

Dieses Dokument ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 6.
ICS 97.100.30; 13.040.40

**Emissionsminderung –
Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (gemäß 1. BImSchV) –
Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten
Staubminderungseinrichtungen**

Emission control –
Small and medium-sized firing systems (according to 1. BImSchV) –
Test method for the determination of the efficiency of downstream dust separators

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer Vornorm erstellt.

Gesamtumfang 51 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Produktbeschreibung.....	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Funktionsprinzip	9
4.3 Bauart.....	9
4.4 Abreinigungsverfahren	9
4.5 Einbauort	10
4.6 Abgasförderung und Abgasverdünnung	10
4.7 Technische Auslegungsdaten	10
5 Prüfung von Abscheidern für handbeschickte Feuerungen ohne Gebläse	11
5.1 Allgemeine Anforderungen.....	11
5.2 Anforderungen an den Prüfstand	12
5.3 Prüfstandaufbau und Messtechnik	12
5.3.1 Prüfstandaufbau	12
5.3.2 Messtechnik	14
5.3.3 Messstrecken	16
5.3.4 Festlegung der Prüfbedingungen	17
5.3.5 Prüfbrennstoffe	17
5.4 Durchführung der Prüfung	18
5.4.1 Vorversuche	18
5.4.2 Inbetriebnahme der Feuerung	18
5.4.3 Vorkonditionierung des Abscheiders mit realen Abgasen	18
5.4.4 Durchführung der Messung.....	18
5.4.5 Prüfung der Staubkonzentration im Reingas während der Abreinigung.....	20
5.5 Auswertung und Bewertung der Messungen	20
5.5.1 Auswertung der Gasmessungen.....	20
5.5.2 Bestimmung der Abscheidegrade und der Reingasstaubkonzentrationen	20
5.5.3 Darstellung der Messergebnisse	23
6 Prüfung von Abscheidern für Zentralheizungsfeuerungen und Pelletöfen.....	24
6.1 Allgemeine Anforderungen.....	24
6.2 Anforderungen an den Prüfstand einschließlich Abgaserzeugung	24
6.3 Prüfstandaufbau und Messtechnik	26
6.3.1 Prüfstandaufbau	26
6.3.2 Messtechnik	28
6.3.3 Messstrecken	29
6.3.4 Festlegung der Prüfbedingungen	31
6.4 Durchführung der Prüfung	33
6.4.1 Vorversuche	33
6.4.2 Inbetriebnahme der Feuerung	33
6.4.3 Vorkonditionierung des Abscheiders mit realen Abgasen	33
6.4.4 Voraussetzungen für eine gültige Messung	33
6.4.5 Durchführung der Messung.....	33
6.4.6 Prüfung der Staubkonzentration im Reingas während der Abreinigung.....	35
6.5 Auswertung und Bewertung der Messung	35

6.5.1	Auswertung der Gasmessungen	35
6.5.2	Bestimmung der Abscheidegrade und der Reingasstaubkonzentrationen	35
6.5.3	Darstellung der Messergebnisse	38
7	Übertragung der Abscheidegrade auf unterschiedliche Abscheiderbaugrößen.....	39
8	Qualitätssicherung (QA) und Qualitätskontrollen (QC).....	40
8.1	Einzusetzende Messverfahren	40
8.2	Kennzahlen der Qualitätssicherung	41
8.2.1	Allgemeines	41
8.2.2	Leerwert des Filters (Staubmessung)	41
8.2.3	Leerwert der Sonde (Staubmessung).....	41
8.2.4	Leerwert der Spülung (Staubmessung)	41
8.2.5	Gesamtlerwert (Staubmessung)	41
8.3	Sicherung der Dichtheit des Messsystems	41
9	Dokumentation und Prüfbericht	41
	Anhang A (normativ) Technische Unterlagen, Lieferumfang	43
A.1	Allgemeines	43
A.2	Kennzeichnung.....	43
A.2.1	Allgemeines	43
A.2.2	Angaben auf dem Abscheiderschild	43
A.2.3	Anforderungen an das Schild	43
A.3	Technische Informationen und Montageanleitung	44
A.4	Bedienungsanleitung	45
	Anhang B (informativ) Mustertabellen	46
	Anhang C (informativ) Bewertungsmatrix zur Ermittlung der Eignung von Staubabscheidern für die Abgasreinigung bei Holzfeuerungen	48
	Literaturhinweise	50

Vorwort

Diese Vornorm wurde vom Arbeitsausschuss NA 134-01-95 AA „Emissionsminderung – Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (nach 1. BImSchV [1]) – Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen“ im Fachbereich I „Umweltschutztechnik“ der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL erstellt.

