

TEXTE

157/2024

# Umweltzeichen Blauer Engel für Staubabscheider für Scheitholz-Einzelraumfeuerungen

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien DE-UZ 222, Ausgabe Januar 2022

von:

Christian Tebert, Robin Memelink  
Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH, Hamburg

Dr. Mohammed Aleysa, Patrick Schneider, Benedikt Maier  
Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP), Stuttgart

In Kooperation mit

Dr. Ingo Hartmann, Tobias Ulbricht  
Deutsches Biomasse Forschungszentrum (DBFZ) gGmbH, Leipzig

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt



TEXTE 157/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für  
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und  
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3720 37 303 1  
FB001582

## **Umweltzeichen Blauer Engel für Staubabscheider für Scheitholz- Einzelraumfeuerungen**

Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien  
DE-UZ 222, Ausgabe Januar 2022

Von:

Christian Tebert, Robin Memelink  
Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH, Hamburg

Dr. Mohammed Aleysa, Patrick Schneider, Benedikt Maier  
Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP), Stuttgart

In Kooperation mit

Dr. Ingo Hartmann, Tobias Ulbricht  
Deutsches Biomasse Forschungszentrum (DBFZ) gGmbH,  
Leipzig

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### **Durchführung der Studie:**

Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH  
Nernstweg 32-34  
22765 Hamburg

### **Abschlussdatum:**

Oktober 2023

### **Redaktion:**

Angela Kohls, Dr. Johanna Wurbs  
Fachgebiet III 1.3 Ökodesign, Umweltkennzeichnung, umweltfreundliche Beschaffung  
Christian Liesegang  
Fachgebiet III 2.1  
Übergreifende Angelegenheiten, Chemische Industrie, Feuerungsanlagen

DOI: <https://doi.org/10.60810/openumwelt-7528>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, November 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

## **Umweltzeichen Blauer Engel für Staubabscheider für Scheitholz-Einzelraumfeuerungen**

Heizen mit Holz in handbeschickten Scheitholz-Einzelraumfeuerungen führt zu erhöhten Belastungen mit gesundheitsschädlichem Feinstaub. Die Feuerungen können mit elektrischen Staubabscheidern ausgestattet werden, die Feinstaubemissionen weitgehend reduzieren. Das Institut Ökopol hat im Auftrag des Umweltbundesamtes in Kooperation mit dem Deutschen Biomasse Forschungszentrum (DBFZ) und dem Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) neue Vergabekriterien für einen Blauen Engel für Staubabscheider erarbeitet, die zur Nachrüstung an Scheitholz-Einzelraumfeuerungen geeignet sind und Feinstaub besonders effizient mindern. Staubabscheider für Pelletöfen sind nicht Bestandteil der neuen Vergabekriterien.

Die Anforderungen des Blauen Engels für Staubabscheider DE-UZ 222 (RAL 2022) basieren auf Forschungsergebnissen und auf Einschätzungen von Experten\*innen, die bei Fachgesprächen und Stakeholderanhörungen einbezogen wurden. Beteiligte Stakeholder waren Hersteller von Staubabscheidern und Scheitholzfeuerstätten sowie Verbände der Feuerstättenhersteller, Prüfstellen, Forschungsinstitute, Umweltverbände und der Schornsteinfegerverband. Die Kriterien wurden in Anlehnung an den Blauen Engel für Kaminöfen DE-UZ 212 (RAL 2020) entwickelt. Die Vorgaben beinhalten eine Prüfmethode, die auf der Abscheider-Vornorm DIN SPEC 33999 basiert. Staubabscheider mit dem Blauen Engel müssen mindestens 65 % Gesamtstaub reduzieren und die Partikelanzahl um mindestens 90 % oder auf weniger als 3 Mio. Partikel je cm<sup>3</sup> mindern. Der Gesamtstaub-Abscheidegrad stellt sicher, dass der Austrag von Grobstaub in die Umwelt minimiert wird. Die Minderungsgrade der Partikelanzahl gewährleistet eine hohe Reduzierung gesundheitsschädlicher Feinstäube. Damit stellt der Blaue Engel für Staubabscheider im Vergleich mit den Kriterien deren bauaufsichtlichen Zulassung deutlich anspruchsvollere Anforderungen zur Staubminderung. Zudem müssen Staubabscheider, die mit dem Blauen Engel zertifiziert sind, Zusatzfunktionen aufweisen, die einen zuverlässigen Feuerungsbetrieb gewährleisten und dafür beispielsweise ihren Wartungsbedarf melden.

## **Blue Angel Ecolabel Portfolio: Development of criteria for dust abatement**

Heating with wood in hand fed wood fireplaces generates air pollution, in particular increased levels of harmful fine dust. To prevent this, fireplaces can install electric dust collectors that reduce a large part of harmful fine dust emissions. The Federal Environment Agency (UBA) has commissioned the Ökopol Institute, in cooperation with the German Biomass Research Centre (DBFZ) and the Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP), to develop new criteria to the Blue Angel for dust collectors for retrofitting wood fireplaces and reducing fine dust efficiently. Dust collectors for pellet stoves are not in the scope of the new award criteria.

The Blue Angel requirements for dust collectors DE-UZ 222 (RAL 2022) were based on research results and expert judgement taken-up on workshops and stakeholder meetings. Stakeholders involved included producers of fireplaces and dust collectors as well as its associations, laboratories, research institutes, environmental NGOs and the association of chimney sweepers. The criteria were developed considering the requirements of the Blue Angel for wood stoves DE-UZ 212 (RAL 2020). The criteria include a test method based on the dust collector pre-standard DIN SPEC 33999. Blue Angel-certified dust collectors must meet at least 65 % reduction of total dust and reduce the number of particles at least by 90 % or to less than 3 Mio. Particles per cm<sup>3</sup>. The abatement rate for total dust ensures a high reduction of coarse dust, and the reduction rate for the particle number ensures a high reduction of harmful fine dust. Compared with the requirements of the building authority's approval for dust collectors, Blue Angel criteria are much more demanding on dust reduction. Furthermore, Blue Angel-certified dust collectors must provide additional features ensuring reliable operation during the combustion, e. g. by indicating its maintenance needs.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	11
Tabellenverzeichnis.....	11
Abkürzungsverzeichnis.....	12
Zusammenfassung.....	14
1 Hintergrund und Zielsetzung.....	25
1.1 Hintergrund.....	25
1.2 Zielsetzung .....	28
2 Projektverlauf.....	30
2.1 Auftrag der Jury Umweltzeichen Ende 2019.....	30
2.2 Beteiligte Stakeholder.....	30
2.3 Erarbeitung der Vergabekriterien im Jahr 2021 .....	30
2.4 Beschluss der Jury Umweltzeichen 2021 .....	31
2.5 Überarbeitung der Kriterien nach Abschluss des Forschungsvorhabens zur Validierung der Partikelanzahl-Messmethode im Jahr 2023 .....	31
2.6 Beschluss der Jury Umweltzeichen 2023 .....	32
3 Diskussion der Vergabekriterien .....	33
3.1 Begriffsbestimmungen.....	33
3.1.1 Staubabscheider .....	33
3.1.2 Handbeschickte Scheitholzfeuerungen .....	33
3.1.3 Feinstaub.....	34
3.1.4 Abscheidegrad .....	34
3.2 Geltungsbereich.....	34
3.2.1 Einführung.....	34
3.2.2 Diskussion .....	34
3.2.3 Ergebnis.....	35
3.3 Anforderungen an die Staubminderung .....	36
3.3.1 Messmethode .....	36
3.3.1.1 Einführung .....	36
3.3.1.2 Diskussion .....	36
3.3.2 Staubbeladung während der Messung.....	37
3.3.2.1 Einführung .....	37
3.3.2.2 Diskussion .....	37
3.3.3 Gesamtstaub-Abscheidegrad.....	38

3.3.3.1	Einführung .....	38
3.3.3.2	Diskussion .....	38
3.3.4	PM <sub>10</sub> -Abscheidegrad .....	39
3.3.4.1	Einführung .....	39
3.3.4.2	Diskussion .....	39
3.3.5	Partikelanzahl-Minderung und -Grenzwert .....	40
3.3.5.1	Einführung .....	40
3.3.5.2	Diskussion .....	40
3.3.6	Ergebnis.....	42
3.4	Konstruktive Vorgaben .....	44
3.4.1	Bauaufsichtliche Zulassung.....	44
3.4.1.1	Einführung .....	44
3.4.1.2	Diskussion .....	44
3.4.1.3	Ergebnis .....	44
3.4.2	Einbauvoraussetzungen.....	45
3.4.2.1	Einführung .....	45
3.4.2.2	Diskussion .....	45
3.4.2.3	Ergebnis .....	46
3.4.3	Verfügbarkeit des Staubabscheidens .....	46
3.4.3.1	Einführung .....	46
3.4.3.2	Diskussion .....	47
3.4.3.3	Ergebnis .....	47
3.4.4	Verhalten bei Störungen.....	48
3.4.4.1	Einführung .....	48
3.4.4.2	Diskussion .....	48
3.4.4.3	Ergebnis .....	48
3.4.5	Anzeige des Wartungszyklus.....	48
3.4.5.1	Einführung .....	48
3.4.5.2	Diskussion .....	49
3.4.5.3	Ergebnis .....	49
3.4.6	Reinigung .....	49
3.4.6.1	Einführung .....	49
3.4.6.2	Diskussion .....	49
3.4.6.3	Ergebnis .....	49

3.5	Anforderungen an Ressourcenschonung und Langlebigkeit .....	50
3.5.1	Reparaturfähigkeit und Bereitstellung von Ersatzteilen.....	50
3.5.1.1	Einführung .....	50
3.5.1.2	Diskussion .....	50
3.5.1.3	Ergebnis .....	50
3.5.2	Recyclinggerechte Konstruktion .....	51
3.5.2.1	Einführung .....	51
3.5.2.2	Diskussion .....	51
3.5.2.3	Ergebnis 2021 und 2023 .....	51
3.5.3	Wartung und Reinigung .....	52
3.5.3.1	Einführung .....	52
3.5.3.2	Diskussion .....	52
3.5.3.3	Ergebnis 2021 und 2023 .....	52
3.5.4	Materialanforderungen an die Verpackung .....	52
3.5.4.1	Einführung .....	52
3.5.4.2	Diskussion .....	52
3.5.4.3	Ergebnis 2021 und 2023 .....	52
3.6	Verbraucherinformation .....	53
3.6.1	Allgemeine Anforderung.....	53
3.6.1.1	Einführung .....	53
3.6.1.2	Diskussion .....	53
3.6.1.3	Ergebnis 2021 und 2023 .....	53
3.6.2	Installationsanleitung.....	54
3.6.2.1	Einführung .....	54
3.6.2.2	Diskussion .....	54
3.6.2.3	Ergebnis .....	54
3.6.3	Inbetriebnahmeanleitung .....	54
3.6.3.1	Einführung .....	54
3.6.3.2	Diskussion .....	54
3.6.3.3	Ergebnis .....	54
3.6.4	Kurzbedienungsanleitung (Quick User Guide).....	54
3.6.4.1	Einführung .....	54
3.6.4.2	Diskussion .....	55
3.6.4.3	Ergebnis .....	55

3.6.5	Bedienungsanleitung (ausführlich) .....	56
3.6.5.1	Einführung .....	56
3.6.5.2	Diskussion .....	56
3.6.5.3	Ergebnis .....	56
3.7	Künftige Revision des Umweltzeichens .....	56
3.7.1.1	Einführung .....	56
3.7.1.2	Diskussion .....	57
3.7.1.3	Ergebnis .....	57
3.8	Zeichennehmer und Zeichennutzung .....	58
3.8.1	Zeichennehmer .....	58
3.8.1.1	Einführung .....	58
3.8.1.2	Diskussion .....	58
3.8.1.3	Ergebnis .....	58
3.8.2	Zeichenbenutzung .....	59
3.8.2.1	Einführung .....	59
3.8.2.2	Diskussion .....	59
3.8.2.3	Ergebnis .....	59
3.9	Messvorschrift Partikelanzahlmessung .....	60
3.9.1	Einführung .....	60
3.9.1.1	Diskussion .....	60
3.9.1.2	Ergebnis .....	60
4	Quellenverzeichnis .....	64
	ANHANG .....	71
A	Technischer Hintergrund .....	72
A.1	Einführung .....	72
A.2	Stand des Wissens und der Technik von Staubabscheidern .....	73
A.3	Staubabscheideprinzipien .....	75
A.4	Elektrostatische Abscheider .....	76
A.5	Integrierte Abscheidetechniken .....	77
A.6	Marktrecherche über Staubminderungstechnologien für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen .....	78
A.7	Abscheidegrade elektrostatischer Abscheider .....	80
A.8	Einbauvarianten .....	81
A.9	Reinigung, Wartung und Lebensdauer .....	83

A.10	Taktungen und Steuerung.....	85
A.11	Akustische Emissionen.....	86
A.12	Elektromagnetische Verträglichkeit.....	86
A.13	Prüfung und Wirksamkeit von Staubabscheidern .....	86
A.14	Prüfung von Staubabscheidern nach dem Prüfverfahren des DIBt .....	91
A.15	Anforderungen an Staubabscheider nach dem Prüfverfahren des Blauen Engels.....	92
A.16	Vorschläge für die Prüfung von Staubabscheidern.....	92

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überblick über Verfahren zur Behandlung von staub- und gasförmigen Emissionen.....	74
Abbildung 2:	Einbauvarianten für nachgeschaltete Staubabscheidetechnologien am Beispiel von elektrostatischen Abscheidern.....	81

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenfassung der wesentlichen Vor- und Nachteile von in Kleinfeuerungen eingesetzten nachgeschalteten und integrierten Staubabscheideverfahren .....	17
Table 2:	Summary of the main advantages and disadvantages of downstream and integrated dust separation processes used in small-scale furnaces. ....	23
Tabelle 3:	Partikelanforderungen— Mindestabscheidegrade Staubabscheidegrade .....	43
Tabelle 4:	Verfahrenskenngrößen der Partikelanzahlmessung .....	61
Tabelle 5:	Maximal zulässiger Fehler (absolut oder relativ, der größere Wert gilt).....	62
Tabelle 6:	Bestimmungseffizienz.....	62
Tabelle 7:	Zusammenfassung der wesentlichen Vor- und Nachteile von in Kleinfeuerungen eingesetzten nachgeschalteten und integrierten Staubabscheideverfahren. ....	77
Tabelle 8:	Übersicht über Staubabscheider zum Einsatz in Biomassekesseln und Einzelraumfeuerungen.....	79
Tabelle 9:	Elektrostatische Abscheider für Feuerungswärmeleistungen bis 100 kW und Herstellerangaben zum massebezogenen Staubabscheidegrad (Stand Juli 2020) .....	80
Tabelle 10:	Massebezogene Staubabscheidegrade elektrostatischer Abscheider an Einzelraumfeuerungsanlagen aus Forschungsvorhaben (keine Herstellerangaben) .....	80
Tabelle 11:	Gegenüberstellung der Prüfverfahren für Staubabscheider nach DIN SPEC 33999 und der Prüfmethode des DIBt .....	87
Tabelle 12:	Zu erreichende Emissionen an Staub, CO und TVOC für die jeweilige Einstellung der Abgasstaubzustände „gut“ und „schlecht“ bei der Prüfung von Staubabscheidern von handbeschickten Feuerungen gemäß DIN SPEC 33999 .....	88
Tabelle 13:	Vorschlag für die Prüfung von Staubabscheidern für Einzelraumfeuerungsanlagen gemäß eines entwickelten Zulassungskonzepts des Fraunhofer IPB .....	94

## Abkürzungsverzeichnis

<b>BGBI.</b>	Bundesgesetzblatt
<b>BlmSchV</b>	Bundes-Immissionsschutzverordnung
<b>BMU</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
<b>BUND</b>	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V., Berlin
<b>C</b>	Kohlenstoff
<b>CO</b>	Kohlenmonoxid
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlendioxid
<b>DBFZ</b>	Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH, Leipzig
<b>DBI</b>	Gastechnologisches Institut gGmbH, Freiberg
<b>DE</b>	Deutschland
<b>DIBt</b>	Deutsches Institut für Bautechnik
<b>DIN</b>	Deutsche Industrienorm
<b>DUH</b>	Deutsche Umwelthilfe e. V., Radolfzell
<b>EFA</b>	European Fireplaces Association (Deutsch: Europäische Feuerstättenvereinigung)
<b>EG</b>	Europäische Gemeinschaft
<b>EJPD</b>	Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement
<b>EN</b>	Europäische Norm
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>FKZ</b>	Forschungskennzeichen
<b>FNR</b>	Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
<b>HKI</b>	Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V.
<b>IARC</b>	International Agency for Research on Cancer
<b>IBP</b>	Institut für Bauphysik
<b>Kap.</b>	Kapitel
<b>Mio.</b>	Million
<b>NGO</b>	Non-Government Organisation (Nichtregierungsorganisation)
<b>LUBW</b>	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
<b>NOx</b>	Stickstoffoxide
<b>O<sub>2</sub></b>	Sauerstoff
<b>OGC</b>	Organic gaseous carbon (Deutsch: gasförmig gebundener organischer Kohlenstoff)
<b>PAH</b>	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
<b>PAK</b>	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
<b>PM</b>	Particulate Matter (Deutsch: Staubpartikel)
<b>RAL</b>	Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V., Bonn
<b>RRF</b>	Rhein-Ruhr Feuerstätten Prüfstelle GmbH, Oberhausen
<b>SPEC</b>	Spezifikation

<b>TFZ</b>	Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing
<b>TROL</b>	Technische Regeln - Fachregel Ofen- und Luftheizungsbau
<b>TROPOS</b>	Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V., Leipzig
<b>TVOC</b>	Total Volatile Organic Compounds (Summe flüchtige Kohlenstoffverbindungen)
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
<b>DE-UZ</b>	Umweltzeichen
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf
<b>VKI</b>	Verein für Konsumenteninformation, Wien
<b>Vol.</b>	Volumen
<b>WHO</b>	World Health Organisation (Deutsch: Weltgesundheitsorganisation)
<b>ZIV</b>	Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband
<b>ZVSHK</b>	Zentralverband Sanitär, Heizung, Klima, Sankt Augustin

## Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojekts hat das Institut Ökopol zusammen mit dem Deutschen Biomasse Forschungszentrum (DBFZ) und dem Fraunhofer Institut für Bauphysik (IPB) den Auftrag der Jury Umweltzeichen umgesetzt, neue Vergabekriterien für einen Blauen Engel für Staubabscheider (DE-UZ 222) zu entwickeln.

Das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IPB) hat eine Recherche über den Stand der Technik von Abscheidertechnologien für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen durchgeführt und die zur Zulassung solcher Technologien angewandten Prüfverfahren recherchiert (Anhang A). Dabei wurden die Einbauvarianten für Staubabscheider mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen evaluiert. Außerdem wurden die für einen langzeitigen Betrieb zu gewährleistenden technischen Anforderungen (z. B. Reinigung und Wartung) beschrieben. Neben der Abscheideleistung wurden auch weitere wichtige Bewertungskriterien berücksichtigt, wie beispielsweise die Akustik oder elektromagnetische Verträglichkeit.

## Hintergrund

Das Heizen mit Holz verursacht deutlich mehr luftverschmutzende Emissionen als Heizsysteme auf Basis von Erdgas, Heizöl oder Strom. In Wohngebieten kann es durch Scheitholzfeuerungen zu erhöhten Belastungen mit Feinstaub und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) kommen - insbesondere dann, wenn viele Holzöfen und Kamine gleichzeitig betrieben werden und Inversionswetterlagen vorliegen.

In der Ersten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) sind die Erforderlichkeiten für den Einsatz von Staubabscheidern in Einzelraumfeuerungsanlagen festgelegt. Können Kamineinsätze, Kachelofeneinsätze oder vergleichbare eingemauerte Ofeneinsätze sowie ältere Grundöfen die geforderten Grenzwerte für Gesamtstaub innerhalb einer bestimmten Übergangsfrist nicht einhalten, müssen diese mit einem Staubabscheider nachgerüstet oder stillgelegt werden.

Der Nachweis über die Einhaltung der Grenzwerte erfolgt auf Basis der Messergebnisse aus der Zulassungsprüfung der Feuerungsanlagen oder nach einer Überprüfung der Emissionen durch den Schornsteinfeger. Außerdem müssen auch neu errichtete Grundöfen mit nachgeschalteten Einrichtungen zur Abscheidung von Stäuben ausgerüstet werden. Die letzten Übergangsfristen für die Nachrüstpflicht von Einzelraumfeuerungsanlagen, die vor dem 21. März 2010 typgeprüft wurden und die Grenzwerte nicht einhalten können, laufen am 31. Dezember 2024 aus.

Für die Nachrüstung der Anlagen mit einem Staubabscheider müssen keine weiteren Nachweise über die Funktionalität der Abscheider in der Praxis erbracht werden. Es wird lediglich gefordert, dass Abscheider über eine Eignungsprüfung oder Bauartzulassung verfügen müssen. Die Anzahl der nachzurüstenden oder außer Betrieb zu nehmenden Anlagen betrug nach Angaben des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks ZIV ca. 3,5 Millionen (ZIV 2023). Ein Teil dieser Anlagen wird mit entsprechenden Staubabscheidersystemen nachgerüstet werden müssen.

Neben den Emissionsprüfungen für die Zulassung von Kleinfeuerungsanlagen gibt es außerdem Prüfvorschriften nach bestimmten freiwilligen Qualitätssiegeln, wie beispielsweise nach dem Prüfverfahren des Blauen Engels für Kaminöfen für Holz DE-UZ 212 für freistehende Raumheizer nach DIN EN 13240, in dem strengere Grenzwerte festgelegt sind (RAL 2020). Die Staubgrenzwerte in den Vergabekriterien des Blauen Engel für Kaminöfen können nach dem Stand der Technik nur mit entsprechenden integrierten oder nachgeschalteten Abscheidersystemen eingehalten werden.

## Techniken zur Minderung von Staubemissionen

Für die Minderung von Schadstoffen aus Verbrennungsprozessen werden hauptsächlich primäre und sekundäre Maßnahmen eingesetzt. Bei den Sekundärmaßnahmen handelt es sich um nachgeschaltete Systeme, welche an die Verbrennungsanlagen angeschlossen werden. Unter Primärmaßnahmen sind konzeptionelle, konstruktive oder regelungstechnische Maßnahmen zu verstehen, die für die Verbesserung des Verbrennungs- und Emissionsverhaltens zu ergreifen sind. Zu den Primärmaßnahmen gehören außerdem die integrierten Technologien wie beispielsweise die Einbautentechnik, welche meistens vor dem Wärmetauscher bzw. vor der Abkühlung des Abgases eingebaut werden und eine funktionelle Verbesserung des Prozesses gewährleisten. Die Besonderheit der Primärmaßnahmen hinsichtlich der Anwendung in Kleinfeuerungsanlagen liegt darin, dass sie eine sichere Funktion hinsichtlich der Minderung von Schadstoffen und der Erhöhung der Verbrennungseffizienz leisten. Darüber hinaus lassen sie sich wirtschaftlicher, sicherer sowie einfacher in der Praxis implementieren und betreiben.

Im Gegensatz zu den nachgeschalteten Systemen ist eine Nachrüstung von integrierten Technologien zwar technisch möglich, allerdings gilt diese als konstruktive Änderung, wodurch die Anlagen ihre Zulassung verlieren. Zu den effektivsten Primärmaßnahmen für den Einsatz in Einzelraumfeuerungsanlagen gehören die automatischen Regelungen (automatische Verbrennungsluftsteuerungen) zum besseren Abbrand, wodurch die Emissionen drastisch und vor allem im realen Betrieb gemindert werden können.

Da die Primärmaßnahmen jedoch nicht oder nur mit hohem Aufwand nachträglich eingebaut werden können, müssen vor allem bei älteren Anlagen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen, insbesondere an Feinstaub, Sekundärmaßnahmen in Form von nachgeschalteten Abscheidesystemen eingesetzt werden. Der Betrieb von nachgeschalteten Systemen ist meistens mit einem höheren technischen und wirtschaftlichen Aufwand verbunden als bei Primärmaßnahmen. Soll die Schadstoffminderung ausschließlich durch nachgeschaltete Abgasbehandlungssysteme erfolgen, würde das zu höheren Kosten für Kleinfeuerungsanlagen führen und infolgedessen die Kosten für die Bereitstellung von Wärme und Warmwasser steigen.

## Elektrostatische Abscheider

Als nachgeschaltete Abscheider kommen bei Einzelraumfeuerungen bisher fast ausschließlich elektrostatische Abscheider zum Einsatz. Die Kosten für nachgeschaltete elektrische Abscheider für Einzelraumfeuerungsanlagen liegen durchschnittlich bei ca. 1.500 €, wobei Mittelklasse-Einzelraumfeuerungsanlagen im Durchschnitt bereits für ca. 3.000 € auf dem Markt angeboten werden.

Bei den elektrostatischen Abscheidern wird ein Hochspannungsfeld zwischen einer drahtförmigen Sprühelektrode und einer flächenförmigen Niederschlagselektrode erzeugt, in dem die im Rauchgasvolumenstrom befindlichen Staubpartikel elektrisch aufgeladen und gleichzeitig aus dem Abgasstrom abgelenkt werden. Beim Abscheideprozess in Elektrofiltern finden folgende Vorgänge statt:

- ▶ Aufladung und Transport der Staubpartikel zur Niederschlagselektrode: Die mit negativer Gleichspannung (von 30 bis 80 kV) beaufschlagte Sprühelektrode emittiert Elektronen, welche die in der Umgebung befindlichen Gasmoleküle ionisieren. Die Staubpartikel werden durch den Ionenbeschuss (für Staubpartikel > 1 µm) oder die Ionendiffusion (für Staubpartikel < 0,5 µm) negativ aufgeladen und bewegen sich im angelegten elektrischen Feld quer zur Rauchgasströmung und werden von der positiv geladenen

Niederschlagselektrode angezogen. Bei der Abscheidung von Stäuben in Kleinfeuerungsanlagen wird in der Regel das Abgasrohr als Niederschlagselektrode genutzt.

