

Studie: Notwendigkeit wiederkehrender Überprüfungen

Moderne Gasfeuerungsanlagen

Dr. Rudolf Rawe, Dr. Theo Wember, Björn Gropengießer, Achim Wirth*

Von jährlich bis gar nicht reicht in den einzelnen Bundesländern die Spanne zur Überprüfung moderner Gasfeuerstätten durch das Schornsteinfegerhandwerk. Ein von dessen Bundesverband vor diesem unbefriedigenden Hintergrund initiiertes Gutachten empfiehlt Überprüfungstätigkeiten und -intervalle.

Die Entwicklung der Gasgeräte hat in den letzten Jahren zu grundsätzlich neuen Lösungen, wie der Brennwertnutzung, schadstoffarmen, überstöchiometrischen Vormischbrennern, weitgehend bis vollständig verbrennungsluftumspülte Abgasführung ohne Strömungssicherung und der Installation im Dachgeschoß mit kurzen senkrechten Luft- bzw. Abgasführungen ohne Schornstein, geführt. Mangels ausreichender Erfahrung wird die Sicherheit moderner Gasfeuerstätten unterschiedlich beurteilt. Dies führte dazu, daß die Überprüfung durch das Schornsteinfegerhandwerk von den zuständigen Ministerien in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich geregelt ist. Während in einigen Bundesländern gar nicht überprüft wird, finden in anderen

* Prof. Dr.-Ing. Rudolf Rawe (Fax 02 09/9 59 63 23, eMail: dekanat3@fh-ge.de), Dipl.-Ing. Björn Gropengießer und Dipl.-Ing. Achim Wirth vom Fachbereich Ver- und Entsorgungstechnik der Fachhochschule Gelsenkirchen fertigten dieses Gutachten gemeinsam mit dem Dipl.-Statistiker Dr. rer. nat. Theo Wember aus Waltrop im Auftrag des ZIV für das Schornsteinfegerhandwerk im August 1998.



Bild 1 Ablagerungen in Verbindungsstücken aus Aluminium



Bild 2 Riefenförmiger Abtrag des Aluminiums

Bundesländern Überprüfungen in ein- oder zweijährigen Abständen statt.

Vor diesem unbefriedigenden Hintergrund beauftragte der Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks die Fachhochschule Gelsenkirchen mit der Durchführung eines Gutachtens über die Notwendigkeit von wiederkehrenden Überprüfungstätigkeiten an folgenden Feuerungsanlagen:

- C₃-Geräte in konventioneller und Brennwertausführung
- Raumluftabhängige Brennwertfeuerstätten mit Überdruck-Abgasleitungen im Schacht
- Raumluftunabhängige Brennwertfeuerstätten mit konzentrischen Überdruck-Abgasleitungen im Schacht

Das Gutachten wurde begleitet von einem Gesprächskreis des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW), bestehend aus Vertretern der Gas-

wirtschaft, der Geräteindustrie, des Heizungsfachhandwerks und des Schornsteinfegerhandwerks.

Vorgehensweise

Im Rahmen der Bearbeitung wurden zunächst bekannte Schadensfälle aus der Praxis analysiert. Daraufhin wurde mit einer systematischen Erfassung von Schadensfällen mit Hilfe einer bundesweiten Fragebogenaktion begonnen, um eine Übersicht möglichst aller praktisch vorkommender Mängel und ihrer Ursachen zu erhalten.



Bild 3 Perforationen an Aluminiumabgasleitung



Bild 4 Perforationen an Edelstahlabgasleitungen

Zeitgleich wurde ein Prüfstand errichtet, um die Auswirkungen typischer in der Praxis vorgefundener Schadensfälle auf die Sicherheit des Anlagenbetreibers zu beurteilen. Um die Anzahl der Versuche aufgrund der vielfältigen Einflußgrößen zu begrenzen, wurde ergänzend ein Rechenmodell entwickelt.

Die Ergebnisse von Messung und Rechnung belegen übereinstimmend, daß eine Gefährdung des Anlagenbetreibers oftmals nur durch eine Kombination mehrerer Störungsfälle gegeben ist. Um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer oder mehrerer voneinander unabhängiger Störungsfälle zu ermitteln, wurde eine bundesweite repräsentative statistische Erhebung durchgeführt. Aufgrund der hieraus gewonnenen Erkenntnisse wurden abschließend Überprüfungsintervalle und -intervalle empfohlen.

nahme vor Ort erleichtern sollten. Es wurden bei allen Gerätekategorien Abgasaustritte in den Aufstellraum, hohe CO-Gehalte im Abgas, Undichtigkeiten, Korrosionserscheinungen sowie Querschnittsveränderungen im Luft- bzw. Abgasweg festgestellt.

Bei den raumluftabhängigen Brennwertgeräten wurden zudem mangelhafte Lüftungsbedingungen vorgefunden, bei den raumluftunabhängigen Feuerstätten Abgasaustritte in den Ringspalt. Bei den konventionellen Feuerstätten der Art C₃ fanden sich zudem erhöhte Oberflächentemperaturen. Hinzu kommen diverse Einzelmängel, wie Verpuffung, Feuerstätte ausgebrannt, Riß im Wärmetauscher und Gerätesiphon demontiert.

Die vorgefundenen Korrosionen lassen sich in drei Erscheinungsformen unterteilen:

- Feste Ausblühungen/Ablagerungen in Verbindungsstücken aus Aluminium, bei fehlendem Gefälle zur Feuerstätte. Die Korrosionsprodukte können hierbei den freien Querschnitt um bis zu 30 % verringern.

- Korrosionslöcher infolge von riefenförmigem Abtrag des Aluminiums durch Kondensat (Bild 2). Diese Erscheinungsform wird vor allem dann beobachtet, wenn durch Verwendung unterschiedlicher Materialien eine Konzentrationsanreicherung des Kondensats in Fließrichtung möglich ist (Feuerstätte → Aluminiumleitung → Kunststoffleitung → Mündung).

- Perforationen an Aluminium- (Bild 3) und Edelstahlabgasleitungen (Bild 4) auf der gesamten Oberfläche (Halogene).

Die Ablagerungen infolge von fehlendem Gefälle, sowie der Aluminiumabtrag durch Kondensat wurde sowohl bei raumluftabhängigen als auch bei raumluftunabhängigen Brennwertfeuerstätten vermehrt festgestellt. Die Perforationen wurden vereinzelt an raumluftabhängigen Brennwertfeuerstätten vorgefunden.