Eine DIN SPEC nach dem Vornorm-Verfahren ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden DIN SPEC wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser DIN SPEC sind erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an krdl@vdi.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Einleitung

Die thermische Nutzung von Holz bzw. Biobrennstoffen in Kleinfeuerungsanlage ist sinnvoll und wünschenswert, da das Heizen mit diesen erneuerbaren Brennstoffen als weitgehend CO₂-neutral betrachtet werden kann und die Abhängigkeit von zu importierenden fossilen Brennstoffen wie Erdöl und Erdgas verringert wird. Die Verbrennung ist oftmals unvollständig, so dass dadurch Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, Geruchsstoffe und Ruß- und Teerpartikel über die Abgasanlage der Feuerstätte in die Umgebung gelangen und in Wohngebieten zu Belästigungen und Gesundheitsgefährdungen führen können. Hinzu kommen als zusätzliche Staubemissionen mitgerissene Flugaschepartikel.

Um die Luftqualitätssituation in den Wohngebieten zu verbessern und allgemein die Emission von Feinstäuben zu verringern, hat der Gesetzgeber im Jahr 2010 die 1. Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (1. BImSchV [1]) verschärft, nach der nun bei Neuanlagen und zeitlich gestaffelt bei bestehenden Anlagen bestimmte Staub-Emissionsgrenzwerte nicht überschritten werden dürfen. Da diese Werte nach heutigem Stand der Technik allein durch feuerungsseitige Maßnahmen oftmals nicht einzuhalten sind, werden inzwischen von verschiedenen Herstellern nachrüstbare Abgasstaubabscheider angeboten. Da das Abscheidevermögen durch die Staubeigenschaften, die Staubkonzentration und den Abgasvolumenstrom beeinflusst wird und diese Parameter wiederum von der Art und dem Betrieb der Feuerung einerseits und vom Brennstoff andererseits abhängig sind, sind zur Vergleichbarkeit der Abscheideleistung verschiedener Staubabscheider einheitliche Prüfkriterien erforderlich. Aufgabe dieser Vornorm ist es, Prüfverfahren zur Bestimmung der Wirksamkeit von Staubabscheidern für Kleinfeuerungen, die den Regeln der 1. BImSchV [1] unterliegen, festzulegen. Die Prüfverfahren werden unterschieden einerseits für Staubabscheider, die für Feuerungen mit diskontinuierlicher Beschickung bestimmt sind, wie Einzelraumfeuerungsanlagen und Naturzugkessel ohne Gebläse, und andererseits für Staubabscheider für kontinuierlich beschickte Feuerungen, wie Hackschnitzel- und Pelletkessel sowie Pelletöfen.

Diese Vornorm beschreibt den Aufbau des Prüfstands und das Prüfverfahren, so dass vergleichbare Ergebnisse erzielt werden können, auch wenn die Prüfung von verschiedenen Prüfinstituten durchgeführt wird.

1 Anwendungsbereich

Diese Vornorm legt die Anforderungen an den Prüfaufbau, die Bereitstellung des Prüfabgases, die Durchführung der Prüfung sowie die notwendige Messtechnik zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen für kleine und mittlere Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe gemäß 1. BImSchV [1] fest. Die Wirksamkeit der Abscheider wird als Abscheidegrad und erzielbare Reingaskonzentration bestimmt.

Sie gilt für Staubminderungseinrichtungen, die als Einzelbauteile z. B. an bestehenden Feuerungsanlagen nachgerüstet werden können und nicht für Staubminderungseinrichtungen, die integrierter Bestandteil einer Feuerungsanlage sind. Der Einsatzbereich der Staubminderungseinrichtung wird durch den Hersteller festgelegt.

Die Prüfung der Minderung gasförmiger Komponenten ist nicht Bestandteil dieser Vornorm.

Die sicherheitstechnischen Aspekte der Staubminderungseinrichtungen werden nicht behandelt.

ANMERKUNG Für das Inverkehrbringen der hier betrachteten Staubminderungseinrichtungen ist eine allgemeine bauaufsichtlichen Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) erforderlich.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 12619:2013-04, *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung der Massenkonzentration des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs — Kontinuierliches Verfahren mit dem Flammenionisationsdetektor; Deutsche Fassung EN 12619:2013*

E DIN EN 14789:2014-12, *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung der Volumenkonzentration von Sauerstoff (O₂) — Referenzverfahren — Paramagnetismus; Deutsche Fassung prEN 14789:2014*

E DIN EN 15058:2014-12, *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung der Massenkonzentration von Kohlenmonoxid (CO) — Referenzverfahren: Nicht-dispersive Infrarotspektrometrie; Deutsche Fassung prEN 15058:2014*

DIN EN ISO 20988:2007-09, *Luftbeschaffenheit — Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit (ISO 20988:2007); Deutsche Fassung EN ISO 20988:2007*