- ▶ Entladung und Haftung der Partikel an der Niederschlagselektrode: Um die Ableitung der Ladung und die Haftung von Partikeln an Partikeln bzw. an die Niederschlagselektrode optimal gewährleisten zu können, muss der Widerstand der gebildeten Staubschicht im Bereich von 104 bis  $1.011 \Omega \text{cm}^2/\text{cm}$  liegen. Ansonsten tritt das sogenannte Rücksprühen auf, wodurch keine Abscheidung mehr gewährleistet wird.
- ▶ Reinigung der gebildeten Staubschicht von der Niederschlagselektrode: Die auf der Niederschlagselektrode gebildete Staubschicht muss in regelmäßigen Abständen entfernt werden, um während des Betriebs einen optimalen Widerstand herstellen zu können. Die Reinigung der Niederschlagselektrode von Staubbelägen erfolgt häufig mechanisch durch Klopfschläge gegen die Wand der Niederschlagselektrode.

Die Abscheideleistung der Elektroabscheider hängt stark von Staub- und Abgaseigenschaften sowie von der Elektrodenkonfiguration und der Betriebsweise des Systems ab. Im Laufe der Zeit kann es durch eine zu hohe Anlagerung von Partikeln zur Flockung kommen (Bildung großer Staub- oder Rußflocken). Bei zu hohen Anlagerungen von Staub an der Abscheideelektrode können Staub bzw. Rußflocken mit dem Abgasstrom aus dem Schornstein ausgetragen werden. Dieser sogenannte Flockenausstoß kann sehr gut durch die Kombination aus elektrostatischem Abscheider und Fliehkräfteabscheider vermieden werden. Die elektrostatischen Abscheider finden bei häuslichen Biomassefeuerungen (sowohl in Heizkesseln als auch in Einzelraumfeuerungsanlagen) mit Abstand am häufigsten Verwendung.

Starke Verschmutzungen können zu einer Minderung der Abscheideleistung führen. Da rußhaltige Staubschichten eine elektrische Leitfähigkeit aufweisen, können bei der Bildung von solchen Schichten entsprechende Spannungsabbrüche auftreten. Im Worst-Case führt eine starke Verschmutzung der Sprühelektrode zum Ausfall des Abscheiders. Eine dauerhaft gute Abscheideleistung ist nur bei automatischer Reinigung der Sprüh- und Niederschlagselektroden gegeben. Darüber hinaus sollten die Staubemissionen der Anlage ungereinigt nicht dauerhaft über  $0,15 \text{ g/m}^3$  liegen und die CO-Emissionen dauerhaft nicht über  $2,5 \text{ g/m}^3$ , da es sonst zu einer Inaktivierung des Staubabscheiders aufgrund von Rußablagerungen auf der Elektrode kommt. Darüber hinaus nimmt die Wirksamkeit des Staubabscheiders mit steigenden CO- und Staubemissionen (unvollständige Verbrennung) ab.

### **Integrierte Abscheidetechniken**

Bei den bisher vermarkteteten integrierten Technologien für Kleinfeuerungsanlagen handelt es sich um Filtrationsverfahren sowie katalytische Oxidationsverfahren. In manchen Einzelraumfeuerungen werden zudem thermische Oxidationsverfahren (z. B. keramische Einbauten) installiert. Integrierte elektrostatische Abscheider in Kombination mit anderen integrierten Technologien, sind derzeit Gegenstand der Forschung. Da die integrierten Technologien direkt in den Feuerungsanlagen verbaut werden, werden sie zusammen mit der Zulassungsprüfung für die Feuerungsanlagen (z. B. nach DIN EN 13229 für Kamineinsätze oder nach DIN EN 15250 für Speicherfeuerstätten) mitgeprüft und als technischer Bestandteil dieser Anlagen betrachtet. Sie dürfen aus Zulassungsgründen im Nachhinein weder ein- noch ausgebaut werden.

### Vor- und Nachteile von nachgeschalteten und integrierten Staubabscheideverfahren

In Tabelle 1 ist eine zusammenfassende Bewertung für den Einsatz von nachgeschalteten und integrierten Technologien für die Minderung von Partikeln aus dem Abgas zusammengestellt. Aus wirtschaftlichen Gründen sollten nachgeschaltete Technologien erst eingesetzt werden, wenn die Möglichkeiten für den Einsatz von integrierten (bzw. primären) Techniken zur Emissionsminderung ausgeschöpft sind. Bei den nachrüstbaren Abscheidersystemen weisen die elektrostatischen Abscheider im Vergleich zu anderen Abscheidern günstige Eigenschaften auf, weshalb diese hauptsächlich bei Einzelraumfeuerungs- bzw. Festbrennstofffeuerungsanlagen der 1. BImSchV eingesetzt werden. Bisher kommen nur elektrostatische Abscheider, Abgaswärmetauscher und einige integrierte Technologien in Form von Katalysatoren, Schaumkeramikfiltern und Einbauten zum Einsatz.

**Tabelle 1: Zusammenfassung der wesentlichen Vor- und Nachteile von in Kleinfeuerungen eingesetzten nachgeschalteten und integrierten Staubabscheideverfahren**

Anordnung der Verfahren	Abscheide-Verfahren	Vorteile	Nachteile
Nachgeschaltete Abscheider-Systeme	Elektrostatische Abscheider	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Abscheidegrad möglich (bei geringer Staubkonzentration im Rohgas bis zu 85 % (Aleysa und Leistner 2019))<sup>1)</sup></li> <li>- in der Regel geringer Druckverlust</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Staubabscheidegrad ist stark von den Abgaseigenschaften abhängig,</li> <li>- Gefahr der Flockenbildung und des Flockenauswurf,</li> <li>- Geräuschemissionen und elektromagnetische Strahlung</li> </ul>
	Abgaswärmetauscher (Brennwerttechnik)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmerückgewinnung aus dem Abgas und höhere Effizienz bei gleichzeitiger Staubabscheidung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Staubabscheidewirkung für Feinstaub,</li> <li>- Entsorgung von Kondensaten,</li> <li>- korrosionsbeständige Materialien notwendig</li> </ul>
Integrierte Technologien	Filtration anhand von metallischen und keramischen Schaumstrukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kostengünstig,</li> <li>- leicht austauschbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Staubabscheidewirkung,</li> <li>- kaum Abscheidung von Feinstäuben (&lt; 1 µm),</li> <li>- Verstopfungsgefahr,</li> <li>- geringe mechanische Festigkeit,</li> <li>- häufige Reinigung oder Austausch erforderlich</li> </ul>
	Katalysatoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gleichzeitige Minderung von Stäuben und Oxidation von unverbrannten gasförmigen Bestandteilen im Abgas</li> <li>- Oxidation auch bei niedrigen Temperaturen (&gt; 300 °C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Staubabscheidewirkung,</li> <li>- Verstopfungsgefahr bei der Anwendung von feinporigen Strukturen,</li> <li>- Gefahr der Katalysatorvergiftung,</li> <li>- Alterungseffekte,</li> <li>- regelmäßiger Austausch notwendig</li> </ul>

Anordnung der Verfahren	Abscheide-Verfahren	Vorteile	Nachteile
	Einbauten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- höhere Verbrennungseffizienz</li> <li>- Minderung auch von Feinstäuben,</li> <li>- Oxidation unverbrannter Stäube und gasförmiger Komponenten,</li> <li>- mechanisch robust,</li> <li>- keine Reinigung nötig,</li> <li>- geringer Druckverlust</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidationswirkung nur bei ausreichend hohen Temperaturen (<math>&gt; 500^{\circ}\text{C}</math>)</li> <li>- aus zulassungsrechtlichen Gründen nicht nachrüstbar</li> <li>- geringere Minderungswirkung im Vergleich zu Katalysatoren</li> </ul>

<sup>1)</sup> Der angegebene Abscheidegrad bezieht sich auf die folgenden betrieblichen Rahmenbedingungen: Rohgaskonzentration des Staubs  $< 60 \text{ mg/Nm}^3$ , Abgasgeschwindigkeit in dem Hochspannungsfeld  $< 1 \text{ m/s}$ , sehr gute Verbrennungsqualität ( $\text{CO} < 300 \text{ mg/Nm}^3$ ) bei einem minimalen Hochspannungsfeld von 30 kV und einer Stromstärke von 1,2 mA.

Für die Minderung von Stäuben in Holzfeuerungsanlagen der 1. BImSchV wurden unterschiedliche Abscheideverfahren entwickelt, welche auf den zuvor beschriebenen Abscheideprinzipien basieren. Bei den auf dem Markt verfügbaren Staubminderungs- und Abscheidetechnologien für Kleinfeuerungsanlagen handelt es sich entweder um integrierte Technologien (Einbauten, Katalysatoren, Filter und Abgaswärmetauscher) oder um nachgeschaltete elektrostatische Abscheider, wobei elektrostatische Abscheider bei den Kleinfeuerungsanlagen aktuell mit Abstand die größte Marktrelevanz besitzen.

#### **Neue Vergabekriterien für einen Blauen Engel für Staubabscheider**

Die neuen Anforderungen für den Blauen Engel für Staubabscheider basieren auf Messungen von Abscheidegraden von Abscheidern nach Holzfeuerungen, die beim Fraunhofer IBP durchgeführt wurden, sowie auf Messergebnissen, die der Zertifizierungsstelle RAL aus Antragsunterlagen zum Blauen Engel für Kaminöfen vorlagen DE-UZ 212 (RAL 2020).

An der Diskussion der Anforderungen beteiligten sich Hersteller von Staubabscheidern, zertifizierte Prüfstellen, Messgerätehersteller, Kaminofenhersteller und ihre Verbände, Forschungsinstitute, Umweltverbände sowie ein Vertreter des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV).

Gegenüber herkömmlichen, am Markt verfügbaren Staubabscheidern, sollen durch die mit dem Blauen Engel gekennzeichneten Staubabscheider besonders effiziente und umweltfreundliche Geräte ausgezeichnet und Innovationen angestoßen werden. Dabei ist der Einsatz von Abscheidetechnik, die zur Minderung gesundheitsschädlicher Feinstaubemissionen führt, von zentraler Bedeutung.

Die Anforderungen beinhalten eine neue Prüfmethode, die im Vergleich mit der Bauartzulassung und der Mindestanforderung von Förderprogrammen erweiterte Anforderungen beinhaltet. Sie sehen neben einer Messung der Gesamtstaub-Emissionen auch die Messung der Partikelanzahl im Abgas vor, die den lungengängigen Feinstaub adressiert. Ein Grenzwert für die Minderung der Partikelanzahl wurde nach Abschluss eines weiteren Forschungsvorhabens zur Validierung der Partikelanzahl-Messmethode (Cordes 2023) im Jahr 2023 in den Kriterien aufgenommen.

Zusätzliche Anforderungen sorgen in den Vergabekriterien für Staubabscheider dafür, dass der Wartungsbedarf der Geräte schnell erkannt wird und dass überprüft werden kann, ob die Abscheider beim Betrieb der Feuerung in Betrieb waren. Damit die Funktionstüchtigkeit der

Abscheider lange erhalten bleibt, umfassen die Anforderungen auch die Verpflichtung der Hersteller zur langfristigen Bereitstellung von Ersatzteilen.

Bei der Diskussion der neuen Anforderungen für den Blauen Engel für Staubabscheider gab es die meisten Meinungsverschiedenheiten bezüglich der Messmethode und des Prüfablaufs. Dabei wurde von den Herstellern eine zusätzliche Messung zur Messung bei der Bauartzulassung abgelehnt, bei der die Anzündphase mit in die Bewertung einbezogen wird. Es wurde angemerkt, dass die Ergebnisse stark vom Zufall abhängig seien, da sich Rußflocken im Abscheider bilden, die sich dann während der Anzündphase unregelmäßig vom Abscheider ablösen und mitgemessen werden. Zum anderen führe der Einschaltzeitpunkt des Staubabscheiders zu unterschiedlichen Abscheidegrade. Darüber hinaus wurden die Kosten für die zusätzliche Messung der Partikelanzahl bei der Beantragung des Blauen Engels kritisiert.

Der Umweltverband und ein Forschungsinstitut hoben dem gegenüber hervor, dass die Wirksamkeit des Staubabscheiders insbesondere während der Anzündphase wichtig sei und forderten, die Abscheideleistung in dieser Phase in die Gesamtbewertung einzubinden.

Kritisiert wurde zudem, dass die Gesamtstaubmessung für die Anerkennung des Blauen Engels nach der Messmethode der VDI 2066 Blatt 1 (2021) gefordert wird, was für die Hersteller der Abscheider im Vergleich mit der Bauartzulassung ebenfalls mit einem höheren Aufwand verbunden ist.

## Summary

As part of the research project, the Ökopol Institute, together with the German Biomass Research Centre (DBFZ) and the Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP), has implemented the commission from the Environmental Label Jury ("Jury Umweltzeichen") to develop new award criteria for a Blue Angel ("Blauer Engel") for dust separators (DE-UZ 222).

The Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) has researched best available separator techniques for use in small combustion plants and the test methods used to approve such techniques (Appendix A). The installation variants for dust separators were evaluated with their respective advantages and disadvantages. In addition, the technical requirements (e.g. cleaning and maintenance) to ensure long-term operation were described. In addition to separation performance, other important evaluation criteria were also taken into account, such as acoustics and electromagnetic compatibility.

## Background

Heating with wood causes significantly more air-polluting emissions than heating systems based on natural gas, heating oil or electricity. In residential areas, firing with logs can lead to increased levels of particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) - especially if many wood-burning stoves and fireplaces are operated at the same time and there are inversion weather conditions.

The First Ordinance on the Implementation of the Federal Air Quality Control Act (1<sup>st</sup> BImSchV) specifies the requirements for the use of dust separators in single-room firing systems. If fireplace inserts, tiled stove inserts or comparable walled-in stove inserts as well as older basic stoves cannot comply with the required limit values for total dust within a certain transitional period, they must be retrofitted with a dust separator or shut down.

Proof of compliance with the limit values is provided on the basis of the measurement results from the approval test of the firing systems or following an inspection of the emissions by the chimney sweep. In addition, newly installed basic stoves must also be equipped with downstream devices for the separation of dust. The last transitional periods for the obligation to retrofit single-room firing systems that were type-tested before 21 March 2010 and cannot comply with the limit values expire on 31 December 2024.

No further proof of the functionality of the separators in practice is required for retrofitting the systems with a dust separator. The only requirement is that separators must have a suitability test or type approval. According to the Federal Association of Chimney Sweeps (ZIV), the number of systems to be retrofitted or decommissioned totalled approx. 3.5 million (ZIV 2023). Some of these systems will have to be retrofitted with appropriate dust separator systems.

In addition to the emission tests for the approval of small combustion systems, there are also test regulations in accordance with certain voluntary quality seals, such as the test procedure of the Blue Angel for wood-burning stoves DE-UZ 212 for room heaters in accordance with DIN EN 13240, which sets stricter limit values (RAL 2020). According to the state of the art, the dust limit values in the Blue Angel award criteria for wood-burning stoves can only be met with appropriate integrated or downstream separator systems.

## Techniques for reducing dust emissions

Primary and secondary measures are mainly used to reduce pollutants from combustion processes. Secondary measures are downstream systems that are connected to the incineration plants. Primary measures are conceptual, design or control measures that are taken to improve

combustion and emission behaviour. Primary measures also include integrated technologies such as the installation technology, which is usually installed before the heat exchanger or before the flue gas is cooled and ensures a functional improvement of the process. The special feature of primary measures with regard to their application in small combustion plants is that they provide a safe function in terms of reducing pollutants and increasing combustion efficiency. They are also more economical, safer and easier to implement and operate in practice.

In contrast to downstream systems, it is technically possible to retrofit integrated technologies, but this is considered a design change and the systems lose their licence. The most effective primary measures for use in single-room combustion systems include automatic controls for better combustion, which can drastically reduce emissions, especially in real operation.

However, as the primary measures or integrated separation technologies cannot be retrofitted, secondary measures in the form of downstream separation systems must be used to reduce pollutant emissions, particularly particulate matter, especially in older systems. The operation of downstream systems is usually associated with higher technical and economic costs than primary measures. If pollutant reduction is to be achieved exclusively through downstream flue gas treatment systems, this would lead to higher costs for small combustion plants and consequently increase the costs for the provision of heat and hot water. The average cost of downstream separators for single-room firing systems is around € 1,500, although mid-range single-room firing systems are already available on the market for an average of around € 3,000.

Up to now, electrostatic precipitators have been used almost exclusively as downstream separators in small firing systems or room firing systems.

To ensure efficient operation of the separator, regular cleaning is necessary, especially for electrostatic separators. Heavy soiling can lead to a reduction in separator performance. As sooty dust layers are electrically conductive, the formation of such layers can lead to voltage drops. In the worst-case scenario, heavy soiling of the spray electrode can cause the separator to fail. Long-term good separation performance is only guaranteed if the spray and collecting electrodes are cleaned automatically. For this reason, integrated and primary measures should be favoured. These not only reduce dust emissions, but also emissions of gaseous hydrocarbons and carbon monoxide.

If electrostatic dust extractors are used, the spray and collecting electrodes must be cleaned regularly in order to minimise any adverse effects on the operation of the dust extractor. Furthermore, the dust emissions of the system should not permanently exceed  $0.15 \text{ g/m}^3$  without cleaning and the CO emissions should not permanently exceed  $2.5 \text{ g/m}^3$ , as otherwise the dust collector will be inactivated due to soot deposits on the electrode. In addition, the effectiveness of the dust collector decreases with increasing CO and dust emissions (incomplete combustion).

### **Electrostatic separators**

In electrostatic precipitators, a high-voltage field is generated between a wire-shaped spray electrode and a flat collecting electrode, in which the dust particles in the flue gas volume flow are electrically charged and simultaneously deflected from the flue gas flow. The following processes take place during the separation process in the electrostatic precipitators:

- ▶ Charging and transport of the dust particles to the collecting electrode: The spray electrode, which is charged with negative DC voltage (from 30 to 80 kV), emits electrons that ionise the surrounding gas molecules. The dust particles are negatively charged by the ion bombardment (for dust particles  $> 1 \mu\text{m}$ ) or ion diffusion (for dust particles  $< 0.5 \mu\text{m}$ ).

µm) and move across the flue gas flow in the applied electric field and are attracted by the positively charged collecting electrode. When separating dust in small combustion systems, the flue gas pipe is generally used as the collecting electrode.

- ▶ Discharge and adhesion of the particles to the collecting electrode: In order to optimally ensure the discharge of the charge and the adhesion of particles to particles or to the collecting electrode, the resistance of the dust layer formed must be in the range of  $10^4$  to  $1.011 \Omega \text{cm}^2 / \text{cm}$ . Otherwise, so-called back-spraying occurs, which means that separation is no longer guaranteed.
- ▶ Cleaning the dust layer formed on the collecting electrode: The dust layer formed on the collecting electrode must be removed at regular intervals to ensure optimum resistance during operation. Dust deposits on the collecting electrode are often cleaned mechanically by tapping on the wall of the collecting electrode.

The separation efficiency of the electrostatic precipitators depends heavily on the dust and exhaust gas properties as well as the electrode configuration and the operating mode of the system. Over time, an excessive accumulation of particles can lead to flocculation or the formation of soot or large dust or soot flakes. If too much dust is deposited on the separator electrode, dust or soot flakes can be discharged from the chimney with the flue gas flow. This so-called floc discharge can be avoided very well by using a combination of an electrostatic precipitator and a centrifugal separator. Electrostatic separators are by far the most commonly used in domestic biomass firing systems (both in boilers and in single-room firing systems).

### **Integrated separation technologies**

The integrated technologies marketed to date for small combustion systems are filtration processes and catalytic oxidation processes. Thermal oxidation processes (e.g. ceramic internals) are also installed in some single-room furnaces. Integrated electrostatic precipitators in combination with other integrated technologies are currently the subject of research. As the integrated technologies are installed directly in the firing systems, they are tested together with the approval test for the firing systems (e. g. in accordance with DIN EN 13229 for fireplace inserts or DIN EN 15250 for storage fireplaces) and are considered a technical component of these systems. For approval reasons, they must not be installed or removed at a later date.

Table 2 summarises an assessment of the use of downstream and integrated technologies for the reduction of particulates from exhaust gas. For economic reasons, downstream technologies should only be used once the possibilities for using integrated (or primary) technologies to reduce emissions have been exhausted. In the case of retrofittable separator systems, electrostatic separators have favourable properties compared to other separators, which is why they are mainly used in single-room firing systems or solid fuel firing systems under the 1<sup>st</sup> BImSchV. To date, only electrostatic precipitators, flue gas heat exchangers and some integrated technologies in the form of catalysers, ceramic foam filters and internals have been used.

**Table 2: Summary of the main advantages and disadvantages of downstream and integrated dust separation processes used in small-scale furnaces.**

Arrangement of procedures	Separation process	Advantages	Disadvantages
Downstream separator systems	Electrostatic separators	High separation efficiency possible (up to 85 % with low dust concentration in the raw gas (Aleysa und Leistner 2019)) <sup>1)</sup> Generally low pressure loss	Dust separation efficiency is strongly dependent on the exhaust gas properties, Risk of flake formation and flake ejection, Noise emissions and electromagnetic radiation
	Flue gas heat exchanger (condensing boiler technology)	Heat recovery from the exhaust gas and higher efficiency with simultaneous dust separation	Low dust separation effect for fine dust, Disposal of condensates, Corrosion-resistant materials required
Integrated technologies	Filtration using metallic and ceramic foam structures	cost-effective, Easily replaceable	Low dust separation effect, Hardly any separation of ultra-fine dust (< 1 µm), Danger of clogging, low mechanical strength, Frequent cleaning or replacement required
	Catalysts	Simultaneous reduction of dust and oxidation of unburnt gaseous components in the exhaust gas Oxidation even at low temperatures (> 300 °C)	Low dust separation effect, Risk of clogging when using fine-pored structures, Danger of catalyser poisoning, Ageing effects, Regular exchange necessary
	Fixtures	Higher combustion efficiency Reduction of fine dust as well, Oxidation of unburnt dusts and gaseous components, mechanically robust, No cleaning necessary, Low pressure loss	Oxidising effect only at sufficiently high temperatures (> 500 °C) Cannot be retrofitted for authorisation reasons Lower reduction effect compared to catalytic converters

1) The specified degree of separation relates to the following operating conditions: Raw gas concentration of dust < 60 mg/Nm<sup>3</sup>, exhaust gas velocity in the high-voltage field < 1 m/s, very good combustion quality (CO < 300 mg/Nm<sup>3</sup>) at a minimum high-voltage field of 30 kV and a current strength of 1.2 mA.

Various separation processes based on the separation principles described above have been developed for the reduction of dusts in wood combustion systems in accordance with the 1<sup>st</sup> BImSchV. The dust reduction and separation technologies available on the market for small combustion plants are either integrated technologies (internals, catalysers, filters and flue gas heat exchangers) or downstream electrostatic separators, whereby electrostatic separators are currently by far the most relevant on the market for small combustion plants.

#### New award criteria for a Blue Angel for dust separators

The new requirements for the Blue Angel for dust separators are based on measurements of separation efficiencies of separators after wood-burning stoves carried out by Fraunhofer IBP and on measurement results available to the RAL certification body from application documents for the Blue Angel for wood-burning stoves DE-UZ 212 (RAL 2020).

Manufacturers of dust separators, certified test centres, measuring device manufacturers, stove manufacturers and their associations, research institutes, environmental associations and a representative of the Federal Association of Chimney Sweeps - Central Guild Association (ZIV) took part in the discussion of the requirements.

Compared to conventional dust separators available on the market, the dust separators labelled with the Blue Angel are intended to distinguish particularly efficient and environmentally friendly devices and encourage innovation. The use of separation technology that leads to a reduction in harmful fine dust emissions is of central importance.

The requirements include a new test method that contains extended requirements compared to the type approval and the minimum requirements of funding programmes. In addition to the measurement of total dust emissions, they also provide for the measurement of the number of particles in the exhaust gas, which addresses respirable particulate matter. A limit value for the reduction of the particle count was included in the criteria in 2023 following the completion of a further research project to validate the particle count measurement method (Cordes 2023).

Additional requirements in the award criteria for dust separators ensure that the need for maintenance of the devices is quickly recognised and that it is possible to check whether the separators were in operation when the furnace was in operation. To ensure that the separators remain functional for a long time, the requirements also include the manufacturer's obligation to provide spare parts over the long term.

When discussing the new requirements for the Blue Angel for dust separators, there were the most differences of opinion regarding the measurement method and the test procedure. The manufacturers rejected an additional measurement to the measurement for type approval, in which the ignition phase is included in the assessment. It was noted that the results are highly dependent on chance, as soot flakes form in the separator, which then detach irregularly from the separator during the ignition phase and are also measured. Secondly, the time at which the dust separator is switched on leads to different degrees of separation. Furthermore, the costs for the additional measurement of the number of particles when applying for the Blue Angel were criticised.

In contrast, an environmental association and a research institute emphasised that the effectiveness of the dust separator is particularly important during the ignition phase and called for the separation performance in this phase to be included in the overall assessment.

It was also criticised that the overall dust measurement for Blue Angel recognition is required according to the measurement method of VDI 2066 Sheet 1 (2021), which is also associated with greater effort for the manufacturers of the separators compared to the type approval.

# 1 Hintergrund und Zielsetzung

Dieser Bericht beschreibt die Kriterien zur Vergabe eines Blauen Engels für Staubabscheider für Scheitholz-Einzelraumfeuerungen. Der technische Hintergrund wird ausführlich in Anhang A beschrieben. Er enthält eine Marktübersicht der zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Kriterien verfügbaren Abscheider.

