

Emissionsmessung bei Feuerungen für Öl, Gas und Holz

Messempfehlungen Feuerungen. 2., aktualisierte Ausgabe



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Emissionsmessung bei Feuerungen für Öl, Gas und Holz

Messempfehlungen Feuerungen. 2., aktualisierte Ausgabe

Impressum

Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Begleitung BAFU

Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien,
Sektion Industrie und Feuerungen

Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2018: Emissionsmessung bei Feuerungen für Öl, Gas und Holz. Messempfehlungen Feuerungen. Bundesamt für Umwelt, Bern. 2. Aktualisierte Ausgabe, Dezember 2018; Erstausgabe 2013. Umwelt-Vollzug Nr. 1319: 35 S.

Layout

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Titelbild

BAFU

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uv-1319-d
(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

Aktualisierte Fassung von Dezember 2018

© BAFU 2018

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	Anhang	26
Vorwort	6	A1	Formeln und Tabellen 26
1 Zweck und Geltungsbereich	7	A2	Durchführung der Gassammelsack-Methode 30
1.1 Zweck	7	A3	Ausbildungsprofile für die Durchführung der Feuerungskontrolle 31
1.2 Geltungsbereich	7	A4	Messung der unvollständig verbrannten Ölanteile 34
1.3 Verhältnis zu den Emissions-Messempfehlungen	7		
2 Messgeräte	8		
2.1 Abgasmessgeräte für Feuerungsanlagen	8		
2.2 Inverkehrbringen und Kontrolle der Messgeräte	8		
2.3 Messgeräte für Holzfeuerungen	8		
3 Messöffnung	9		
3.1 Ort der Messöffnung	9		
3.2 Grösse der Messöffnung	11		
4 Öl- und Gasfeuerungen	12		
4.1 Zu prüfende Betriebszustände	12		
4.2 Anzahl der Messungen	12		
4.3 Vorbereitung der Messung	13		
4.4 Durchführung der Messung	13		
4.5 Auswertung und Beurteilung	14		
4.6 Wiederholung der Messungen	19		
5 Holzfeuerungen	20		
5.1 Zu prüfende Betriebszustände	20		
5.2 Anzahl der Messungen	21		
5.3 Vorbereitung der Messung	21		
5.4 Durchführung der Messung	21		
5.5 Auswertung und Beurteilung	23		
5.6 Wiederholung der Messungen	25		

Abstracts

These implementation guidelines describe how emissions from furnaces and stoves are to be measured and evaluated in accordance with the requirements of the Ordinance on Air Pollution Control. They provide directives for measurements of oil and gas furnaces up to 1 MW and for wood-fired stoves up to 70 kW. The measurement recommendations are primarily addressed to cantonal and municipal implementing authorities, as well as to private and public sector testing laboratories and other specialised interest groups.

Keywords:

air pollution control, emissions, air pollutants, measurement sequence

Diese Vollzugshilfe zeigt auf, wie im Sinne der Luftreinhalte-Verordnung Schadstoff-Emissionen an Feuerungen zu messen und zu beurteilen sind. Sie beschreibt die Messung der Emissionen von Öl- und Gasfeuerungen bis 1 MW und von Holzfeuerungen bis 70 kW. Die vorliegenden Messempfehlungen Feuerungen richten sich in erster Linie an kantonale und kommunale Vollzugsbehörden, private und behördliche Messfachstellen sowie an interessierte Fachleute.

Stichwörter:

*Luftreinhal-
tung, Feuerung,
Emissionen,
Luftschadstoff,
Emissionsmes-
sung, Messablauf*

La présente aide à l'exécution montre comment déterminer et apprécier les émissions polluantes conformément à l'ordonnance sur la protection de l'air. Elle décrit la manière dont s'effectue la mesure des émissions pour les installations de combustion alimentées à l'huile et au gaz dont la puissance ne dépasse pas 1 MW et pour les installations de combustion alimentées au bois dont la puissance ne dépasse pas 70 kW. Les présentes Recommandations sur la mesure des émissions des installations de combustion sont en premier lieu destinées aux autorités cantonales et communales chargées de l'exécution, aux services de mesure privés et officiels, ainsi qu'aux spécialistes intéressés.

Mots-clés :

*protection de
l'air, combustion,
émissions, pollutant
atmosphérique,
déroulement de la
mesure*

Il presente aiuto all'esecuzione spiega come misurare e analizzare conformemente all'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico le emissioni di inquinanti degli impianti di combustione. Descrive la misurazione delle emissioni degli impianti a combustione alimentati con gasolio o gas con una potenza fino a 1 MW e degli impianti a combustione alimentati con legna con una potenza fino a 70 kW. Il testo è destinato in primo luogo alle autorità esecutive cantonali e comunali, agli uffici di misurazione privati e ufficiali e agli esperti interessati.

Parole chiave:

*protezione dell'aria,
impianto di combu-
stione, emissioni,
inquinanti
atmosferici,
misurazione delle
emissioni, metodo
di misurazione*

Vorwort

Feuerungen zur Beheizung von Gebäuden sind eine bedeutende Quelle von Luftschadstoffen. Seit Inkrafttreten der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 konnten durch die Feuerungskontrolle schädliche und lästige Emissionen festgestellt und durch die Sanierung der Anlagen vermindert werden.

Emissionsmessungen sind ein wichtiges Instrument für die Überwachung und Beurteilung von Schadstoffquellen. Dadurch können Abweichungen von den Luftreinhalte-Vorschriften festgestellt und korrigierende Massnahmen eingeleitet werden. Messungen ermöglichen auf diese Weise den Erhalt und die Verbesserung der Luftqualität.

Kleine Holzfeuerungen sind eine relevante Feinstaubquelle. Seit der Ausgabe von 2013 sind auch die Messungen an Holzfeuerungen bis 70 kW in die vorliegenden Messempfehlungen integriert. Mit der aktualisierten 2. Auflage von 2018 ist sie durch die Messung von Feststoffen bei Holzfeuerungen ergänzt worden. Mit der LRV-Revision vom 11. April 2018 wurde für Heizkessel für feste Brennstoffe eine periodische Messung eingeführt, während bei regelmässig genutzten Einzelraumfeuerungen periodische Sichtkontrollen der Anlagen und des Brennstoffs vorgesehen sind. In kantonalen Massnahmenplangebieten oder in Klagefällen werden sie bei Bedarf durch Messungen ergänzt.

Die Messempfehlungen Feuerungen wurden unter Einbezug von Messfachleuten der Behörden und der Branche erarbeitet bzw. aktualisiert. Wir bedanken uns bei den involvierten Personen für ihr Engagement.

Paul Steffen
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 Zweck und Geltungsbereich

1.1 Zweck

1. Diese Empfehlungen stützen sich auf Artikel 14 Absatz 2 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)¹. Sie empfehlen, wie die Abgase einer Feuerungsanlage im Rahmen der Feuerungskontrolle nach Artikel 13 Absatz 3 LRV zu messen sind.²

1.2 Geltungsbereich

1. Die Empfehlungen gelten für die Messung von Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung bis 1 MW, welche mit Heizöl und/oder Gas³ betrieben werden. Sie gelten auch für Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung bis 70 kW, welche mit naturbelassenem bzw. unbehandeltem Holz⁴ oder mit Restholz⁵ betrieben werden.
2. Für alle übrigen Feuerungsanlagen gilt die Vollzugshilfe «Emissionsmessung bei stationären Anlagen» (Emissions-Messempfehlungen www.bafu.admin.ch/uv-1320-d).

1.3 Verhältnis zu den Emissions-Messempfehlungen⁶

Abgasmessungen im Sinne dieser Empfehlungen können grundsätzlich auch nach den Emissions-Messempfehlungen durchgeführt werden.

1 Luftreinhalte-Verordnung vom 16.12.1985 (SR 814.318.142.1) einschliesslich der späteren Änderungen.

2 Abgas-Messungen bei Feuerungen erfordern ein ausreichendes Mass an Fachkenntnissen. Für die Feuerungskontrolle muss der Abschluss der Berufsprüfung für Feuerungskontrolleure (SBFI-Prüfung) oder der Abschluss einer äquivalenten Ausbildung vorgewiesen werden (siehe Anh. 3). Für die Erstmessung und die periodische Kontrolle von Anlagen über 350 kW Feuerungswärmeleistung können die Kantone erhöhte Anforderungen an die Qualifikation des Messpersonals stellen.

3 Gasboiler und Gasdurchflusswassererwärmer sind nicht messpflichtig. Für diese atmosphärischen Gasgeräte bestehen keine Grenzwertanforderungen für Stickoxide (vgl. Anhang 3 Ziffer 62 Absatz 3 LRV).

4 Holzbrennstoffe nach Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 1 Buchstabe a, b oder d Ziffer 1 LRV.

5 Holzbrennstoffe nach Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 1 Buchstabe c oder d Ziffer 2 LRV.

6 BAFU 2018: Emissionsmessung bei stationären Anlagen. Bundesamt für Umwelt, Bern. 2., aktualisierte Ausgabe, Dezember 2018; Erstausgabe 2013. Umwelt-Vollzug Nr. 1320: 157 S.