VDI 2449 Blatt 1:1995-02, *Prüfkriterien von Messverfahren — Ermittlung von Verfahrenskenngrößen für die Messung gasförmiger Schadstoffe (Immission)*

VDI 2066 Blatt 1:2006-11, *Messen von Partikeln — Staubmessungen in strömenden Gasen — Gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung*

VDI 4206 Blatt 2:2011-06, *Mindestanforderungen und Prüfpläne für Messgeräte zur Überwachung der Emissionen an Kleinfeuerungsanlagen — Messgeräte zur Ermittlung von partikelförmigen Emissionen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Abscheider

Gerät zum Abtrennen von Partikeln aus Gasströmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Abscheider“ ist hier synonym zu dem Begriff „Staubminderungseinrichtung“ zu verstehen.

[QUELLE: VDI 3677 Blatt 1: 2010-11 [24], Begriff Abscheider]

3.2

Abscheidegrad

A

Verhältnis von abgeschiedener Staubmasse zur eingetragenen Staubmasse ($A = (\text{Rohgaskonzentration} - \text{Reingaskonzentration}) / \text{Rohgaskonzentration}$)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Abscheidegrad wird in Prozent (%) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Abscheidegrad ist zusammen mit dem in dieser Vornorm beschriebenen Prüfverfahren anzugeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Abscheidegrad bezieht sich immer auf die Staubkonzentration, wobei nicht in Korngrößenklassen unterschieden wird.

3.3

Wirksamkeit

ergibt sich aus dem Abscheidegrad und der erzielten Reingaskonzentration im Vergleich zu den geforderten Emissionsgrenzwerten

3.4

Schornsteinzug

Druckdifferenz zwischen einem Punkt im Abgasweg und dem Aufstellraum der Feuerungsanlage

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Schornsteinzug wird in Pa angegeben.

3.5

Staub

Partikel, die bei den vorliegenden Probenahmebedingungen dispergiert sind und deren trockene Masse bei der Staubmessung unter den festgelegten Bedingungen ermittelt wird

3.6

Rohgas

Staubbeladener Gasstrom, der dem Abscheider zugeführt wird

3.7

Reingas

Aus dem Abscheider austretender Gasstrom

3.8

Normzustand

<eines Gases> der Zustand des trockenen Gases, der durch die Normtemperatur $T_0 = 273,15 \text{ K}$ (0 °C) und durch den Normdruck $p_n = 1\,013,25 \text{ hPa}$ (mbar) bestimmt ist

3.9

Betriebszustand

<eines Gases> wird angezeigt durch den Gasvolumenstrom mit den momentanen Betriebswerten für Temperatur und Druck

3.10

Feuerungsanlage

Anlage, bei der durch Verfeuerung von Brennstoffen Wärme erzeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Feuerungsanlage gehören Feuerstätte und, soweit vorhanden, Einrichtungen zur Verbrennungsluftzuführung, Verbindungsstück und Abgaseinrichtung.

[QUELLE: 1. BImSchV [1], Begriff „Feuerungsanlage“, modifiziert, Anmerkung 1 hinzugefügt]

3.11

Feuerstätte

Teil einer Feuerungsanlage ohne die Einrichtungen zur Verbrennungsluftzuführung, Verbindungsstück und Abgaseinrichtung

[QUELLE: 1. BImSchV [1], Begriff „Feuerungsanlage“]

3.12

TVOC

(en: Total Volatile Organic Compounds)

gesamte flüchtige organische Verbindungen angegeben in Milligramm Kohlenstoff je Kubikmeter

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie werden mit dem FID gemessen und in Milligramm je Kubikmeter (mg/m^3) als Gesamtkohlenstoff angegeben, kalibriert mit Propan als Prüfgas. Statt der Abkürzung TVOC werden auch die Abkürzungen OGC (en: Organic Gaseous Carbons) und VOC (en: Volatile Organic Compounds) synonym verwendet.

[QUELLE: DIN EN 12619:2013-04 [3]]

3.13

Abgasmassenstrom

abgeführte Masse des Abgases aus der Feuerstätte je Zeiteinheit

[QUELLE: DIN EN 16510:2013-02]

3.14

„guter“ Abgasstaubzustand

Abgas mit einer Staubkonzentration im Bereich von $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ bis $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ und einer CO-Konzentration bis $4\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$ im Normzustand

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle 2.

3.15

„schlechter“ Abgasstaubzustand

Abgas mit einer Staubkonzentration im Bereich von $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ bis $300 \text{ mg}/\text{m}^3$ und einer CO-Konzentration im Bereich von $3\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$ bis $8\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$ im Normzustand

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle 2.

3.16

Abgasanlage

Anlage, wie Schornstein, Verbindungsstück, Abgasleitung, Luft-Abgas-System oder Abluftschacht für die Ableitung der Abgase von Feuerstätten

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe KÜO [2].