Fragebogenaktion über mangelhafte Anlagen in der Praxis

Die Rückmeldungen aus der Praxis sollten bundesweit alle möglichen Störungsfälle und zudem Hinweise auf die Ursachen aufzeigen. Sie bilden den Ausgangspunkt für die nachfolgend beschriebenen Laboruntersuchungen. Da die Resonanz der Rückmeldungen zunächst eher gering war, wurden Fragebögen entwickelt, die die Mängelauf-

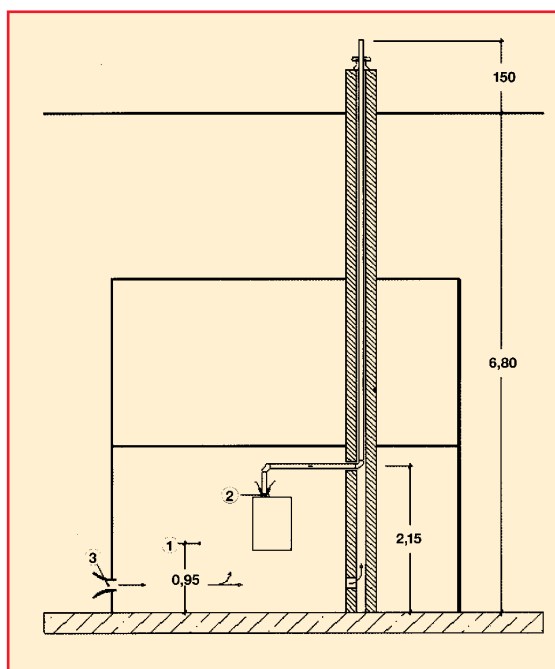


Bild 5 Prüfstand

Laboruntersuchungen raumluftabhängiger Brennwertfeuerstätten mit Abgasleitung im Schacht

Raumluftabhängige Gasgeräte der Art B₂ ohne besondere Dichtigkeit entnehmen die Verbrennungsluft dem Aufstellraum, der über eine Zuluftöffnung mit dem Freien

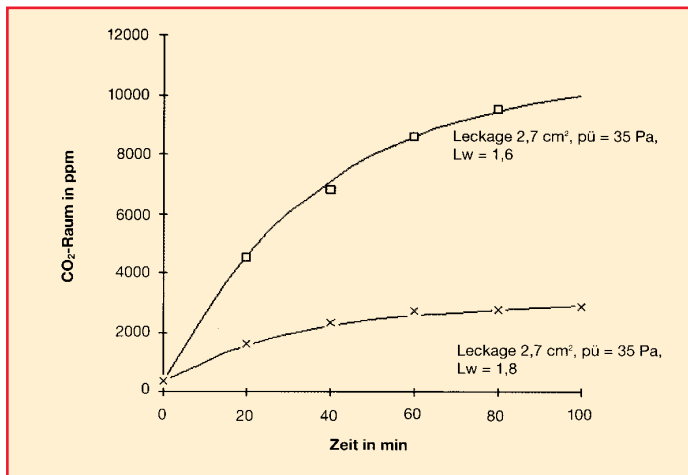


Bild 6 Vergleich Rechnung/Messung

- Druckverhältnisse im Abgas (2)
- Luftwechsel (3)
- Abgaskonzentration (2)
- Druckverhältnisse im Raum

Der Prüfstand besteht aus zwei dichten Kammern mit den Abmessungen 3500 × 3000 × 2500 mm (L/B/H), die übereinander angeordnet sind. Außerdem ist eine Abgasanlage vorgesehen, bestehend aus einem äußeren Schornsteinschacht und einer inneren Aluminiumabgasleitung DN 80, die durch das Hallendach ins Freie geführt wird.

Versuchsdurchführung

Im Rahmen der Versuchsreihen wurden die Parameter Leckagegröße, Druck in der Abgasleitung und Luftwechsel variiert. Die Geräte wurden mit Nennwärmeleistung betrieben, wobei ein Teil des Abgases über die Leckageöffnungen in den Raum strömte. Die Versuchsdauer betrug maximal 120 Minuten, wobei nicht immer stationäre Zustände erreicht wurden. In Bild 6 wird die Anreicherung der Raumluft mit CO₂ als Indikator für Abgasaustritt bei zwei verschiedenen Überdrücken als Funktion der Zeit dargestellt. Die Linienzüge sind Rechenwerte, die eingetragenen Symbole Meßwerte. Die Übereinstimmung ist bemerkenswert gut. Bei den Versuchen stellte sich unter den gegebenen Randbedingungen Überdrücke von 3 Pa ein. Um den Einfluß höherer Drücke aufzuzeigen, wurde der Austrittsquerschnitt an der Mündung verkleinert, so daß sich Überdrücke von ca. 40 Pa einstellten.

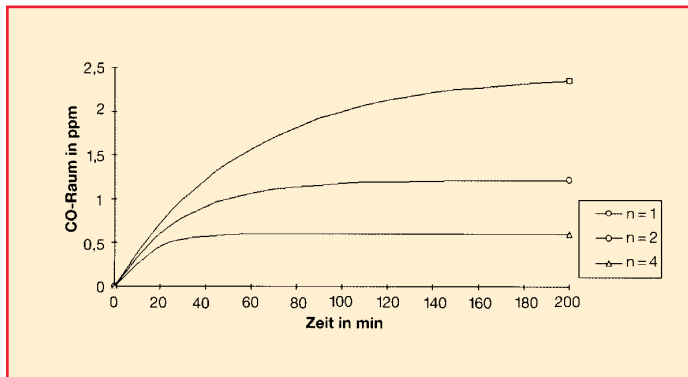


Bild 7 Einfluß des Luftwechsels bei einem CO-Gehalt im Abgas von 40 ppm und 5 Pa Überdruck, Leckagequerschnitt 2,7 cm², Raumvolumen 25,7 m³