2 Messgeräte

2.1 Abgasmessgeräte für Feuerungsanlagen

Für die technischen Anforderungen an die Messsysteme und die Messbeständigkeit gelten die Messmittelverordnung⁷ sowie die Ausführungsbestimmungen in der Verordnung des Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartementes (EJPD) über Abgasmessmittel für Feuerungsanlagen⁸.

2.2 Inverkehrbringen und Kontrolle der Messgeräte

Das EJPD regelt die Verfahren zum Inverkehrbringen der Abgasmessgeräte für Feuerungsabgase sowie zur Erhaltung deren Messbeständigkeit.

2.3 Messgeräte für Holzfeuerungen

1. Grundsätzlich sind vom Eidgenössischen Institut für Metrologie (METAS) für amtliche Messungen von Holzfeuerungen zugelassene, gewartete und geeichte Messgeräte ohne weitere Verdünnung der Abgase zu verwenden (direkte Messung).
2. Wenn der Messbereich oder der Belastungsbereich der Geräte überschritten wird, kann eine Verdünnung der Abgase von Holzfeuerungen ermöglichen, dass dennoch Resultate ermittelt werden können (indirekte Messung). Die in Anhang A2 beschriebene «Gassammelsackmethode» erlaubt, mit einer relativ kurzen Messung des Gassammelsackinhalts geräteschonend Aussagen zum mittleren Schadstoffgehalt (ausgenommen Feststoffmassenkonzentration) im Abgas zu machen.
3. Bei der indirekten Messung der Abgase von Holzfeuerungen ist zunächst die Vergleichbarkeit mit der direkten Messung gemäss Absatz 1 aufzuzeigen.

⁷ Messmittelverordnung vom 15. Februar 2006 (SR 941.210). Die gemäss Messmittelverordnung korrekte Bezeichnung des praxisüblichen Begriffs «Messgerät» ist «Messmittel».

⁸ Verordnung des EJPD vom 22. April 2011 über Abgasmessmittel für Feuerungsanlagen (SR 941.210.3)

3 Messöffnung

3.1 Ort der Messöffnung

1. Hat der Hersteller des Wärmeerzeugers oder der Abgasanlage keine geeignete Messöffnung vorgesehen, muss diese gemäss den Absätzen 5 bis 9 nachträglich angebracht werden.⁹
2. Bei periodisch zu messenden Anlagen wird das Anbringen eines Messstutzens empfohlen. Die Zugänglichkeit zur Messöffnung muss insbesondere auch bei isolierten Abgasrohren gewährleistet sein.
3. Die Abgase müssen an jedem Wärmeerzeuger separat und unverdünnt erfasst werden können. Undichte Stellen vor der Messöffnung im Abgasrohr müssen abgedichtet sein.
4. Bei Wärmeerzeugern mit einem Schalldämpfer im Abgasrohr kann die Messöffnung nach dem Schalldämpfer angebracht sein.
5. Die Messöffnung muss im Abstand $2 \times D$ (D = Durchmesser des Abgasrohrs, ohne Isolationsmaterial) zum Wärmeerzeuger angebracht werden (Abbildung 1).
6. Besitzt das Abgasrohr bereits innerhalb des Abstandes $2 \times D$ nach dem Wärmeerzeuger einen Rohrbogen oder einen Schalldämpfer, so muss im Abstand $1 \times D$ (bei Holzfeuerungen $2 \times D$) nach diesem Bogen oder Schalldämpfer gemessen werden (Abbildungen 2 und 3).
7. Gasgeräte mit Strömungssicherung müssen wenn möglich immer im Abstand $2 \times D$ nach der Strömungssicherung gemessen werden (Abbildung 4).
8. Bei Holzfeuerungen dürfen Strömungssicherungen¹⁰ in der Abgasleitung für die Messung nicht verschlossen werden (Änderung des Kaminzuges). Die Messung muss, wenn immer möglich, vor der Strömungssicherung erfolgen.
9. Die angegebenen Abstände gelten für das Abgasrohr ab Verschalung des Wärmeerzeugers.¹¹ Ist dem Wärmeerzeuger eine Wärmerückgewinnungs- oder Rauchgasreinigungsstufe nachgeschaltet, so beziehen sich die Abstände auf diese nachgeschaltete Einrichtung (auf mögliche Falschluf achten).
10. Bei elektrostatischen Staubabscheidesystemen soll in der Regel mindestens im Abstand von 1 Meter nach dem Abscheider oder nach Angaben des Messgeräteherstellers gemessen werden. Ist dies aus technischen oder betrieblichen Gründen nicht möglich, wird vor dem Abscheider gemessen.

⁹ Koaxiale Luft/Abgas-Rohrsysteme (LAS) von gasbefeuerten Aussenwandgeräten oder von Geräten, die an eine Luft/Abgasleitung angeschlossen sind, dürfen in keinem Fall nachträglich angebohrt werden. Die Messöffnung muss in diesen Fällen ausschliesslich durch den Geräteinstallateur angebracht werden.

¹⁰ Auch Zugregelklappe genannt

¹¹ Dies gilt auch für Abgasrohre, welche teilweise in die Verschalung integriert sind.

Abbildung 1

Messort bei Abgasrohr mit genügend langer gerader Strecke vor einem Rohrbogen
(Öl-, Gas- und Holzfeuerungen)

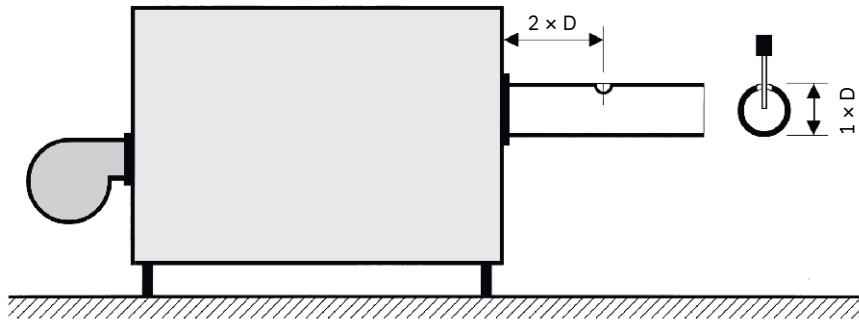


Abbildung 2

Messort bei Abgasrohr, das vor einem Rohrbogen keine genügend lange gerade Strecke aufweist (Öl- und Gasfeuerungen)

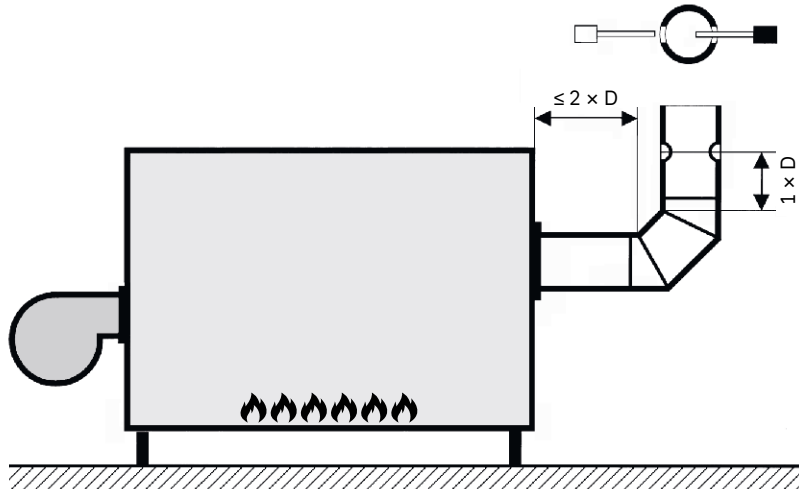


Abbildung 3

Messort bei Abgasrohr, das vor einem Rohrbogen keine genügend lange gerade Strecke aufweist (Holzfeuerungen)

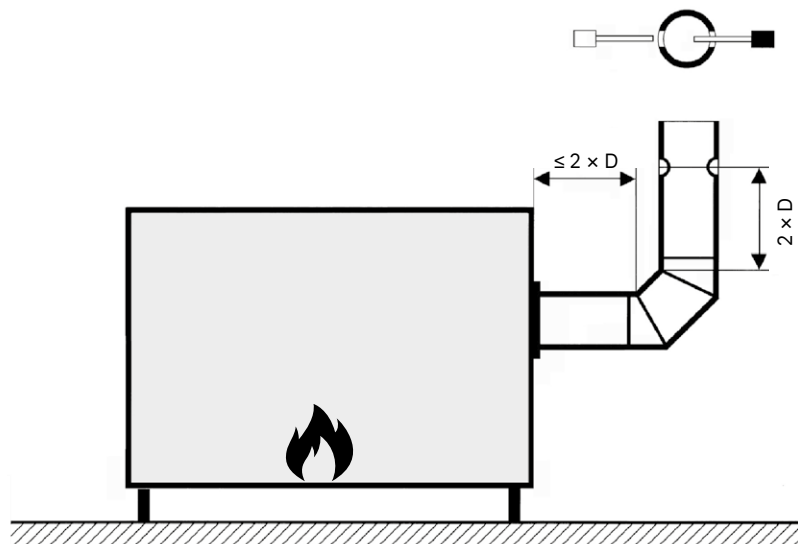
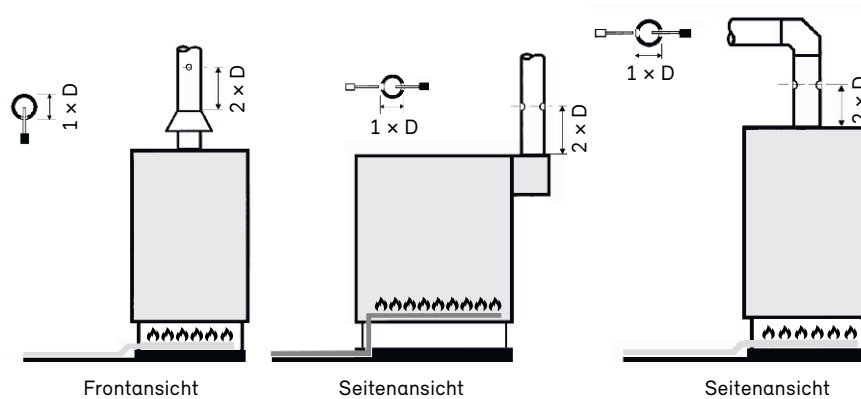