Im Folgenden werden zu den Vergabekriterien die jeweiligen Hintergründe und Zielsetzungen beschrieben sowie Diskussionen der Stakeholder aufgeführt. Abschließend wird der von der Jury Umweltzeichen beschlossene Text der Kriterien in hervorgehobenen Abschnitten zitiert.

## 1.1 Hintergrund

Im Vergleich mit Zentralheizungssystemen, die mit Holzpellets, Öl oder Gas betrieben werden, ist das Heizen mit Scheitholzfeuerungen häufig ineffizient (Köhrer et al. 2019) und verursacht deutlich höhere Schadstoffemissionen, insbesondere von Feinstaub (Particulate Matter, PM) und organischen Verbindungen (vgl. Tebert et al. 2016). Feinstaub und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind als krebserzeugend eingestuft und deshalb mit besonders hohen Gesundheitsbelastungen verbunden (Baumbach 2013, IARC 2013). Die Verbrennung von Holz ist nicht klimaneutral, wenn Rußpartikel („Black Carbon“) aus dem Kaminofen emittiert werden. Ruß kann bis weit in die Arktis transportiert werden und durch seine dunkle Färbung den Treibhauseffekt verstärken (Bundesregierung 2019). Darüber hinaus hat die Emission organischer Verbindungen wie Methan eine negative Wirkung auf das Klima.

Vor diesem Hintergrund ist es ein umweltpolitisches Ziel in Deutschland, die Emissionen aus Einzelraumfeuerungsanlagen wie Kaminöfen zu mindern. Die 1. BImSchV (2010), das heißt, die erste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, hat deshalb im Jahr 2010 Vorgaben erlassen, die in vier Stufen (2015, 2018, 2021 und 2025) den Betrieb älterer Einzelfeuerungen untersagen, wenn diese nicht bestimmte Emissionswerte unterschreiten. Der Nachweis muss über eine generelle Typprüfung der Feuerungsanlage oder durch eine Messung des Ofens vor Ort erbracht werden. Ab 2015 neu errichtete Einzelraumfeuerungsanlagen haben gemäß Typprüfung nach Anlage 4 der 1. BImSchV nachzuweisen, dass sie bei den Staubemissionen 0,040 g/Nm<sup>3</sup> und bei den Kohlenmonoxid-Emissionen 1,25 mg/Nm<sup>3</sup> nicht überschreiten. Trotz der neuen Vorgaben tragen Scheitholzfeuerungen weiterhin wesentlich zur Überschreitung von gesetzlichen Grenzwerten für die Luftqualität bei (LUBW 2016, Berlin 2019).<sup>1</sup>

In Deutschland gelten die von der EU festgelegten Feinstaub (PM<sub>10</sub>) - Grenzwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel und 50 µg/m<sup>3</sup> im 24-Stundenmittel (dieser Wert darf an nicht mehr als 35 Tagen im Jahr überschritten werden). Um die Gesundheit ausreichend zu schützen, empfiehlt die Weltgesundheitsorganisation (WHO) für PM<sub>10</sub> hingegen deutlich strengere Grenzwerte (seit 2021: 15 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel und 45 µg/m<sup>3</sup> im 24-Stundenmittel, die an nicht mehr als drei Tagen im Jahr überschritten werden dürfen). Wird dieser Maßstab zugrunde gelegt, atmen laut Europäischer Umweltagentur durchschnittlich vier von fünf Stadtbewohnern mehr Feinstaub ein, als die WHO für unbedenklich hält. Die WHO-Empfehlung für den PM<sub>10</sub>-Tagesgrenzwert wurde nach Angaben des Umweltbundesamtes im Jahr 2021 bundesweit an 33 % aller Messstationen nicht eingehalten. Bei der gesundheitlich relevanteren Feinstaubfraktion PM<sub>2,5</sub> sollte nach Empfehlung der WHO der Jahresmittelwert von 5 µg/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden. Dieser wurde an 99 % der Luftgütestationen im Jahr 2021 nicht eingehalten. Der von der WHO

---

<sup>1</sup> In Berlin lag der PM<sub>10</sub>-Beitrag an Überschreitungstagen 2017 im Mittel bei 12 %, im Maximum bei 21 %. Ohne diesen Beitrag wäre der Tagesgrenzwert im Jahr 2017 an 18 statt 27 Tagen überschritten worden.

empfohlene PM<sub>2,5</sub> -Tagesmittelwert von 15 µg/m<sup>3</sup> wurde an keiner Messstation eingehalten (UBA 2019a, UBA 2019b, UBA 2020, UBA 2022).

Bei der Verbrennung von Holz entstehen neben den zuvor genannten Feinstaubfraktionen, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> auch ultrafeine Partikel (kleiner als 0,1 µm). Zu diesen gibt es wesentlich weniger epidemiologische (bevölkerungsbezogene) Studien. Nach derzeitigem Kenntnisstand wird dennoch davon ausgegangen, dass sie eine eigenständige negative Wirkung auf die menschliche Gesundheit haben.

Für neue Kaminöfen existiert seit dem Jahr 2020 die Möglichkeit, die Geräte mit einem Blauen Engel DE-UZ 212 auszuzeichnen, wenn sie insbesondere die hohen Anforderungen an die Emissionsminderung nachweisen (RAL 2020). Die Anforderungen gehen über die gesetzlichen Anforderungen hinaus und werden von den Kaminofenherstellern durch konstruktive Verbesserungen wie einen Katalysator und durch Nutzung eines Staubabscheider erreicht.<sup>2</sup>

Aufgrund der hohen Schadstoffbelastung durch Scheitholzfeuerungen im Bestand wurden neue Vergabekriterien für einen Blauen Engel für Staubabscheider erarbeitet, die die Feinstaubemissionen insbesondere in den bestehenden Feuerungen wirksam mindern können.

Der umweltpolitische Hintergrund wird entsprechend in den Vergabekriterien erläutert. Der Text im folgenden Kasten zitiert die Formulierung in den Vergabekriterien, der die Zustimmung von allen Teilnehmenden in der abschließenden Expertenanhörung im September 2021 fand.

Wichtig war den Stakeholdern, im Hintergrundtext zu betonen, dass die Zusatzausrüstung mit einem Abscheider bei neuen Kaminöfen, die nicht mit dem Blauen Engel gekennzeichnet sind, nicht empfohlen wird. Eine optimale Schadstoffminderung wird eher dann erreicht, wenn die Kaminöfen die Kriterien des Blauen Engels DE-UZ 212 erfüllen. Enthalten diese Abscheider, sind sie optimal auf den jeweiligen Kaminofen abgestimmt. Darüber hinaus stellt eine Zertifizierung von Kaminöfen mit dem Blauen Engel DE-UZ 212 auch eine Minderung gasförmiger Verbindungen sicher (RAL 2020).

Der Text im folgenden Kasten nennt die Formulierung in den Vergabekriterien, der die Zustimmung aller Teilnehmenden in der Stakeholderanhörung im September 2021 fand. Im Jahr 2023 wurden im Konsens Änderungen vorgenommen, die hier fett und unterstrichen bzw. durch Streichungen gekennzeichnet sind. Die Änderungen ergänzen insbesondere aktuelle Messwerte bei PM<sub>2,5</sub> und gehen auf ultrafeine Partikel ein.

#### Hintergrund-Angaben in den Vergabekriterien (2022)

Das Heizen mit Holz verursacht, auch wenn es sachgerecht vorgenommen wird, deutlich mehr luftverschmutzende Emissionen als andere Energieträger wie Heizöl oder Erdgas. In Wohngebieten kann es daher zu erhöhten Belastungen mit Feinstaub (**Particulate Matter, PM**) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) kommen - insbesondere dann, wenn in der kalten Jahreszeit viele Holzöfen und Kamine gleichzeitig betrieben werden und Inversionswetterlagen vorliegen oder wenn sich die Holzfeuerungen in Tal- und Kessellagen befinden.

Die zum Gesundheitsschutz festgelegten Grenzwerte für Feinstaub in der Umgebungsluft können deutlich überschritten werden, wenn Emissionen der Holzfeuerung zur Grundbelastung hinzukommen oder wenn besondere Bausituationen vorliegen.

<sup>2</sup> Für Kaminöfen, die mit dem Blauen Engel ausgezeichnet sind, sowie deren Vergabekriterien siehe <https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/kaminoefen-fuer-holz>

In Deutschland gelten die von der EU festgelegten Grenzwerte für PM<sub>10</sub> von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel und 50 µg/m<sup>3</sup> im 24-Stundenmittel (das an maximal 35 Tagen im Jahr überschritten werden darf). Um die Gesundheit ausreichend zu schützen, empfiehlt die Weltgesundheitsorganisation (WHO) für PM<sub>10</sub> hingegen deutlich strengere Grenzwerte (seit 2021: 15 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel und 45 µg/m<sup>3</sup> im 24-Stundenmittel, die an maximal drei Tagen überschritten werden dürfen). Wird dieser Maßstab zugrunde gelegt, atmen laut Europäischer Umweltagentur durchschnittlich vier von fünf Stadtbewohnern mehr Feinstaub ein, als die WHO für unbedenklich hält. Der WHO-Richtwert für den PM10-Tagesgrenzwert wurde nach Angaben des Umweltbundesamtes im Jahr 2021 bundesweit an 33 % aller Messstationen nicht eingehalten. Bei der gesundheitlich relevanteren Feinstaubfraktion PM2,5 sollte nach Empfehlung der WHO der Jahresmittelwert von 5 µg/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden. Dieser wird an 99 % der Luftgütestationen im Jahr 2021 nicht eingehalten. Der von der WHO empfohlene PM2,5-Tagesmittelwert von 15 µg/m<sup>3</sup> wird an keiner Messstation eingehalten (UBA 2021).

~~Wird der bis 2020 geltende WHO Maßstab (Tagesmittel 50 µg/m<sup>3</sup>) zugrunde gelegt, atmen laut Europäischer Umweltagentur durchschnittlich vier von fünf Stadtbewohnern mehr Feinstaub ein, als die WHO für unbedenklich hält. Je nach Wetterlage schwankten die Überschreitungen des alten WHO Richtwertes für den PM<sub>10</sub>-Tageswert in den letzten Jahren nach Angaben des Umweltbundesamtes zwischen einem Anteil von 12 % (2020) und 78 % (2018) aller Messstationen.~~

~~Bei der Verbrennung von Holz entstehen ultrafeine Partikel (kleiner als 0,1 µm). Diesen wird von der Forschung eine besonders große Wirkung auf die Gesundheit zugeschrieben.~~

Bei der Verbrennung von Holz entstehen neben den zuvor genannten Feinstaubfraktionen, PM10 und PM2,5 auch ultrafeine Partikel (kleiner als 0,1 µm). Zu diesen gibt es wesentlich weniger epidemiologische (bevölkerungsbezogene) Studien. Nach derzeitigem Kenntnisstand wird dennoch davon ausgegangen, dass sie eine eigenständige negative Wirkung auf die menschliche Gesundheit haben.

Für ultrafeine Partikel (Feinstaub) gibt es bislang kein flächendeckendes Messnetz und keine Luftqualitäts-Grenzwerte. Handbeschickte Scheitholzfeuerungen emittieren darüber hinaus Ruß (als Bestandteil des Feinstaubes). Ruß hat neben negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit ein sehr hohes Klimaerwärmungspotenzial.

Vor diesem Hintergrund gehört es zu den wesentlichen umweltpolitischen Zielen, Feinstaubemissionen unter anderem aus dem Betrieb von Scheitholzfeuerungen zu reduzieren. Bei Holzfeuerungen können Staubabscheider eingesetzt werden, um die bei der Verbrennung entstehenden Staubpartikel zu reduzieren und damit auch die besonders gesundheitsschädlichen Feinstäube deutlich zu mindern. Die Vergabekriterien zum Blauen Engel für Kaminöfen für Holz (DE-UZ 212) berücksichtigen bereits bei der Zertifizierung des Gesamtsystems die Möglichkeit zum Einsatz von Staubabscheidern, allerdings gilt dies werden dadurch nur für neue Kaminöfen verbessert.

Staubabscheider, die mit dem Blauen Engel ausgezeichnet sind, werden vorrangig zur Reduzierung von Staubemissionen bei bestehenden Scheitholzfeuerungen empfohlen. Für neue Kaminöfen wird die Zusatzausstattung nicht empfohlen, da anstelle dessen optimal aufeinander abgestimmte Kaminöfen mit Abscheider entsprechend der Blauer Engel-Kriterien verfügbar sind.

## 1.2 Zielsetzung

Der Schwerpunkt bei der Erarbeitung der Vergabekriterien lag auf der Verbesserung der Luftqualität durch Reduzierung gesundheitsschädlicher Staubemissionen aus handbeschickten Scheitholzfeuerungen. Dafür sind besonders effiziente technische Lösungen erforderlich. Die Vergabekriterien sollen Innovationen anstoßen, die Staubabscheider weiterentwickeln und besonders effiziente, wartungsfreundliche sowie langlebige Geräte auf den Markt bringen.

Es bestand Einigkeit der beteiligten Stakeholder, dass sich mit dem Blauen Engel gekennzeichnete Staubabscheider von konventionellen Geräten durch einen hohen Abscheidegrad und einen zuverlässigen Betrieb unterscheiden sollen. Die Wirksamkeit der Abscheidung soll auch in der emissionsreichen Anzündphase eines Ofens nachgewiesen werden. Zudem sollen die Geräte bedienungsfreundlich sein und eine hohe Lebensdauer erreichen.

Drei Merkmale wurden daher besonders hervorgehoben, die von den Beteiligten als die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale im Vergleich zu konventionellen Staubabscheidern angesehen wurden: Feinstaubminderung, Wartungsfreundlichkeit und Langlebigkeit.

Das Stichwort „Feinstaubminderung“ bezieht sich vor allem auf den hohen Abscheidegrad, der auch in der Anzündphase eines Kaminofens nachgewiesen werden muss (siehe Kapitel 3.1.4). Die „Wartungsfreundlichkeit“ bezieht sich darauf, dass eine Anzeige für Störungen sowie für den Reinigungszyklus erforderlich ist und die Reinigung relativ einfach durchführbar sein muss (siehe Kapitel 3.4.5 und 3.4.6). Die „Langlebigkeit“ bezieht sich darauf, dass die Konstruktion den Austausch von typischerweise funktionsuntüchtigen Teilen ermöglicht und dass Ersatzteile noch 10 Jahre nach der Produktionseinstellung verfügbar sein müssen (siehe Kapitel 3.5.1).

In der Zielstellung wird auch die Freiwilligkeit der Erfüllung der Anforderungen des Blauen Engels betont. Das Umweltbundesamt und die Jury Umweltzeichen beabsichtigen, mit den Vergabekriterien die Entwicklung von effizienten und emissionsarmen Geräten zu fördern. Das Umweltzeichen Blauer Engel besitzt in der Öffentlichkeit einen hohen Bekanntheitsgrad (UBA 2023a) und ermöglicht den Herstellern deshalb, die Umweltvorteile der Geräte bei der Kaufentscheidung ihrer Kundinnen und Kunden hervorzuheben.

Künftig kann die Nachrüstung von Abscheidern mit dem Blauen Engel DE-UZ 222 (RAL 2022) oder der Betrieb von Kaminöfen mit dem Blauen Engel DE-UZ 212 (RAL 2020) in besonders belasteten Regionen behördlicherseits zur Auflage gemacht werden, wenn Luftqualitätsprobleme bestehen und die Nutzung von Kaminöfen deshalb beschränkt werden soll. Beispielsweise hat der Senat von Berlin im Juli 2019 in der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans als Erfüllungsoption bei Überschreitung der Feinstaubgrenzwerte festgelegt, dass zusätzlich zur Zentralheizung installierte Kaminöfen die Anforderungen des Blauen Engels für Kaminöfen erfüllen müssen (Berlin 2019).

Der Text im folgenden Kasten zitiert die Formulierung in den Vergabekriterien, der die Zustimmung aller Teilnehmenden in der Stakeholderanhörung im September 2021 fand. Im Jahr 2023 wurde ein Verweis auf die VDI-Richtlinie zu Staubabscheidern ergänzt, sowie eine Fußnote, die die Mindestanforderung der baurechtlichen Zulassung an Staubabscheider nennt.<sup>3</sup> Zudem erfolgte eine redaktionelle Änderung zur Nutzung von gendergerechter Sprache.

---

<sup>3</sup> Bei Staubkonzentrationen von 50-100 mg/Nm<sup>3</sup> und CO-Konzentrationen von 300-4000 mg/Nm<sup>3</sup> nennt die VDI-Richtlinie außerdem einen Mindestabscheidegrad von 60 % als Stand der Technik.

### Zielsetzungs-Angaben in den Vergabekriterien

Der Blaue Engel für Staubabscheider an handbeschickten Scheitholzfeuerungen zielt vorrangig auf eine Verbesserung der Luftqualität ab, indem er zu einer Reduzierung der Feinstaubemissionen beiträgt.

Mit dem Blauen Engel gekennzeichnete Staubabscheider für handbeschickte Scheitholzfeuerungen mindern Staubemissionen im Vergleich zu konventionellen Abscheidern deutlich stärker und zuverlässiger (vgl. VDI 3670:2016)<sup>1</sup>. Zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben der baurechtlichen Zulassungsprüfung besteht die besondere Anforderung des Blauen Engels darin, dass die Staubabscheider deutlich höhere Mindestabscheidegrade einhalten müssen und die Wirksamkeit der Abscheidung auch in der emissionsreichen Anzündphase garantiert wird. Die Staubabscheider müssen über Zusatzfunktionen verfügen, die z.B. die Betriebsstunden anzeigen sowie den Bedarf einer Wartung. Dies ermöglicht die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Abscheidens über eine lange Zeit.

Hersteller von Staubabscheidern sollen durch optimierte Konstruktion und langfristige Bereitstellung von Ersatzteilen dazu beitragen, die Langlebigkeit und Zuverlässigkeit bei der Nutzung der Geräte zu erhöhen. Dadurch können Abscheider mit dem Blauen Engel dazu beitragen, den Schadstoffausstoß handbeschickter Scheitholzfeuerungen langfristig zu senken.

Bei der Anschaffung von Staubabscheidern bietet das Umweltzeichen somit eine Entscheidungshilfe zur Minderung von Luftschatdstoffen durch Scheitholzfeuerungen.

Es handelt sich um ein freiwilliges Zeichen, welches die Hersteller von Staubabscheidern zur Entwicklung von effizienten und langlebigen Geräten motivieren soll. Das Zeichen ermöglicht den Herstellern, ihren Kundinnen und Kunden die Umweltvorteile der Staubabscheider auf einfache Weise zu vermitteln. Verbraucherinnen und Verbraucher haben somit die Möglichkeit ein umweltfreundliches Produkt auf einfache Weise auszuwählen.

Daher werden im Erklärfeld folgende Vorteile für Umwelt und Gesundheit genannt:

- ▶ Feinstaubminderung
- ▶ Wartungsfreundlichkeit
- ▶ Langlebigkeit

**Fußnote 1: Die VDI-Richtlinie nennt für Staubkonzentrationen von 150-300 mg/Nm<sup>3</sup> und CO-Konzentrationen von 3000-8000 mg/Nm<sup>3</sup> einen Mindestabscheidegrad von 50 % nach dem Stand der Technik**

## 2 Projektverlauf

### 2.1 Auftrag der Jury Umweltzeichen Ende 2019

Die Jury Umweltzeichen hat das Umweltbundesamt auf seiner Sitzung im Dezember 2019 mit der Erstellung von Vergabekriterien für einen Blauen Engel für Staubabscheider zur Nachrüstung von Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe beauftragt. Der Auftrag hat das Ziel, eine deutliche Emissionsreduzierung bei Einzelraumfeuerungsanlagen zu erreichen, wenn diese mit einem Staubfilter nachgerüstet werden. Bisher adressierte der Blaue Engel lediglich neue Kaminöfen für Holz DE-UZ 212, die einen sehr geringen Anteil am Gesamtbestand der Einzelraumfeuerungsanlagen ausmachen (RAL 2020).

Ziel des Auftrages war es, anspruchsvolle Kriterien zu erarbeiten, die über die Anforderungen nach Bauartzulassung hinausgehen, einen langfristig zuverlässigen Betrieb gewährleisten und zu bedienungsfreundlichen Geräten führen.

### 2.2 Beteiligte Stakeholder

Am Austausch über neue Kriterien für einen Blauen Engel für Staubabscheider wurden neben dem Umweltbundesamt (UBA) und den Forschungsnehmern Ökopol, DBFZ und Fraunhofer IBP die Zertifizierungsstelle für den Blauen Engel (RAL) und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)<sup>4</sup> beteiligt sowie Hersteller von Staubabscheidern, Katalysatoren, Kaminöfen und deren Verbände sowie weitere Forschungs- und Prüfinstitute. Der Umweltverband „Deutsche Umwelthilfe“ (DUH) wurde hinzugezogen, der den Anstoß zur Erarbeitung der Kriterien eines Blauen Engels für Kaminöfen gegeben hatte und die Nachrüstung von Bestandsanlagen mit effizienten Staubabscheidern fordert. Die Stiftung Warentest war als Institutionen des Verbraucherschutzes und der Information für Nutzende an der Kriterienerstellung beteiligt.

Über die Forschungsnehmer hinaus wurden weitere Forschungsinstitute und Umweltbehörden der Länder gehört (TFZ, Fachhochschule Nord-Schweiz, FNR, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Berliner Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt).

Acht Hersteller für Staubabscheider wurden beteiligt, zwei Hersteller von Katalysatoren und zehn Hersteller von Kaminöfen. Weiterhin wurden Verbände einbezogen, in denen Kaminofenhersteller organisiert sind (Gesamtverband Ofenbau, EFA, HKI).

Um die Praxistauglichkeit der Messverfahren zur Emissionsbewertung für die Vergabe des Blauen Engels zu diskutieren, wurden die notifizierten Prüfstellen DBI und RRF sowie der Schornsteinfegerverband (ZIV) beteiligt, ebenso wie drei Gerätehersteller zur Messung der Partikelanzahl und für sicherheitstechnische Fragen das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt).

### 2.3 Erarbeitung der Vergabekriterien im Jahr 2021

Ende September 2020 erhielt Ökopol den Auftrag vom Umweltbundesamt zur Bearbeitung des Projektes zur „Weiterentwicklung des Umweltzeichens Blauer Engel“ (FKZ 3720373031), das auch den Auftrag zur Erarbeitung von neuen Vergabekriterien für Staubabscheider für Scheitholz-Einzelraumfeuerungen beinhaltete. Bei der Erarbeitung erfolgte eine Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Bautechnik (Fraunhofer IBP) in Stuttgart und dem Deutschen

---

<sup>4</sup> Seit 2021 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Biomasseforschungszentrum (DBFZ) in Leipzig. Der Auftakt zur Erarbeitung der neuen Vergabekriterien für Staubabscheider fand Mitte Januar 2021 statt, um den Entwurf der Vergabekriterien im Dezember 2021 der Jury Umweltzeichen vorzulegen.

Nach ersten Hintergrundrecherchen und Einzelgesprächen wurden zwei Fachgespräche durchgeführt, wobei das erste vorwiegend Staubabscheiderhersteller und das zweite vorrangig Ofenherstellerbeteiligte. Im September 2021 führte die RAL gGmbH eine Expertenanhörung durch. Dafür erstellten die Forschungsnehmer einen Entwurf der Vergabekriterien, der den Stakeholdern vorab zugeschickt wurde. Auf der Anhörung wurde der Entwurf mit den Interessensvertreterinnen und -vertretern der Hersteller von Staubabscheidern, Katalysatoren und Kaminöfen diskutiert sowie mit deren Verbänden, mit Prüfstellen, Messgeräteherstellern, Behörden und Umweltverbänden.

- ▶ 05. Juli 2021: 1. Fachgespräch mit Abscheideherstellern als Webkonferenz
- ▶ 06. Juli 2021: 2. Fachgespräch mit Herstellern von Feuerungsanlagen als Webkonferenz
- ▶ 16. September 2021: Expertenanhörung als Webkonferenz

Nach der Expertenanhörung wurde der Entwurf der Vergabekriterien von den Forschungsnehmern auf Basis der Diskussionsergebnisse überarbeitet und den Stakeholdern zusammen mit dem Protokoll der Sitzung zur Stellungnahme geschickt.

## **2.4 Beschluss der Jury Umweltzeichen 2021**

Das Umweltbundesamt übermittelte der Jury Umweltzeichen im November 2021 den Entwurf der Vergabekriterien zusammen mit Stellungnahmen von Stakeholdern. Auf der Jury-Sitzung am 7. Dezember 2021 wurden die Vergabekriterien vorgestellt und von der Jury beschlossen (ohne Gegenstimmen bei einer Enthaltung).

Die Veröffentlichung der neuen Vergabekriterien für „Staubabscheider für Scheitholz-Einzelfeuerungen, DE-UZ 222, Ausgabe Januar 2022, Version 1“ erfolgte im Januar 2022 auf der Internetseite des Blauen Engels ([www.blauer-engel.de/uz222](http://www.blauer-engel.de/uz222)).

## **2.5 Überarbeitung der Kriterien nach Abschluss des Forschungsvorhabens zur Validierung der Partikelanzahl-Messmethode im Jahr 2023**

Mit dem Forschungsvorhaben „Partikelanzahlmessungen im Abgas von Kaminöfen - Validierung des Messverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel durch Ringversuche“ (HLUNG 2023) hat das Umweltbundesamt das Ziel verfolgt, das Messverfahren für die Bestimmung der Partikelanzahl zu validieren, das in den Blauer Engel-Kriterien für Kaminöfen für Holz DE-UZ 212 sowie für Staubabscheider DE-UZ 222 festgelegt wurde (RAL 2020, RAL 2022).

Durch einen Ringversuch wurden die Verfahrenskenngrößen des Messverfahrens bestimmt und Empfehlungen für Änderungen der Messvorschrift zu geben. Die Untersuchungen dienten auch dazu, die Eignung des Grenzwertes für die Partikelanzahl-Emissionen zu untersuchen.