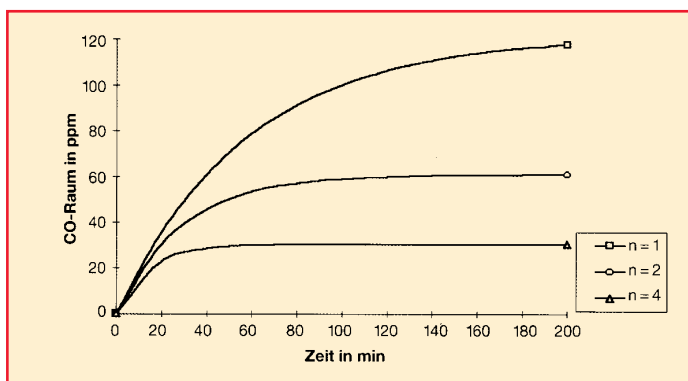


Bild 8 Einfluß des Luftwechsels bei einem CO-Gehalt im Abgas von 1000 ppm und 20 Pa Überdruck, Leckagequerschnitt 2,7 cm², Raumvolumen 25,7 m³

verbunden ist. Die gebläseunterstützte Abgasführung erfolgt über horizontale und vertikale Abgasleitungen, die für Überdruck ausgelegt sind. Außerhalb des Aufstellraumes muß die vertikale Abgasleitung in einen Schacht verlegt werden. Dieser muß hinterlüftet sein, um eventuell austretendes Abgas gefahrlos über Dach abzuführen. Aufgrund von Undichtigkeiten im Abgasweg kann im Aufstellraum eine Anreicherung

der Raumluft mit Abgas stattfinden. Ursachen für derartige Undichtigkeiten sind z. B. Korrosion, Alterung von Dichtungen, unfachmännische Arbeiten an Abgasleitungen (z. B. durch Heimwerker).

Versuchsaufbau

Um realistische Randbedingungen sicherzustellen und um Berechnungen zu validieren, wurde ein Prüfstand errichtet, in dem die Raumluftkonzentrationen bei Abgasaustritt experimentell ermittelt werden konnten (Bild 5). Er erlaubt die meßtechnische Erfassung von:

- Raumluftkonzentration (1)
- Zuluft (3)

Berechnung von Raumluftzuständen bei Variation von Parametern unter Vorgabe einer Leckage

In den Berechnungen sollte der Einfluß verschiedener Parameter (Raumgröße, Luftwechsel, Leckagequerschnitt) auf den CO-Gehalt der Raumluft bei unterschiedlichen Randbedingungen aufgezeigt werden. Als Beispiel stellen die folgenden Diagramme (Bild 7 und 8) den Einfluß des Luftwechsels dar. Die Randbedingungen 40 ppm CO-Gehalt im Abgas bei 5 Pa Überdruck entsprechen den mittleren Betriebszuständen neuer Gasfeuerstätten (Bild 7). In der Praxis können durch Korrosionsprodukte hervorgerufene Querschnittsveränderungen zu erhöhtem Überdruck führen. Das vom Brenner angesaugte ausgetretene Abgas bewirkt dann eine vermehrte CO-Bildung bei der Verbrennung, so daß hoher Überdruck in Verbindung mit hohem CO-Gehalt auftre-

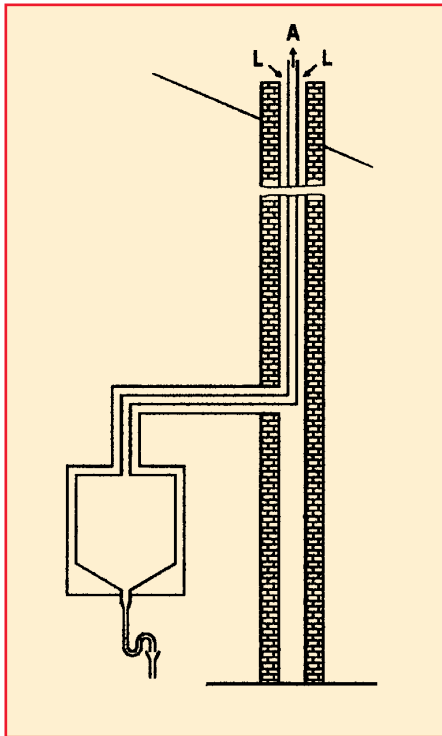


Bild 9a

ten kann. Deshalb wurden für die Berechnungen neben den Randbedingungen neuer Feuerstätten auch Berechnungen für Betriebszustände dargestellt (Bild 8), die in der Praxis bei älteren Geräten vorgefunden werden. Dabei entspricht die Randbedingung 1000 ppm CO-Gehalt im Abgas dem Grenzwert, der nach Kehr- und Überprüfungsordnung eingehalten werden muß. Der abgasseitige Überdruck von 20 Pa wurde bei den praktischen Erhebungen an korrodierten Abgasleitungen vorgefunden.

Laboruntersuchungen raumluftunabhängiger Brennwertfeuerstätten mit Abgasleitung im Schacht

Raumluftunabhängige Feuerstätten mit konzentrischer Verbrennungsluftzuführung und Abgasleitung im Schacht entnehmen die Verbrennungsluft über ein geschlossenes System dem Freien. Diese Installationsart kann bei Austausch einer konventionellen Feuerstätte im Rahmen einer Heizungsmodernisierung eingesetzt werden, wobei die Abgasleitung im vorhandenen Schornstein verlegt wird. Der verbleibende

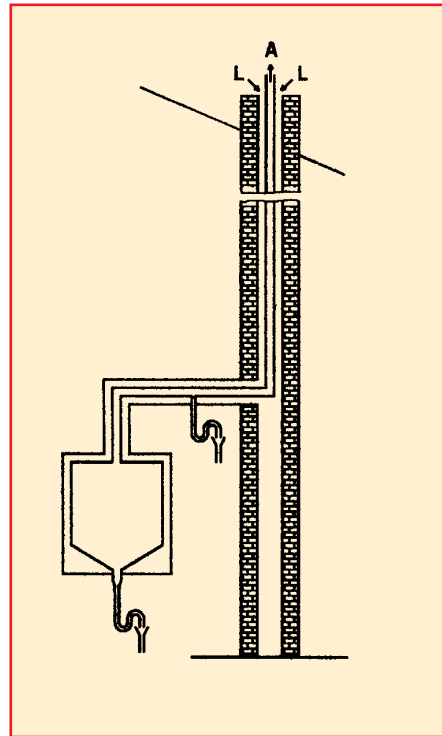


Bild 9b

Ringspalt zwischen Schornsteinwange und Abgasleitung dient der Verbrennungsluftzuführung. In dem Aufstellraum erfolgt die gebläseunterstützte Luft-/Abgasführung mittels konzentrischer Doppelrohre. Diese Gasgeräte, wie auch die nachfolgend beschriebenen Gasfeuerstätten der Art C₃, ohne Gebläse oder mit Gebläse und der Zusatzkennzeichnung „x“ (alle unter Überdruck stehenden Teile des Abgasweges sind entweder verbrennungsluftumspült oder sie erfüllen erhöhte Dichtheitsanforderungen) dürfen unabhängig von Rauminhalt, Lüftung und Nutzung der Aufstellräume installiert werden.