Abbildung 4

Messort bei atmosphärischen Gasheizgeräten mit Strömungssicherung



3.2 Grösse der Messöffnung

1. Für eine Messung mit einem Messgerät muss eine runde Messöffnung von 12 bis maximal 21 mm Durchmesser vorhanden sein.
2. Die Behörde kann eine grössere Messöffnung verlangen, wenn dies aus messtechnischen Gründen notwendig ist (z. B. bei dickwandigen Abgasrohren).

4 Öl- und Gasfeuerungen

4.1 Zu prüfende Betriebszustände

1. Die Anlagen müssen bei der für sie massgebenden Kesselwassertemperatur gemessen werden:
 - a) Die für Abgasmessungen massgebliche Temperatur des Kesselwassers wird durch den sog. «Ausschaltpunkt» bestimmt.
 - b) Bei Anlagen mit konstanter Kesselwassertemperatur gilt die im Winter am Thermostaten oder am Festwert-Regler eingestellte Kesselwassertemperatur als «Ausschaltpunkt».
 - c) Bei Anlagen mit automatisch gleitender Kesselwassertemperatur gilt die aufgrund der aktuellen Witterung (Aussentemperatur) angesteuerte Kesselwassertemperatur als «Ausschaltpunkt».
2. Bei Anlagen mit mehrstufigen oder modulierenden Brennern gilt Absatz 1 sinngemäss. Die Anlagen müssen in der Regel auf unterster Laststufe sowie in einem möglichst hohen Lastbereich gemessen werden.
3. Atmosphärische Gas- und Ölfeuerungen, kondensierende Gas- und Ölfeuerungen mit Gebläsebrenner sowie Ölverdampfungsbrenner bis 70 kW Feuerungswärmeleistung müssen abweichend von Absatz 2 in der Regel nur bei möglichst hoher Laststufe gemessen werden. Wenn die grösste Laststufe nicht mit einem Stufenschalter (Kaminfeuertaste) angewählt werden kann, muss am Kessel- oder Raumthermostaten die Regeltemperatur entsprechend angehoben werden.
4. Anlagen mit Zweistoffbrennern für Öl und Gas müssen sowohl im Öl- als auch im Gasbetrieb gemessen werden. Bei der periodischen Feuerungskontrolle kann auf die Messung mit dem Zweitbrennstoff verzichtet werden, wenn dieser nachweislich weniger als 100 Stunden pro Jahr eingesetzt wird.

4.2 Anzahl der Messungen

1. In jedem zu untersuchenden Betriebszustand müssen mindestens 2 Einzelmessungen durchgeführt werden.
2. Liegen beide Messwerte eindeutig unter oder eindeutig über dem Emissionsgrenzwert, so muss in diesem Betriebszustand keine weitere Einzelmessung vorgenommen werden. Andernfalls entscheidet eine dritte Einzelmessung, ob der Grenzwert eingehalten oder überschritten ist.

4.3 Vorbereitung der Messung

1. Vor jeder Messung muss die Anlage auf mögliche Beeinträchtigungen der Funktionstüchtigkeit hin überprüft werden.
2. Messgeräte sind unmittelbar vor Messbeginn entsprechend der Bedienungsanleitung abzugleichen und die Gaswege auf ihre Dichtheit hin zu prüfen.

4.4 Durchführung der Messung

4.4.1 Allgemeiner Messablauf

1. Eine Einzelmessung umfasst die Bestimmung folgender Messgrößen:
 - Kohlenmonoxid-Konzentration
 - Sauerstoff-Konzentration
 - Verbrennungslufttemperatur
 - Abgastemperatur
 - Stickoxid-Konzentration¹²
 - Abgasverluste
 - Russzahl (nur bei Ölfeuerungen)
 - Unvollständig verbrannte Ölanteile (bei Verdacht auf Geruchsemissionen; siehe Anhang A4)
2. Diese Messgrößen sind möglichst gleichzeitig bzw. kurz aufeinanderfolgend zu messen. Der Arbeitsablauf nach Ziffer 4.4.2 muss eingehalten werden.
3. Massgebend für die Beurteilung der Emissionen von Gas- und Ölfeuerungen ist eine Zeitspanne von 3 Minuten. Sie beginnt 1 Minute nach der Flammenbildung¹³ und endet 4 Minuten nach der Flammenbildung. Die Temperatur des Kesselwassers soll während dieser Zeitspanne nicht mehr als $\pm 10^\circ\text{C}$ von der am Thermostaten oder Festwert-Regler eingestellten Temperatur («Ausschaltpunkt») abweichen. (vgl. Ziff. 4.1).¹⁴
4. Kann die Einzelmessung von Öl-/Gasfeuerungen nicht 4 Minuten nach Flammenbildung abgeschlossen werden, sollen nur noch diejenigen Messgrößen ermittelt werden, welche sich erfahrungsgemäss auch nachher nur unwesentlich verändern (z. B. Russzahl). Im Zweifelsfall muss die Einzelmessung wiederholt und in der vorgegebenen Zeitspanne nach Absatz 3 durchgeführt werden.
5. Während den Messungen dürfen keine Einstellungen an der Feuerungsanlage verändert werden. Bei Einstellungsänderungen nach der Messung ist diese zu wiederholen.

¹² Die angezeigten Stickoxid-Messwerte (NO_x) sind die Summe aus Stickstoffmonoxid- (NO) und Stickstoffdioxid- (NO_2) Konzentrationen. Wird NO_2 nicht gemessen, wird zur NO-Konzentration eine Konstante von 10 mg/m^3 addiert. Messgeräte führen diese Operation automatisch durch.

¹³ Bei mehrstufigen oder modulierenden Brennern ist anstelle des Zeitpunkts der Flammenbildung der Zeitpunkt der Einstellung der Laststufe ausschlaggebend.

¹⁴ Für Heizgeräte mit atmosphärischen Gas- oder Ölbrennern ist die vorstehende Regelung nicht anwendbar. Solche Geräte können erst nach Erreichen des Beharrungszustandes gemessen werden.

4.4.2 Checkliste für den Arbeitsablauf

- 1 Messgerät gemäss Angaben des Geräteherstellers abgleichen.
- 2 «Ausschaltpunkt» des Kesselthermostaten nach Ziffer 4.1 ermitteln und sich die Temperatur merken/notieren. Die Messung soll frühestens bei einer Kesselwassertemperatur 10 °C unter dem «Ausschaltpunkt» beginnen und spätestens bei 10 °C über dem «Ausschaltpunkt» abgeschlossen sein.
- 3 Brenner in Betrieb setzen und die Temperatur der Verbrennungsluft messen.
Messorte für Verbrennungsluft-Temperatur:
 - unmittelbar bei der Ansaugöffnung des Brenners oder der Brennerhaube (nicht in der Öffnung oder unter der Haube!)
 - bei separater Zuluftleitung: in der dafür vorgesehenen Messöffnung (2 × D ab Geräteverschalung)
 - **Achtung:** Heisse Geräteteile und offene Gasflammen strahlen Wärme aus und können das Resultat verfälschen.
- 4 Eine Minute nach der Flammenbildung¹⁵ Sonde in die Messöffnung einführen und den Kernstrom, d. h. die höchste Abgastemperatur (bzw. die niedrigste O₂-Konzentration) suchen. Dazu Sonde langsam über den gesamten Messquerschnitt bewegen und Messanzeige verfolgen.¹⁶
- 5 Sonde befestigen und Messöffnung abdichten.
- 6 Die Messung beginnen und sämtliche erforderlichen Einzelmessungen durchführen. Wenn sich die Anzeige stabilisiert hat, Messresultate notieren (bzw. ausdrucken lassen).
- 7 Spätestens 4 Minuten nach der Flammenbildung die Einzelmessung der Abgasverluste und die CO- und NO_x-Messung abschliessen (siehe Bemerkungen Ziff. 4.4.1 Abs. 4). Vor dem Ende der Einzelmessung muss sich die Messsonde während mindestens 90 Sek. im Abgasstrom befunden haben.
- 8 Nach Abschluss der ersten Einzelmessung Sonde herausziehen und Brenner ausschalten.¹⁷

4.5 Auswertung und Beurteilung

4.5.1 Kohlenmonoxid- und Stickoxid-Konzentration

1. Jeder Messwert muss auf das trockene Abgas im Normzustand (0 °C, 1013 hPa bzw. 1013 mbar) sowie auf eine Volumenkonzentration für den Sauerstoffbezug von 3 % umgerechnet und auf die ganze Zahl vor dem Komma gerundet werden. Messgeräte führen diese Operationen automatisch durch.
2. Die vom Messgerät ausgedruckten bzw. angezeigten Messwerte müssen im Messprotokoll festgehalten werden.

