesondere Lüftungsanlagen oder andere Anlagen, die zu Raumüber- und unterdrücken führen
- Grundlage für die eingestellten Zustände des Prüfraums während der Haltezeit (z. B. nach Vorgabe des Betreibers, Vorgabe durch…)
- Dokumentation der Messbedigungen (wo erforderlich je Löschbereich)
  - Atmosphärischer Druck - P_t
  - Lufttemperatur im Prüfraum - T_R
  - Lufttemperatur außerhalb des Prüfraums - T_0
  - Ausgangsdifferenzdruck - P_{bt}
  - Angenommener unterer Leckageanteil F
- Dokumentation der Über- und Unterdruck- Messreihen (je Löschbereich)
  - Angabe der im Prüfraum eingestellten Drücke mit den dazu erforderlichen Drücken/ Volumenströmen am eingesetzten Ventilator
  - Korrelationskoeffizient jeder Messreihe
  - Bestätigung der Messgüte (field calibration check)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12

- Falls erforderlich Angabe des ermittelten Leckagendifferenzdrucks P_{bh} mit Zustandsbeschreibung der Betriebsmittel in den angrenzenden Räumen
- Unter Angabe des Referenz-Differenzdrucks P_{ref} ermittelte Leckagen (je Löschbereich)
  - Effektive Leckageflächen A_e der Über- und Unterdruckmessung
  - Äquivalente Leckageflächen ELA der Über- und Unterdruckmessung
  - Mittlere äquivalente Leckagefläche ELA
- Beschreibung der Leckageeigenschaften (je Löschbereich)
  - Angabe Leckagekoeffizient - k_1
  - Angabe Leckagekoeffizient - n
- Geforderte Haltezeit (je Löschbereich)
- Ermittelte Haltezeit (je Löschbereich) gemäß Rechenmodell (Schichtmodell oder Mischmodell) nach diesen Richtlinien
- Ermittelte Leckagen
  - Größe und Lage im Prüfraum
  - Evtl. durchgeführte Abdichtungsmaßnahmen vor Wiederholungsmessungen
- Bewertung der Messergebnisse

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.202 am 23.11.2026 - 07:12