Bei Brennwertfeuerstätten, die über einen längeren Zeitraum nicht im Kondensationsbereich ($T_{\text{Abgas}} > T_{\text{Taupunkt}}$) betrieben werden, kann es zum Austrocknen des internen Siphons (Sperrwasser zwischen Abgas und Aufstellraum) kommen. Das im Wärmetauscher unter Überdruck stehende Abgas tritt dann in den Aufstellraum aus. Abgasaustritt über den Siphon wurde vermehrt an Brennwertfeuerstätten festgestellt, die in den Sommermonaten ausschließlich der Brauchwasserbereitung dienen. Dies wurde insbesondere angetroffen, wenn die Brauchwasserbereitung in den Sommermonaten ausschließlich mit hohen Systemtemperaturen erfolgte oder bei gleichzeitig vorhandener Verschmutzung des Wärmetauschers. Das Ausmaß der Taupunktüberschreitung wird entsprechend der Verschmutzung der Wärmetauscherfläche erhöht.

Experimentelle Ermittlung der Raumluftkonzentration bei Abgasaustritt über den Gerätesiphon

Die Versuche wurden in dem zuvor beschriebenen Prüfstand durchgeführt. In den Versuchen sollte der zeitliche Verlauf der Raumluftkonzentrationen infolge eines Abgasaustritts durch den Siphon aufgenommen werden. Die Randbedingungen wurden den in der Praxis vorgefundenen Zuständen angepaßt, indem Rücklauftemperaturen oberhalb des Taupunktes eingestellt wurden. Die internen Gerätesiphone wurden vor den Versuchen entleert, so daß das Abgas

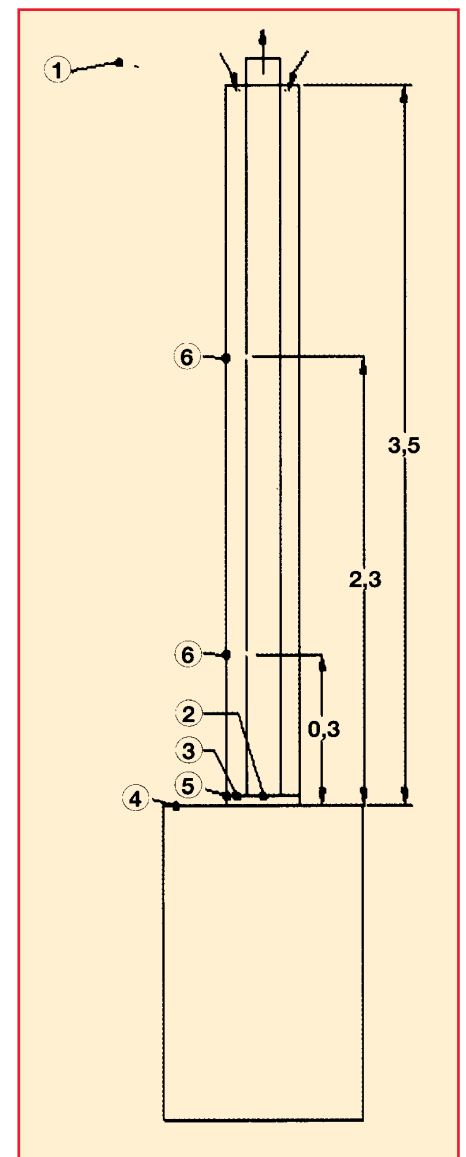


Bild 10 Versuchsaufbau C₃₂-Gerät mit den einzelnen Temperaturmeßstellen

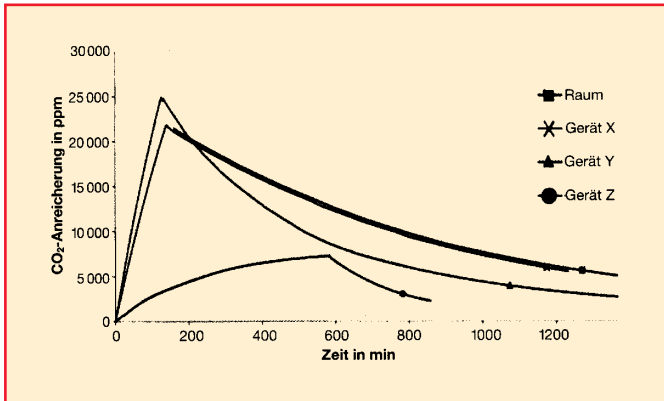


Bild 11 Vergleich der Auf- und Abklingkurven

während des Betriebes austreten konnte. Die Raumluft wurde bei geschlossener Versuchskammer bis zu einem CO_2 -Wert von ca. 25 000 ppm mit Abgas angereichert, um eine gesicherte Emissionsrate als Grundlage für spätere Berechnungen aus den Meßwerten ermitteln zu können.

Versuchsergebnisse

Bei den Geräten E, F und G fand keine Abgasanreicherung der Raumluft statt, da aufgrund der Länge der Abgasleitung immer Kondensat anfiel und den Gerätesiphon füllte (Bild 9a). Im Gegensatz dazu verfügt das Luft-/Abgassystem von Gerät H über einen separaten Siphon (9b), in dem das in der Abgasleitung entstandene Kondensat abgeführt wird und somit weiterhin Abgas durch den trockenen Gerätesiphon austreten konnte. Die sich einstellenden Raumluftkonzentrationen bei raumluftunabhängiger Installation mit Abgasleitung im Schacht, entsprechen den sich einstellenden Raumluftkonzentrationen bei Betrieb der Feuerstätte als C_3 -Anlage, so daß an dieser Stelle auf weitere Messungen und Berechnungen verzichtet wird. Auf diesbezügliche Untersuchungen wird im folgenden (C_3 -Brennwertgeräte) näher eingegangen.