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass das Messverfahren grundsätzlich zuverlässige und vergleichbare Messwerte liefert. Die Ergebnisse wurden auf einem Workshop mit Stakeholdern am 26. Juni 2023 diskutiert. Folgende Empfehlungen und Hinweise ergab das HLUNG-Projekt:

Als Ergebnis des Forschungsvorhabens wurde empfohlen, die Anforderung an die Standardmessunsicherheit von 20 % auf 25 % für Konzentrationen  $> 50.000 \text{ Partikel cm}^{-3}$  zu erhöhen und für Konzentrationen  $< 50.000 \text{ cm}^{-3}$  mit dem absoluten Wert  $12.500 \text{ cm}^{-3}$

anzugeben. Weiterhin wurde empfohlen das Nachlegekriterium für Holz über die Bedienungssoftware zu regeln, soweit eine Software vorhanden ist.

Es wurde ferner darauf hingewiesen, dass die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 bei der Messung beachtet werden sollten. Hierzu gehört vor allem die Durchführung von Vergleichsmessungen zur Partikelanzahl zwischen den Messlaboren, da es bisher noch keinen einheitlichen Vergleichsstandard gibt. Zudem sollte ein Hinweis aufgenommen werden, dass alle verwendeten Geräte und Leitungen vor Beginn der Messungen sorgfältig zu reinigen sind. Gegebenenfalls sollten z. B. Waschflaschen zur Sammlung von Kondenswasser verwendet werden. Die Probegasleitung sollte während der Messung möglichst wenig bewegt werden. Die Anforderungen für den Vorabscheider sollten in einer Empfehlung geändert werden.

Nach Abschluss des Ringversuch empfiehlt das Forschungsvorhaben, die Vergabekriterien des Blauen Engels für Kaminöfen und für Staubabscheider entsprechend anzupassen.

Die Forschungsnehmer Ökopol und DBFZ stimmten sich mit den Fachexperten beim Umweltbundesamt ab und erstellten einen überarbeiteten Kriterienentwurf, der im September 2023 mit der Einladung zur Anhörung an die Stakeholder verschickt wurde. Die RAL gGmbH führte am 23. Oktober 2023 die Anhörung durch. Anschließend wurde der während der Anhörung erstellte Vorentwurf der überarbeiteten Kriterien an die Stakeholder zur Kommentierung verschickt. Die Kommentare wurden von Ökopol, DBFZ und UBA diskutiert und ein finaler Entwurf für die Sitzung der Jury Umweltzeichen im Dezember 2023 erstellt.

## **2.6 Beschluss der Jury Umweltzeichen 2023**

Das Umweltbundesamt übermittelte der Jury Umweltzeichen Mitte November 2023 den Entwurf der Vergabekriterien zusammen mit Stellungnahmen von Stakeholdern. Auf der Jury-Sitzung am 12. Dezember 2023 wurden die Vergabekriterien vorgestellt und von der Jury beschlossen.

Die Veröffentlichung der neuen Vergabekriterien für „Staubabscheider für Scheitholz-Einzelfeuerungen, DE-UZ 222, Ausgabe Januar 2022, Version 3“ erfolgte im Januar 2024 auf der Internetseite des Blauen Engels (<http://www.blauer-engel.de/uz222>) (RAL 2022).

### 3 Diskussion der Vergabekriterien

Die folgenden Kapitel beschreiben anhand der Anforderungen des Umweltzeichens die Diskussionen, die zu den jeweiligen Themen mit den Stakeholdern geführt wurden.

Am Ende jedes Kapitels ist in einem Kasten das Ergebnis der Diskussion aufgeführt, das heißt der von der Jury Umweltzeichen im Dezember 2021 beschlossene Wortlaut der Vergabekriterien des Umweltzeichens. Wenn im Text der Vergabekriterien andere Nummern (zum Beispiel für Tabellen oder Kapitel) genannt sind als in diesem Bericht, wurden die Berichtsnummern in eckigen Klammern ergänzt.

#### 3.1 Begriffsbestimmungen

Der Text im Kapitel „Begriffsbestimmungen“ der Vergabekriterien erläutert Abkürzungen und definiert Begriffe.

##### 3.1.1 Staubabscheider

Staubabscheider werden in Abgasanlagen eingesetzt, um die bei der Verbrennung von festen Brennstoffen anfallenden Staubpartikel zu reduzieren und insbesondere gesundheitsschädliche Feinstäube zu mindern. Hinsichtlich der Definition eines Staubabscheidens bestand bei den Stakeholdern Einigkeit.

##### Staubabscheider

Ein Gerät zur Minderung von partikelförmigen Emissionen, insbesondere Feinstaub, welches innerhalb oder am Ende der Abgasstrecke einer Feuerungsanlage eingebaut wird.

##### 3.1.2 Handbeschickte Scheitholzfeuerungen

Bezüglich der Definition von handbeschickten Scheitholzfeuerungen bestand unter den Stakeholdern Einigkeit, dass diese gemäß einschlägiger Normen bzw. Technischer Regeln erfolgen soll. Im Jahr 2023 erfolgten lediglich die hier fett und unterstrichen markierten redaktionellen Änderungen.

##### Handbeschickte Scheitholzfeuerungen

Handbeschickte Scheitholzfeuerungen sind die Anlagen, die gemäß den jeweiligen Normen zu einem der folgenden Typen gehören.

- ▶ Freistehende Einzelraumfeuerungsanlagen mit geschlossener Feuerraumtür nach DIN EN 13240 bzw. DIN EN 16510-2-1,
- ▶ Kamineinsätze gemäß DIN EN 13229 bzw. DIN EN 16510-2-2,
- ▶ Holzherde gemäß DIN EN 12815 bzw. DIN EN 16510-2-3,
- ▶ Speicherfeuerstätten gemäß DIN EN 15250 bzw. DIN EN 16510-2-5, in denen ausschließlich
- ▶ Scheitholz bzw. Holzbriketts eingesetzt werden
- ▶ Grundöfen gemäß ZVSHK TROL

### 3.1.3 Feinstaub

Im weitgehenden Konsens mit den Teilnehmenden der Expertenanhörung wurde die Definition der Internetseiten des Umweltbundesamtes zum Thema Feinstaub übernommen (UBA 2023b, UBA 2023c). Einzelne Stakeholder sprachen sich dafür aus, die Definition genauer, entsprechend den Begriffsbestimmungen der EU-Luftqualitätsrichtlinie (EU 2008) zu formulieren, also als Partikel, die einen grösenselektierenden Lufteinlass gemäß der Referenzmethoden für die Probenahme und Messung von PM<sub>2,5</sub> DIN EN 14907:2005 bzw. PM<sub>10</sub> DIN EN 12341:2023 passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 bzw. 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Darauf wurde jedoch im Sinne einer für die Allgemeinheit besseren Verständlichkeit verzichtet.

Im Jahr 2023 erfolgte als Ergänzung in der Fußnote ein Hinweis auf die untere Partikelgröße des gemessenen Bereiches.

#### Feinstaub

Komplexes Gemisch fester und flüssiger Partikel, das abhängig vom aerodynamischen Durchmesser in PM (Particulate Matter)-Fraktionen eingeteilt wird:

- ▶ PM<sub>10</sub>: mehrheitlich eingehaltener Durchmesser von max. 10 Mikrometer (10 µm),
- ▶ PM<sub>2,5</sub>: mehrheitlich eingehaltenen Durchmesser von max. 2,5 µm,
- ▶ Ultrafeine Partikel: mehrheitlich eingehaltener Durchmesser von weniger als 0,1 µm.<sup>2</sup>

**Fußnote 2: Der in der Messvorschrift (Anhang B) gemessene Bereich umfasst Partikelgrößen ab 23 nm.**

### 3.1.4 Abscheidegrad

Die Definition eines Abscheidegrades wurde aufgenommen, um für die Berechnung der in Tabelle 1 der Kriterien genannten Anforderungen eine eindeutige Berechnungsgrundlage zu geben. Die Definition erfolgte im Konsens mit den Stakeholdern.

#### Abscheidegrad

Der Abscheidegrad ist das Verhältnis von abgeschiedener Staubmasse zur ausgetragenen Staubmasse ((Rohgaskonzentration - Reingaskonzentration)/ Rohgaskonzentration), angegeben in %.

## 3.2 Geltungsbereich

### 3.2.1 Einführung

Der Text im Kapitel „Geltungsbereich“ der Vergabekriterien nennt die Produktarten, für die die Kriterien Gültigkeit haben, und schließt bestimmte Produktarten aus.

### 3.2.2 Diskussion

Der Geltungsbereich wurde nach längerer Diskussion mit den Stakeholdern auf Staubabscheider beschränkt, die für den Betrieb in handbeschickten Scheitholz-Einzelraumfeuerungen vorgesehen sind. Als zugelassener Brennstoff wurde stückiges Scheitholz mit anhaftender Rinde

genauer benannt, um ausschließliche Rindenbriketts auszuschließen und auch Holzpresslinge (Holz-Briketts) zuzulassen.

Damit das Umweltzeichen den umweltpolitischen Zielen einer Dekarbonisierung in Deutschland gerecht wird, erfolgte die Vorgabe, dass Hersteller von Staubabscheidern, die mit dem Blauen Engel zertifiziert werden sollen, einen Betrieb mit Kohle explizit ausschließen müssen.

Eine Erweiterung auf den Betrieb in Pellet-Einzelraumfeuerungen wurde diskutiert, aber verworfen, weil Pellets als Brennstoff zu einem anderen Emissionsverhalten führen. Dies entsteht bei Pelletöfen aufgrund der Unterschiede der Brennstoffkonsistenz, der automatischen Brennstoffzufuhr verbunden mit dem kontinuierlichen Abbrand und durch die im Vergleich zur Scheitholzfeuerung höheren Abgastemperaturen. Die Experten führten an, dass die Partikel aus einer Pelletfeuerung eine andere Charakteristik aufweisen können. Dies hat Einfluss auf das Abscheidungsverhalten und bringt somit andere Herausforderungen für die Abscheider mit sich. Zudem fehlt eine Messvorschrift für Pelletöfen, wie sie für Scheitholzfeuerungen in der DE-UZ 212 entwickelt wurde. Somit wurde es für sinnvoll erachtet, zu einem späteren Zeitpunkt spezifische Anforderungen an die Messung und Begrenzung der Emissionen für Staubabscheider für Pellet-Einzelraumfeuerungen zu entwickeln, die auf Messdaten und auf spezifischen Erfahrungsberichten basieren. Die Prüfung einer Erweiterung des Geltungsbereichs auf Pelletöfen sowie der entsprechenden Anforderungen wurde für die nächste Revision der Kriterien vermerkt (siehe Kapitel 3.7).

Für die vorläufige Beschränkung auf Scheitholzfeuerungen war auch die wesentlich geringere Mengenrelevanz von Pelletöfen ausschlaggebend, von denen in Deutschland etwa 200 Tsd. Stück installiert sind im Gegensatz zu etwa 11 Mio. handbeschickter Scheitholzfeuerungen (UBA 2024).

Da es mit dem DE-UZ 212 seit dem Jahr 2021 anspruchsvolle Kriterien für einen Blauen Engel für Kaminöfen gibt und bereits zertifizierte Kaminöfen auf dem Markt sind, sollen bei neuen Kaminöfen im Falle einer Kombination mit einem Staubabscheider die anspruchsvollen Grenzwerte der Vergabekriterien des DE-UZ 212 eingehalten werden (RAL 2020). Die Kombination eines Staubabscheiders mit einem neuen Kaminofen, der nicht die Anforderungen des DE-UZ 212 erfüllt, ist technisch möglich. Dies soll jedoch nicht durch den Blauen Engel für Staubabscheider gefördert werden. Vorrangig sollten bessere, mit dem Blauen Engel zertifizierte Kaminöfen erworben werden. Daher wurde entschieden, dass das neue Umweltzeichen ab der Veröffentlichung der Vergabekriterien nur an Staubabscheider vergeben wird, bei denen die Hersteller eine Nachrüstung an neuen, nicht mit dem Blauen Engel DE-UZ 212 zertifizierten Kaminöfen ausschließen. Insbesondere ein Hersteller von Kaminöfen sprach sich dagegen aus, die Nachrüstung der Abscheider, die mit dem Blauen Engel zertifiziert sind, bei neuen, nicht mit dem Blauen Engel zertifizierten Kaminöfen auszuschließen.

Auf Herstellerwunsch wurde auch die Möglichkeit eröffnet, einen Staubabscheider mit dem Blauen Engel auszuzeichnen, der in Kombination mit einem Katalysator vertrieben wird.

Im Jahr 2023 fand keine Diskussion zur Veränderung des Geltungsbereiches statt. Es gab jedoch den Kommentar eines Stakeholders, dass unklar sei, wer den Betrieb mit Kohle auszuschließen habe. Daher wurde im entsprechenden Satz das Wort „durch den Hersteller“ ergänzt.

### 3.2.3 Ergebnis

Der Text des Geltungsbereichs der Versionen 1 und 2 (Januar 2022) lautet wie Folgt; im Jahr 2023 wurden redaktionelle Änderungen sowie Ergänzungen zum besseren Verständnis vorgenommen (hier fett und unterstrichen gekennzeichnet):

## Geltungsbereich

Diese Vergabekriterien gelten für Staubabscheider die für folgende handbeschickte Scheitholzfeuerungen vorgesehen sind:

- ▶ Speicherfeuerstätten gemäß **DIN EN 15250** bzw. **DIN EN 16510-2-5** bis 260 MJ Speicherkapazität (z.B. 6 kW x 12 h)
- ▶ Grundöfen gemäß ZVSHK TROL bis 260 MJ Speicherkapazität (z.B. 6 kW x 12 h)
- ▶ andere Feuerungen bis 20 kW Nennwärmleistung:
- ▶ Freistehende Einzelraumfeuerungsanlagen mit geschlossener Feuerraumtür nach **DIN EN 13240** bzw. **DIN EN 16510-2-1** (Kaminöfen)
- ▶ Kamineinsätze gemäß **DIN EN 13229** bzw. **DIN EN 16510-2-2**
- ▶ Holzherde gemäß **DIN EN 12815** bzw. **DIN EN 16510-2-3**

Die Zeichenerteilung für die Abscheider erfolgt für alle genannten Feuerstätten außer für Kaminöfen, die nach dem 31. Dezember 2021 installiert wurden, da für diese Kaminöfen das Umweltzeichen DE-UZ 212 existiert<sup>3</sup>.

Zum Erreichen der geforderten Abscheideleistung ist auch eine Baugruppe bestehend aus dem Staubabscheider und anderen emissionsmindernden Komponenten (z. B. Katalysator) zulässig.

Die Feuerungen müssen entsprechend der Bedienungsanleitung des Herstellers für naturbelassenes stückiges Holz (Scheitholz) einschließlich anhaftender Rinde, Holzpresslinge (~~B~~Holzbriketts), oder für mehrere dieser Brennstoffe zugelassen sein. Für den Einbau der Staubabscheider ist der Betrieb mit Kohle vom Abscheiderhersteller auszuschließen.

Fußnote 3: Geräte mit dem Kaminöfen die die Anforderungen des Umweltzeichen DE-UZ 212 erfüllen, über die Staubminderung hinausgehende Anforderungen, so dass die Nachrüstung eines neuen Kaminofens mit einem Staubabscheider nicht als gleichwertig gesehen wird, wie ein neuer Kaminofen, der mit einem Staubabscheider nachgerüstet wurde, der die Anforderungen der DE-UZ 222212 einhält.

## 3.3 Anforderungen an die Staubminderung

### 3.3.1 Messmethode

#### 3.3.1.1 Einführung

Es bestand Einigkeit unter den Stakeholdern, dass die Messung der Leistung der Abscheider auf der DIN SPEC 33999 (2014) basieren soll, da diese auch für die Bauart-Zulassung verwendet werden kann und somit die gleiche Methode mit einem geringen Zusatzaufwand bei der Prüfung verwendbar ist, um die Anforderungen des Blauen Engels zu überprüfen.

#### 3.3.1.2 Diskussion

Forschungsnehmer und Umweltbundesamt schlugen vor, dass die Anforderungen der DIN SPEC 33999 (2014) um weitere Anforderungen ergänzt werden sollten, weil eine Auswahl der gültigen Abbrände zum Abgleich mit den Anforderungen nicht als sachgerecht für die Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel angesehen wurde. Zudem wurde die Methode VDI 2066 Blatt

1 (2021) zur Bestimmung von Gesamtstaub vorgeschlagen. Zusätzlich wurden veränderte Vorgaben für die Staubbeladung während der Prüfung vorgeschlagen (s. u.).

Der Umweltverband forderte, dass entsprechend den Anforderungen an den Blauen Engel für Kaminöfen mit Holz DE-UZ 212 (RAL 2020) zusätzlich zu den Anforderungen der DIN SPEC 33999 (2014) auch Messungen während der Anzündphase erfolgen sollten, um die realen Abscheidegrade abzubilden. Umweltbundesamt und Forschungsnehmer folgten der Argumentation, während die übrigen Stakeholder hervorhoben, dass die Minderungsanforderungen dann schwerer einzuhalten sind, weil die Abscheider erst bei Erreichen einer Mindesttemperatur wirksam werden (s. u.). Diese Mindesttemperatur zum Einschalten der Abscheider haben die Hersteller nach den eigenen Spezifikationen definiert.

Umweltbundesamt und Forschungsnehmer stimmten zu, dass die Anzündphase zu besonders hohen Emissionen führt und daher bei der Prüfung der Wirksamkeit des Abscheiders einbezogen werden sollte. Als „Kaltstartphase“ wurde definiert, dass diese aus dem Anzünden und zwei Abbränden besteht.

Hinsichtlich der Gewichtung der Messung während der Anzündphase wurde nach längerer Diskussion festgelegt, dass die Ergebnisse der Gesamtstaubabscheidung in der Nennlastphase gegenüber der Gesamtstaubabscheidung in der Anzündphase im Ergebnis mit (1/3) gewichtet werden müssen. Dies erfolgte vor dem Hintergrund, dass ungefähr 30 % der Staubemissionen innerhalb der Anzündphase gebildet werden (Tebert et al. 2020) und es das Ziel des Umweltzeichens ist, eine hohe Minderungswirkung der Staubabscheider über den gesamten Abbrand sicherzustellen.

### **3.3.2 Staubbeladung während der Messung**

#### **3.3.2.1 Einführung**

Die Erstellung der Vergabekriterien dient dem Ziel, qualitativ hochwertige Staubabscheider an bestehenden Scheitholzfeuerungen nachzurüsten und dadurch insbesondere geringe Feinstaubemission der Öfen zu erreichen. Bestehende Scheitholzfeuerungen weisen hohe Emissionswerte für Staub auf, die mehrere hundert Milligramm pro Kubikmeter erreichen können (Ellner-Schuberth et al. 2010; Wüest et al. 2020). Siehe dazu auch das Kapitel 3.4.2 („Einbauvoraussetzungen“). Daher sollte die Prüfung des Staubabscheiders unter möglichst realitätsnahen Bedingungen und demnach bei einem relativ hohen Staubgehalt erfolgen.

#### **3.3.2.2 Diskussion**

Es bestand Konsens unter den Stakeholdern, dass die Prüfung des Staubabscheiders unter möglichst realitätsnahen Bedingungen erfolgen muss. Es bestand auch Konsens darüber, dass die realen Verhältnisse durch unterschiedliche Längen, Durchmesser und Beschaffenheiten von Abgasleitungen sowie durch die Entfernung des Abscheiders zur Scheitholzfeuerung stark beeinflusst werden und keinesfalls repräsentativ, sondern nur exemplarisch durch Prüfstandsmessungen abgebildet werden können.

Die Stakeholder waren sich darüber einig, dass die Prüfung der Leistung des Staubabscheiders bei einem möglichst konstant hoch, mit Staub beladenen Abgas durchgeführt werden muss.

Forschungsnehmer und Umweltbundesamt schlugen vor, dass zur Simulation eines Ofens mit hoher Staubbelastung bei der Abscheiderprüfung eine mittlere Rohgasstaubkonzentration von 100 - 200 mg/m<sup>3</sup> i.N. (bei 13 % O<sub>2</sub>) vorzusehen. Die Spannbreite, die in der DIN SPEC (2014) mit 150 - 300 mg/m<sup>3</sup> i.N. (bei 13 % O<sub>2</sub>) vorgegeben ist, wurde von den Forschungsnehmern als zu

hoch angesehen (vgl. Tabelle 12). Eine Staubbelastung zwischen 100 und 200 mg/m<sup>3</sup> entspricht auch der DiBT-Prüfungsvorgabe für Staubabscheider.

Die beteiligten Prüfinstitute gaben zu bedenken, dass es nicht einfach ist, diesen Bereich mit einer Holzfeuerung über einen längeren Zeitraum konstant zu erreichen. Es gab jedoch keine alternativen Vorschläge, um eine emissionsreiche bestehende Scheitholzfeuerung anders zu simulieren.

Bei der Anhörung im Jahr 2023 wurde angemerkt, dass nicht eindeutig beschrieben sei, ob der Bereich der Rohstaubkonzentration über alle Abbrände gemittelt einzuhalten ist. Daher wurde präzisiert, dass der Wertebereich über alle Abbrände im Mittel erreicht werden muss.

### **3.3.3 Gesamtstaub-Abscheidegrad**

#### **3.3.3.1 Einführung**

Die Festsetzung einer Anforderung an den Mindest-Abscheidegrad für Gesamtstaub erfolgte vor dem Hintergrund, dass die Agglomeration von Partikeln in elektrostatischen Abscheidern dazu führt, dass sich in unregelmäßigen Abständen im Abscheider größere Partikel ablösen, die als „Flocken“ über die Abgasleitung ausgetragen werden. Die ausgeworfenen Flocken zählen nicht zu den prioritär zu mindernden gesundheitsschädlichen Feinstäuben. Sie sollten bei der Leistungsbewertung des Abscheiders jedoch mitberücksichtigt werden, weil sie zu einer Umweltbelastung und Belästigung im Nahbereich eines Staubabscheidens führen.

Darüber hinaus kommt es nur bei einer Verringerung der gravimetrisch erfassten Gesamtkonzentration (z.B. Gesamtstaub) zu einer tatsächlichen Verringerung („Abscheidung“) der Gesamtkonzentration im Gegensatz zu einer scheinbaren Verringerung bei Teilmengen die durch Anhaftungs- oder Agglomerationsvorgänge hervorgerufen wird. Ziel von Forschungsnahmern und Umweltbundesamt war es daher, den Flockenauswurf als auch die Staubemissionen von Staubabscheidern, die mit dem Blauen Engel zertifiziert werden, durch die Anforderungen so weit wie möglich zu begrenzen.

#### **3.3.3.2 Diskussion**

Es bestand Konsens unter den Stakeholdern, dass die Ermittlung des Abscheidegrades durch eine Messung vor und nach dem Abscheider durchgeführt werden soll.

Konsens bestand auch darin, dass der Abscheidegrad für Gesamtstaub im Wesentlichen durch die Abscheidung von deutlich größeren Partikeln als PM<sub>10</sub> beeinflusst wird und insbesondere die unregelmäßig im Abscheider abgelösten agglomerierten Partikel („Flocken“) mit erfasst.

Die Einhaltung eines Abscheidegrades von 75 % für den Gesamtstaub-Massegehalt unter Nennlast ist möglich, wie Messungen an marktüblichen Abscheidern gezeigt haben (vgl. Tabelle 10). Die Prüfung für den Blauen Engel soll jedoch auch Emissionen der Anzündphase bewerten.

Die Hersteller der Staubabscheider gaben zu bedenken, dass aufgrund der Unregelmäßigkeit des Auswurfs eine Reproduzierbarkeit der Messung bei Einbeziehung der Anzündphase schwierig wird. Die Forschungsnahmern gaben den Herstellern Recht, dass derzeit möglicherweise kein Abscheider einen reproduzierbaren Nachweis der Einhaltung der Anforderungen erreichen könne. Sie baten die Hersteller um Fokussierung der Forschung und Entwicklung auf das Flockenauswurf-Problem. Anderenfalls sahen sie ebenso wie das Umweltbundesamt die Gefahr, dass mit dem Blauen Engel gekennzeichnete Geräte zu einer Rufschädigung des Umweltzeichens beitragen könnten.

Die Hersteller nannten als Möglichkeiten zur Verminderung des Flockenauswurfs die Ergänzung der Filter um einen Zyklonabscheider oder einen „Flockenhut“ (auf dem Dach). Im Jahr 2021 erfolgten bereits Entwicklungen in diese Richtung, allerdings gaben die Hersteller an, dass die Marktreife einer kosteneffizienten Technik noch 2 - 3 Jahre in Anspruch nehmen werde. Im Jahr 2021 wurde der Markt für Staubabscheider von den Herstellern also zu klein angesehen, als dass sich hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung amortisieren könnten.

Aufgrund der Schwierigkeit einer Reproduzierbarkeit der Messung aufgrund des Flockenauswurfs warnten die Hersteller vor der Festsetzung eines hohen Wertes als Mindestabscheidegrad für Gesamtstaub. Während im Blauen Engel für Kaminöfen aus Holz DE-UZ 212 bei einer Kombination des Ofens mit einem Staubabscheider ein Mindestabscheidegrad von 75 % vom Staubabscheider erreicht werden muss, erfolgte für Abscheider, die einen Blauen Engel zur Nachrüstung an bestehenden Scheitholzfeuerungen erhalten möchten, nach längerer Diskussion die Festsetzung auf 65 % Mindestabscheidegrad.