Auswertung der Messungen

¹⁵ Bzw. nach Einstellung der massgebenden Laststufe bei mehrstufigen oder modulierenden Brennern.

¹⁶ Achtung: Vor allem bei atmosphärischen Geräten mit grossen Abgasrohren kann der Kernstrom seitlich zur Bohrriechung verschoben sein oder ständig schwanken.

¹⁷ Bzw. in Automatik-Betrieb versetzen bei mehrstufigen oder modulierenden Brennern.

3. Für den Vergleich mit dem Grenzwert müssen die Messunsicherheiten (F-Werte) nach Tabelle 1 berücksichtigt werden.

Tab. 1

Messunsicherheit für Kohlenmonoxid und Stickoxide bei Öl- und Gasfeuerungen

Gemessener Wert	Messunsicherheiten (F-Wert)
bis 200 mg/m ³	± 20 mg/m ³
über 200 mg/m ³	± 10 % des Messwertes

4. Der Grenzwert gilt als eingehalten bzw. die Anlage wird nicht beanstandet, wenn nach zwei Einzelmessungen in jeder Laststufe alle gemessenen Werte nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert nicht überschreiten.
5. Der Grenzwert gilt als überschritten, wenn nach zwei Einzelmessungen in einer Laststufe beide gemessenen Werte nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert überschreiten.
6. Überschreitet in einer Laststufe der Messwert einer Einzelmessung nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert, so ist eine dritte Einzelmessung durchzuführen. In diesem Fall entscheidet die dritte Einzelmessung, ob der Grenzwert in dieser Laststufe eingehalten oder überschritten ist.

*Beurteilung der
Messresultate*

Tab. 2

Tabelle der möglichen Fälle (Beurteilung Öl- und Gasfeuerungen):**Fall 1**

1. Messung: $(x_1 - F) \leq \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 2 Einzelmessungen eingehalten
2. Messung: $(x_2 - F) \leq \text{EGW}$	

Fall 2

1. Messung: $(x_1 - F) > \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 2 Einzelmessungen überschritten
2. Messung: $(x_2 - F) > \text{EGW}$	

Fall 3a

1. Messung: $(x_1 - F) \leq \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 3 Einzelmessungen eingehalten
2. Messung: $(x_2 - F) > \text{EGW}$	
3. Messung: $(x_3 - F) \leq \text{EGW}$	

Fall 3b

1. Messung: $(x_1 - F) \leq \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 3 Einzelmessungen überschritten
2. Messung: $(x_2 - F) > \text{EGW}$	
3. Messung: $(x_3 - F) > \text{EGW}$	

Dabei bedeuten:

$x_{1,2,3}$ = Messwerte der Einzelmessungen 1, 2 oder 3 in mg/m^3 (nach Ziff. 4.5.1 Abs. 1 normiert)

F = F-Wert: Messunsicherheit in mg/m^3 gemäss Tabelle 1

EGW = Emissionsgrenzwert

7. Bei kontinuierlich messenden Geräten ist für den Vergleich mit den Grenzwerten für jede gemessene Laststufe ein Mittelwert zu bilden. Die Beurteilung erfolgt sinngemäss wie bei den Einzelmessungen.

4.5.2 Vorgehen bei Grenzwertüberschreitungen (Neuanlagen, Erstmessung)

Wird ein Emissionsgrenzwert überschritten, muss die Anlage kurzfristig instand gestellt werden.

4.5.3 Vorgehen bei Grenzwertüberschreitungen (bestehende Anlagen)

1. Wird ein Emissionsgrenzwert überschritten und kann die Anlage nicht kurzfristig instand gestellt werden, muss sie saniert werden.
2. Wird der betreffende Grenzwert bei der nächsten periodischen Kontrolle eingehalten oder kann die Anlage kurzfristig instand gestellt werden, wird die Sanierungsanordnung aufgehoben.
3. Wird der betreffende Grenzwert über mehrere Jahre hinweg abwechselnd eingehalten und danach wieder überschritten, entscheidet die Behörde im Einzelfall.

4.5.4 Sauerstoff-Konzentration

Die Messwerte für die Sauerstoff-Konzentration müssen für die nachfolgenden Berechnungen auf 1 Stelle nach dem Komma gerundet und so im Messprotokoll festgehalten werden.

Auswertung der Messungen

4.5.5 Abgasverluste

1. Die Abgasverluste (q_A) müssen auf 1 Stelle nach dem Komma berechnet und so im Messprotokoll festgehalten werden (Berechnungsformel: siehe Anhang A1).
2. Für den Vergleich mit dem Grenzwert müssen die Messunsicherheiten (F-Werte) nach Tabelle 3 berücksichtigt werden.

Tab. 3

Messunsicherheiten bei der Messung der Abgasverluste von Öl- und Gasfeuerungen

gemessene Sauerstoffvolumenkonzentration	Messunsicherheit (F-Wert)
bis 13.0%	± 0.5 % Abgasverluste
13.1 – 16.0%	± 1.0 % Abgasverluste
über 16.0%	± 2.0 % Abgasverluste

3. Der Grenzwert gilt als eingehalten, wenn nach zwei Einzelmessungen beide Messwerte nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert nicht überschreiten.¹⁸
4. Der Grenzwert gilt als überschritten, wenn nach zwei Einzelmessungen beide Messwerte nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert überschreiten.
5. Überschreitet nach zwei Einzelmessungen nur einer der beiden Messwerte nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert, so ist eine dritte Einzelmessung durchzuführen. In diesem Fall entscheidet die dritte Einzelmessung, ob der Grenzwert eingehalten oder überschritten ist.

*Beurteilung der
Messresultate*

Tab. 4

Fallbeispiele (Öl- und Gasfeuerungen)

vgl. auch Darstellung in Tab. 2

Fall 1

LRV-Grenzwert: 4.0 %

Messung	O ₂ -Konzentration	q _A	F-Wert	
1	5.6 %		4.3 %	0.5 %
2	5.8 %		4.5 %	0.5 %

Auswertung	Beurteilung
1. Messung: 4.3 % – 0.5 % = 3.8 %	→ Grenzwert von 4.0 % nach zwei Einzelmessungen eingehalten
2. Messung: 4.5 % – 0.5 % = 4.0 %	

Fall 2

LRV-Grenzwert: 7.0 %

Messung	O ₂ -Konzentration	q _A	F-Wert	
1	5.6 %		7.3 %	0.5 %
2	5.8 %		7.5 %	0.5 %

Auswertung	Beurteilung
1. Messung: 7.3 % – 0.5 % = 6.8 %	→ Grenzwert von 7.0 % nach zwei Einzelmessungen eingehalten
2. Messung: 7.5 % – 0.5 % = 7.0 %	

¹⁸ Der Grenzwert gilt grundsätzlich nur als eingehalten, wenn Absatz 1 in jeder Laststufe erfüllt ist. Für die Bestimmung der Abgasverluste muss in der Regel allerdings nur bei Maximallast gemessen werden.

Fall 3

LRV-Grenzwert: 6.0 %

Messung	O ₂ -Konzentration	q _A	F-Wert	
1	4.8 %		6.6 %	0.5 %
2	4.7 %		6.7 %	0.5 %

Auswertung	Beurteilung
1. Messung: 6.6 % – 0.5 % = 6.1 %	→ Grenzwert von 6.0 % nach zwei Einzelmessungen überschritten
2. Messung: 6.7 % – 0.5 % = 6.2 %	

Fall 4

LRV-Grenzwert: 8.0 %

Messung	O ₂ -Konzentration	q _A	F-Wert	
1	6.6 %		8.5 %	0.5 %
2	6.8 %		8.7 %	0.5 %
3	6.3 %		8.4 %	0.5 %

Auswertung	Beurteilung
1. Messung: 8.5 % – 0.5 % = 8.0 %	→ Grenzwert von 8.0 % nach drei Einzelmessungen eingehalten
2. Messung: 8.7 % – 0.5 % = 8.2 %	
3. Messung: 8.4 % – 0.5 % = 7.9 %	

4.5.6 Russzahl (Ölfeuerungen)¹⁹

- Der Russfilter²⁰ wird nach der Messung so gefaltet, dass der Russfleck eine weisse Unterlage erhält. Danach wird der Russfleck bei tageslichtähnlichen Verhältnissen anhand der Russzahl-Vergleichsskala des BAFU²¹ bewertet.
- Das Filterpapier darf für die Bewertung weder angesengt noch feucht sein.
- Der Grenzwert gilt als eingehalten, wenn in allen Laststufen nach je zwei Einzelmessungen keine der gemessenen Russzahlen den Grenzwert überschreitet.
- Der Grenzwert gilt als überschritten, wenn in einer Laststufe beide gemessenen Russzahlen den Grenzwert überschreiten.
- Überschreitet in einer Laststufe eine der beiden gemessenen Russzahlen den Grenzwert, so ist in dieser Laststufe eine dritte Einzelmessung durchzuführen. In diesem Fall entscheidet die dritte Einzelmessung, ob der Grenzwert in dieser Laststufe eingehalten oder überschritten ist.