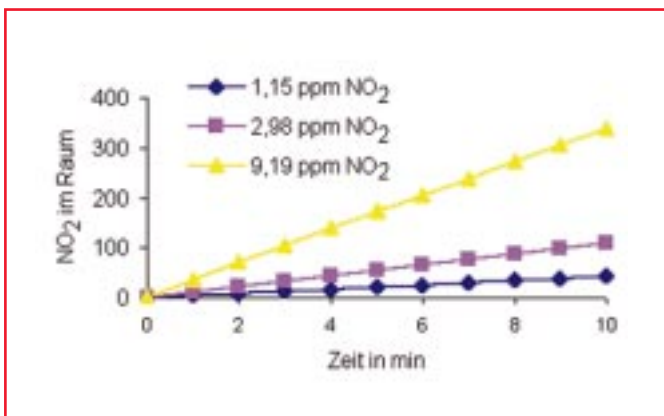


Bild 12 Einfluß des NO_2 -Gehaltes im Abgas bei einer Raumgröße von 13 m^3 und einem Luftwechsel von 0,5

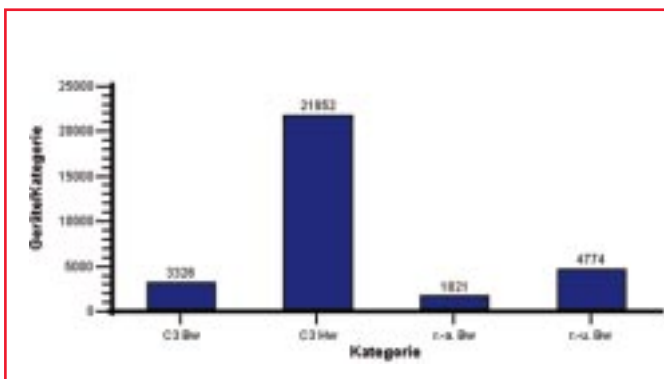


Bild 13 Anzahl geprüfter Geräte

Laboruntersuchungen von C_3 -Geräten

Gasfeuerstätten der Art C_3 werden mit Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung senkrecht über Dach betrieben. Die Mündungen befinden sich nahe beieinander im gleichen Druckbereich. Die Luft-/Abgasführung über Dach erfolgt in konzentrischen Doppelrohren, wobei im Innenrohr Abgas gebläseunterstützt abgeführt wird und das äußere Rohr im Gegenstrom dem Gerät Verbrennungsluft zuführt. Abstände der verbrennungsluftumspülten abgasführenden Teile zu brennbaren Bauteilen sind nicht erforderlich, wenn bei Nennwärmeleistung der Feuerstätte an Bauteilen keine höheren Temperaturen als 85°C auftreten können und dies in der Einbauanleitung der Hersteller angegeben ist.

Konventionelle Feuerstätten der Art C_3 („Heizwertgeräte“)

Bei diesen Feuerstätten können Undichtigkeiten im Abgasweg zu örtlichen Oberflächentemperaturen von über 85°C führen.