Der Wert wurde vor dem Hintergrund herabgesetzt, dass ein Staubabscheider bei der Nachrüstung an bestehenden Holzfeuerungen mit deutlich höheren Staubemissionen zurechtkommen muss als bei einer neuen Scheitholzfeuerung. Bei der Revision des Umweltzeichens soll geprüft werden, ob durch neue Entwicklungen bei den Staubabscheidern ein höherer Mindestabscheidegrad für Gesamtstaub erreichbar ist und als Anforderung festgelegt werden kann. Sowohl zum Zeitpunkt der Kriteriendiskussion im Jahr 2021 als auch im Jahr 2023 sahen die Hersteller einen Wert von 65 % bei einer hohen Staubbelastung als sehr ambitioniert an. Umsetzbare Lösungsansätze um den Flockenauswurf nachhaltig zu begrenzen sind bei den Herstellern immer noch in der Entwicklung, auch wenn einige Hersteller bekunden hier bereits marktfähige Lösungen gefunden zu haben.

Forschungsinstitute und Hersteller gaben zu bedenken, dass die elektrostatischen Staubabscheider, die auf dem Markt sind, eine Mindestabgastemperatur benötigen, die ihren Einschaltzeitpunkt bestimmt. Zudem gaben die Hersteller an, dass bei einem frühen Einschalten des Abscheiders bei zu hoher Staubbelastung die Gefahr von Überschlägen im elektrostatischen Staubabscheider besteht. Bei Überschlägen setzt die Wirkung des Abscheiders aus. Zudem können die Überschläge (Knistern des Abscheiders) mit einer akustischen Belästigung der Nutzenden verbunden sein.

Die Forschungsnehmer argumentierten damit, dass die Anzündphase (definiert als Zeit bis zum Erreichen der Nennlast) deutlich länger dauert als die ersten Minuten des Aufheizens der Abgase. Der Abscheider soll möglichst früh in der Anzündphase in der Lage sein, die Emissionen zu mindern, sonst wird – angesichts der besonders hohen Emissionen während der Anzündphase – das prioritäre Ziel der Feinstaubminderung an der Feuerung nur ungenügend erreicht.

### **3.3.4 PM<sub>10</sub>-Abscheidegrad**

#### **3.3.4.1 Einführung**

Da die Partikelanzahlmessung im Jahr 2021 noch nicht validiert war, war es erforderlich, alternative Anforderungen zu formulieren, um eine Feinstaubminderung durch den Abscheider näherungsweise nachzuweisen.

#### **3.3.4.2 Diskussion**

Die PM<sub>10</sub>-Messung wurde von den Stakeholdern im Jahr 2021 gefordert, weil eine Validierung der Partikelanzahlmessung noch nicht erfolgt war. Mit der VDI 2066 Blatt 5 (1994) stand ein

genormtes Messverfahren zur Verfügung, dessen Anwendung im Konsens festgelegt wurde. Die Einführung der Messung diente der Bestimmung des lungengängigen Feinstaubes  $< 10 \mu\text{m}$ , zusätzlich zur Messung des Gesamtstaubes, in dem das Gewicht des Grobstaubes  $> 10 \mu\text{m}$  dominieren kann.

Angestrebte wurde im Jahr 2021, in möglichst kurzer Zeit die  $\text{PM}_{10}$ -Anforderung durch eine Anforderung an die Partikelanzahl zu ersetzen, weil im Sinne des Gesundheitsschutzes die Anzahl der lungengängigen Partikel von größerer Bedeutung ist als die Masse.

Nach längerer Diskussion wurde im Jahr 2021 der  $\text{PM}_{10}$ -Mindestabscheidegrad entgegen dem ursprünglichen Vorschlag von Forschungsnehmern und Umweltbundesamt von 90 % auf 80 % herabgesetzt, um den Herstellern entgegenzukommen. Die Hersteller hielten auch den Wert von 80 % noch für sehr ambitioniert. Dass der Wert für bestehende Holzfeuerungen ambitioniert ist, zeigen Forschungsergebnisse (vgl. Wuest et al. 2020). Das Bundesumweltministerium plädierte dafür, künftig möglichst einen höheren Wert festzulegen. Eine entsprechende Zielstellung von 90 % Gesamtabscheidegrad wurde im Ausblick auf Überarbeitungen aufgenommen (Kapitel 3.7).

Im Jahr 2023 wurden verbindliche Grenzwerte zur Minderung der Partikelanzahl aufgenommen (siehe nachfolgendes Kapitel). Gleichzeitig wurde die Vorgabe einer Messung und Begrenzung der  $\text{PM}_{10}$ -Emissionen gestrichen. Damit war u.a. eine Vertreterin der Stadt Berlin nicht einverstanden. Aus ihrer Sicht hat die nachweisliche Minderung von  $\text{PM}_{10}$  direkte Auswirkungen auf die Erreichung von festgelegten Luftqualitätsgrenzwerten ( $\text{PM}_{10}$ -Grenzwert 39. BImSchV). Darüber hinaus plädierte sie für die Einführung einer nachweislichen  $\text{PM}_{2,5}$ -Minderung, um auch diesbezüglich die gesetzlichen Ziele zur Luftqualität zu unterstützen.

Da die Einführung eines  $\text{PM}_{2,5}$ -Abscheidegrades weit über eine redaktionelle Anpassung hinausgehen würde, wurde der Vorschlag vom UBA abgelehnt. Die Hersteller lehnten den Vorschlag einer zusätzlichen Messvorschrift aufgrund der höheren Prüfkosten ab.

### **3.3.5 Partikelanzahl-Minderung und -Grenzwert**

#### **3.3.5.1 Einführung**

Die wesentliche Anforderung an einen mit dem Blauen Engel zertifizierten Staubabscheider ist die Minderung von Ultrafeinstaub. Dieser kann über die Messung der Partikelanzahl bestimmt werden. Die Messung erfolgt mit Geräten, die sich bei der Messung von Feinstäuben aus Kraftfahrzeugen bewährt haben.

Die Partikelanzahlkonzentration im Abgas von Einzelraumfeuerungsanlagen ist so hoch, dass das Abgas um das 500- bis 1.000-fache verdünnt werden, um im Anzahlmessbereich der Partikelzähler zu liegen. Der Einfluss der Verdünnung auf die Partikelmessung ist bisher Gegenstand der Forschung.

Darüber hinaus sind weitere Einflussgrößen Gegenstand der Forschung: die Probenahme (beispielsweise die nicht-isokinetische Abgasprobenentnahme), die Temperatur der Verdünnungsluft, die Abgasfeuchte, die konstruktive Ausführung der Verdünnungsstrecke sowie der Einfluss von eingesetzten Staubabscheidern.

#### **3.3.5.2 Diskussion**

Analog zur Messung im Kfz-Bereich bestand Einigkeit darin, dass kondensierbare Partikel messtechnisch nicht zu erfassen sind, da sie sich erst bei der Kühlung während der Probenahme

bilden. Dafür ist in der Messvorschrift der Einsatz eines Thermodenuders<sup>5</sup> oder eines Catalytic Strippers<sup>6</sup> vorgeschrieben, so dass in der Probe ausschließlich feste Partikel verbleiben.

Während die Minderungsrate von 90 % in der Diskussion 2021 das Einverständnis der Stakeholder fand, gab es hierzu im Jahr 2023 eine intensive Diskussion, die nicht zu einer Lösung führte. Es wurde angemerkt, dass das Messergebnis zum Abscheidegrad eines Staubabscheider durch zeitweiliges Abschalten des Abscheidens stark beeinflusst wird. Der Vertreter eines Forschungsinstituts (TFZ) wies darauf hin, dass nicht definiert ist, wie mit dem zeitweiligen Abschalten im Prüfablauf umzugehen ist. Die Prüfinstitute haben darauf hingewiesen (IBP), dass eine Prüfnorm keinen Interpretationsspielraum lassen dürfe, sondern klare Vorgaben benötige. Vor allem die hohen Partikelanzahlkonzentrationen in der Anzündphase, wenn der Abscheider noch nicht eingeschaltet ist, die Messung aber bereits erfolgt, kann zu relevanten Differenzen im Ergebnis führen. Eine Lösung hierfür konnte nicht gefunden werden.

Bei der Diskussion im Jahr 2023 lagen aus der Validierung Messergebnisse vor, die die Erreichbarkeit von 90 % Minderung durch den verwendeten Abscheider durchweg bestätigten und (ohne Berücksichtigung von Geräten mit auffälligen Ausreißern) korrelierende Messwerte von weniger als 1,0 Millionen Partikeln pro Kubikmeter anzeigen (Cordes et al. 2023). Die vor der Validierung durchgeföhrten Partikelanzahl-Messungen an Kaminöfen gemäß DE-UZ 212 ergaben bei der Verwendung von Abscheidern Partikelanzahl-Werte unter 4 Millionen pro Kubikzentimeter (RAL 2023). Da in der Diskussion im Jahr 2021 von den Stakeholdern eine Minderungsrate von mindestens 90 % bereits im Konsens als sehr gut angesehen wurde, schlugen Umweltbundesamt und Forschungsnehmer der Jury Umweltzeichen im Jahr 2023 vor, den Wert beizubehalten.

Meinungsverschiedenheiten gab es über den alternativ zum Abscheidegrad zu erreichenden absoluten Partikelanzahlwert. Vertreter der Ofenhersteller (HKI) sahen in der Diskussion im Jahr 2021 einen Partikelanzahlgrenzwert von 5 Mio. bei unbekannter Ausgangskonzentration als ein nicht geeignetes Kriterium für einen Abscheider an. Der Berater des Umweltverbandes forderte im Jahr 2021 und im Jahr 2023, den absoluten Grenzwert auf 1,0 oder zumindest 1,5 Millionen Partikel festzulegen, da diese Werte bei Partikelanzahlmessungen, die von ihm durchgeführt wurden, nach gut funktionierenden Abscheidern regelmäßig unterschritten wurden. Auch ein Forschungsinstitut forderte die Festlegung eines Partikelanzahlwertes unterhalb von 5 Mio. pro Kubikzentimeter, da andernfalls die Wirksamkeit des Staubabscheidens nicht beurteilt werden könne.

Das Umweltbundesamt stellte fest, dass die Messergebnisse von Abscheidern, die der Zeichenvergabestelle RAL aus Antragsunterlagen zum Blauen Engel für Kaminöfen DE-UZ 212 vorlagen, 3 Millionen Partikel unterschritten. Daher entschied das Umweltbundesamt mit dem Forschungsnehmer, diesen Wert der Jury als Grenzwert vorzuschlagen.

Die Anforderung des PM<sub>10</sub>-bezogenen Abscheidegrades wurde im Jahr 2023 gestrichen und die Reduzierung der Partikelanzahl als „Minderung“ statt als „Abscheidung“ sprachlich verbessert. Bei Partikeln kommt es durch Anhaftungs- und Agglomerationsvorgänge zu einer Minderung der Partikelanzahl, die aber nicht aufgrund einer tatsächlichen Verringerung („Minderung“) erfolgt, sondern auch aufgrund einer Vereinigung der Partikel. Nur bei einer Verringerung der

---

<sup>5</sup> In einem Thermodenuder wird die Probe erwärmt. Dadurch verdampfen flüchtige Partikel und diffundieren in die Aktivkohle eines Adsorber.

<sup>6</sup> Ein Catalytic Stripper oxidiert flüchtige organische Verbindungen mit Hilfe eines Katalysators.

gravimetrisch erfassten Gesamtkonzentration (z.B. Gesamtstaub) ist der Begriff „Abscheidung“ terminologisch korrekt.

Im Nachweis wurde ergänzt, dass die Prüfstelle für die Messung der Partikelanzahl sowie die Bewertung eines Abscheiders nach DIN SPEC 33999 nicht akkreditiert sein muss, da für diese Prüfnorm bisher keine Akkreditierung für Einzelraumfeuerungen möglich ist. Es wird klargestellt, dass die Regelungen der DIN EN ISO/IEC 17025 jedoch einzuhalten sind und dass dies auch die bedarfsgerechte und regelmäßige Kalibrierung der Messgeräte und die Teilnahme der Prüfstellen an Ringversuchen beinhaltet.

### 3.3.6 Ergebnis

Die Änderungen im Jahr 2023 gegenüber den Festlegungen im Jahr 2021 sind fett und unterstrichen markiert bzw. durch Streichungen gekennzeichnet.

#### Anforderungen an den Staubabscheider

Für den Staubabscheider sind die Mindestabscheidegrade nach Tabelle 1 [hier: Tabelle 2] nachzuweisen. Dabei müssen bei mehreren Einstellmöglichkeiten des Abscheiders (z.B. Spannungen bei elektrischem Abscheider) die ungünstigsten Bedingungen geprüft werden.

**Der PM<sub>10</sub>-bezogene Mindestabscheidegrad gilt als eingehalten, wenn der gemessene gesamtstaubbezogene Abscheidegrad mindestens den für PM<sub>10</sub> geforderten Wert erreicht.**

**Staubabscheider müssen nachweisen, dass sie die Emissionen auch beim Kaltstart der Feuerung (während der Anzündphase) vermindern. Daher wird die Anzündphase einschließlich der Kaltstartphase prüftechnisch miterfasst und bewertet.**

Die Bestimmung der Abscheidegrade des Staubabscheiders erfolgt gemäß DIN SPEC 33999 (2014) mit folgenden zusätzlichen Vorgaben:

- ▶ Die bewerteten Abbrände müssen zeitlich direkt hintereinanderliegen. Ein Nichtbewerten von zwischenliegenden Abbränden ist nicht gestattet, es sei denn, die vorgegebene Rohgasstaubkonzentration wurde nicht eingehalten.
- ▶ Für den gesamtstaubbezogenen Abscheidegrad ist das Staubmessverfahren VDI 2066-1 zu verwenden<sup>4</sup>.
- ▶ Für den PM<sub>10</sub>-bezogenen Abscheidegrad ist das Staubmessverfahren VDI 2066-5 zu verwenden.
- ▶ Für den Nachweis der Kriterien des Blauen Engels für Staubabscheider ist mit einer mittleren Rohgasstaubkonzentration, gemittelt über alle Abbrände, von 100 – 200 mg/m<sup>3</sup> i.N. (bei 13 % O<sub>2</sub>) zu messen.
- ▶ Der Blindabscheidegrad der Messstrecken muss nicht bestimmt und/oder abgezogen werden.
- ▶ Zur Bestimmung des Gesamtstaub-bezogenen Abscheidegrades ist der Staubmasse-Abscheidegrad zusätzlich im Kaltstartbetrieb ( $X_{KS}$ ) zu messen, der die ersten beiden Abbrände beinhaltet, und in die Bewertung durch Gewichtung einzubeziehen. Die Gewichtung beträgt 1/3 für den zusätzlich bestimmen Kaltstart-Staubmasseabscheidegrades ( $X_{KS}$ ) und 2/3 für den Nennlast-Staubmasse- abscheidegrad gemäß DIN SPEC 33999 ( $X_{NL}$ ). Der Gesamtstaub-bezogene Abscheidegrad  $X_{ges}$  ist damit folgendermaßen rechnerisch zu bestimmen:

$$X_{ges} = (X_{KS} + 2 \times X_{NL}) / 3$$

Zur Ermittlung des Staubmasse-Abscheidegrades im Kaltstartbetrieb ( $X_{KS}$ ) ist der Abscheiderprüfstand mit Prüfffeuerstätte nach DIN SPEC 33999 (2014) zu verwenden und zur Abscheidegradermittlung in der Anzündphase eine Gesamtstaubmessung nach VDI 2066-1 vor und nach dem Abscheider durchzuführen. Die Anzündphase umfasst den Kaltstart und die erste Holzauflage (Anzünden und einmal Nennlastbetrieb von mindestens 45 Minuten Dauer). Vorgaben zur Rohgasabgaszusammensetzung (insbesondere Staubkonzentration) sind bei der Messung der Anzündphase nicht einzuhalten. Der Zug am Abgasstutzen der Prüfffeuerstätte muss während des gesamten Anzündens auf konstant 12 Pa (Toleranz +/- 2 Pa) eingeregelt werden. Der Abgasmassestrom, der bei der Messung durch den Abscheider gelenkt wird, muss drei Minuten nach Entzündung der Holzauflage im Kaltstart den Abgasmassestrom erreichen, für den der Abscheider bei Nennlastbetrieb ausgelegt ist.

- ▶ Die Gesamtstaubmessung in der Anzündphase startet unmittelbar nach dem Zünden des Brennstoffs und endet bei Erreichen des Nachlegezeitpunktes des zweiten Abbrandes (nach dem letzten Abbrand der Anzündphase)

Bei der Messung der Partikelanzahl ist es alternativ zur zeitgleichen Messung vor und nach dem Abscheider zulässig, getrennt in abgeschaltetem und eingeschaltetem Zustand des Abscheiders zu messen. Dies erfordert jedoch zwei separate Prüfzyklen, die vollständig messtechnisch zu erfassen und zu dokumentieren sind.

Alternativ zum Abscheidegrad gelten die Anforderungen als eingehalten, für die Partikelanzahlauscheidung als eingehalten, wenn beim oben genannten Messaufbau nach dem Abscheider eine Partikelanzahl von  $35 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$  im Mittel über den gesamten Messzeitraum unterschritten wird.<sup>5</sup> Dabei muss der Rohgasstaubmassegehalt bei Nennlast die oben genannte Spannbreite einhalten.

**Fußnote 4:** Oder ein gleichwertiges Staubmessverfahren. Der Nachweis über die Gleichwertigkeit und Rückführbarkeit auf das Standardreferenz-Staubmessverfahren nach DIN EN-13284-1 ist nachzuweisen. Die Gleichwertigkeit ist gemäß DIN EN 14793-5 nachzuweisen.  
**Fußnote 5:** Dieser Wert wird als Grenzwert im Blauen Engel für Kaminöfen für Holz voraussichtlich ab 1.1.2024 gültig

Tabelle 3: **Partikelanforderungen – Mindestabscheidegrade Staubabscheidegrade**

Emissionspartikel	Mindestabscheidegrad (%)
Gesamtstaub-bezogener Abscheidegrad	65 %
<b>PM<sub>10</sub>-bezogener Abscheidegrad</b>	<b>80 %</b>
Partikelanzahl-bezogener Abscheidegrad <u>Minderung</u>	90 %

Anmerkung: Aufgrund der Problematik der Flockenbildung und der damit einhergehenden messtechnischen Herausforderungen wird zusätzlich zum Partikelanzahl-PM<sub>10</sub>-bezogenen Abscheidegrad ein gesamtstaubbezogener Abscheidegrad gefordert. Letzterer soll vorrangig sicherstellen, dass der abgeschiedene Staub überwiegend zurückgehalten wird und nicht als Flocken in die Umwelt gelangt. Ein höherer Gesamtstaub-bezogener Abscheidegrad wird bei künftiger Überarbeitung der Vergabekriterien angestrebt.

### **Nachweis:**

Der Antragsteller legt zum Nachweis der Anforderungen gemäß Nr. 3.1 ein Prüfgutachten vor, in dem die Einhaltung der Anforderungen dokumentiert wird.

~~Bis zum 31.12.2023 sind der Mindestabscheidegrad der Partikelanzahl und der alternativ anwendbare Messwert im Reingas anzugeben; die Grenzwerte für die Partikelanzahl müssen ab 1.1.2024 eingehalten werden. Ab dem Zeitpunkt der Gültigkeit des Partikelanzahl-Grenzwertes entfällt der Nachweis zur Einhaltung des PM<sub>10</sub>-bezogenen Abscheidegrades.~~

Das Prüfgutachten beinhaltet eine Fotodokumentation der Prüfung und eine Dokumentation der Bedienungsanleitung/Kurzbedienungsanleitung, nach der die Prüfung vorgenommen wurde.

Das Prüfgutachten ist von einem Prüflabor zu erstellen, das für Prüfungen von Kaminöfen nach DIN EN 13240 bzw. DIN EN 16510-1 nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert und nach EU BauPredVO 305/2011 (CPR) notifiziert ist.

Der Antragsteller veröffentlicht das vollständige Prüfgutachten auf seiner Internetseite, benennt in Anlage 1 diese Internetadresse und erklärt, dass die Prüfung mit einer Bedienungsanleitung/Kurzbedienungsanleitung durchgeführt wurde, die individuell für den Staubabscheider erstellt wurde und identisch ist mit der beim Verkauf beigefügten Bedienungsanleitung.

Die Prüfstelle muss eine Erklärung gemäß Anlage 2 abgeben, dass sie nicht an der Entwicklung und Optimierung des Abscheiders beteiligt war.

Für die Messung der Partikelanzahl sowie die Bewertung eines Abscheiders nach DIN SPEC 33999 muss die Prüfstelle nicht akkreditiert sein, da für diese Prüfnorm bisher keine Akkreditierung für Einzelraumfeuerungen möglich ist. Die Regelungen der DIN EN ISO/IEC 17025 sind jedoch einzuhalten. Dies beinhaltet auch die bedarfsgerechte und regelmäßige Kalibrierung der Messgeräte und die Teilnahme der Prüfstellen an Ringversuchen.

Alle gemessenen Primärdaten bei den Emissionsprüfungen sind für mindestens 10 Jahre auf einem Datenträger durch den Zeichennehmer zu speichern und auf Verlangen entsprechender Stellen (BMUV, UBA, RAL) vollständig auszuhändigen. Der Antragsteller erklärt in Anlage 1, dass die primären Messdaten entsprechend auf einem Datenträger gesichert wurden und für Nachprüfungen zur Verfügung gestellt werden können.

## **3.4 Konstruktive Vorgaben**

### **3.4.1 Bauaufsichtliche Zulassung**

#### **3.4.1.1 Einführung**

Staubabscheider müssen über eine bauaufsichtliche Zulassung verfügen. Dabei muss der Hersteller angeben, für welche Art der Feuerstätte der Abscheider zugelassen ist.

#### **3.4.1.2 Diskussion**

Über die vorgeschlagene Anforderung wurde im Konsens entschieden.

#### **3.4.1.3 Ergebnis**

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

### Bauaufsichtliche Zulassung

Der Staubabscheider oder die Staubabscheider-Baugruppe muss mindestens für das vorgesehene Einsatzgebiet über einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis verfügen. Der Abscheiderhersteller muss in der technischen Beschreibung des Gerätes angeben, für welche Art der Feuerstätte der Abscheider zugelassen ist.

#### **Nachweis:**

*Der Antragsteller weist die Einhaltung der Anforderungen nach, indem er den bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis (Anlage 3) übermittelt und die Stelle in der technischen Beschreibung nachweist, die das Einsatzgebiet des Abscheiders angibt.*

## 3.4.2 Einbauvoraussetzungen

### 3.4.2.1 Einführung

Bei hohen Staubkonzentrationen und hohen Konzentrationen an unverbrannten Stoffen entsteht eine starke Belastung des Staubabscheiders, die mit der Zeit zu einer Deaktivierung des Abscheiders führen kann. Daher wurde von den Forschungsnehmern die Einführung von Anforderungen an die Einbauvoraussetzungen vorgeschlagen. Beim Einbau des Staubfilters soll überprüft werden, ob die bestehende Scheitholzfeuerung bereits relativ emissionsarm ist. Dies verhindert, dass emissionsreiche Öfen mit einem Abscheider ausgerüstet werden, obwohl in diesem Fall ein Ofenaustausch die für die Umwelt bessere Alternative wäre. Der Vorschlag beinhaltet, dass entweder durch eine Typprüfung für die Feuerung eine maximale Gesamtstaubemission von 0,075 g/m<sup>3</sup> nachgewiesen ist oder durch individuelle Prüfung am Einbauort der Nachweis einer maximalen Gesamtstaubemission von 0,15 g/m<sup>3</sup> und 2,5 g/m<sup>3</sup> Kohlenmonoxid erfolgt ist. Zudem beinhaltet der Vorschlag, dass die Messungen nicht älter als drei Jahre sein dürfen. Das Umweltministerium hat den Vorschlag unterstützt.

### 3.4.2.2 Diskussion

Von Herstellerseite wurde angemerkt, dass der Einbau und die Prüfung der Einhaltung der Einbauvoraussetzungen häufig nicht in der Hand des Herstellers der Abscheider liegen, sondern bei Dritten. Es wurde angemerkt, dass die Einbauvoraussetzungen weitestgehend dem § 26 der 1. BImSchV entsprechen müssen und der Staubabscheider somit für einen rechtmäßigen Weiterbetrieb von Einzelfeuerungsanlagen notwendig ist.

Ein Hersteller merkte an, dass es durch die Forderung nach zusätzlichen Messungen zu höheren Kosten auf Kundenseite komme und dieses Geld nicht für höhere Kosten einer verbesserten Abscheidertechnik zur Verfügung stehe. Die Hersteller merkten auch an, dass bei der Aufnahme einer Pflicht zur Vorab-Messung die Einhaltung der Einbauvoraussetzungen nicht bekannt sei. Dies widerspreche dem Kundenwunsch und den Zielen der Emissionsminderung.

Von Seiten des Umweltverbandes gab es die Befürchtung, dass es nicht zum Austausch besonders emissionsreicher Öfen kommt, wenn diese einen Abscheider mit Blauem Engel nachrüsten können. Dies ist durch die Anwendung von nicht mit dem Blauen Engel zertifizierten Abscheidern zwar jederzeit möglich. Die Nachrüstung emissionsreicher Öfen könnte jedoch durch einen vermeintlich wesentlich zum Emissionsschutz beitragenden Abscheider mit dem Blauen Engel noch gefördert werden, obwohl der Abscheider dann nicht die auf dem Prüfstand erreichten Minderungsgrade erzielt bzw. Maximalwerte für die Partikelanzahl unterschreitet.

In der Diskussion wurde erneut hervorgehoben, dass ein Prüfstand nur für eine exemplarische Einbausituation den Nachweis einer effizienten Partikelanzahlreduzierung erbringen kann, dass

die tatsächlichen Verhältnisse bei dessen Einbau aufgrund des anderen Ofens als bei der Prüfung und der unterschiedlichen Verhältnisse in der Abgasanlage stark davon abweichen können. Da aber nicht jede Einbausituation geprüft werden kann, ist eine möglichst realitätsnahe, für die Prüfinstitute realisierbare Standardisierung notwendig.