*Auswertung der Messungen**Beurteilung der Messresultate*

19 Die Russzahl muss nur bei Ölfeuerungen gemessen werden.

20 Die Anforderungen an das Filterpapier sind geregelt in der SN EN 267 im Anhang A4.

21 Bezugsquelle: Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, 3003 Bern

4.6 Wiederholung der Messungen

1. Für jede Messgrösse müssen mindestens zwei Einzelmessungen durchgeführt werden.
2. Bei der Wiederholung der Messung muss erneut bei Punkt 1 von Ziffer 4.4.2 begonnen werden (Temperatur Kesselwasser beachten).
3. Messgeräte sind vor jeder Messung gemäss Angaben des Geräteherstellers neu abzugleichen.

5 Holzfeuerungen

5.1 Zu prüfende Betriebszustände

5.1.1 Heizkessel²² handbeschickt

1. Die Anlagen werden aus dem kalten Zustand in der Regel vom Betreiber gemäss Bedienungsanleitung angefeuert.
2. Der Wärmespeicher muss genügend Kapazität für die Aufnahme der abgegebenen Wärme aufweisen.
3. Bei Anlagen mit Automatik-Betrieb muss die Automatik eingeschaltet sein.
4. Die Messung beginnt 15 Minuten nach dem Kaltstart und dauert 30 Minuten gemäss Ziffer 5.2.

5.1.2 Heizkessel automatisch beschickt

1. Die Messung erfolgt im Automatikbetrieb an der betriebswarmen Anlage.
2. Bei Anlagen, die im Glutbettunterhalt sind, beginnt die Messung spätestens 15 Minuten, nachdem die Brennstoffzufuhr eingesetzt hat.
3. Die Einzelmessung dauert 30 Minuten gemäss Ziffer 5.2.

5.1.3 Einzelraumfeuerungen²³ handbeschickt

1. Die Anlagen werden aus dem kalten Zustand in der Regel vom Betreiber gemäss Bedienungsanleitung angefeuert.
2. Die Messung beginnt 15 Minuten²⁴ nach dem Kaltstart und dauert 15 Minuten (eine Einzelmessung).

5.1.4 Einzelraumfeuerungen automatisch beschickt

1. Die Anlagen werden aus dem kalten Zustand gemäss Bedienungsanleitung angefeuert.
2. Die Messung beginnt 15 Minuten nach dem Kaltstart und dauert 15 Minuten (eine Einzelmessung).

²² Zentralheizungskessel u. a.

²³ Raumheizer, Herde, Speicheröfen, Kamineinsätze und offene Kamine sowie Pelletöfen (inkl. hydraulisch eingebundene Anlagen).

²⁴ Bei einer Holzmenge von weniger als 4 kg kann bereits nach 5 Minuten mit der Messung begonnen werden, um vor Einsetzen der Ausbrandphase während 15 Minuten messen zu können; vgl. Ziffer 5.4.1 Absatz 5.

5.2 Anzahl der Messungen

1. Bei Heizkesseln muss eine Einzelmessung von 30 Minuten durchgeführt und der Mittelwert mit dem Emissionsgrenzwert verglichen werden. Alternativ dazu können zwei aufeinanderfolgende Einzelmessungen von je 15 Minuten durchgeführt werden. Der Unterbruch zwischen den beiden Einzelmessungen soll höchstens 5 Minuten betragen. Werden zwei Einzelmessungen durchgeführt, wird der Mittelwert aus den Mittelwerten der beiden 15-Minuten-Einzelmessungen gebildet und dieser mit dem Emissionsgrenzwert verglichen.
2. Bei Einzelraumfeuerungen muss eine Einzelmessung von 15 Minuten durchgeführt und deren Mittelwert mit dem Emissionsgrenzwert verglichen werden.

5.3 Vorbereitung der Messung

1. Vor jeder Messung muss die Anlage auf mögliche Beeinträchtigungen der Funktionstüchtigkeit hin überprüft werden.
2. Messgeräte sind unmittelbar vor Messbeginn entsprechend der Bedienungsanleitung abzugleichen und die Gaswege auf ihre Dichtheit hin zu prüfen.
3. Werden zwischen zwei Einzelmessungen Manipulationen am Gasweg vorgenommen (z. B. Filterwechsel), muss das Messgerät erneut auf Dichtheit geprüft werden.

5.4 Durchführung der Messung

5.4.1 Allgemeiner Messablauf

1. Eine Einzelmessung umfasst die Bestimmung von:
 - Kohlenmonoxid-Konzentration
 - Feststoff-Konzentration (bei Abnahmemessungen im Sinne von Artikel 13 Absatz 2 LRV, bei periodischen Kontrollen von Restholzfeuerungen²⁵ sowie im Bedarfsfall, z. B. bei Beschwerden oder Klagen)
 - Sauerstoff-Konzentration
 - Kohlendioxid-Konzentration (optional)
 - Abgastemperatur (optional)
2. Diese Messgrößen sind möglichst gleichzeitig bzw. kurz aufeinanderfolgend zu messen. Der Arbeitsablauf nach Ziffer 5.4.2 muss eingehalten werden.

²⁵ Feuerungen, in denen Holzbrennstoffe nach Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 1 Buchstabe c oder d Ziffer 2 LRV eingesetzt werden.

-
3. Im Messbericht müssen zusätzlich folgende Angaben enthalten sein:
 - vorgeschriebene Brennstoffkategorie gemäss Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 1 LRV und Eignung gemäss Anhang 3 Ziffer 521 LRV (Art, Qualität und Feuchtigkeit)
 - angetroffene Brennstoffkategorie und Eignung
 - Feuerungswärmeleistung (FWL) gemäss Geräteschild²⁶
 - Beschreibung/Angabe gemessener Lastzustand
 - Betriebsspannung des elektrostatischen Staubabscheidesystems vor, während und nach der Messung (sofern vorhanden)
 - Anwesenheit des Servicemonteurs (ja/nein)
 4. Während den Messungen dürfen keine Einstellungen an der Feuerungsanlage verändert werden. Bei Einstellungsänderungen nach der Messung ist diese zu wiederholen.
 5. Sollte bei Stückholzfeuerungen während der Messzeit die Ausbrandphase²⁷ beginnen, ist die Messung zu beenden und die verkürzte Messzeit auszuwerten. Kriterium für den Beginn der Ausbrandphase können eine Sauerstoffvolumenkonzentration von über 18 %, eine Kohlendioxidvolumenkonzentration von weniger als 2.5 % oder eine sinkende Abgastemperatur sein.

5.4.2 Checkliste für den Arbeitsablauf

- 1 Messgerät gemäss Angaben des Geräteherstellers abgleichen.
- 2 Definition des Startzeitpunkts:
 - Heizkessel handbeschickt: Anfeuern;
 - Heizkessel automatisch beschickt im ausgeschalteten Zustand: Anfeuern;
 - Heizkessel automatisch beschickt im betriebswarmen Zustand: ohne Bedeutung;
 - Heizkessel automatisch beschickt im Glutbettunterhalt: Feuerung starten und damit Ende des Glutbettunterhalts einleiten;
 - Einzelraumfeuerungen handbeschickt: Anfeuern;
 - Einzelraumfeuerungen automatisch beschickt: Anfeuern.
- 3 Sonde befestigen und Messöffnung abdichten. Die Sonde wird in der Mitte des Abgasrohr-Querschnitts angeordnet (keine Suche nach Kernstrom mit höchster Abgastemperatur).
- 4 Zeitspanne zwischen Startzeitpunkt und Messbeginn:
 - Heizkessel handbeschickt: 15 Minuten;
 - Heizkessel automatisch beschickt nach Anfeuern: Bei Erreichen des betriebswarmen Zustands;
 - Heizkessel automatisch beschickt im betriebswarmen Zustand: beliebig;
 - Heizkessel automatisch beschickt im Glutbettunterhalt: spätestens nach 15 Minuten;

²⁶ Falls nur die Nennwärmeleistung angegeben ist: $FWL = 1.15 \times \text{Nennwärmeleistung}$.

²⁷ Ausbrand bedeutet optisch, dass kaum mehr Flammen sichtbar sind.

- Einzelraumfeuerungen handbeschickt: 15 Minuten (bei einer aufgelegten Holzmenge von weniger als 4 kg kann bereits nach 5 Minuten mit der Messung begonnen werden; vgl. Ziffer 5.4.1 Absatz 5);
- Einzelraumfeuerungen automatisch beschickt: 15 Minuten nach Flammenbildung.