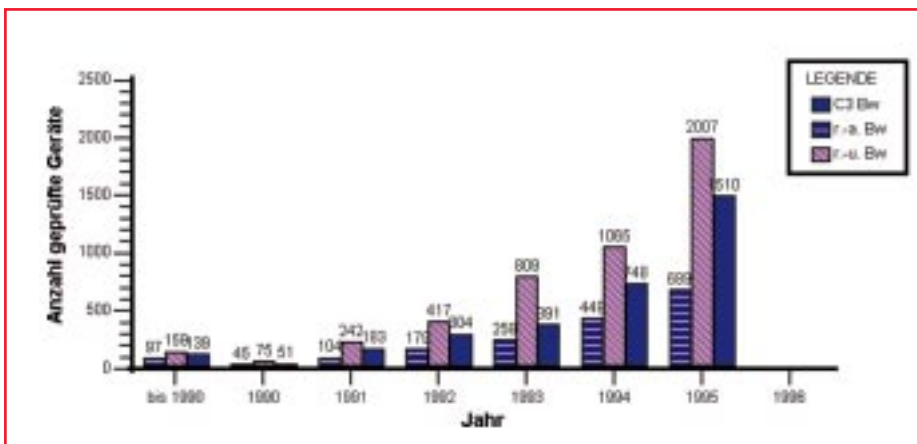


Bild 14 Altersverteilung der Brennwertgeräte

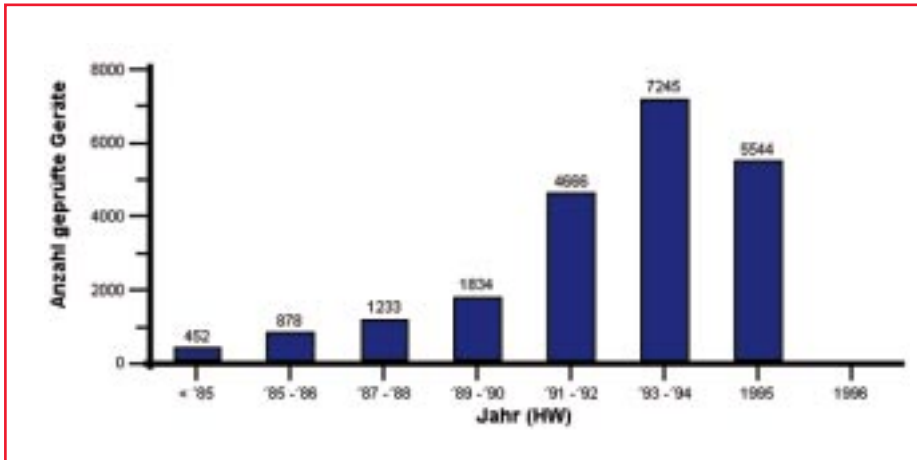


Bild 15 Altersverteilung der konventionellen Geräte

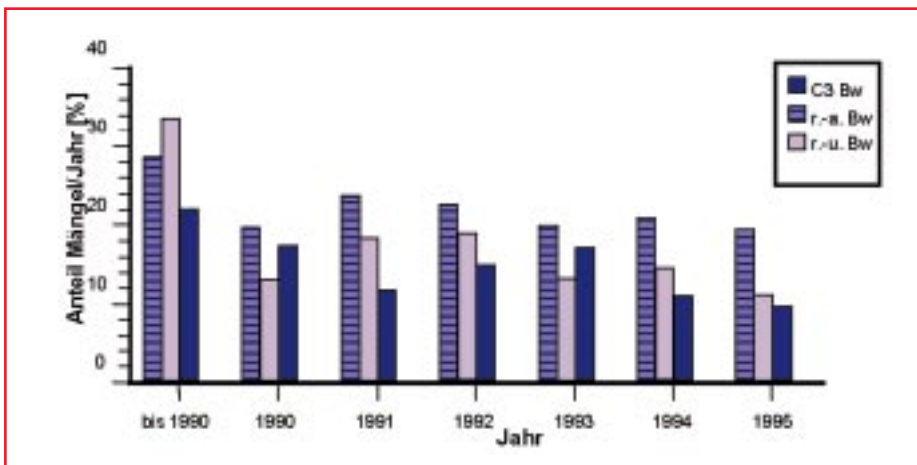


Bild 16 Anteil der Mängel oder Wartungshinweise bei den Brennwertgeräten

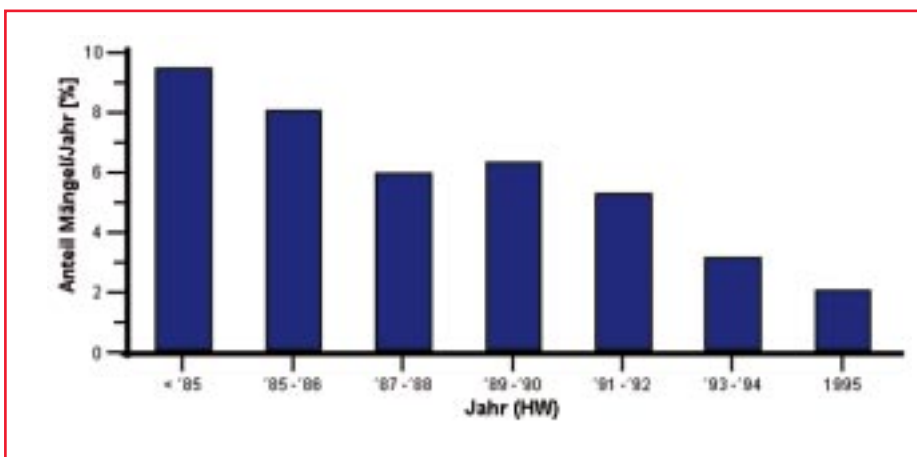


Bild 17 Anteil der Mängel oder Wartungshinweise bei den konventionellen Geräten

Derartige Leckagen können durch Verrutschen abgasführender Teile aufgrund von mechanischen Einwirkungen, Windeinflüssen über Dach und Materialermüdung an Manschetten hervorgerufen werden. Im Rahmen der Versuchsreihe zur experimentellen Ermittlung der Oberflächentemperatur an einem C₃-Heizwertgerät (Bild 10) wurden die Parameter Wärmetauscherverschmutzung sowie Abgasrückstrom in verschiedenen Höhen (6) und an der Mündung variiert. Dabei stellten sich in den Versuchen Oberflächentemperaturen von bis zu 150 °C ein. In der Praxis wurden Oberflächentemperaturen von bis zu 130 °C vorgefunden.

Geräte in Brennwertausführung

An den Siphonen von Brennwertfeuerstätten der Art C₃ wurden dieselben Austrocknungseffekte vorgefunden, wie bei den raumluftunabhängigen Brennwertfeuerstätten mit Abgasleitung im Schacht. Auch hier kann ungewollt Abgas über den Siphon austreten. Die Versuche zur experimentellen Ermittlung der Raumlufkonzentration bei Abgasaustritt über den Gerätesiphon wurden in der oberen Kammer des zuvor beschriebenen Prüfstandes durchgeführt. Die Dachdurchführungen der Feuerstätten münden oberhalb der Kammer in der Halle. In den Versuchen sollte der zeitliche Verlauf der Raumlufkonzentrationen infolge eines Abgasaustritts durch den Siphon ermittelt werden. Hierbei wurden die Randbedingungen den in der Praxis vorgefundenen Zuständen angepaßt, indem Rücklauftemperaturen oberhalb des Taupunktes eingestellt wurden. Die internen Gerätesiphone wurden vor den Versuchen entleert, so daß das Abgas während des Betriebes austreten konnte.

Versuchsergebnisse

In Bild 11 wird die Anreicherung der Raumluf mit CO₂ bei Abgasaustritt über den Siphon als Funktion der Zeit dargestellt. Die Geräte wurden mit der jeweils für die Warmwasserbereitung nach DIN 1988 (Badewanne/Dusche) notwendigen Wärmeleistung betrieben. Nach Abschluß der Anreicherungsphase (20 000 bis 24 000 ppm) wurden die Siphone durch Absenken der Rücklauftemperatur gefüllt, ohne durch Betreten des Raumes die Raumlufkonzentrationen zu beeinflussen.

Beim weiteren Betrieb der Geräte ohne Abgasaustritt ergeben sich die dargestellten Abklingkurven. Sie lassen erkennen, wie-

Gefährdungssituationen bei konventionellen C ₃ -Geräten	n =		Anteil (%)	Konf (5 %)	Konf (95 %)
	21	852			
1. Zuluft-/Oberflächentemperatur > 85 °C 0,60			112	0,51	0,44
2. nachträglicher Einbau von Dachfenstern 0,39			70	0,32	0,26
3. Auseinanderrutschen der Luft-/Abgasleitung			76	0,35	0,28
4. Abgasaustritt in den Raum			44	0,20	0,26

Gefährdungssituationen bei konventionellen C₃-Geräten

Gefährdungssituationen bei C ₃ -Brennwertgeräten	n =		Anteil (%)	Konf (5 %)	Konf (95 %)
	33	26			
1. Abgasaustritt in den Raum			9	0,27	0,14
2. nachträglicher Einbau von Dachfenstern 0,98			23	0,69	0,47
trockener Gerätesiphon (A) ¹			55	1,65	2,07
Ablagerungen in der Abgasleitungen (B) 1,43			36	1,08	0,80
Querschnittsveränderungen der Luft-/Abgasleitung (C) 0,98			23	0,69	0,47
3. trockener Siphon (A) und				0,01782	0,01048

Gefährdungssituationen bei C₃-Brennwertgeräten

Gefährdungssituationen bei raumluftunabhängigen Brennwertgeräten	n =		Anteil (%)	Konf (5 %)	Konf (95 %)
	47	74			
1. Abgasaustritt in den Raum			33	0,69	0,51
trockener Gerätesiphon (A) ¹			85	1,78	2,13
Ablagerungen in der Abgasleitung (B) 1,69			66	1,38	1,12
Querschnittsveränderungen Luft-/Abgasleitung (C)			58	1,21	0,97
2. trockener Siphon (A) und 0,03600 Ablagerungen (B)				0,02456	0,01658
3. trockener Siphon (A) und Quer-				0,02154	0,01436

Gefährdungssituationen bei raumluftunabhängigen Brennwertgeräten

viel Verbrennungsluft über Gehäuseundichtigkeiten aus dem Aufstellraum und nicht, wie planmäßig vorgesehen, über die Luftführung angesaugt wurde. Dabei stellte sich heraus, daß nur das Gerät X die Verbrennungsluft vollständig über die Luft-/Abgasleitung ansaugt. Der Luftwechsel entspricht mit $n = 0,07 \text{ h}^{-1}$ dem natürlichen Luftwechsel des Raumes. Bei den Feuerstätten Y und Z wird die Verbrennungsluft durch Undichtigkeiten am Gerät zum Teil dem Aufstellraum entnommen. Bei der Feuerstätte Z konnte die Raumluft nicht über 7500 ppm mit CO₂ angereichert werden, da der Effekt der gleichzeitigen Verdünnung durch die über die Fugen des Raumes angesaugte Außenluft die Abgasemission aufwog.