3.17**Einlaufstrecke**

Teil der jeweiligen Messstrecke vor dem ersten Messpunkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Einlaufstrecke siehe VDI 2066 Blatt 1 [21].

3.18**Auslaufstrecke**

Teil der jeweiligen Messstrecke nach dem letzten Messpunkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Auslaufstrecke siehe VDI 2066 Blatt 1 [21].

4 Produktbeschreibung**4.1 Allgemeines**

Das Funktionsprinzip der Staubminderungseinrichtung ist nach 4.2 anzugeben. Zusätzlich sind Angaben über den Einsatzbereich des Abscheiders (z. B. Feuerungsanlagenart, Leistungsbereich, Brennstoffart und Betriebszustände der Feuerungsanlage sowie Abscheiderbauart und Einbauort) entsprechend 4.3 bis 4.5 zu machen.

Sämtliche in diesem Abschnitt aufgeführten Klassifikationsmerkmale und technische Daten müssen vom Hersteller dem Prüfinstitut vor der Prüfung dem Prüfinstitut vom Hersteller bekanntgegeben werden.

Einzelheiten zu diesen technischen Informationen sind in Anhang A aufgeführt.

4.2 Funktionsprinzip

Folgende Funktionsprinzipien der Staubminderung werden unterschieden:

- a) Elektrostatische Abscheider (siehe VDI 3678 Blatt 1 [26] und VDI 3678 Blatt 2 [27]);
- b) Filternde Abscheider – Oberflächenfilter (siehe VDI 3677 Blatt 1 [24]);
- c) Filternde Abscheider – Tiefenfilter (siehe VDI 3677 Blatt 2 [25]);
- d) Kondensationsabscheider und Wäscher;
- e) Kombinationen der o. a. Arten sowie Kombinationen dieser Arten mit katalytischen Abgasreinigungseinrichtungen.

4.3 Bauart

Folgende Bauarten werden unterschieden:

- a) Die Abgasanlage (in der Regel der Schornstein) ist vom Hersteller als Bestandteil der Abscheidefläche vorgesehen.
- b) Die Abgasanlage ist vom Hersteller nicht als Bestandteil der Abscheidefläche vorgesehen.

4.4 Abreinigungsverfahren

Folgende Abreinigungsverfahren werden unterschieden:

- a) Automatische Trockenabreinigung;
- b) Automatische Nassabreinigung;
- c) Manuelle Abreinigung.

Vom Hersteller sind folgende Angaben näher zu spezifizieren:

- Funktionsprinzip;
- Häufigkeit der Abreinigung;
- Betriebszustand von Feuerung und Abscheider zum Zeitpunkt der Abreinigung;
- Maßnahmen zur Verhinderung der Staubbefreiung während der Abreinigung.

4.5 Einbauort

Folgende Einbauorte werden unterschieden:

- a) Aufstellung im Gebäude im Verbindungsstück zwischen Feuerung und Abgasanlage;
- b) Aufstellung im Gebäude in der Abgasanlage;
- c) Aufstellung im Freien in der Abgasanlage;
- d) Aufstellung im Freien an der Mündung der Abgasanlage (Schornsteinaufsatz).

4.6 Abgasförderung und Abgasverdünnung

Folgende Varianten werden unterschieden:

- a) Abscheider ohne Abgasgebläse und ohne Fremdluftzufuhr;
- b) Abscheider ohne Abgasgebläse und mit Fremdluftzufuhr;
- c) Abscheider mit Abgasgebläse und ohne Fremdluftzufuhr;
- d) Abscheider mit Abgasgebläse und mit Fremdluftzufuhr.

4.7 Technische Auslegungsdaten

Folgende Angaben sind für die Prüfung des Abscheiders erforderlich und mit technischen Daten und Zeichnungen zu dokumentieren:

- a) Einsatzgebiet (Feuerungsart):
Ausrüstung bzw. Nachrüstung von Anlagen zur Einhaltung der Anforderungen der 1. BImSchV [1] oder anderer Anforderungen, z. B.
 - Einzelraumfeuerungsanlagen, die gemäß § 26 Absatz 2 oder 4 der 1. BImSchV [1] nachgerüstet werden sollen (Sanierung),
 - Einzelraumfeuerungsanlagen nach Anlage 4 der 1. BImSchV [1], die zusätzlich nachgerüstet werden sollen,
 - Feuerungsanlagen, die gemäß § 25 Absatz 1 der 1. BImSchV [1] nachgerüstet werden sollen (Sanierung),
 - Feuerungsanlagen, die die Anforderungen der 1. BImSchV [1] nicht erfüllen und deshalb nachgerüstet werden sollen,
 - Feuerungsanlagen, die die Anforderungen des § 5 der 1. BImSchV [1] erfüllen und zusätzlich nachgerüstet werden sollen,
 - ggf. weitere Anwendungszwecke;