In der Diskussion in 2021 hat sich ein Forschungsinstitut (IBP) besonders für eine Vorabprüfung im Feld (Schornsteinfegermessung vor der Installation) eingesetzt, da hohe Staub- und CO-Konzentrationen negative Auswirkung auf die Lebensdauer des Staubabscheiders haben (s. o.).

### 3.4.2.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### Einbauvoraussetzungen

Der Staubabscheider muss für einen nachträglichen Einbau an bestehenden Scheitholzfeuerungen geeignet sein. Es ist eine Einbauanleitung mitzuliefern, die den Ort der Installation beschreibt. Der Abscheider darf gemäß Installationsanleitung nur an ordnungsgemäß installierten Feuerungen nachgerüstet werden. Dafür muss eine der beiden folgenden Voraussetzungen erfüllt werden:

- ▶ **Typprüfung:** Für den Typ der Scheitholzfeuerung wurde die Einhaltung von maximal 0,075 g/m<sup>3</sup> Staubemission nachgewiesen oder
- ▶ **-Individuelle Prüfung:** Für die individuelle Feuerstätte muss durch eine Messung ein Staubwert von 0,15 g/m<sup>3</sup> unterschritten werden. Gleichzeitig muss zur Sicherstellung eines besseren Ausbrandes ein Kohlenmonoxidwert von 2,5 g/m<sup>3</sup> unterschritten werden. Die Messung muss nach Anlage 4 Nummer 3 der 1. BImSchV erfolgen und darf bei Antragstellung nicht länger als 3 Jahre zurückliegen.

Die Einhaltung der Voraussetzungen muss beim Einbau des Abscheiders durch eine Schornsteinfegerin oder einen Schornsteinfeger geprüft werden.

Ist für das Erreichen der Abscheiderleistung ein vorgeschalteter Katalysator als sekundäre Emissionsminderungstechnik vorgesehen, ist zur Gewährleistung der richtigen Temperatur beim Einbau zu beachten, dass der Katalysator nicht mit einem größeren Abstand zur Feuerung verbaut werden darf, als dies bei der Prüfung nach dieser Vergabegrundlage erfolgte. Dies ist durch einen entsprechenden zeichnerischen und textlichen Hinweis in der Installationsanleitung zu gewährleisten.

#### Nachweis:

*Der Antragsteller weist die Einhaltung der Anforderungen nach, in dem er die Einbauanleitung übermittelt und in Anlage 1 zum Vertrag den vorgeschriebenen Einbauort benennt.*

### 3.4.3 Verfügbarkeit des Staubabscheiders

#### 3.4.3.1 Einführung

Der Start eines Staubabscheiders wird von den Herstellern durch verschiedene technische Lösungen realisiert. Üblich sind Temperaturfühler, weiterhin können Abscheider durch ein manuelles Einschalten in Betrieb gehen. Je nach Art der Einzelraumfeuerung muss der Abscheider mit unterschiedlich starkem Temperaturanstieg zureckkommen (schneller bei Kaminöfen, langsamer bei Speicherfeuerstätten). Ein zu spätes Einschalten des Abscheiders bewirkt höhere Emissionen in der emissionsreichen Anzündphase (vgl. Cordes et al. 2023).

Die Forschungsnehmer schlugen zunächst als Anforderung vor, dass der Abscheider innerhalb der Kaltstartphase spätestens nach drei Minuten in Betrieb geht. Zudem wurde vorgeschlagen, dass der Abscheider nach Erlöschen der Feuerung automatisch abschaltet.

Hersteller kritisierten jedoch, dass dies praxisfern sei, weil die elektrostatischen Abscheider bei feuchten Abgasen während des Kaltstarts nicht funktionierten. Die Abscheider könnten erst nach Beendigung der Kondensation bei höheren Temperaturen eingeschaltet werden. Viele elektrostatische Abscheider hätten einen sogenannten Stepper eingebaut, der die Hochspannung in der Kondensationsphase absenkt, bis keine Überschläge mehr stattfinden. Dadurch kann die Hochspannung bis auf z.B. ca. 1000 V heruntergefahren werden, so dass die Abscheiderate gegen Null absinkt. Ein sinnvoller Einschaltzeitpunkt sei schwierig anzugeben und auch abhängig von der Platzierung des Abscheidens sowie vom Gradienten des Abgastemperaturanstiegs nach dem Kaltstart. Ein Hersteller führte einen Abscheider an, der erst bei ca. 250°C Abgastemperatur eingeschaltet wird, da es vorher zu Kurzschlüssen komme. Daher wurde die Vorgabe nicht zeitlich festgelegt, sondern vorgegeben, dass ein elektrostatischer Abscheider zu Beginn der Feuerung automatisch starten und beim Erlöschen der Feuerung automatisch abschalten muss.

Die Forschungsnehmer und das Umweltbundesamt schlugen vor, den Betrieb eines Staubabscheidens während der Feuerung nachvollziehbar zu dokumentieren, damit dem Anwender - und gegebenenfalls in Zukunft auch überwachenden Stellen - die Möglichkeit gegeben wird, die Wirksamkeit während des Betriebs der Feuerstätte prüfen zu können. Die Daten sollten einfach über ein Display oder eine Mobiltelefon-Software auszulesen sein. Das Auslesen könnte auch im Rahmen der Feuerstättenschau durch den Schornsteinfeger zur Routine werden.

Derzeit verfügen bestehende Scheitholzfeuerungen meist über keinen Betriebsstundenzähler, so dass die Staubabscheider mit einem zusätzlichen Sensor verkauft werden müssen, der an der Feuerstätte installiert werden muss.

### 3.4.3.2 Diskussion

Die Hersteller betonen, dass sie verschiedene Lösungen zum Einschalten des Staubabscheidens verwenden und dass ein zu frühes Einschalten aufgrund der Überschläge und Wirkungslosigkeit nicht sinnvoll ist. Die Einschaltzeit nach maximal drei Minuten wird bei Scheitholzfeuerungen als übliche Zeitspanne angesehen. Die automatische Abschaltung der Abscheider nach Erlöschen der Flamme stellt kein Problem für die Hersteller dar und wurde nicht kontrovers diskutiert.

Das Einschaltkriterium von mindestens 50°C am Abgasstutzen wurde im Jahr 2023 im Konsens beschlossen. Eine längere Diskussion der Stakeholder erfolgte zum Abschaltkriterium, da die verschiedenen Feuerstätten nach Abbrandende große Temperaturunterschiede aufweisen. Das Kriterium wurde schließlich an lange warm bleibenden Speicheröfen orientiert und deshalb auf 150°C gesetzt.

### 3.4.3.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### Verfügbarkeit des Staubabscheidens

Bei Staubabscheidern, die für ihre Wirksamkeit eine Stromversorgung benötigen, muss eine Technik vorhanden sein, die die Funktionszeiten des Abscheidens und der Feuerstätte aufzeichnet. Die Technik muss auch die Zeit der Funktionsstörungen aufzeichnen. Damit soll den Nutzerinnen und Nutzern die Verfügbarkeit des Staubabscheidens nachvollziehbar aufgezeigt werden (z.B. auf einem Display oder in einer App).

Das Einschalten der Feuerstätte wird definiert durch eine ansteigende Temperatur und mindestens 50°C am Abgasstutzen. Das Ausschalten der Feuerstätte wird dadurch definiert, dass die Temperatur sinkt und am Abgasstutzen 150°C unterschreitet. Auf diese Funktionen ist in der Bedienungsanleitung hinzuweisen.

**Nachweis:**

*Der Antragsteller weist die Einhaltung der Anforderungen durch eine Erklärung nach (Anlage 4).*

### 3.4.4 Verhalten bei Störungen

#### 3.4.4.1 Einführung

Forschungsnehmer und Umweltbundesamt war wichtig, dass die Kriterien für Staubabscheider Anforderungen hinsichtlich der Meldung von Störungen des ordnungsgemäßen Betriebes enthalten sollten, damit die Funktionstüchtigkeit in diesen Fällen schnell wiederhergestellt wird. Deshalb schlugen sie vor, eine optische oder akustische Warnung vorzusehen, wenn dauerhafte Störungen festgestellt werden.

#### 3.4.4.2 Diskussion

In der Diskussion wurde betont, dass die Meldung von Störungen solche Betriebszustände erfassen soll, die andauern und eine Wartung erfordern. Sicherheitsabschaltungen, die bei dauerhaften Überschlägen oder vorübergehender Verschmutzung der Sonde erfolgen, sollen davon nicht erfasst werden.

Es wurde im Konsens festgelegt, dass eine akustische oder optische Warnung dauerhafte Störungen signalisieren soll. Es wurde von Herstellern angemerkt, dass die ursprünglich vorgeschlagene Auslösezeit von zwei Minuten zu kurz sei, da innerhalb dieser Zeit keine Selbstregulierung des Abscheiders stattfinden könne. Die Festlegung auf eine Auslösezeit nach spätestens 10 Minuten wurde von allen Stakeholdern als sinnvoll erachtet.

#### 3.4.4.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### Verhalten bei Störungen

Bei Störungen des ordnungsgemäßen Betriebs des Abscheiders, die andauern und eine Reparatur durch den Kundendienst benötigen, muss spätestens nach 10 Minuten eine akustische oder optische Warnung an den Aufstellungsort der Scheitholzfeuerung übertragen werden (auch elektronisch über eine App mit akustischer Signalisierung möglich).

**Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen an eine akustische oder optische Warnung in Anlage 1 zum Vertrag und beschreibt in dieser Anlage die Art der Warnung.*

### 3.4.5 Anzeige des Wartungszyklus

#### 3.4.5.1 Einführung

Ebenso wie bei Störungen war es Forschungsnehmern und Umweltbundesamt wichtig, dass Nutzende einen Hinweis zur anstehenden Wartung oder Reinigung erhalten, damit eine optimale Funktion des Abscheiders erhalten bleibt. Entsprechend wurde ein Vorschlag erstellt.

### 3.4.5.2 Diskussion

In der Diskussion wurde von den Stakeholdern hervorgehoben, dass der Wartungszyklus entsprechend der örtlichen Gegebenheiten einstellbar sein muss. Der Textvorschlag wurde im Konsens beschlossen.

### 3.4.5.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### Anzeige des Wartungszyklus

Nach einer vom Hersteller vorgegebenen Zeit muss eine akustische oder optische Warnung an den Aufstellungsort der Scheitholzfeuerung übertragen werden (auch elektronisch über eine App mit akustischer Signalisierung möglich), die auf die Notwendigkeit einer Wartung bzw. Reinigung aufmerksam macht. Der Wartungszyklus muss von der Schornsteinfegerin oder vom Schornsteinfeger nach deren Vorgaben unter Berücksichtigung der nach Anzahl der zu erwartenden Jahresbetriebsstunden einstellbar sein.

#### Nachweis:

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag.*

## 3.4.6 Reinigung

### 3.4.6.1 Einführung

Da es unterschiedliche Reinigungskonzepte der Abscheider gibt (vergleiche Kapitel A.9), schlugen die Forschungsnehmer verschiedene Reinigungsarten vor. Da es zur Bildung von gesundheitsgefährdenden Stäuben kommen kann, sollte der Hersteller Hinweise zur Minimierung der Staubfreisetzung in der Bedienungsanleitung geben. Da Holzaschen gesundheitsgefährdende Stoffe enthalten, dürfen diese nicht als Dünger im Garten ausgebracht werden. Die Forschungsnehmer schlugen deshalb einen entsprechenden Hinweis zur sachgerechten Entsorgung in der Bedienungsanleitung vor.

### 3.4.6.2 Diskussion

In der Diskussion wurde hervorgehoben, dass die Reinigung nicht nur automatisch, sondern auch manuell durch die Nutzenden und bei Schornsteinfegerbesuchen durchgeführt werden kann. Ein entsprechender Hinweis wurde daher ergänzt. Dabei wurde der offen formulierte Hinweis ergänzt, dass die manuelle Reinigung durch die Nutzerinnen und Nutzer auf eine einfache Art und Weise möglich sein muss, die keine Fachkenntnisse erfordert. Die Anforderungen an die Aufnahme von Entsorgungshinweisen wurde im Konsens festgelegt.

### 3.4.6.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 redaktionell leicht verändert.

#### Reinigung

Die Reinigung des Abscheiders muss automatisch **erfolgenpassieren**, im Rahmen der üblichen **Kehrarbeiten Schornsteinfegerbesuche erfolgen** oder für Nutzerinnen und Nutzer auf eine einfache Art und Weise möglich sein, die keine besonderen Fachkenntnisse erforderlich macht. Die Reinigung muss auf eine Art und Weise möglich sein, die eine Staubfreisetzung minimiert.

Entsprechende Hinweise zur Vermeidung von Gesundheits- und Umweltbelastungen sind in der Bedienungsanleitung zu geben (siehe Kapitel 3.10).

Der abgereinigte Staub muss gesammelt und einer geordneten Entsorgung zugeführt werden können. Entsprechende Hinweise, dass der Staub bei der Entsorgung nicht in die Umwelt gelangen darf, sind in der Bedienungsanleitung aufzuführen. Entsprechend muss ein Hinweis erfolgen, dass der Staub ordnungsgemäß entsorgt werden muss und nicht im Garten als Dünger verwendet werden darf.

#### **Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag und nennt die Stelle in der Betriebsanleitung, in der die Reinigung beschrieben wird.*

## **3.5 Anforderungen an Ressourcenschonung und Langlebigkeit**

Bezüglich der Anforderungen an Ressourcenschonung und Langlebigkeit bestand Einigkeit bei den beteiligten Stakeholdern. Nur wenige redaktionelle Anpassungen wurden erörtert.

### **3.5.1 Reparaturfähigkeit und Bereitstellung von Ersatzteilen**

#### **3.5.1.1 Einführung**

Grundsätzlich ist es dem Umweltbundesamt wichtig, dass Produkte, die mit dem Blauen Engel gekennzeichnet werden, möglichst reparaturfähig sind, um eine lange Lebenszeit der Produkte zu gewährleisten. Zur Gewährleistung einer langfristigen Reparierbarkeit muss auch die Bereitstellung von Ersatzteilen gesichert sein. Die Forschungsnehmer schlugen dazu eine zehnjährige Frist zur Bereitstellung von Ersatzteilen vor, wie sie bei den Kriterien für den Blauen Engel üblich ist.

#### **3.5.1.2 Diskussion**

Die vorgeschlagenen Anforderungen an die Reparaturfähigkeit und Bereitstellung von Ersatzteilen wurden ohne Änderungswünsche der Stakeholder festgelegt.

#### **3.5.1.3 Ergebnis**

Im Jahr 2023 erfolgte der Hinweis durch Stakeholder, dass nicht eindeutig sei, ob sich die „Produktionseinstellung“ auf Insolvenz des Herstellers oder auf eine Produktionseinstellung des Gerätetyps beziehe. Daher wurde der Satz entsprechend ergänzt.

Die Änderungen im Jahr 2023 gegenüber den Festlegungen im Jahr 2021 sind fett und unterstrichen markiert bzw. durch Streichungen gekennzeichnet.

#### **Reparaturfähigkeit und Bereitstellung von Ersatzteilen**

Der Staubabscheider ist so zu konstruieren, dass eine Reparatur durch Austausch einzelner funktionsuntüchtiger Teile möglich ist. Der Antragsteller verpflichtet sich dafür zu sorgen, dass die Ersatzteilversorgung zur Reparatur der Geräte (z.B. Hochspannungsisolatoren) für mindestens 10 Jahre ab Produktionseinstellung **des Abscheiders** sichergestellt ist.

Unter Ersatzteilen sind solche Teile zu verstehen, die typischerweise im Rahmen der üblichen Nutzung eines Produktes Defekte aufweisen können. Andere, regelmäßig die Lebensdauer des Produktes überdauernde Teile, sind nicht als Ersatzteile anzusehen.

Die Produktunterlagen müssen Informationen über die Reparierbarkeit und die Sicherstellung der Ersatzteilversorgung enthalten.

**Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag und legt die entsprechenden Seiten der Produktunterlagen vor.*

### 3.5.2 Recyclinggerechte Konstruktion

#### 3.5.2.1 Einführung

Grundsätzlich ist es dem Umweltbundesamt ebenfalls wichtig, dass Produkte, die mit dem Blauen Engel gekennzeichnet werden, möglichst recyclinggerecht konstruiert sind, um eine hohe Wiederverwertungsquote sortenreiner Materialien bei den Produkten zu gewährleisten.

#### 3.5.2.2 Diskussion

Die vorgeschlagenen Anforderungen an eine recyclinggerechte Konstruktion wurden ohne Änderungswünsche der Stakeholder festgelegt.

#### 3.5.2.3 Ergebnis 2021 und 2023

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### Recyclinggerechte Konstruktion

Hinsichtlich einer recyclinggerechten Konstruktion gilt für Geräte, die mit dem Umweltzeichen ausgezeichnet werden:

- ▶ -Die Geräte müssen so gestaltet sein, dass im Fachbetrieb eine Trennung separat verwerteter Materialien durch intelligent gestaltete Verbindungskonstruktionen unterstützt wird oder mit gängigen Werkzeugen vorgenommen werden kann.
- ▶ Die Geräte müssen so konstruiert sein, dass Metalle möglichst sortenrein getrennt und nach Möglichkeit separat verwertet werden können.
- ▶ Für Fachbetriebe, die vom Hersteller mit der Verwertung der Geräte beauftragt wurden, muss im Internet eine Anleitung zur Demontage bereitgestellt werden.
- ▶ Die für die Geräte entwickelte Strategie zur vorzugsweisen Wiederverwendung sowie zum Recycling der Geräte unter Nennung der oben genannten Punkte wird vom Hersteller im Internet veröffentlicht.

**Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag und legt den Auszug über die Mitteilung zur Recyclingstrategie in Anlage 5 bei.*

### **3.5.3 Wartung und Reinigung**

#### **3.5.3.1 Einführung**

Wartung und Reinigung tragen dazu bei, das Emissionsverhalten des Staubabscheidens zu verbessern. Deshalb schlugen die Forschungsnehmer vor, entsprechende Hinweise in der Kurzbedienungsanleitung zu fordern, die eine sachgerechte Bedienung der Nutzenden fördern.

#### **3.5.3.2 Diskussion**

Der vorgeschlagene Text wurde ohne Änderungswünsche der Stakeholder festgelegt.

#### **3.5.3.3 Ergebnis 2021 und 2023**

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 mit Ausnahme einer redaktionellen Anpassung an gendergerechte Sprache nicht verändert.

#### **Wartung und Reinigung**

Der Hersteller muss in der Kurzbedienungsanleitung ("Quick User Guide") und in der Bedienungsanleitung für Nutzende/Betreibende einfach verständliche Hinweise zur Reinigung und Wartung (z.B. Ascheentnahme) enthalten. Der Hersteller muss in beiden Dokumenten die empfohlenen Wartungsintervalle vorgeben (z.B. nach einer bestimmten Anzahl an Betriebsstunden), um einen ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen.

Um einen Asche- und Partikelaustrag aus dem Staubabscheider zu verhindern, sind vom Hersteller geeignete Maßnahmen und Einrichtungen zur Reinigung und Ascheentnahme zu definieren (zulässige Staubsaugerspezifikationen, Staubsaugeraufsatzz und ähnliches).

Verschleißanfällige Bauteile sind in der Bedienungsanleitung mit notwendigem Austauschintervall entsprechend aufzuführen. Den ~~en~~ Nutzer~~en~~nden/Betreiber~~en~~nden müssen Verschleißteile mindestens bis 10 Jahre nach Einstellung der Produktion zur Verfügung gestellt werden (z.B. Dichtungen). Ist der Austausch der Verschleißteile nur durch geschultes Fachpersonal möglich, sind vom Hersteller entsprechende verpflichtende Wartungsintervalle vorzugeben.

#### **Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag.*

### **3.5.4 Materialanforderungen an die Verpackung**

#### **3.5.4.1 Einführung**

Da es sich bei Staubabscheidern nicht um Massenprodukte handelt, deren Verpackungsabfall in besonderer Weise minimiert werden muss, schlugen die Forschungsnehmer vor, lediglich auf die gesetzlichen Anforderungen der Kennzeichnung von Kunststoffen und Registrierung der Verpackung bei der Zentralen Stelle Verpackungsregister hinzuweisen.

#### **3.5.4.2 Diskussion**

Der vorgeschlagenen Text wurde ohne Änderungswünsche der Stakeholder festgelegt.

#### **3.5.4.3 Ergebnis 2021 und 2023**

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

## Verpackung

Die zur Verpackung verwendeten Kunststoffe sind entsprechend des Verpackungsgesetzes in der jeweils gültigen Fassung zu kennzeichnen. Die Pflicht zur Registrierung der Verpackung bei der Zentralen Stelle Verpackungsregister ist zu beachten.

### **Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung und teilt die Kennzeichnung der Verpackungskunststoffe in Anlage 1 zum Vertrag mit.*

## 3.6 Verbraucherinformation

### 3.6.1 Allgemeine Anforderung

#### 3.6.1.1 Einführung

Die Forschungsnehmer schlugen vor, wie üblich bei den Anforderungen an Produkte, die mit dem Blauen Engel zertifiziert werden, dass die gedruckten Unterlagen möglichst auf Recyclingpapier zu drucken sind, das mit dem Blauen Engel ausgezeichnet ist. Zusätzlich sollten die Informationen zur schnellen Verfügbarkeit bei Verlust auch im Internet bereitstehen.

#### 3.6.1.2 Diskussion

Der Textvorschlag wurde ohne Änderungswünsche angenommen.

#### 3.6.1.3 Ergebnis 2021 und 2023

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

## Verbraucherinformation

Alle zum Gerät gehörigen Unterlagen, die in gedruckter Form mit ausgeliefert werden, sollen auf Recyclingpapier gemäß DE-UZ 14a gedruckt werden, das mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ ausgezeichnet ist. Zusätzlich müssen die Informationen auf der Seite des Herstellers im Internet abrufbar sein.

Zielgruppe der Informationen sind häufig Laien, die keine Erfahrungen mit dem Betrieb von Abscheidern haben. Den Kunden müssen daher beim Kauf bzw. bei Auslieferung des Produktes mindestens folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt werden:

1. Installationsanleitung
2. Inbetriebnahmeanleitung
3. Kurzbedienungsanleitung (Quick User Guide)
4. Bedienungsanleitung (ausführlich)

### **Nachweis:**

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen 3.10.1 bis 3.10.4. Er nennt die Internetadresse zum Herunterladen der Anleitungen in Anlage 1 zum Vertrag und legt die erforderlichen Unterlagen (Installationsübersicht, Inbetriebnahmeanleitung, Kurzbedienungsanleitung, Bedienungsanleitung) und ein Foto des Staubabscheiders vor.*

### **3.6.2 Installationsanleitung**

#### **3.6.2.1 Einführung**

Die Forschungsnehmer schlugen einen Text vor, der für die Installationsanleitung leicht verständliche Abbildungen fordert und externe Baugruppen mit einbezieht.

#### **3.6.2.2 Diskussion**

der Diskussion der Stakeholder wurde darauf hingewiesen, dass der Einbau durch Fachpersonal erfolgen muss und entsprechende Hinweise in der Installationsanleitung verpflichtend sein sollten. Der Textvorschlag wurde entsprechend ergänzt.

#### **3.6.2.3 Ergebnis**

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### **Installationsanleitung**

Die Installationsanleitung muss mit leicht verständlichen Abbildungen ausgeführt sein. Wenn externe Baugruppen für den ordnungsgemäßen Betrieb notwendig sind, ist in der Anleitung darauf hinzuweisen. Die Installation der Anlage erfolgt nach Herstellervorgaben und hat durch Fachpersonal zu erfolgen.

### **3.6.3 Inbetriebnahmeanleitung**

#### **3.6.3.1 Einführung**

Die Forschungsnehmer schlugen vor, eine kurze, gut lesbare und mit Piktogrammen versehene Inbetriebnahmeanleitung zu fordern und so am Gerät anzubringen, dass sie von den Nutzenden vor dem ersten Start gesehen werden kann. Sie soll auch auf die Zusatzbauteile Bezug nehmen.

#### **3.6.3.2 Diskussion**

Die Stakeholder schlugen vor, dass die Inbetriebnahmeanleitung Hinweise zur Freigabe und Abnahme durch den Schornsteinfeger und Hinweise zum ersten Betrieb des Staubabscheiders enthalten solle. Der Textvorschlag wurde entsprechend verändert.

#### **3.6.3.3 Ergebnis**

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### **Inbetriebnahmeanleitung**

Dem Staubabscheider muss eine kurze, gut lesbare und mit Piktogrammen versehene Inbetriebnahmeanleitung beigefügt werden. Sie muss Hinweise zur Freigabe und Abnahme durch den Schornsteinfeger und Hinweise zum ersten Betrieb des Staubabscheiders enthalten. Die Inbetriebnahmeanleitung soll auf der ersten Seite auch alle notwendigen Zusatzbauteile aufweisen. Auf die Bedienungsanleitung ist zu verweisen. Diese Inbetriebnahmeanleitung muss so am Gerät angebracht sein, dass sie vom Nutzer bereits vor dem ersten Start gesehen werden kann.

### **3.6.4 Kurzbedienungsanleitung (Quick User Guide)**

#### **3.6.4.1 Einführung**

Bei der Auslieferung von Staubabscheidern sind die Mitlieferung einer Installationsanleitung, Inbetriebnahmeanleitung und Bedienungsanleitung üblich. Zusätzlich schlugen die

Forschungsnehmer vor, wie bei den Kriterien für Kaminöfen für Holz (DE-UZ 212) auch eine Kurzbedienungsanleitung verbindlich zu fordern (sogenannter „Quick User Guide“). Diese kurze Anleitung soll denjenigen Nutzenden, die keine langen Bedienungsanleitungen lesen möchten, einen leicht lesbaren, schnellen Überblick über wesentliche Funktionen und Voraussetzungen für ein gutes Funktionieren verschaffen.