Grenzwertbetrachtung

Die bei Gasfeuerstätten relevante Abgas-Komponente ist neben dem Kohlenmonoxid (CO) das Stickstoffdioxid (NO₂). Da die Laufzeiten der Geräte bei einer Brauchwasserbereitung ca. 10 Minuten betragen, trat keine gefährliche Anreicherung der Raumluft mit CO innerhalb dieser Zeit auf. Bezüglich der NO₂-Grenzwerte wurden folgende Überlegungen des Arbeitskreises aufgegriffen, der seinerzeit bei den Untersuchungen für die Abstandsregelungen bei Außenwand-Gasfeuerstätten der Art C3.3 zu folgender Grenzwertermittlung kam:

„Nach der VDI-Richtlinie 2310 beträgt die Maximale Immissionskonzentration (MIK) für NO₂ 98 ppb für kurzzeitige (1/2 Stunde) und 49 ppb für langzeitige Belastungen (24 Stunden) . . . Da insbesondere bei austauschenden Wetterlagen die NO₂-Grundbelastung den 1/2-Stunden-Mittelwert nach VDI-Richtlinie 2310 erreichen bzw. überschreiten kann, legte er fest, daß die NO₂-Konzentrationserhöhung durch den Betrieb der Außenwandfeuerstätten max. 1 % des 1/2-Stunden-Mittelwertes betragen darf, was etwa 1 ppb NO₂ entspricht.“

Den folgenden Berechnungen von Raumluftzuständen bei einem Abgasaustritt durch den Gerätesiphon liegt derselbe Grenzwertansatz zugrunde.

Berechnung von Raumluftzuständen bei Variation von Parametern unter Vorgabe eines Abgasaustritts durch den Gerätesiphon

In den Berechnungen sollte der Einfluß verschiedener Parameter (Raumgröße, Luftwechsel, NO₂-Gehalt im Abgas) auf den

	n = 1821	Anteil (%)	Konf (5%)	Konf (95)
Abgasaustritt in den Raum (A)	17	0,93	0,60	1,40
Undichtigkeiten im Luft-/Abgasweg (B) 7,16	112	6,15	6,15	5,25
Ablagerungen/Verschlämmung/ Korrosion (C)	115	6,32	5,40	7,33
Querschnittsveränderungen der Luft-/Abgasleitung (D)	33	1,81	1,33	2,42
Verschmutzung Brenner/ Wärmetauscher (E)	40	2,20	1,66	2,85
Lüftung (F)	125	6,86	5,91	7,92
CO > 1000 ppm (G)	131	7,19	6,22	8,27
1. (A) und (G)		0,0669	0,0373	0,1158
2. (A) und [(C) oder (D) oder (E) oder (F)] 0,2873			0,1599	0,0858

Gefährdungssituationen bei raumluftabhängigen Brennwertgeräten

NO₂-Gehalt der Raumluft aufgezeigt werden. Als Beispiel stellt das Diagramm (Bild 12) den Einfluß des NO₂-Gehaltes im Abgas auf die Raumluftkonzentrationen dar. Dabei gingen unter anderem die Abgaswerte von 1,15 ppm (entspricht dem Grenzwert des „Hamburger Fördermodells“), 2,98 ppm (entspricht dem Grenzwert des „Blauen Engels“) und 9,19 ppm (entspricht dem Grenzwert der DIN 4702 Teil 6) in die Berechnungen ein.

Statistische Erhebung

Da die Rückläufer der bundesweiten Fragebogenaktion keine Auskunft über Mängelhäufigkeiten geben, wurde zusätzlich eine repräsentative Studie durchgeführt, die es erlaubt, das Gefährdungspotential durch moderne Gasfeuerungsanlagen verlässlich abschätzen zu können. Dazu wurden Erfassungsbögen entwickelt.

Grundgesamtheit und Stichprobenplan

Die Grundgesamtheit besteht aus der Menge aller wiederkehrend durch das Schornsteinfegerhandwerk im Jahr 1997 geprüften Gasfeuerungsanlagen der betrachteten Gerätearten. Die Mindestanzahl pro Geräteart sollte 1000 nicht unterschreiten. Damit können Defektwahrscheinlichkeiten im Promillebereich geschätzt werden. Eine im Vorfeld durchgeführte Studie (31 Kehrbezirke) ergab, daß ca. 50 % der Brennwertgeräte als C₃-Anlage, ca. 40 % raumluftunabhängig und ca. 10 % raumluftabhängig betrieben werden. Mit den angestrebten 10 000 Brennwertgeräten in der Gesamtstichprobe ergeben sich damit auch in der am schwächsten besetzten Gruppe (raumluftabhängige Brennwertgeräte) mehr als 1000 Geräte in der Stichprobe.

Die Studie beschränkt sich auf fünf Bundesländer, in denen jeweils proportional folgender Stichprobenumfang gezogen wurde:

Bundesland	Geräteanzahl gesamt	Geräteanzahl für die Stichprobe
Hessen	20 153	2 151
Niedersachsen	23 713	2 530
Hamburg	6 145	6 56
Mecklenburg-Vorpommern	19 348	2 065
Sachsen	24 364	2 600
Summe	93 723	10 002

Stichprobenumfang in den einzelnen Bundesländern

Die Stichprobenziehung erfolgte über die Kehrbezirke, welche streng zufällig gezogen wurden.

Ergebnisse

Die Bilder 13 bis 17 zeigen die Häufigkeitsverteilung der untersuchten Geräte bezüglich folgender Kriterien:

- Anzahl der Geräte pro Kategorie,
- Altersverteilung der Brennwertgeräte,
- Altersverteilung der Heizwertgeräte,
- Anteil Geräte mit Mangel oder Wartungshinweis.

Bild 16 und 17 zeigen den Anteil der Geräte, bei denen Mängel erkannt oder ein Wartungshinweis ausgesprochen wurde. Ein Wartungshinweis wird z. B. dann ausgesprochen, wenn die CO-Konzentration im Abgas 500 ppm übersteigt, aber unter 1000 ppm bleibt.