5 Die erforderlichen Messungen durchführen.

6 Nach Abschluss der Messung Sonde herausziehen und Gerät mit Frischluft spülen, bis die Ausgangswerte erreicht sind.

5.5 Auswertung und Beurteilung

5.5.1 Kohlenmonoxid- und Feststoff-Konzentration

1. Jeder Messwert muss auf das trockene Abgas im Normzustand (0°C, 1013 hPa bzw. 1013 mbar) sowie auf eine Volumenkonzentration für den Sauerstoffbezug von 13 % umgerechnet und auf die ganze Zahl vor dem Komma in der Einheit mg/m³ gerundet werden. Messgeräte führen diese Operationen automatisch durch.
2. Die vom Messgerät ausgedruckten bzw. angezeigten Mittelwerte müssen im Messprotokoll festgehalten werden.
3. Für den Vergleich mit dem Grenzwert müssen die Messunsicherheiten (F-Werte) nach Tabelle 5 berücksichtigt werden.

Auswertung der Messungen

Tab. 5

Messunsicherheit für Kohlenmonoxid und Feststoffe

Schadstoff	Messunsicherheiten (F-Wert)
Kohlenmonoxid	± 25 % des Messwertes
Feststoffe	± 40 % des Messwertes

4. Der Grenzwert gilt als eingehalten bzw. die Anlage wird nicht beanstandet, wenn der Mittelwert einer 30-Minuten-Einzelmessung oder aus zwei 15-Minuten-Einzelmessungen (Heizkessel) bzw. der Messwert aus einer Einzelmessung (Einzelraumfeuerungen) nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert nicht überschreitet.
5. Der Grenzwert gilt als überschritten, wenn der Mittelwert aus einer 30-Minuten-Einzelmessung oder aus zwei 15-Minuten-Einzelmessungen (Heizkessel) bzw. der Mittelwert aus einer 15-Minuten-Einzelmessung (Einzelraumfeuerungen) nach Abzug des F-Wertes den Grenzwert überschreitet.²⁸

Beurteilung der Messresultate

²⁸ Für die Auswertung gilt das Prinzip «zuerst mitteln und dann normieren», d.h. die Berechnung erfolgt, indem die Messwerte der Einzelmessungen der Konzentrationen an CO und O₂ zuerst gemittelt und die CO-Konzentrationen erst dann auf die Volumenkonzentration für den Sauerstoffbezug von 13 % normiert werden. Die umgekehrte Reihenfolge der Auswertung durch Normierung der einzelnen Messwerte und anschließende Mittelung wäre zwar mathematisch korrekt, kann aber messtechnisch zu einem grossen Fehler führen (da der O₂-Sensor viel schneller anspricht als der CO-Sensor)!

6. Muss beim Vorhandensein eines elektrostatischen Staubabscheide-systems aus technischen oder betrieblichen Gründen vor dem Abscheider gemessen werden, so muss zur Beurteilung der Einhaltung des Grenzwerts der Abscheidegrad berücksichtigt werden (vgl. Tabelle 6).

Tab. 6

Tabelle der möglichen Fälle (Holzfeuerungen):

bei einer Einzelmessung

Fall 1

$\bar{x} \times (1 - F) \leq \text{EGW}$	→ Grenzwert nach einer Einzelmessung eingehalten
------------------------------------------	--------------------------------------------------

Fall 2

$\bar{x} \times (1 - F) > \text{EGW}$	→ Grenzwert nach einer Einzelmessung überschritten
---------------------------------------	----------------------------------------------------

bei 2 Einzelmessungen

Fall 1

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - F) \leq \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 2 Einzelmessungen eingehalten
--------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

Fall 2

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - F) > \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 2 Einzelmessungen überschritten
-----------------------------------------------------------	--------------------------------------------------

bei 2 Einzelmessungen vor Staubabscheideystem

Fall 1

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - \eta) \times (1 - F) \leq \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 2 Einzelmessungen eingehalten
--------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

Fall 2

$(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) / 2 \times (1 - \eta) \times (1 - F) > \text{EGW}$	→ Grenzwert nach 2 Einzelmessungen überschritten
-----------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------

Dabei bedeuten:

\bar{x} = Mittelwert einer Einzelmessung in mg/m^3 (nach Ziff. 5.5.1 Abs. 1 normiert)

$\bar{x}_{1,2}$ = Mittelwert der Einzelmessungen 1 bzw. 2 in mg/m^3 (nach Ziff. 5.5.1 Abs. 1 normiert)

Mittelwert = arithmetisches Mittel aus \bar{x}_1 und \bar{x}_2

η = Abscheidegrad des Staubabscheiders in Prozent (in Dezimalschreibweise: 10 % = 0.1)

F = F-Wert: Messunsicherheit in Prozent (in Dezimalschreibweise) (vgl. Ziff. 5.5.1)

EGW = Emissionsgrenzwert²⁹

5.5.2 Sauerstoff-Konzentration

Die Messwerte für die Sauerstoff-Konzentration müssen für die nachfolgenden Berechnungen auf 1 Stelle nach dem Komma gerundet und so im Messprotokoll festgehalten werden.

5.6 Wiederholung der Messungen

1. Für jede Messgrösse beträgt die Messzeit einer Einzelmessung 30 Minuten (alternativ zwei aufeinanderfolgende Einzelmessungen von je 15 Minuten bzw. bei Einzelraumfeuerungen eine Einzelmessung von 15 Minuten, vgl. Ziff. 5.2).
2. Bei der Wiederholung der Messung muss erneut bei Punkt 1 von Ziffer 5.4.2 begonnen werden.
3. Messgeräte sind vor jeder Messung nach Angaben des Geräteherstellers neu abzugleichen.

²⁹ Die Festlegung der Emissionsgrenzwerte erfolgt gemäss LRV aufgrund der Feuerungswärmeleistung. Die massgebliche Feuerungswärmeleistung (FWL) ergibt sich aus der Nennwärmeleistung (NWL) und einem Verlustzuschlag von 15 % ($\text{FWL} = 1.15 \times \text{NWL}$). Dies entspricht einem Kesselwirkungsgrad von 87 % ($\text{FWL} = \text{NWL} / 0.87$).

Nachträgliche Leistungsbegrenzungen dürfen nur mit Bewilligung der Vollzugsbehörden vorgenommen werden. Die technischen Massnahmen dazu müssen im Detail beschrieben werden. Die neue Nennwärmeleistung muss vom Hersteller auf dem Typenschild angegeben werden. Nach der Leistungsbegrenzung ist eine erneute Abnahmekontrolle erforderlich.

Anhang

A1 Formeln und Tabellen

A1.1 Berechnung der Abgasverluste

Die Berechnung der Abgasverluste muss nach folgender Formel erfolgen:

$$q_A = (t_A - t_L) \times \left[\frac{A}{21 - O_2} + B \right]$$

Dabei bedeuten:

q_A = Abgasverluste in %

t_A = Abgastemperatur in °C

t_L = Verbrennungsluft-Temperatur unmittelbar beim Ansaugstutzen des Brenners in °C

O_2 = Sauerstoff-Volumenkonzentration der trockenen Abgase in %

21 = Sauerstoff-Volumenkonzentration der Luft in %

$A + B$ = Rechenwerte nach Tabelle 7

Tab. 7

Rechenwerte für A und B (Abgasverluste)

	Heizöl EL	Erdgas	Flüssiggas und Flüssiggas/Luftgemisch	Holz
A	0.68	0.66	0.63	0.74
B	0.007	0.009	0.008	0.008

A1.2 Berechnung der Emissionskonzentration bei Bezugssauerstoff-Konzentration

Die Berechnung der Emissionskonzentration bei der Volumenkonzentration für den Sauerstoffbezug muss nach folgender Formel erfolgen:

$$E_B = E_M \times \frac{21 - O_{2B}}{21 - O_{2gem}}$$

Dabei bedeuten:

E_B = Emissionskonzentration in mg/m³, bezogen auf eine Volumenkonzentration für den Bezugssauerstoff im Abgas von 3 % (Holzfeuerungen: 13 %)

E_M = gemessene Emissionskonzentration in mg/m³

O_{2gem} = gemessene Sauerstoff-Volumenkonzentration in %

O_{2B} = Volumenkonzentration für den Bezugssauerstoff nach LRV: 3 % (Öl, Gas) / 13 % (Holz)

21 = Sauerstoff-Volumenkonzentration der Luft in %

A1.3 Umrechnungen von NO_x auf NO₂

Für die Umrechnung von ppm NO_x auf mg/m³ NO₂ gilt folgender Zusammenhang:

$$C_{NO_2} [mg / m^3] = 2.054 \times C_{NO_x} [ppm]$$

Dabei bedeuten:

C_{NO_2} = NO_x-Konzentration in mg/m³, angegeben als NO₂ und bezogen auf das trockene Abgas im Normzustand (0°C, 1013 mbar)

C_{NO_x} = gemessene NO_x-Konzentration in ppm, bezogen auf das trockene Abgas

2.054 = Umrechnungsfaktor

A1.4 Weitere Umrechnungen

Tab. 8

Umrechnungsfaktoren für Heizöl EL

Umrechnung von		→	in				
			ppm	mg/m ³	mg/MJ*	mg/kWh*	mg/kg*
CO	1 ppm	→	1	1.250	0.364	1.310	15.503
CO	1 mg/m ³	→	0.800	1	0.291	1.048	12.402
CO*	1 mg/MJ	→	2.748	3.435	1	3.600	42.600
CO*	1 mg/kWh	→	0.763	0.954	0.278	1	11.833
CO*	1 mg/kg	→	0.065	0.081	0.023	0.085	1
NO ₂	1 ppm	→	1	2.054	0.598	2.152	25.469
NO ₂	1 mg/m ³	→	0.487	1	0.291	1.048	12.402
NO ₂ *	1 mg/MJ	→	1.673	3.435	1	3.600	42.600
NO ₂ *	1 mg/kWh	→	0.465	0.954	0.278	1	11.833
NO ₂ *	1 mg/kg	→	0.039	0.081	0.023	0.085	1

*) Anmerkung: Diese Umrechnungsfaktoren gelten nur für Abgase mit einer Volumenkonzentration für den Bezugs-sauerstoff von 3%.