- b) geeignete Brennstoffarten unter Bezugnahme auf § 3 der 1. BImSchV [1] und ggf. weiterer Spezifizierungen, z. B. nach der Normenreihe DIN EN ISO 17225 [12 bis 18];
- c) Wärmeleistungsbereich bzw. Nennwärmeleistung der Feuerung;
- d) Abgasmassenstrom bei definierter Abgastemperatur und Nennwärmeleistung und ggf. kleinster Wärmeleistung;
- e) strömungstechnischer Widerstand des Abscheiders bei Nennwärmeleistung;
- f) zulässiger Abgastemperaturbereich;
- g) Größe der Abscheidefläche oder vergleichbare Kenngröße, z. B. Filterflächenbelastung bei filternden Abscheidern oder Mindestlänge des Verbindungsstücks bzw. Schornsteins vor oder hinter dem Abscheider und Schornsteinmaterial;
- h) maximal zulässige Rohgasstaubkonzentration
- i) Angaben zum Anschluss an die Abgasanlage bzw. die Feuerstätte;

ANMERKUNG Dazu gehören u.a. der notwendige Durchmesser sowie die erforderlichen Ein- und Auslaufstrecken.

- j) Werkstoffe der Bauteile, die mit dem Abgas in Berührung kommen;
- k) gegebenenfalls elektrische Anschlussdaten (Anschlussleistung, Spannung und Frequenz);
- l) Anschlussdaten zu Wasserversorgung und Abwasserentsorgung bei Abreinigung mit Wasser;
- m) Sammelort und Aufnahmekapazität für den abgereinigten Staub.

5 Prüfung von Abscheidern für handbeschickte Feuerungen ohne Gebläse

5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Prüfung der Abscheidewirksamkeit muss von einer sachkundigen Prüfstelle durchgeführt werden.

ANMERKUNG Prüfstellen, die nach DIN EN ISO/IEC 17025 [19] für die nach dieser Vornorm geforderten Abgasmessungen oder für Messungen nach DIN EN 303-5 (Zentralheizungsfeuerungen) [11], DIN EN 13240 (Kaminöfen) [5] bzw. DIN EN 13229 (Kamineinsätze) [4] akkreditiert sind, gelten als sachkundig.

Der Hersteller hat der Prüfstelle eine vollständige schriftliche Dokumentation der sicherheitsrelevanten Betriebsanforderungen vor Beginn der Prüfung auszuhändigen. Die prüfende Einrichtung hat alle erforderlichen beschriebenen Sicherheitsmaßnahmen zu beachten.

Der zu prüfende Staubabscheider (Prüfmuster) ist in dem Zustand und in der Ausstattung zu prüfen, die der üblichen Lieferform entspricht. Zusätzliche Wärmedämmung an abgasberührten Teilen des Abscheiders ist unzulässig.

Es sind die vom Hersteller serienmäßig mitgelieferten bzw. von ihm empfohlenen Einbauten und das Zubehör zu verwenden. Die Bedienungs- und Montageanleitung ist zu beachten. Der Abscheider ist entsprechend den dokumentierten Vorgaben des Herstellers in den Versuchsstand einzubauen. Abweichungen sind zu dokumentieren. Es ist sicherzustellen, dass der Abscheider innerhalb der dokumentierten Spezifikationen des Herstellers geprüft wird. Besonderheiten sind im Prüfbericht zu vermerken.

5.2 Anforderungen an den Prüfstand

Die Prüffeuerng muss mit einer Wärmeleistung zu betreiben sein, die mindestens 90 % der für den Abscheider angegebenen höchsten Nennwärmeleistung der Feuerung entspricht.

Für die Prüffeuerng ist eine aktuell oder ehemals auf dem Markt erhältliche Feuerstätte mit Typprüfung nach z. B. DIN EN 13240 [5], DIN EN 16510-2-1 [9] oder DIN EN 16510-2-4 [10] zu verwenden.

Es muss sichergestellt sein, dass trotz Druckverlust im Abscheider an der Feuerung noch mindestens 12 Pa Unterdruck herrschen. Zur Bestimmung des Druckverlusts müssen die Unterdrücke vor und hinter dem Abscheider parallel gemessen werden.