Zusammenfassung aller Gefährdungssituationen

In diesem Abschnitt werden alle Gefährdungssituationen zusammengefaßt. Dies sind sowohl Einzelmängel, als auch Gefährdungssituationen, die erst durch das gleichzeitige Auftreten mehrerer Einzelmängel zum Tragen kommen. Der prozentuale Anteil von kombinierten Gefährdungssituationen wird durch Multiplikation der jeweiligen Einzelmängel bestimmt. Die Ergebnisse werden in Tabellenform dargestellt. Die Gefährdungssituationen sind durchnummeriert und die jeweiligen Anteile mit den dazugehörigen 95prozentigen Vertrauensbereichen fett hervorgehoben.

Bei der Auswertung der Erfassungsbögen wurden sogenannte Doppelmängel (z. B. Auseinanderrutschen der Luft-/Abgasleitung und gleichzeitig O₂-Reduzierung im Ringspalt) nur einem Mängelpunkt zugeordnet. Die aufgeführten Anteile sind also voneinander unabhängig zu betrachten. Bei den raumluftabhängigen Brennwertfeuerstätten führt nur eine Kombination von mindestens zwei Störungsfällen zu einer Gefährdungssituation, da im Gegensatz zu den raumluftunabhängigen Feuerstätten hier die Lüftung des Aufstellraums einer Anreicherung der Raumluft mit Abgas entgegenwirkt.

Überprüfungsintervalle

Die Ergebnisse der Untersuchungen haben gezeigt, daß auch an modernen Gasfeuerstätten Gefährdungspotentiale vorgefunden werden. Dies gilt sowohl für raumluftabhängige als auch für raumluftunabhängige Anlagen. Die zu Gefährdung führenden Mängel stellen sich in der Regel jedoch erst über einen längeren Zeitraum ein. In Deutschland wird die Überprüfung von raumluftunabhängigen Geräten unterschiedlich gehandhabt. So wird in einigen Bundesländern gar nicht überprüft. Die statistische Erhebung wurde in Bundesländern durchgeführt, in denen eine jährliche Überprüfung (Hessen, Mecklenburg-Vorpommern) und eine Überprüfung alle zwei Jahre (Niedersachsen, Sachsen) Anwendung fand. Das dabei ermittelte Gefährdungspotential liegt bei 1 bis 2 %. Das Gefährdungspotential bei Überprüfungsintervallen, die größer als zwei Jahre sind, muß zwangsläufig höher werden. Da entsprechende Daten nicht verfügbar sind, kann jedoch über die konkrete Höhe keine Aussage gemacht werden.

Aufgrund der Altersstruktur der untersuchten Gerätekategorie mit sehr wenigen alten und vielen „jungen“ Geräten ist in Zukunft eher noch mit einer Zunahme des Gefährdungspotentials zu rechnen. Aus diesen Gründen sollte der in einigen Bundesländern schon bewährte Überprüfungszeitraum von zwei Jahren bei raumluftunabhängigen Geräten generell Anwendung finden. Bei den in den betrachteten Ländern jährlich überprüften raumluftabhängigen Brennwertfeuerstätten ist der prozentuale Anteil der Einzelmängel zwar erheblich höher als bei den raumluftunabhängigen. Infolge der Lüftung des Aufstellraums führt jedoch erst eine Kombination von mindestens zwei Störungsfällen zu einer Gefährdungssituation. Da das derart ermittelte Gefährdungspotential die gleiche Größenordnung von ca. 1 bis 2 % wie bei den raumluftunabhängigen aufweist, erscheint auch bei dieser Gerätekategorie eine Überprüfung alle zwei Jahre angemessen.

Überprüfungstätigkeiten

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse aus den Untersuchungen an mangelhaften Anlagen in der Praxis, den in Laboruntersuchungen ermittelten Auswirkungen vorgefundener Störungsfälle hinsichtlich ihrer Gefährdung und den statistischen Erhebungen über Häufigkeiten bzw. Wahrscheinlichkeiten der ermittelten Gefahrenpotentiale, erscheinen folgende Überprüfungstätigkeiten erforderlich:

Raumluftabhängige Brennwertfeuerstätten mit Abgasleitung im Schacht:

- Überprüfen der Abgasleitung auf freien Querschnitt, ggf. reinigen, um erhöhtem Überdruck in der Abgasleitung vorzubeugen
- Dichtheitsprüfung der Abgasleitung durch Sichtkontrolle, um Abgas- und Kondensataustritt in den Aufstellraum zu vermeiden
- Messung von CO als Indikator für den allgemeinen Gerätezustand und um Gefährdung bei Abgasaustritt zu verhindern
- Kontrolle der Verbrennungsluftversorgung

Raumluftunabhängige Brennwertfeuerstätten mit Abgasleitung im Schacht:

- Überprüfen der Abgasleitung auf freien Querschnitt, ggf. reinigen, um erhöhtem Überdruck in der Abgasleitung vorzubeugen
- Dichtheitsprüfung der Abgasleitung durch Ringspaltmessung (O_2), um Abgas- und Kondensataustritt in den Ringspalt zu vermeiden
- Messung von CO als Indikator für den allgemeinen Gerätezustand
- Ermittlung des Grades der Verschmutzung, um einem Austrocknen des Siphons im Sommer entgegenzuwirken

Konventionelle Feuerstätten der Art C₃:

- Ringspaltmessung (O_2 und t_{Luft}), um zu hohe Oberflächentemperaturen zu vermeiden
- Messung von CO als Indikator für den allgemeinen Gerätezustand

Brennwertfeuerstätten der Art C₃:

- Überprüfen der Abgasleitung auf freien Querschnitt, ggf. reinigen, um erhöhtem Überdruck in der Abgasleitung vorzubeugen
- Ringspaltmessung (O_2), um Abgas- und Kondensataustritt in den Ringspalt zu vermeiden
- Messung von CO als Indikator für den allgemeinen Gerätezustand
- Ermittlung des Grades der Verschmutzung, um einem Austrocknen des Siphons im Sommer entgegenzuwirken. □

Literatur:

- [1] Heitkamp, G. und Roedler, F.: Gaswasserheizer und Gasraumheizer in Innenbädern, Gesundheits-Ingenieur (1954) Nr. 9/10 S. 145–156
- [2] DVGW-Arbeitsblatt G 600: Technische Regeln für Gasinstallationen (DVGW-TRGI), Hrsg. vom DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. Ausg. 1996
- [3] Mundus, B.: Zugrundeliegende Untersuchungen und Kriterien für die Abstandsregelungen bei Außenwand-Gasfeuerstätten der Art C3.3 in den DVGW-TRGI 1986
- [4] Hartung: Statistik Lehrhandbuch der angewandten Statistik, 8. Aufl. München, R. Oldenbourg Verlag 1991