Beispiele für Kohlenmonoxid (CO):

- 1 ppm CO (Schadstoff-Konzentration in ppm im Abgas) entspricht 1.250 mg CO/m³ (Schadstoff-Konzentration in mg/m³ im Abgas)
- 1 ppm CO entspricht 1.310 mg CO/kWh (mg pro verbrannte Heizölmenge in kWh)
- 1 ppm CO entspricht 15.503 mg CO/kg (mg pro kg verbranntes Heizöl)

Tab. 9
Umrechnungsfaktoren für Erdgas

Umrechnung von			in				
			ppm	mg/m ³	mg/MJ*	mg/kWh*	mg/m ³ _{Gas} *
CO	1 ppm	→	1	1.250	0.352	1.267	12.778
CO	1 mg/m ³	→	0.800	1	0.282	1.014	10.222
CO*	1 mg/MJ	→	2.841	3.551	1	3.600	36.300
CO*	1 mg/kWh	→	0.789	0.986	0.278	1	10.083
CO*	1 mg/m ³ _{Gas}	→	0.078	0.098	0.028	0.099	1
NO ₂	1 ppm	→	1	2.054	0.578	2.082	20.992
NO ₂	1 mg/m ³	→	0.487	1	0.282	1.014	10.222
NO ₂ *	1 mg/MJ	→	1.729	3.551	1	3.600	36.300
NO ₂ *	1 mg/kWh	→	0.480	0.986	0.278	1	10.083
NO ₂ *	1 mg/m ³ _{Gas}	→	0.048	0.098	0.028	0.099	1

*) Anmerkung: Diese Umrechnungsfaktoren gelten nur für Abgase mit einer Volumenkonzentration für den Bezugs-sauerstoff von 3 %.

Tab. 10
Umrechnungsfaktoren für Holzfeuerungen

Umrechnung von			in				
			ppm	mg/m ³	mg/MJ*	mg/kWh*	mg/kg*
CO	1 ppm	→	1	1.25	0.84	3.03	14.3
CO	1 mg/m ³	→	0.80	1	0.67	2.40	11.4
CO*	1 mg/MJ	→	1.19	1.49	1	3.60	16.7
CO*	1 mg/kWh	→	0.33	0.41	0.28	1	4.7
CO*	1 mg/kg	→	0.07	0.09	0.06	0.21	1
Staub	1 mg/m ³	→	–	1	0.67	2.40	11.4
Staub*	1 mg/MJ	→	–	1.49	1	3.60	16.7
Staub*	1 mg/kWh	→	–	0.41	0.28	1	4.7
Staub*	1 mg/kg	→	–	0.09	0.06	0.21	1

*) Anmerkung: Diese Umrechnungsfaktoren gelten nur für Abgase mit einer Volumenkonzentration für den Bezugs-sauerstoff von 13 %.

Die vorstehenden Umrechnungstabellen beruhen auf der folgenden Umrechnungsformel:

$$\text{Konz} [\text{mg} / \text{m}^3] = \text{Konz} [\text{ppm}] \times \frac{\text{Molmasse} [\text{g} / \text{mol}]}{\text{Molvolumen} [\text{l} / \text{mol}]}$$

Dabei bedeuten:

- Konz Abgaskonzentration in mg/m³ bzw. in ppm
- Molmasse CO 28 g/mol
- Molmasse NO₂ 46 g/mol
- Molvolumen 22.4 l/mol

Weitere Angaben:

- Heizwert H_u für Heizöl Extraleicht 42.60 MJ/kg = 11.83 kWh/kg
- Heizwert H_u für Erdgas 36.30 MJ/m³ = 10.08 kWh/m³
- Heizwert H_u für Holz ca. 15 MJ/kg = 4.2 kWh/kg
- Spez. Abgasmenge für Heizöl Extraleicht 12.40 m³/kg
(Volumenkonzentration für O₂-Bezug = 3 %)
- Spez. Abgasmenge für Erdgas 10.22 m³/m³
(Volumenkonz. f. O₂-Bez. = 3 %)
- Spez. Abgasmenge für Holz ca. 10 m³/kg
(Volumenkonz. f. O₂-Bez. = 13 %)

Alle Umrechnungen gelten für das trockene Abgas im Normzustand (0 °C, 1013 hPa).

A2 Durchführung der Gassammelsack-Methode

Die Gassammelsack-Methode ermöglicht die Probenahme des Abgases (gasförmige Komponenten, ausgenommen Feststoffmassenkonzentration). Das Probegas aus dem Gassammelsack wird nach erfolgter Probenahme mit einem Messgerät gemäss Ziff. 2.3 Abs. 1 gemessen. Mit der Messung wird der Mittelwert über die Probenahmedauer gebildet.

Die Gassammelsack-Apparatur (nachfolgend Apparatur genannt) muss mit einer Probenahmeverrichtung ausgerüstet sein, um das Probegas unverdünnt zu sammeln und eine effiziente Filterung der Feststoffe ermöglichen. Das Befüllen des Gassammelsacks erfolgt mittels eines Durchflussmessers. Der verwendete Gassammelsack muss luftdicht verschliessbar sein. Vor der Probenahme muss der Gassammelsack gespült werden. Zu diesem Zweck wird der Gassammelsack mittels der Apparatur mit unbelasteter Umgebungsluft gefüllt und anschliessend wieder vollständig entleert. Dieser Spülvorgang ist zweimal zu wiederholen. Ebenfalls vor der Probenahme muss die Apparatur auf Dichtheit überprüft werden. Dazu wird die Probenahmesonde verschlossen und die Probenahmepumpe mit voller Leistung betrieben. Die Apparatur ist dicht, wenn am Durchflussmesser kein Durchfluss erkennbar ist. Unmittelbar vor Beginn der Probenahme wird das Totvolumen der Probenahmeeinrichtung für 2 Minuten mit Probegas gespült. Danach wird der Gassammelsack bei laufender Probenahmepumpe an die Apparatur angeschlossen.

Während der gesamten Probenahme muss auf einen konstanten Probenahmefluss geachtet werden. Ist dieser nicht gewährleistet, kann es infolge schwankender Sauerstoff-/Kohlenmonoxid-Konzentrationen im Abgas zu Probenahmefehlern kommen. Der Probenahmefluss ist so zu wählen, dass ein genügend grosses Probevolumen für die anschliessende Messung mit dem Messgerät gesammelt werden kann. Der Probenahmefluss von 1 Liter pro Minute an der Probenahmesonde soll dabei nicht unterschritten werden. Die Probenahmedauer richtet sich nach Ziffer 5.1. Nach Abschluss der Probenahme wird das Probegas im Gassammelsack während mindestens 5 Minuten equilibriert, bevor die Messung mit einem Messgerät durchgeführt werden kann. Die Beurteilung des Messresultats erfolgt gemäss Ziffer 5.5.1.

A3 Ausbildungsprofile für die Durchführung der Feuerungskontrolle

Die Ausbildung zur Durchführung der Feuerungskontrolle nach Art. 13 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) wird modular angeboten. Im Vordergrund steht dabei das **Prinzip der Handlungskompetenz**. Als Basiselement dient dabei das Modul, eine in sich fachlich abgegrenzte Lerneinheit, die autonom für sich steht und mit einem Kompetenznachweis abgeschlossen wird. Der Abschluss von mehreren Modulen (Bausatz) führt zu einer beruflichen Kompetenz oder zur Berechtigung der Absolvierung einer modulübergreifenden Abschlussprüfung, die in der Regel mit einem eidgenössisch anerkannten Fachausweis abgeschlossen wird.