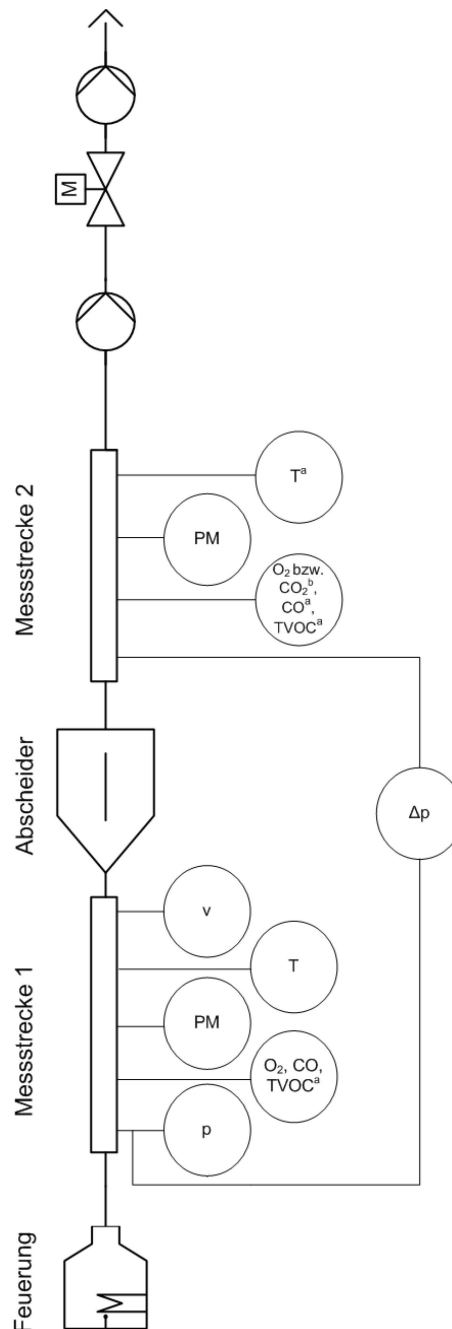
Für die Prüfung katalytisch wirkender Abscheider ist sicherzustellen, dass am zu prüfenden Abscheider die Abgastemperatur anliegt, die vom Hersteller des Abscheiders entsprechend seiner dokumentierten Spezifikationen gefordert wird. Falls die für die Prüfung eingesetzten Abgase hierzu noch kein ausreichend hohes Temperaturniveau aufweisen, ist es zulässig, dass die Abgasleitung einschließlich der Messstrecke bis zum Abscheider beheizt wird. Durch die Beheizung sollen nur die Temperaturverluste ausgeglichen werden.

Im Versuchsverlauf der Prüfung von katalytischen Abscheidern ist die Temperatur am Abscheidereintritt zu protokollieren und die Durchschnittstemperatur während der Versuchsphase im Prüfprotokoll festzuhalten. Die Messung ist nur gültig, wenn die vom Hersteller geforderte Betriebstemperatur während der Messung in Summe nicht länger als 2 min unterschritten und nicht länger als 2 min um mehr als 50 K überschritten wird.

5.3 Prüfstandaufbau und Messtechnik

5.3.1 Prüfstandaufbau

In Bild 1 ist der Prüfstandaufbau zur Prüfung von Staubabscheidern an handbeschickten Feuerungen schematisch dargestellt.



Legende

PM	Staubmasse	v	Abgasgeschwindigkeit
p	Druck gegenüber Umgebung	CO	Kohlenstoffmonoxid
Δp	Druckdifferenz über den Abscheider	CO ₂	Kohlenstoffdioxid
T	Temperatur	TVOC	Flüchtige Kohlenwasserstoffe (en: Total Volatile Organic Carbon)

^a Messgrößen, die nur bei katalytisch wirkenden Abscheidern zu messen sind

^b Wenn der Sauerstoffgehalt bauartbedingt hinter dem Abscheider steigen kann (Verdünnung), dann muss der Sauerstoffgehalt auch hinter dem Abscheider gemessen werden, um die Messwerte auch hinter dem Abscheider auf den Bezugssauerstoffgehalt beziehen zu können.

Bild 1 — Beispiel für den Prüfaufbau für Staubabscheider an handbeschickten Einzelraumfeuerungen ohne eigenes Gebläse

Der Abscheider wird in der Mitte zwischen zwei identischen Messstrecken installiert. Dabei erfolgt eine kraftschlüssige und gasdichte Verbindung von Abscheider und Messstrecken. Der Abscheider muss entsprechend den Herstellerangaben eingebaut werden. Möglicherweise notwendige Abweichungen sind im Prüfbericht zu dokumentieren und bezüglich ihrer Auswirkungen zu bewerten.

ANMERKUNG Zur eindeutigen Unterscheidung der Messwerte sollten alle Bezeichnungen für die Messgrößen der Messstrecke vor dem Abscheider mit dem Index 1 und der Messstrecke hinter dem Abscheider mit dem Index 2 versehen werden (z. B. p_1 als Druck vor dem Abscheider und p_2 als Druck hinter dem Abscheider).