Die Forschungsnehmer legten besonderen Wert auf die Verbindlichkeit von Hinweisen zu den zugelassenen Brennstoffen, Brennstoffmengen und Abmessungen sowie zu den zulässigen Betriebsbedingungen. Zudem wurde vorgeschlagen, dass die Kurzbedienungsanleitung Tipps zur Verhinderung von Fehlbedienungen beinhalten soll.

Der Herstellerverband HKI hat bereits vor der Erarbeitung der Vergabekriterien für den Blauen Engel (DE-UZ 212) bei seinen Mitgliedern die Erstellung von „Quick User Guides“ angeregt, in denen übersichtlich und kurz die wichtigsten Bedienungshinweise aufgeführt werden. Die Notwendigkeit eines derartigen Quick User Guide war eines der Ergebnisse des BeReal-Projektes, das die Erforschung der Bedienung von Kaminöfen im Praxisbetrieb und Verbesserungsmöglichkeiten zur Emissionsminderung untersucht hat (Gottlieb Jespersen et al. 2016; Reichert et al. 2016; Rönnbäck et al. 2016).

### 3.6.4.2 Diskussion

Die Vorschläge wurden ohne Diskussion von den Stakeholdern befürwortet.

### 3.6.4.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 geringfügig verändert. Die Änderungen im Jahr 2023 gegenüber den Festlegungen im Jahr 2021 sind **fett** und **unterstrichen** markiert bzw. durch Streichungen gekennzeichnet.

#### Kurzbedienungsanleitung (Quick User Guide)

Zusätzlich muss eine weitere, maximal zweiseitige Anleitung beigelegt werden, in der die wichtigsten Hinweise zum Betrieb und zur Reinigung/Wartung des Staubfilters gut erkennbar und leicht verständlich dargestellt sind. Die Anleitung muss mit leicht verständlichen Abbildungen und Texten gestaltet sein, die auf alle im Betrieb durchzuführenden Bedienschritte eingeht, insbesondere:

- ▶ **Zulässiger Brennstoff, Brennstoffmenge und Abmessungen**
- ▶ **Vorgaben zu den zulässigen Betriebsbedingungen, für welche der Partikelabscheider nach Herstellerangaben ausgelegt wurde:**
- ▶ **Minimale und maximale Wärmeleistung, für welche der Abscheider ausgelegt ist**
- ▶ **Minimaler und maximaler Abgasvolumenstrom und Abgasmassenstrom unter**
- ▶ **Betriebsbedingungen am Abscheidereintritt, für die der Abscheider ausgelegt ist**
- ▶ **Minimale und maximale Eintrittstemperatur des Abgases am Abscheider**
- ▶ **Minimaler und maximaler Abstand des Einbauortes vom Ofenstutzen**
- ▶ **Wartungs- und Reinigungsintervalle ~~in Abhängigkeit von der verbrannten~~**
- ▶ **Holzmenge, zum Beispiel nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden**

- ▶ Handlungsanweisungen im Fall von fehlerhaften Betriebszuständen (z.B. Ausfall der automatischen Startfunktion, Ausfall des Betriebsstundenzählers)

Die Anweisungen müssen mit so wenig Interpretationsraum wie möglich gegeben werden.

### 3.6.5 Bedienungsanleitung (ausführlich)

#### 3.6.5.1 Einführung

Den Forschungsnehmern war wichtig, dass die Hersteller in der Bedienungsanleitung Hinweise aufnehmen, die den Betrieb optimieren und die Belastung der Umwelt minimieren. Weiterhin wurde vorgeschlagen, in der Bedienungsanleitung Hinweise zu Wartung und Reparatur zu nennen, um die Langlebigkeit der Produkte zu fördern und Hinweise zur sachgerechten Entsorgung aufzunehmen, die ein möglichst sortenreines Recycling der Einsatzstoffe erlaubt.

#### 3.6.5.2 Diskussion

Der Textvorschlag wurde ohne Änderungswünsche von den Stakeholdern angenommen.

#### 3.6.5.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nur geringfügig verändert. Die Änderungen im Jahr 2023 gegenüber den Festlegungen im Jahr 2021 sind fett und unterstrichen markiert bzw. durch Streichungen gekennzeichnet.

#### Bedienungsanleitung (ausführlich)

Die dem Kunden Nutzenden/Betreibenden beim Kauf zur Verfügung gestellte Bedienungsanleitung muss mindestens folgende Angaben enthalten, die für den Nutzer verständlich und übersichtlich dargestellt sein müssen:

- ▶ Hinweise, die auch in der Kurzbedienungsanleitung aufzuführen sind
- ▶ Hinweise zur Freigabe und Abnahme durch den Schornsteinfeger
- ▶ Hinweise zum langlebigen Einsatz der Geräte
- ▶ Hinweise zum einzusetzenden Brennstoff (Art, Stückigkeit, Wassergehalt)
- ▶ Hinweise zur Reinigung des Geräts inklusive der Aufführung des benötigten Zubehörs
- ▶ Hinweise zur Wartung des Geräts
- ▶ Informationen zur Wiederverwendungs- und Recyclingstrategie gemäß Kapitel 3.8.2

Zusätzlich sind die oben aufgeführten Angaben auf einer frei zugänglichen Internetseite zu veröffentlichen, die über die Homepage des Herstellers zu erreichen sein muss.

## 3.7 Künftige Revision des Umweltzeichens

### 3.7.1 Einführung

Im Abschnitt der Vergabekriterien zur künftigen Revision wird thematisiert, was bei der nächsten Überarbeitung der Anforderungen des Umweltzeichens zu beachten ist.

### 3.7.2 Diskussion

Umweltbundesamt und Forschungsnehmer sowie die beteiligten Stakeholder, insbesondere der Umweltverband, waren der Meinung, dass die Anforderungen zur Feinstaubminderung der mit dem Blauen Engel ausgezeichneten Staubabscheider bei der nächsten Revision überprüft werden sollten. Ziel ist, den Abscheidegrad für Gesamtstaub von 65 % auf mindestens 75 % anzuheben und für die Partikelanzahl einen absoluten Wert von unter 1 Million Partikeln pro Kubikzentimeter festzusetzen.

Sobald neue Vergabekriterien für Speicherfeuerstätten, Holzherde und Kamineinsätze zusätzlich zu den bestehenden Kriterien für Kaminöfen entwickelt werden, sollte auch eine Kombination mit Abscheidern berücksichtigt werden und entsprechende Messvorschriften für die Prüfung von Abscheidern erstellt werden, damit diese spezifischen Anforderungen in den Kriterien für Staubabscheidern aufgenommen werden können.

Hinsichtlich der angegebenen gesetzlichen Vorgaben, Normen und Richtlinie ist zu prüfen, ob diese zum Zeitpunkt der Überarbeitung noch aktuell sind. Insbesondere bei einer Revision der Anforderungen des DE-UZ 212 (2021) und der DIN SPEC 33999 (2014) sind Änderungen auch in den Vergabekriterien für Staubabscheider zu berücksichtigen.

Die Möglichkeiten zur Aufnahme weiterer Anforderungen an Staubabscheider, wie z. B. Lärmentwicklung (in den jeweiligen Einbaubedingungen) sollten bei einer Revision berücksichtigt werden. Dafür lag zum Zeitpunkt der Erstellung der Vergabekriterien im Jahr 2021 noch kein geeignetes Messverfahren vor.

Bei der nächsten Überarbeitung soll die Ausweitung des Geltungsbereiches mit entsprechenden Prüfmethoden für weitere Einzelraumfeuerungen evaluiert werden. Insbesondere sollte geprüft werden, welche Anforderungen für die Bewertung von Staubabscheidern für Pelletöfen erstellt werden können.

### 3.7.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 geringfügig verändert. Das erklärte Ziel, beim Gesamtstaub eine 90 %-Minderung zu erreichen, wurde aufgenommen und die Bezüge zu dem inzwischen abgeschlossenen Forschungsvorhaben gestrichen. Änderungen im Jahr 2023 gegenüber den Festlegungen im Jahr 2021 sind fett und unterstrichen markiert bzw. durch Streichungen gekennzeichnet.

#### Künftige Revision des Umweltzeichens

Bei der Überarbeitung wird geprüft, ob die Anforderungen an die Abscheidegrade weiter erhöht werden können. Dabei wird der technische Fortschritt berücksichtigt und sichergestellt, dass auch zukünftig mit dem Blauen Engel diejenigen Staubabscheider für Scheitholz-Einzelraumfeuerungen ausgezeichnet werden, die die höchsten Abscheidegrade aufweisen. **Hierbei ist es das Ziel einen gesamtstaubbezogenen Abscheidegrad von 90 % zu erreichen.**

Sobald Vergabekriterien für einen Blauen Engel für Speicherfeuerstätten, Holzherde und Kamineinsätze veröffentlicht werden, soll die Zulassung zur Nachrüstung von Abscheidern mit dem Blauen Engel in neu errichteten Feuerstätten eingestellt werden.

**Zur Bestimmung der Partikelanzahlemissionen an Scheitholzfeuerungen konnten bisher nur einzelne Prüfergebnisse der in Anhang B beschriebenen Methode ausgewertet werden. Es fehlt ein Ringversuch, auf dessen Grundlage ein Grenzwert für die Partikelanzahl Abscheiderate und**

~~alternativ ein Grenzwert für die Partikelanzahlkonzentration bei Scheitholz-Einzelraumfeuerungen verbindlich festgelegt werden kann.~~

~~Dennoch wird die Messung und Angabe des Abscheidegrades der Partikelanzahl und der erreichten Partikelanzahlkonzentration anhand der beschriebenen Methode verbindlich eingeführt. Es ist erforderlich, eine Übergangszeit bis zur verbindlichen Einführung zu gewähren. Ab 1.1.2024 ist der alternativ anwendbare Grenzwert zur Partikelanzahl für die Vergabe des Blauen Engels verbindlich. Die Messmethode zur Partikelanzahl (Anhang B) entspricht der Anforderung im DE UZ 212 (Blauer Engel für Kaminöfen für Holz). Wenn die Methode in der DE UZ 212 überarbeitet wird, sollen die Änderungen in diese Vergabekriterien übernommen werden.~~

Bei der nächsten Revision soll geprüft werden, ob die Definition standardisierter Einbaubedingungen zur Prüfung von Lärmanforderungen sinnvoll ist, um Anforderungen an die Messung und Angabe von Lärm zu formulieren. Da die DIN SPEC 33999 (2014) zur Zeit der Erstellung dieser Vergabegrundlage überarbeitet wurde, soll bei der nächsten Revision geprüft werden, ob auf die aktualisierte Fassung Bezug genommen werden soll.

Die Erweiterung des Geltungsbereichs auf Pelletöfen und der entsprechenden Anforderungen soll bei der nächsten Revision geprüft werden

## 3.8 Zeichennehmer und Zeichennutzung

### 3.8.1 Zeichennehmer

#### 3.8.1.1 Einführung

Zeichennehmer können, wie üblich bei Produkten, die mit dem Blauen Engel versehen werden, sowohl die Hersteller als auch die Vertreiber der Produkte sein.

#### 3.8.1.2 Diskussion

Der Textvorschlag wurde ohne Änderungswünsche von den Stakeholdern angenommen.

#### 3.8.1.3 Ergebnis

Das Ergebnis der Diskussion des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 nicht verändert.

#### Zeichennehmer

Zeichennehmer sind Hersteller oder Vertreiber von Produkten gemäß Abschnitt 2.

Beteiligte am Vergabeverfahren:

- ▶ RAL gGmbH für die Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel,
- ▶ das Bundesland, in dem sich die Produktionsstätte des Antragstellers befindet,
- ▶ das Umweltbundesamt, das nach Vertragsschluss alle Daten und Unterlagen erhält, die zur Beantragung des Blauen Engel vorgelegt wurden, um die Weiterentwicklung der Vergabekriterien fortführen zu können.

### **3.8.2 Zeichenbenutzung**

#### **3.8.2.1 Einführung**

Der Textvorschlag für die Anforderungen an die Zeichenbenutzung entsprach dem Standard, der in den Vergabekriterien für die Beantragung eines Blauen Engels üblicherweise enthalten ist.

#### **3.8.2.2 Diskussion**

Der Textvorschlag wurde ohne Änderungswünsche von den Stakeholdern angenommen.

#### **3.8.2.3 Ergebnis**

Der Text des Jahres 2021 wurde im Jahr 2023 hinsichtlich der Vertragslaufzeiten geändert.

#### **Zeichenbenutzung**

Die Benutzung des Umweltzeichens durch den Zeichennehmer erfolgt aufgrund eines mit der RAL gGmbH abzuschließenden Zeichenbenutzungsvertrages.

Im Rahmen dieses Vertrages übernimmt der Zeichennehmer die Verpflichtung, die Anforderungen gemäß Abschnitt 3 für die Dauer der Benutzung des Umweltzeichens einzuhalten.

Für die Kennzeichnung von Produkten gemäß Abschnitt 2 werden Zeichenbenutzungsverträge abgeschlossen. Die Geltungsdauer dieser Verträge läuft bis zum 31.12.2025<sup>58</sup>. Sie verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, falls der Vertrag nicht bis zum 31.03.2025 2028 bzw. 31.03. des jeweiligen Verlängerungsjahres schriftlich gekündigt wird.

Eine Weiterverwendung des Umweltzeichens ist nach Vertragsende weder zur Kennzeichnung noch in der Werbung zulässig. Noch im Handel befindliche Produkte bleiben von dieser Regelung unberührt.

Der Zeichennehmer kann die Erweiterung des Benutzungsrechtes für das kennzeichnungsberechtigte Produkt bei der RAL gGmbH beantragen, wenn es unter einem anderen Marken-/Handelsnamen und/oder anderen Vertriebsorganisationen in den Verkehr gebracht werden soll.

In dem Zeichenbenutzungsvertrag ist festzulegen:

- ▶ Zeichennehmer ({Hersteller}{Hersteller/Vertreiber})
- ▶ Marken-/Handelsname, Produktbezeichnung
- ▶ Inverkehrbringer (Zeichenanwender), d. h. die Vertriebsorganisation.

## 3.9 Messvorschrift Partikelanzahlmessung

### 3.9.1 Einführung

Der Textvorschlag der Forschungsnehmer für die Messvorschrift zur Partikelanzahlmessung erfolgte identisch mit der Messvorschrift zur Partikelanzahlmessung in den Kriterien des Blauen Engels für Kaminöfen für Holz (DE-UZ 212). Die Vorschrift wurde in Anlehnung an die Schweizer Verordnung SR 941.242 über Abgasmessgeräte für Verbrennungsmotoren (VAMV) erstellt (Messmittel für Gasgemischanteile, Messmittel für Dieselrauch und Messmittel für Nanopartikel) (EJPD 2012).

#### 3.9.1.1 Diskussion

Der Textvorschlag wurde im Jahr 2021 ohne Änderungswünsche von den Stakeholdern angenommen. Im Jahr 2023 erfolgten Änderungen, die den Empfehlungen des Forschungsvorhabens zur Validierung der Partikelanzahl (Cordes 2023) entsprechen. Dies betraf zum einen die Änderung der zulässigen Messunsicherheit. Hier wurde der Prozentwert erhöht und die absolute Zahl gesenkt. Zusätzlich wurde die alternativ geltende absolute Zahl daran geknüpft, dass das Abgas weniger als 50 000 Partikel/cm<sup>3</sup> enthält.

Zum anderen erfolgte entsprechend der Empfehlungen des Forschungsvorhabens die Aufnahme des Hinweises für die Probenahme, dass die Probenahmeleitung nicht bewegt werden sollte. Den Empfehlungen des Forschungsvorhabens wurde ohne Änderungen gefolgt. Zur Messung wurde der Hinweis ergänzt, dass die Kaltstartphase die ersten beiden Abbrände beinhaltet und klargestellt, dass die Mittelwertbildung der Ergebnisse über den gesamten Messzeitraum erfolgt.

Die Nennung des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung (TROPOS) zur Prüfung der Gleichwertigkeit wurde gestrichen, weil sich im Forschungsvorhaben (Cordes 2023) die Vergleiche mit der dort angewendeten Methode mit Silberiodid-Partikeln nicht als geeignetes Referenzsystem für Partikelmessungen in Abgasen aus Kaminöfen herausgestellt haben.

#### 3.9.1.2 Ergebnis

Die Änderungen im Jahr 2023 gegenüber den Festlegungen im Jahr 2021 sind fett und unterstrichen markiert bzw. durch Streichungen gekennzeichnet.

#### Partikelanzahlmessung

Die Messvorschrift wurde in Anlehnung an die Schweizer Verordnung SR 941.242 erstellt (Messmittel für Gasgemischanteile, Messmittel für Dieselrauch und Messmittel für Nanopartikel).

Für die Anwendung der Messvorschrift sind Herstellerangaben gemäß Anlage 1 erforderlich.

##### 1. Verfahrensprinzip

###### a. Allgemeines

Das Messverfahren wird für eine Partikelzählung mittels Kondensationspartikelzähler (Condensation Particle Counter - CPC) ab einer Partikelgröße von 23 nm definiert. Das Verfahren berücksichtigt feste Partikel, die nach einem Volatile Particle Remover (z.B. Thermodenuder) verbleiben.

Alternative Messverfahren sind zulässig, wenn in Vergleichsmessungen ~~vom Leibniz Institut für Troposphärenforschung (TROPOS)~~ die Gleichwertigkeit mit dem ~~vom DBFZ Leipzig~~ festgelegten Referenzsystem nachgewiesen wurde. Die systematische Messabweichung zwischen einem CPC-

basierten Referenzsystem und einem anderen Prüfgerät für die Messung der Partikelanzahlkonzentration von Holzfeuerungen im Rahmen des Blauen Engels darf maximal **20 25 %** betragen. Dabei wird die Probenahmeeinrichtung mit Verdünnungsstufe, Probenahmeleitung und Messgerät als eine Einheit betrachtet.

Parallel zur Partikelanzahlmessung erfolgt die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Abgas. Die Ermittlung des Sauerstoffgehaltes über eine Messung von Kohlenstoffdioxid im Abgas ist zulässig.

#### b. Verfahrenskenngrößen

Bei der Messung müssen folgende Verfahrenskenngrößen eingehalten werden. Die Bewertung der Kenngrößen muss auf Basis von Messungen an Scheitholzverbrennungsanlagen durchgeführt werden.

**Tabelle 4: Verfahrenskenngrößen der Partikelanzahlmessung**

Messung	Gemessener Parameter	Maximale erweiterte Unsicherheit der Messeinrichtung
Gasanalyse	O <sub>2</sub>	+/- 5 % des Messwertes oder +/- 0,4 Vol.-% (wobei der höhere Wert gilt)
Partikelzählung	Anzahl (nicht auf 13 % O <sub>2</sub> bezogen)	+/- 20 25 % relativ zum Messwert oder <b>25 000 cm<sup>-3</sup> bei unter 50 000 Partikel/cm<sup>3</sup> 12 500 Partikel/cm<sup>3</sup></b> absolut

Die Vergleichspräzision (zwischen Prüfeinrichtungen) wird im Rahmen von Ringversuchen ermittelt.

#### c. Probenahme und Probenahmeeinrichtung

Die Probenahme erfolgt mindestens 350 mm und maximal 1350 mm nach der letzten Messstelle der Messstrecke, die zur Abscheidegradmessung eingerichtet ist. Die Probenahme erfolgt in der Mitte des freien Strömungsquerschnittes mit einem Rohr von mindestens 10 mm Durchmesser.

#### d. Anforderungen an Geräte und Gase

Es sind die Komponenten zu verwenden, welche vom Messgerätehersteller angegeben wurden. Diese müssen den Komponenten entsprechen, die bei der Vergleichsmessung und in Ringversuchen verwendet wurden.

#### Probenahmeleitung

Die Probenahmeeinrichtung und die Probenahmeleitung bis zur Verdünnungsstufe sind so auszuführen, dass die Kondensation von Wasser und flüchtigen Substanzen verhindert werden. Dies kann z.B. durch die Erwärmung der Probenahmeleitung oder die Erwärmung der Verdünnungsluft erfolgen. Die Probenahmeleitungen sind antistatisch auszuführen. **Während der Probenahme sollte die Probenahmeleitung nicht bewegt werden.**

#### Vorabscheider

Zur Abscheidung von groben Partikeln ist ein Impaktor oder Zyklon vorzuschalten. Dieser muss bei einem aerodynamischen Partikeldurchmesser von 0,7 bis 1,5 µm einen Cut-off von 50 % aufweisen.

### Verdünnung

Das entnommene Abgas ist mittels einer oder mehrerer Verdünnungsstufen so zu verdünnen, dass eine Anzahlkonzentration innerhalb des kalibrierten Bereiches gemessen wird. Dies wird bei der Messung von Abgas aus Kaminöfen in der Regel durch eine Verdünnung von 1:500 oder 1:1000 erreicht. Das Messgerät muss für eine untere Ansprechschwelle von 10.000 Partikeln pro Kubikzentimeter ausgelegt sein und für eine Maximalpartikelkonzentration ausgelegt sein, die dem zehnfachen des Grenzwertes entspricht.

### Volatile Particle Remover

Vor der Messung sollen flüchtige Komponenten (adsorptionsfähige Bestandteile) aus dem Messgasstrom entfernt werden. Dazu wird ein Volatile Particle Remover (beispielsweise Thermodenuder oder Catalytic Stripper) eingesetzt. Die Temperatur ist so zu wählen, dass aus Kohlenwasserstoffen kein elementarer Kohlenstoff entsteht. Das Kriterium ist erfüllt, wenn für Tetrakontan-Aerosole eine Abscheidung von mindestens 90 % erreicht wird.

### Zähleffizienz in Abhängigkeit von der Partikelgröße

Die Zähleffizienz entspricht den Vorgaben der „International Recommendation Particulate Number Counter Draft 2019-05-23“ aus den Niederlanden. Folgende Gerätespezifikationen sind einzuhalten:

**Tabelle 5: Maximal zulässiger Fehler (absolut oder relativ, der größere Wert gilt)**

Fehlerart	Maximaler Fehler
Absolut	<u>12 500 (bei unter 50 000) 25 000</u>
Relativ	+/- <u>20 25</u> % des berechneten Wertes

**Tabelle 6: Bestimmungseffizienz**

Partikelgröße	Effizienz
23 +/- 5 %	0,2 – 0,6
50 +/- 5 %	0,6 – 1,3
80 +/- 5 %	0,7 – 1,3

## 2. Durchführung der Messung und Berechnung des Messergebnisses

Die Messungen erfolgen nach dem MessPrüfverfahren, das für die gasförmigen Schadstoffe in den Kriterien für den Blauen Engel für Kaminöfen vorgeschrieben ist (DE-UZ 212, Anlage B). Damit erfolgt die Messung der Partikelanzahl ab dem Kaltstartphase (dies beinhaltet die ersten beiden Abbrände) bis zur letzten Messung über den gesamten Prüfzyklus. Die Mittelwertbildung erfolgt über den gesamten Messzeitraum.

Alle Partikelanzahlmesswerte werden mit einer Abtastrate von mindestens 0,1 Hz erfasst und über den gesamten Prüfzyklus gemittelt und anschließend auf einen Sauerstoffgehalt von 13 Vol.-% zu beziehen. Dazu ist gleichzeitig der Sauerstoffgehalt in der Abgasmessstrecke zu messen und

ebenfalls über den gesamten Prüfzyklus zu mitteln; alternativ ist die Messung von Kohlenstoffdioxid zulässig, aus der der Sauerstoffgehalt berechnet wird.

Für die Bestimmung des Messergebnisses erfolgt die Umrechnung auf trockenes Abgas unter Normbedingungen (273 K, 1013 hPa) und die Berücksichtigung der gewählten Verdünnung. Das Ergebnis wird auf einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 13 Vol.-% bezogen.

Im Messprotokoll muss der Verlauf der gemessenen Partikelanzahlwerte über den gesamten Prüfzyklus ohne Sauerstoffbezug dargestellt werden. Zudem muss im Protokoll der Mittelwert der Partikelanzahlkonzentration über dem gesamten Prüfzyklus in cm<sup>-3</sup> angeben werden.

### 3. Justierungen und Prüfungen

Das Gerät muss regelmäßig auf nationale Normale zurückgeführt werden; die Intervalle werden durch die Prüfstelle, die das Gerät nutzt, festgelegt. Die Zurückführung erfolgt mindestens mittels Werkskalibrierung.

## 4 Quellenverzeichnis

1. BImSchV (2021): Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26. Januar 2010, BGBl. I S. 38, die zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Oktober 2021, BGBl. I S. 4676.

[https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_1\\_2010/1\\_BImSchV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/1_BImSchV.pdf) (25.9.2024)

Aleysa, M.; Leistner, P. (2019): Optimierung eines Kombinationssystems (ENF-System) zur Abgasbehandlung in Verbrennungsanlagen zur Verbrennung von festen Brennstoffen, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart.

Baumbach, G. (2013): Emissionen und Immissionen von Holzfeuerungen und Maßnahmen zu deren Minderung. LAI-Fachgespräch Holzfeuerungen in Ballungsräumen im LANUV NRW, Essen, 1. Oktober 2013.

[http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/lai\\_fachgespraech/1\\_Baumbach\\_Emissionen\\_und\\_Immissionen\\_von\\_Holzfeuerungen.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/lai_fachgespraech/1_Baumbach_Emissionen_und_Immissionen_von_Holzfeuerungen.pdf) (14.1.2022)

Becher, J.; Bock, R.; Dix, I.; Greif-Groß, H.; Ising, H.; Splettstößer, G.; Strasbaugh, G.; Thiede, A. (2008): Lärm und Gesundheit: Materialien für die Klassen 5 bis 10, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Köln.