Fachrichtung Öl- und Gasfeuerungen

- AT1 «Grundlagen über die Heizungs- und Feuerungstechnik (Öl- und Gasfeuerungen)»
- MT1 «Grundlagen der lufthygienischen Emissionsmesstechnik (Öl-, Gas- und Holzfeuerungen)»
- MT2 «Messtechnik gemäss den BAFU-Messempfehlungen Feuerungen»
- AB1 «Auswertung und Beurteilung der Messresultate bei Öl- und Gasfeuerungen»
- AB2 «Berechnungen für die Mess- und Feuerungstechnik»
- BV1 «Brennstofflehre und Verbrennungstechnik»
- LZ1 «Umweltrecht und lufthygienische Zusammenhänge»
- LZ2 «Vollzug der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) mit Schwerpunkt Klagenfälle»

Fachrichtung Holzfeuerungen (zusätzliche Module)

- AT3 «Grundlagen Heizungs- und Feuerungstechnik (Holzfeuerungen)»
- MT3 «Messtechnik gemäss den BAFU-Messempfehlungen Feuerungen»
- AB3 «Auswertung, Beurteilung der Messresultate und richtiges Betreiben von Holzfeuerungen»
- VK1 «Visuelle Aschen- und Brennstoffkontrolle»

Fachkompetenzen der Kontrollpersonen

Nach Artikel 43 des Umweltschutzgesetzes (USG) kann die Vollzugsbehörde auch Private mit Vollzugsaufgaben betrauen. Bei der Feuerungskontrolle nach Artikel 13 der LRV wird von dieser Möglichkeit seit langem Gebrauch gemacht. In der Praxis wenden die Kantone für die Durchführung der Feuerungskontrolle verschiedene Vollzugsmodelle an. Aus den verschiedenen Vollzugsdelegationen ergeben sich die nachstehenden Fachkompetenzen bzw. Ausbildungsprofile für die Kontrollpersonen:

Durchführung von Kontrollen von Öl- und Gasfeuerungen (bis 1 MW)

Durchführen von lufthygienischen und energetischen Messungen bei einfachen Öl- und Gasfeuerungsanlagen sowie an Feuerungsanlagen mit höheren

Handlungskompetenzbereich

Anforderungen nach den BAFU-Messempfehlungen Feuerungen. Die Resultate der lufthygienischen und energetischen Emissionsmessungen von Öl- und Gasfeuerungsanlagen sind auszuwerten, zu beurteilen und zu interpretieren. Die Heizungsbetreiber/-innen sind über die lufthygienischen Zusammenhänge und deren Auswirkungen zu informieren. Bei Beanstandungen sind fabrikatsneutrale Sanierungsgespräche durchzuführen, bei lufthygienischen Nachbarschaftsklagen die fachlichen Fakten zu eruieren.

Abschluss mit Zertifikat der Module: AT1/MT1/MT2/AB1/AB2/BV1/LZ1/LZ2 und die modulübergreifende Prüfung mit dem eidgenössischen Fachausweis als Feuerungskontrolleur/-in abgeschlossen.

Ausbildungsprofil

Messungen von Öl- und Gasfeuerungen mit Resultatübermittlung an die zuständige Vollzugsbehörde (bis 1 MW)

Durchführen von lufthygienischen und energetischen Messungen bei einfachen Öl- und Gasfeuerungsanlagen sowie an Feuerungsanlagen mit höheren Anforderungen nach den BAFU-Messempfehlungen Feuerungen und übermitteln der Messresultate an die zuständige Vollzugsbehörde.

Handlungskompetenzbereich

Abschluss mit Zertifikat der Module: AT1/MT1/MT2

Ausbildungsprofil

Durchführung von Kontrollen von Holzfeuerungen (bis 70 kW)

Durchführen von lufthygienischen Messungen bei Holzfeuerungsanlagen gemäss den BAFU-Messempfehlungen Feuerungen. Die Resultate der lufthygienischen Emissionsmessungen sind auszuwerten, zu beurteilen und zu interpretieren. Instruieren der Heizungsbesitzer/-innen über das richtige Betreiben von Holzfeuerungen und diese über die lufthygienischen Zusammenhänge und deren Auswirkungen informieren. Bei Beanstandungen sind fabrikatsneutrale Sanierungsgespräche durchzuführen, bei lufthygienischen Nachbarschaftsklagen die fachlichen Fakten zu eruieren.

Handlungskompetenzbereich

Die modulübergreifende Prüfung mit dem eidgenössischen Fachausweis als Feuerungskontrolleur/-in abgeschlossen. Zusätzlich Abschluss mit Zertifikat der Module: AT3/MT3/AB3

Ausbildungsprofil

Messungen von Holzfeuerungen (bis 70 kW) mit Resultatübermittlung an die zuständige Vollzugsbehörde

Durchführen von lufthygienischen Messungen bei Holzfeuerungsanlagen nach den BAFU-Messempfehlungen Feuerungen und übermitteln der Kontrollresultate an die zuständige Vollzugsbehörde.

Handlungskompetenzbereich

Abschluss mit Zertifikat der Module: AT3/MT1/MT3

Ausbildungsprofil

Durchführung der visuellen Aschen- und Brennstoffkontrolle

Durchführen von visuellen Kontrollen gegen die illegale Abfallverbrennung bei Holzfeuerungen mit Fachberatung der Betreiber/-innen.

Handlungskompetenzbereich

Abschluss mit Zertifikat des Moduls: VK1

Ausbildungsprofil

Über die Gleichwertigkeit von in- und ausländischen Ausbildungsabschlüsse von den geforderten Modulen entscheidet die Kommission für Qualitätssicherung der eidgenössischen Berufsprüfung für Feuerungskontrolleurinnen und Feuerungskontrolleure (QSK-FK).

Gleichwertigkeit

Für die Durchführung der Feuerungskontrolle in der Romandie werden die Kontrolleure durch die ARPEA (Association romande pour la protection des eaux et de l'air) ausgebildet. Zur Messung von Öl- und Gasfeuerungen wird das «Certificat ARPEA de contrôleur de combustion» verlangt, welches die Module AT1/MT1/MT2 umfasst.

*Ausbildungsprofile
in der Romandie*

Schlussbemerkung

Personen ohne entsprechendes Ausbildungsprofil dürfen grundsätzlich keine Messungen durchführen.

Personen, welche die Grundausbildung (Zertifikate der Grundmodule AT1, AT3 und MT1) erfolgreich abgeschlossen haben und sich für das Fachmodul MT2 bzw. MT3 oder auf eine entsprechende Fachabschluss (z. B. Berufsprüfung FK) vorbereiten, dürfen während längstens zwei Jahren Messungen vornehmen (provisorische Zulassung). Konnte innert dieser Zeit die Zusatzausbildung nicht erfolgreich abgeschlossen werden, erlischt die provisorische Zulassung.

*Provisorische
Zulassung*

A4 Messung der unvollständig verbrannten Ölaneile

1. Im Bedarfsfall kann die Behörde die Bestimmung der unvollständig verbrannten Ölaneile veranlassen. *Zweck der Messung*
2. Die Abgase gelten in der Regel als frei von unvollständig verbrannten Ölaneilen, wenn im Rahmen der periodischen Feuerungskontrolle die Kohlenmonoxid-Grenzwerte eingehalten werden. Bei Verdacht auf Geruchsemissionen ist ergänzend ein Öltest mit Fließmitteln durchzuführen.
3. Zur Bestimmung der unvollständig verbrannten Ölaneile des beladenen Russfilters wird das Fließmittel Ethanol (Ethylalkohol) verwendet. Allfällig vorhandene Ölaneile können auf diese Weise sichtbar gemacht werden. *Messverfahren*
4. Das Verfahren eignet sich für grosse und kleine Russfilter.
Erforderliche Hilfsmittel für die Messung: *Vorbereitung der Messung*
 - 1 Flasche Fließmittel Ethanol. Im Handel als Industriesprit oder Brennsprit erhältlich. Erforderliche Massenkonzentration: 96 %
 - 1 Schere
 - 1 Handspiegel, Glasplatte usw.
 - Tropfpipette
5. Die Bestimmung der unvollständig verbrannten Ölaneile soll unmittelbar im Anschluss an die Ermittlung der Russzahl erfolgen. *Durchführung der Messung*
6. Der Fliesstest wird für jede Laststufe jeweils an beiden Russ-Proben durchgeführt.
7. Die Filterpapiere dürfen weder angesengt noch feucht geworden sein.
8. Arbeitsablauf:
 - 1** Mit der Schere nach Abbildung 5 einen Streifen in das Filterpapier schneiden und den Streifen, ohne den Russfleck zu berühren, rechtwinklig nach unten knicken.
 - 2** Auf den Handspiegel 1 – 2 Tropfen Fließmittel auftropfen.
 - 3** Den geknickten Streifen mit dem Fließmittel so lange in Berührung bringen, bis das Fließmittel vom Filterpapier bis über den Russfleck hinaus aufgesaugt wurde.
 - 4** Sobald sich das Fließmittel bis über den Rand des Russflecks ausgebreitet hat, Filterpapier entfernen und trocknen lassen.
9. Entsteht nach dem Trocknen am Rande des Russflecks eine deutliche gelbe bis gelbbraune Färbung, so befinden sich unvollständig verbrannte Ölaneile im Abgas. *Bewertung*

Abbildung 5
Streifen in das Filterpapier schneiden