5.3.2 Messtechnik

Die zu messenden Parameter und die einzusetzende Messtechnik sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1 — Übersicht über die Messgrößen und Messverfahren für handbeschickte Feuerungen ohne Gebläse

Messgröße mg/m ³	Messprinzip	Messbereich	Messung zeitgleich erforderlich		Bemerkungen
			vor dem Ab-scheider	hinter dem Ab-scheider	
Kontinuierliche Messung					
CO	NDIR	Ist an die Messaufgabe anzupassen.	X	(X) ^a	für Feuerungs-einstellung
TVOC	FID	Ist an die Messaufgabe anzupassen.	(X) ^a	(X) ^a	gesamte gasförmige Kohlenwasserstoffe
Staub-konzentration	kontinuierliches Verfahren		(X)	(X)	derzeit nur informativ, z. B. zur Beurteilung des Anbrennpeaks und von möglichem Wiedereintrag von bereits abgeschiedenen Partikeln
O ₂	Paramagnetisch	0 % bis 25 % (Volumenanteil)	X	(X) ^b	Bezugsgröße, Abgasverdünnung
CO ₂	NDIR	0 % bis 20 % (Volumenanteil)	X	(X)	Abbrandverlauf und Versuchsende; ggf. Abgasverdünnung
Druck gegenüber Umgebung (<i>p</i>)		Messbereich bis 100 Pa, Messunsicherheit max. 0,6 % vom Messbereichs-endwert	X		
Druckdifferenz (Δp)		Messbereich bis 100 Pa, Messunsicherheit max. 0,6 % vom Messbereichs-endwert	X	X	Druckverlust über Abscheider

Messgröße mg/m ³	Messprinzip	Messbereich	Messung zeitgleich erforderlich		Bemerkungen
			vor dem Ab-scheider	hinter dem Ab-scheider	
Abgas-geschwindigkeit	z. B. Flügelrad-anemometer		X		
Abgastemperatur	Thermoelement, anderer Temperaturfühler oder Absaug-pyrometer		X	(X) ^a	Die Temperatur ist im Kernstrom des Abgases (siehe Begriffsbestimmung in der 1. BlmSchV [1]) in den Messstrecken 1 und 2 zu messen.
Elektronische Messwert-erfassung		Erfassung mindestens alle 5 s			Erfassung von Messwertschwankungen sicher-gestellt
Einmalige oder mehrmalige Messung während des Abbrandverlaufs					
Staubkonzentration	VDI 2066 Blatt 1:2006-11 mit Anpassung nach 5.4.4 [21]		X	X	
Wassergehalt des Brennstoffs	DIN EN 14774-2: 2010-04 [6]				informativ
Aufgelegte Brennstoffmasse je Abbrand in kg					
Umgebungs-temperatur					
Hilfsleistung in kW					informativ; Mittelwert über gesamten Abbrand
Wasserverbrauch (falls relevant)					informativ; über gesamten Abbrand
Abwasseranfall (falls relevant)					informativ
ANMERKUNG 1 Sauerstoffkonzentration: Die Sauerstoffmessung dient zur Umrechnung der Abgaskonzentrationen, insbesondere der Staubkonzentration auf den Bezugssauerstoffgehalt von 13 % Volumenanteil sowie um eine mögliche Verdünnung des Abgases durch Fremdluft berücksichtigen zu können. ANMERKUNG 2 Abgasmassenstrom: Der Abgasmassenstrom kann rechnerisch aus der gemessenen Abgas-geschwindigkeit, dem Rohrdurchmesser und der Abgasdichte sowie unter Zuhilfenahme von Korrekturfaktoren für das Geschwindigkeitsprofil ermittelt werden. Alternativ ist eine Berechnung des Abgasmassenstroms aus dem Brennstoff-umsatz, der Brennstoffzusammensetzung, der Abgaszusammensetzung und dem Abgasrohrquerschnitt möglich.					
^a Bei Prüfung von Staubabscheidern mit katalytischer Wirkung. ^b Wenn der Sauerstoffgehalt bauartbedingt hinter dem Abscheider steigen kann (Verdünnung), dann muss der Sauerstoffgehalt auch hinter dem Abscheider gemessen werden, um die Messwerte auch hinter dem Abscheider auf den Bezugssauerstoffgehalt beziehen zu können.					

5.3.3 Messstrecken

Die Messstrecke vor dem Abscheider (Messstrecke 1) und die Messstrecke hinter dem Abscheider (Messstrecke 2) sind nach VDI 2066 Blatt 1 [21] mit den erforderlichen Ein- und Auslaufstrecken auszuführen. Es sind jeweils Messöffnungen für eine gravimetrische Staubprobenahme, eine Temperaturmessung, eine Druck- und Differenzdruckmessung sowie für einen Gasanalysator vorzusehen. Es ist darauf zu achten, dass sich die Probenahmestellen nicht gegenseitig beeinflussen.

ANMERKUNG 1 Zwischen den Messstellen für gasförmige Komponenten und der Staubmessstelle hat sich ein Abstand in Höhe des zweifachen Rohrlinnendurchmessers bewährt. Nach VDI 2066 Blatt 1 [21] ergibt sich eine ungestörte Strömung in geraden Abgasrohren, wenn eine Einlaufstrecke von fünf hydraulischen Durchmessern vor und eine Auslaufstrecke von zwei hydraulischen Durchmessern hinter dem Messquerschnitt vorgesehen wird, wobei das Ende des Abgasrohres mindestens fünf hydraulischen Durchmesser von der Messstelle entfernt sein sollte. Die Messstrecken vor und hinter dem Abscheider sollten den gleichen Durchmesser wie der Abscheider oder die Abscheiderstutzen haben.

Bei Abscheidern, die eine Mindestbaulänge vor dem Abscheider benötigen, ist diese zwischen der Messstrecke 1 und dem Abscheider vorzusehen.

ANMERKUNG 2 Bei elektrostatischen Abscheidern kann eine Staubabscheidung im Abgasweg vor dem Abscheider eintreten. Daher sollte die Messstrecke 1 so aufgebaut werden, dass eine Abscheidewirkung auf der Ebene der Probenahmesonde für die Messung der Rohgasstaubkonzentration minimiert wird, z. B. durch Verdoppelung der in VDI 2066 Blatt 1 [21] vorgesehenen Auslaufstrecke der Messstrecke 1 (vor dem Abscheider).

Bei elektrostatischen Abscheidern, bei denen eine Mindestrohrlänge hinter dem Abscheider vom Hersteller angegeben wird, ist die Messstrecke 2 so anzuordnen, dass ihre Einlaufstrecke Teil der geforderten Mindestrohrlänge ist.

Bei elektrostatischen Abscheidern, die als Schornsteinaufsatz konzipiert sind oder die für die Installation am oberen Ende der Abgasanlage bestimmt sind, muss der Prüfaufbau sicherstellen, dass die Messstrecke die Messung des Abscheidegrads nicht dadurch beeinflusst, dass die Messstrecke zusätzliche Abscheidefläche für die Partikelabscheidung bereitstellt. Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn es die Konstruktion des Schornsteinaufsatzabscheiders erlaubt, mindestens 80 % der Messstrecke ins Innere des Abscheiders bzw. dessen Auslassstutzen zu legen. Sollte dies konstruktiv, z. B. aufgrund von Hindernissen im Inneren, nicht möglich sein, so ist durch zusätzliche Messungen nachzuweisen, dass die Messstrecke 2 auf die Abscheidung keinen Einfluss hat oder der Beitrag der Abscheidefläche in der Messstrecke ist zu bestimmen und bei der Auswertung zu berücksichtigen. Dazu ist die im Folgenden beschriebene Ergänzungsmessung durchzuführen oder eine gleichwertige Vorgehensweise zu wählen.

Zur Bestimmung des Beitrags der Messstrecke auf die Abscheidung werden ergänzende Messungen mit einem zusätzlichen Rohrstück durchgeführt. Zunächst erfolgt die Messung des Abscheidegrads η_{SA1} (siehe Gleichung (7)), indem die Messstrecke direkt hinter dem Abscheider angeordnet wird. Anschließend wird die Messung wiederholt, wobei ein Rohrstück zwischen Abscheider und Messstrecke 2 eingesetzt wird, welches hinsichtlich Material und Abmessungen der Einlaufstrecke der Messstrecke 2 entspricht. Dabei wird der Abscheidegrad η_{SA2} ermittelt.

ANMERKUNG 3 Abscheider, Messstrecke und ggf. das zusätzliche Rohrstück stellen eine Reihenschaltung von Abscheidern dar.

Wenn das Ergebnis für η_{SA2} über dem Ergebnis für η_{SA1} liegt, so deutet dies auf eine zusätzliche Abscheidung außerhalb des Abscheiders in der Messstrecke 2 hin. Um den Abscheidegrad η_{SA} des Schornsteinaufsatzabscheiders selbst zu ermitteln, ist das Messergebnis wie in 5.5.2 dargestellt zu korrigieren.

Die geforderten Rohrlängen sind entsprechend der vom Hersteller geforderten Schornsteinbauformen auszulegen (Materialwahl Innenrohr, Dämmung).

Da jede Abgasanlage eine gewisse Staubabscheidung aufweist, ist der Abscheidegrad η_{Blind} der kürzesten Verbindungsstrecke zwischen den beiden Staubmesspunkten der Messstrecken 1 und 2 zu ermitteln und bei der Auswertung nach 5.5.2 zu berücksichtigen. Hierzu ist je nach Versuchsaufbau in einem Blindversuch eine