<https://shop.bzga.de/pdf/20350000.pdf> (25.9.2024)

Berg-Beckhoff, G.; Breckenkamp, J.; Kowall, B.; Heyer, K. (2009): Risiken elektromagnetischer Felder aus Sicht deutscher Allgemeinmediziner, Projektabschlussbericht, Deutsches Mobilfunkforschungsprogramm, Fakultät für Gesundheitswissenschaften - Abteilung für Epidemiologie und International Public Health, Universität Bielefeld, Bielefeld, 3. Juni 2009. [http://www.emf-forschungsprogramm.de/www/home/akt\\_emf\\_forschung.html/risiko\\_HF\\_001\\_AB.pdf](http://www.emf-forschungsprogramm.de/www/home/akt_emf_forschung.html/risiko_HF_001_AB.pdf) (25.9.2024)

Berlin (2019): Luftreinhalteplan für Berlin - 2. Fortschreibung, Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin, 20. Juli 2019. <https://datenbox.stadt-berlin.de/filr/public-link/file-download/8a8ae3ab77b982cf0177c9d30d330584/7072/-4050281172714309571/Luftreinhalteplan.pdf> (25.9.2024)

BfS (2022): Elektromagnetische Felder - Wissenschaftlich diskutierte biologische und gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter Felder. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Salzgitter. [https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/wirkung/hff-diskutiert/hff-diskutiert.html;jsessionid=202E12EC87E310FBA84F39B93B97BE6E.1\\_cid374](https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/wirkung/hff-diskutiert/hff-diskutiert.html;jsessionid=202E12EC87E310FBA84F39B93B97BE6E.1_cid374) (25.9.2024)

Bundesregierung (2019): Leitlinien deutscher Arktispolitik, Auswärtiges Amt (Hg.), Berlin, August 2019. [https://www.arctic-office.de/fileadmin/user\\_upload/www.arctic-office.de/PDF\\_uploads/Leitlinien\\_deutscher\\_Arktispolitik\\_2019\\_Web.pdf](https://www.arctic-office.de/fileadmin/user_upload/www.arctic-office.de/PDF_uploads/Leitlinien_deutscher_Arktispolitik_2019_Web.pdf) (25.9.2024)

Cordes, J.; Wolf, K.; Stoffels, B.; Antonsson, E.; Hagelstein, G.; Scheibe, M.; Sprenger, K.; Wildanger, D. (2023): Partikelanzahlmessungen im Abgas von Kaminöfen Validierung des Messverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel durch Ringversuche. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. UBA-Texte, Umweltbundesamtes (Hg.), Dessau-Roßlau. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/51\\_2024\\_texte\\_partikelaanzahlmessungen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/51_2024_texte_partikelaanzahlmessungen.pdf) (25.9.2024)

DIBt (2015): Vorläufiges Prüfprogramm für „Staubabscheider für Feuerungsanlagen“, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin. <http://www.dibt.de/de/bauprodukte/informationsportal-bauprodukte-und-bauarten/produktgruppen/bauprodukte-detail/bauprodukt/staubabscheider-fuer-feuerungsanlagen> (25.9.2024)

DIN EN 12341:2023 Außenluft - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM10- oder PM2,5-Massenkonzentration des Schwebstaubes; Deutsche Fassung EN 12341:2023. Deutsches Institut für Normung, DIN Media GmbH, Berlin, Oktober 2023. <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-12341/370722891> (25.9.2024)

DIN EN 12815:2005-05 Herde für feste Brennstoffe - Anforderungen und Prüfungen; Deutsche Fassung EN 12815:2001 + A1:2004, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Mai 2005. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-12815/75176302> (14.1.2022)

DIN EN 13229:2005 Kamineinsätze einschließlich offene Kamine für feste Brennstoffe Anforderungen und Prüfungen; Deutsche Fassung EN 13229:2001 + A1:2003 + A2:2004, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Oktober 2005. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-13229/75176283> (14.1.2022)

DIN EN 13216-1:2019 Abgasanlagen - Prüfverfahren für System-Abgasanlagen - Teil 1: Allgemeine Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 13216-1:2019, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Juli 2019. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-13216-1/295005079> (14.1.2022)

DIN EN 13240:2005 - Raumheizer für feste Brennstoffe – Anforderungen und Prüfungen, Deutsche Fassung EN 13240:2001 + A2:2004, Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Oktober 2005. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-13240/75176355> (14.1.2022)

DIN EN 13284-1:2018 Emissionen aus stationären Quellen - Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen - Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren, Deutsche Fassung EN 13284-1:2017, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Februar 2018. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-13284-1/273246829> (14.1.2022)

DIN EN 14793:2017 Emissionen aus stationären Quellen - Nachweis der Gleichwertigkeit eines Alternativverfahrens mit einem Referenzverfahren; Deutsche Fassung EN 14793:2017, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Mai 2017. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-14793/252004569> (14.1.2022)

DIN EN 14907:2005-11 Luftbeschaffenheit - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM2,5-Massenfraktion des Schwebstaubs; Deutsche Fassung EN 14907:2005. Deutsches Institut für Normung, DIN Media GmbH, Berlin, November 2005. <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-14907/80417405> (25.9.2024)

DIN EN 15250:2007 Speicherfeuerstätten für feste Brennstoffe –Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 15250:2007, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Juni 2007. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15250/93163897> (14.1.2022)

DIN EN 16510-1:2021 Häusliche Feuerstätten für feste Brennstoffe - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf, Deutsche und englische Fassung, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, April 2021. <https://www.beuth.de/de/norm-entwurf/din-en-16510-1/335032688> (14.1.2022)

DIN EN 16510-2-1:2021 Häusliche Heizgeräte für feste Brennstoffe - Teil 2-1: Raumheizer, Entwurf, Deutsche und englische Fassung EN 16510-2-1:2021, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, April 2021. <https://www.beuth.de/de/norm-entwurf/din-en-16510-2-1/335032800> (14.1.2022)

DIN EN 16510-2-2:2021, Häusliche Feuerstätten für feste Brennstoffe - Teil 2-2: Kamineinsätze einschließlich offene Kamine, Entwurf, Deutsche und englische Fassung EN 16510-2-2:2021, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, April 2021. <https://www.beuth.de/de/norm-entwurf/din-en-16510-2-2/335032829> (14.1.2022)

DIN EN 16510-2-3:2021 Häusliche Feuerstätten für feste Brennstoffe - Teil 2-3: Herde, Entwurf, Deutsche und englische Fassung EN 16510-2-3:2021, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, April 2021. <https://www.beuth.de/de/norm-entwurf/din-en-16510-2-3/335032866> (14.1.2022)

DIN EN 16510-2-5 Häusliche Feuerstätten für feste Brennstoffe - Teil 2-5: Speicherfeuerstätten. Deutsches Institut für Normung, Berlin. (unveröffentlicht)

DIN EN 1717:2011 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen; Deutsche Fassung EN 1717:2000; Technische Regel des DVGW. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, August 2018. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-1717/142012907> (14.1.2022)

DIN EN ISO IEC 17025:2018 - Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, März 2018. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-iec-17025/278030106> (14.1.2022)

DIN SPEC 33999:2014 Emissionsminderung - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (gemäß 1. BlmSchV) - Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen. Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Dezember 2014. <https://dx.doi.org/10.31030/2251962> (14.1.2022)

EJPD (2012): Verordnung des EJPD über Abgasmessmittel für Verbrennungsmotoren (VAMV), 941.242, Das Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement (EJPD). 19. März 2006, zuletzt geändert am 22. August 2012. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2006/251/de> (25.9.2024)

Ellner-Schuberth, F.; Hartmann, H.; Turowski, P.; Roßmann, P. (2010): Partikelemissionen aus Kleinfeuerungen für Holz und Ansätze für Minderungsmaßnahmen. Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing, März 2010. [https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/22\\_bericht.pdf](https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/22_bericht.pdf) (25.9.2024)

EU (2006): Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG, Amtsblatt der Europäischen Union, 9. Juni 2006. <http://data.europa.eu/eli/dir/2006/42/oj> (25.9.2024)

EU (2008): Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union, 11. Juni 2008. <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj> (25.9.2024)

EU (2011): Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates (EU BauPVO). Amtsblatt der Europäischen Union, 4.4.2011; zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 574/2014 der Kommission vom 21. Februar 2014. Amtsblatt der Europäischen Union, 28. Mai 2014. <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/305/oj>

EU (2014a): Richtlinie 2014/30/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit. Amtsblatt der Europäischen Union, 29. März 2014. <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/30/oj> (25.9.2024)

EU (2014b): Richtlinie 2014/35/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt. Amtsblatt der Europäischen Union, 29. März 2014. <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/35/oj> (25.9.2024)

Fritz, W.; Kern, H. (1992): Reinigung von Abgasen. Gesetzgebung zum Emissionsschutz, Maßnahmen zur Verhütung von Emissionen; mechanische, thermische, chemische und biologische Verfahren der Abgasreinigung; Entschwefelung und Entstickung von Feuerungsabgasen; physikalische Grundlagen, technische Realisierung. ISBN: 3802314549, 3. Auflage, Vogel Verlag.

Gottlieb Jespersen, M.; Hinnenskov Jensen, J.; Rönnbäck, M.; Persson, H.; Wöhler, M. (2016): Report on Round Robin tests. BeReal Project, Deliverable D8.1, SP/TFZ/BE2020+/HFR/DTI, Danish Technological Institute, Taastrup (Dänemark).

[https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/d8\\_1\\_round\\_robin\\_test\\_bereal.pdf](https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/d8_1_round_robin_test_bereal.pdf) (25.9.2024)

Hartmann, I.; Lenz, V.; Thiel, C.; Ulbricht, T. (2020): Evaluierung der 1. BImSchV von 2010. Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ gGmbH, Umweltbundesamtes (Hg.), Dessau-Roßlau.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/87\\_2024\\_texte\\_evaluierung\\_der\\_1.\\_bimschv\\_von\\_2010.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/87_2024_texte_evaluierung_der_1._bimschv_von_2010.pdf) (25.9.2024)

IARC 2013: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press release 221, International Agency for Research on Cancer (IARC), World Health Organisation (WHO), Genf, 17. Oktober 2013. [https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221\\_E.pdf](https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221_E.pdf) (25.9.2024)

Köhrer, M.; Hennig, P.; Yanev, D. (2019): Die Zusatzheizung – Nutzung ergänzender Heizsysteme im Gebäudebereich; Auswirkung auf die Energie- und Klimabilanz von Gebäuden. Finanziert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). co2online gGmbH, Berlin, 2019.  
<https://www.co2online.de/fileadmin/co2/research/zusatzheizung-studie.pdf> (25.9.2024)

LUBW (2016): Beitrag der Holzfeuerung zu den Partikel PM<sub>10</sub>-Konzentrationen in Baden-Württemberg - Auswertung auf der Basis der Levoglucosankonzentrationen für das Jahr 2015 und das erste Quartal 2016. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, Oktober 2016.  
[http://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/17997-Auswertung\\_auf\\_der\\_Basis\\_der\\_Levoglucosankonzentrationen\\_f%C3%BCr\\_das\\_Jahr\\_2015\\_und\\_das\\_erste\\_Quartal\\_201.pdf](http://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/17997-Auswertung_auf_der_Basis_der_Levoglucosankonzentrationen_f%C3%BCr_das_Jahr_2015_und_das_erste_Quartal_201.pdf) (25.9.2024)

Ohata, S.; Koike, M.; Yoshida, A.; Moteki, N.; Adachi, K.; Oshima, N.; Matsui, H.; Eppers, O.; Bozem, H.; Zanatta, M.; Herber, A. B. (2021): Arctic black carbon during PAMARCMiP 2018 and previous aircraft experiments in spring, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 21, S. 15861–15881, 4. November 2021.  
<https://doi.org/10.5194/acp-21-15861-2021> (25.9.2024)

RAL (2018): Blauer Engel – Das Umweltzeichen: Recyclingpapier (DE-UZ 14a), Version 2, RAL gGmbH, Bonn, Januar 2018. <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20014a-201801-de-Kriterien-V2.pdf> (25.9.2024)

RAL (2020): Blauer Engel – Das Umweltzeichen: Kaminöfen für Holz (DE-UZ 212). Version 6. RAL gGmbH, Bonn, Januar 2020. <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20212-202001-de%20Kriterien-V6.pdf> (25.9.2024)

RAL (2022): Blauer Engel – Das Umweltzeichen: Staubabscheider für Scheitholz-Einzelraumfeuerungen (DE-UZ 222). Version 1. RAL gGmbH, Bonn, Januar 2022. <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20222-202201-de%20Kriterien-V1.pdf> (25.9.2024)

RAL (2023): Prüfstandsmessungen an Kaminöfen für Holz zum Erwerb des Umweltzeichens Blauer Engel DE-UZ 212. RAL gGmbH, St. Augustin, 2023. (unveröffentlicht)

Reichert, G.; Sturmlechner, G.; Stressler, H.; Schwabl, M.; Schmidl, C.; Oehler, H.; Mack, R.; Hartmann, H. (2016): Definition of Suitable Measurement Methods and Advanced Type Testing Procedure for Real Life Conditions, BeReal Project, Deliverable D3.3, BIOENERGY 2020+ (Hg.), Weselburg-Land (Österreich).  
[https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/d3.3\\_definition\\_suitable\\_measurement\\_methods\\_and\\_advanced\\_type\\_testing\\_procedure.pdf](https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/d3.3_definition_suitable_measurement_methods_and_advanced_type_testing_procedure.pdf) (25.9.2024)

Rönnbäck, M.; Persson, H.; Gottlieb Jespersen, M.; Hinnenskov Jensen, J. (2016): Documentation and evaluation of field data demonstration. BeReal Project, Deliverable D7.1, SP/DTI/TFZ/BE2020+/HFR, SP Technical Research Institute of Sweden (Hg.), Borås (Schweden).

[https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/d7.1\\_documentation\\_and\\_evaluation\\_of\\_field\\_data\\_demonstration.pdf](https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/d7.1_documentation_and_evaluation_of_field_data_demonstration.pdf) (25.9.2024)

Schön, C.; Hartmann, H.; von Sonntag, J. (2015): Entwicklung einer abgestimmten Methode zur Bestimmung der Partikelemissionen von mit fester Biomasse betriebenen Feuerstätten (EN-PME-Test), Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Schlussbericht, Straubing, Januar 2015. <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22032411.pdf> (25.9.2024)

Schwister, K. (2009): Taschenbuch der Umwelttechnik; 2. aktualisierte Auflage, ISBN: 978-3-446-41999-5, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Leipzig.

Tebert, C.; Volz, S.; Töfge, K. (2016): Ermittlung und Aktualisierung von Emissionsfaktoren für das nationale Emissionsinventar bezüglich kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher. Überprüfung der Umsetzung des Standes der Technik bezüglich der Emissionen prioritärer Schadstoffe für einzelne Industriebranchen - Teilverhaben 2, FKZ 3712 42 313-2, Endbericht - Hauptteil und Anhang. Umweltbundesamt (Hg.), Dessau-Roßlau, Mai 2016.

[http://oekopol.de/src/files/2016\\_UBA\\_OeKOPOL\\_Emissionen-Kleinfeuerungsanlagen.pdf](http://oekopol.de/src/files/2016_UBA_OeKOPOL_Emissionen-Kleinfeuerungsanlagen.pdf) (25.9.2024)

Tebert, C.; Rödig, L.; Hartmann, I.; Ulbricht, T.; Lenz, V. (2020): Umweltzeichen Blauer Engel: Entwicklung von Vergabekriterien für Kaminöfen für Holz - Hintergrundbericht zur Erarbeitung der Vergabekriterien DE-UZ 212, Ausgabe Januar 2020. FKZ 3717 37 314 0, Texte 152/2020, Umweltbundesamt (Hg.), Dessau-Roßlau, August 2020. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_152-2020\\_umweltzeichen\\_blauer\\_engel\\_entwicklung\\_von\\_vergabekriterien\\_fuer\\_kaminoefen\\_fuer\\_holz.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_152-2020_umweltzeichen_blauer_engel_entwicklung_von_vergabekriterien_fuer_kaminoefen_fuer_holz.pdf) (25.9.2024)

UBA (2019a): Gesunde Luft - Daten zur Luftqualität 2018. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Juni 2019. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp\\_1-2019\\_web.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp_1-2019_web.pdf) (25.9.2024)

UBA (2019b): Beurteilung der Luftqualität in Deutschland 2018, Jahresbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/beurteilung-der-luftqualitaet> (25.9.2024)

UBA (2020): Beurteilung der Luftqualität in Deutschland 2019, Jahresbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/beurteilung-der-luftqualitaet> (25.9.2024)

UBA (2021): Beurteilung der Luftqualität in Deutschland 2020, Jahresbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/beurteilung-der-luftqualitaet> (25.9.2024)

UBA (2022): Beurteilung der Luftqualität in Deutschland 2021, Jahresbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/beurteilung-der-luftqualitaet> (25.9.2024)

UBA 2023a: Umweltbewusstsein in Deutschland 2022 - Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, September 2023.

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/umweltbewusstsein\\_2022\\_bf-2023\\_09\\_04.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/umweltbewusstsein_2022_bf-2023_09_04.pdf) (25.9.2024)

UBA (2023b): Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM<sub>2,5</sub>. Internetinformation. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25#emissionsentwicklung> (25.9.2024)

UBA (2023c): Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM<sub>10</sub>. Internetinformation. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10> (25.9.2024)

UBA (2024): Fragen & Antworten: Weiterführende Informationen zu Holzheizungen - Wie viele Einzelraumfeuerungsanlagen und Festbrennstoffkessel gibt es? Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen/quellen-der-luftschadstoffe/fragen-antworten-weiterfuehrende-informationen-zu#wie-viele-einzelraumfeuerungsanlagen-und-festbrennstoffkessel-gibt-es> (25.9.2024)

VDI (1980): VDI 3678-1:1980: Elektrische Abscheider (zurückgezogen), Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag GmbH, Berlin. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-3678-elektrische-abscheider> (25.9.2024)

VDI (1994): VDI 2066-5:1994-11 Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen; Fraktionierende Staubmessung nach dem Impaktionsverfahren - Kaskadenimpaktor, Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 46 S., November 1994. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2066-blatt-5-messen-von-partikeln-staubmessung-in-stroemenden-gasen-fraktionierende-staubmessung-nach-dem-impaktionsverfahren-kaskadenimpaktor> (25.9.2024)

VDI (2010): VDI 3678-2:2010: Elektrofilter – Prozessluft- und Raumluftreinigung, Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Dezember 2010. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-3678-blatt-2-elektrofilter-prozessluft-und-raumluftreinigung> (25.9.2024)

VDI (2016): VDI 3670:2016-04 Abgasreinigung - Nachgeschaltete Staubminderungseinrichtungen für Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe, Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag GmbH, Berlin, April 2016. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-3670-abgasreinigung-nachgeschaltete-staubminderungseinrichtungen-fuer-kleinfeuerungsanlagen-fuer-feste-brennstoffe> (25.9.2024)

VDI (2021): VDI 2066-1:2021-05 Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen - Gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung, Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Mai 2021. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2066-blatt-1-messen-von-partikeln-staubmessung-in-stroemenden-gasen-gravimetrische-bestimmung-der-staubbeladung> (25.9.2024)

WHO (2006): WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005 - Summary of risk assessment. World Health Organisation (WHO), Genf, 2006. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf) (25.9.2024)

WHO (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Genf, 2021. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf> (25.9.2024)

Wüest, J.; Lohberger, N.; Lüscher, M. 2020: Emissionen von Holzfeuerungen nach elektrostatischen Staubabscheidern. Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz, Fachhochschule Nordwestschweiz, Windisch/CH, Februar 2020. <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/emissionen-von-holzfeuerungen-nach-elektrostatischen-staubabscheidern.pdf.download.pdf> / Projekt Saas Fee Schlussbericht.pdf (25.9.2024)

Wüest, J. (2023): Partikelanzahl-Messung - Ringversuch Kassel Dez. 2022. Vortrag beim Fachgespräch zu den Ergebnissen des Umweltbundesamt-Forschungsvorhabens zur Partikelanzahlmessung, 27. Juni 2023. (unveröffentlicht)

ZIV (2023): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks 2022, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV), Sankt Augustin. <https://www.schornsteinfeger.de/erhebungen.aspx> (25.9.2024)

ZVSHK (2021): TROL - Fachregel Ofen- und Luftheizungsbau. Loseblattsammlung, Zentralverband Sanitär Heizung, Klima (Hg.). Sankt Augustin, Version 2021. <https://www.zvshk.de/onlineshop/ofen-kamin-luftheizungsbau/download-fachregel-ofen-und-luftheizungsbau-inkl-printfassung-trol/> (25.9.2024)

## **ANHANG**

## A Technischer Hintergrund

### A.1 Einführung

Kleinfeuerungsanlagen werden durch die 1. BImSchV (Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) geregelt. Sie haben eine thermische Leistung bis 1.000 kW<sub>th</sub> und dürfen nur mit bestimmten Brennstoffen betrieben werden. Diese Brennstoffe sind im § 3 der 1. BImSchV genannt. Bezuglich des Einsatzes im Haushalt ist zwischen dezentral und zentral einzusetzenden Kleinfeuerungsanlagen zu unterscheiden. Dezentrale Feuerungen sind Einzelraumfeuerungen wie Kaminöfen oder Speicherfeuerstätten, die zur Beheizung einzelner Räume genutzt werden. Solche Feuerungen machen über 90 % der gesamten Biomassefeuerungen der 1. BImSchV aus und werden Hauptsächlich für die Bereitstellung von Raumwärme eingesetzt. Zentrale Feuerungsanlagen sind Heizkessel, die z. B. mit Pellets, Hackschnitzeln oder Scheitholz betrieben werden und in der Regel im Keller oder Heizungsraum aufgestellt sind und zur Bereitstellung von Wärme und Warmwassers des gesamten Gebäudes eingesetzt werden. Die erzeugte Wärme wird an die in den einzelnen Räumen installierten Heizkörper verteilt.

Diese Festbrennstofffeuerungen sind eine nicht vernachlässigbare Quelle für viele Schadstoffe, insbesondere für Feinstaub und polzyklisch aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), die bei der Verbrennung in die Umgebung freigesetzt werden. Für die Minderung von Schadstoffen aus der Verbrennung wurden in den letzten Jahren neue Abgasbehandlungstechnologien entwickelt, die entweder in die Feuerung integriert oder dieser nachgeschaltet werden können.

Nach der letzten Novellierung der 1. BImSchV im Jahr 2010 wurden die Grenzwerte für die Emissionen an Kohlenstoffmonoxid und Gesamtstaub sukzessive verschärft. Während zahlreiche Hersteller im Rahmen von Neuentwicklungen für Kleinfeuerungsanlagen auf integrierte Technologien zurückgreifen, um die schärferen Grenzwerte auf dem Prüfstand mit Anlagen einzuhalten, muss eine Vielzahl der 11 Millionen Bestandsanlagen in den kommenden Jahren nach § 26 Abs. 2 nachträglich mit nachgeschalteten Staubabscheidern ausgerüstet oder stillgelegt werden (nach Angaben des Zentralinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks – ZIV ca. 3,5 Millionen Einzelraumfeuerungsanlagen) (ZIV 2023). Integrierte Technologien in Form von Einbauten und Katalysatoren lassen sich trotz der technischen Möglichkeit aus Zulassungsgründen nicht oder nur mit einem sehr hohen Aufwand in Kleinfeuerungsanlagen nachrüsten. Der Einsatz von nachgeschalteten Systemen bleibt eine geeignete Lösung, um bei einer sachgemäßen Verbrennung die besten Ergebnisse zu erbringen. Bei einer unsachgemäßen Verbrennung, welche z. B. durch Fehlbedienungen oder durch die Nutzung ungeeigneter Brennstoffe hohe Emissionen entstehen lässt, haben die nachgeschalteten Systeme nach derzeitigem Stand nicht die gewünschte Wirkung und die Grenzwerte lassen sich daher selbst nach Installation eines nachgeschalteten Staubabscheidens teilweise nicht erreichen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde eine Recherche über den Stand der Technik von Abscheidetechnologien für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen und die für zur Zulassung solcher Technologien angewandten Prüfverfahren durchgeführt. Bei der Ermittlung vom Stand der Technik wurden die Einbauvarianten für Staubabscheider mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen evaluiert. Außerdem wurden die für einen langzeitigen Betrieb zu gewährleistenden technischen Anforderungen (z. B. Reinigung und Wartung) beschrieben. Da elektrostatische Abscheider nicht nur außerhalb, sondern auch innerhalb des bewohnten Gebäudebereichs installiert werden können, wurden nicht nur die Abscheideleistung, sondern auch weitere

wichtige Bewertungskriterien, wie beispielsweise die Akustik oder elektromagnetische Verträglichkeit, berücksichtigt, welche bisher kaum betrachtet werden.

Für die Prüfung der Wirksamkeit von Abscheidetechnologien wurde im Jahr 2014 die Vornorm DIN SPEC 33999:2014-12 veröffentlicht, in der die Vorgehensweise für die Prüfung von nachgeschalteten Staubabscheidersystemen beschrieben ist. Die in dem Prüfverfahren geforderten Betriebseinstellungen haben sich während der Prüftätigkeiten in den akkreditierten Prüflaboren als schwer umsetzbar erwiesen. Einerseits können nicht die für den Zweck des Prüfverfahrens geltenden Vergleichbarkeiten zwischen unterschiedlichen Staubabscheidern hergestellt werden. Andererseits lassen sich die beschriebenen Betriebsbedingungen nur schwer einstellen. Trotzdem wird in der Prüfung von freistehenden Raumheizern nach dem Prüfverfahren des Blauen Engels DE-UZ 212 sowie in dem vorläufigen DIBt-Prüfverfahren für die Zulassung von Staubabscheidern für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen auf diese Vornorm - DIN SPEC 33999 – verwiesen (DIBt 2015, RAL 2020). Für die Ergänzung der bestehenden Prüfverfahren für Staubabscheider wurden neue Vorschläge erarbeitet, wodurch eine bessere Umsetzbarkeit der Prüfung in den Laboren und eine bessere Vergleichbarkeit von Staubabscheidetechnologien gewährleistet werden soll.

## A.2 Stand des Wissens und der Technik von Staubabscheidern

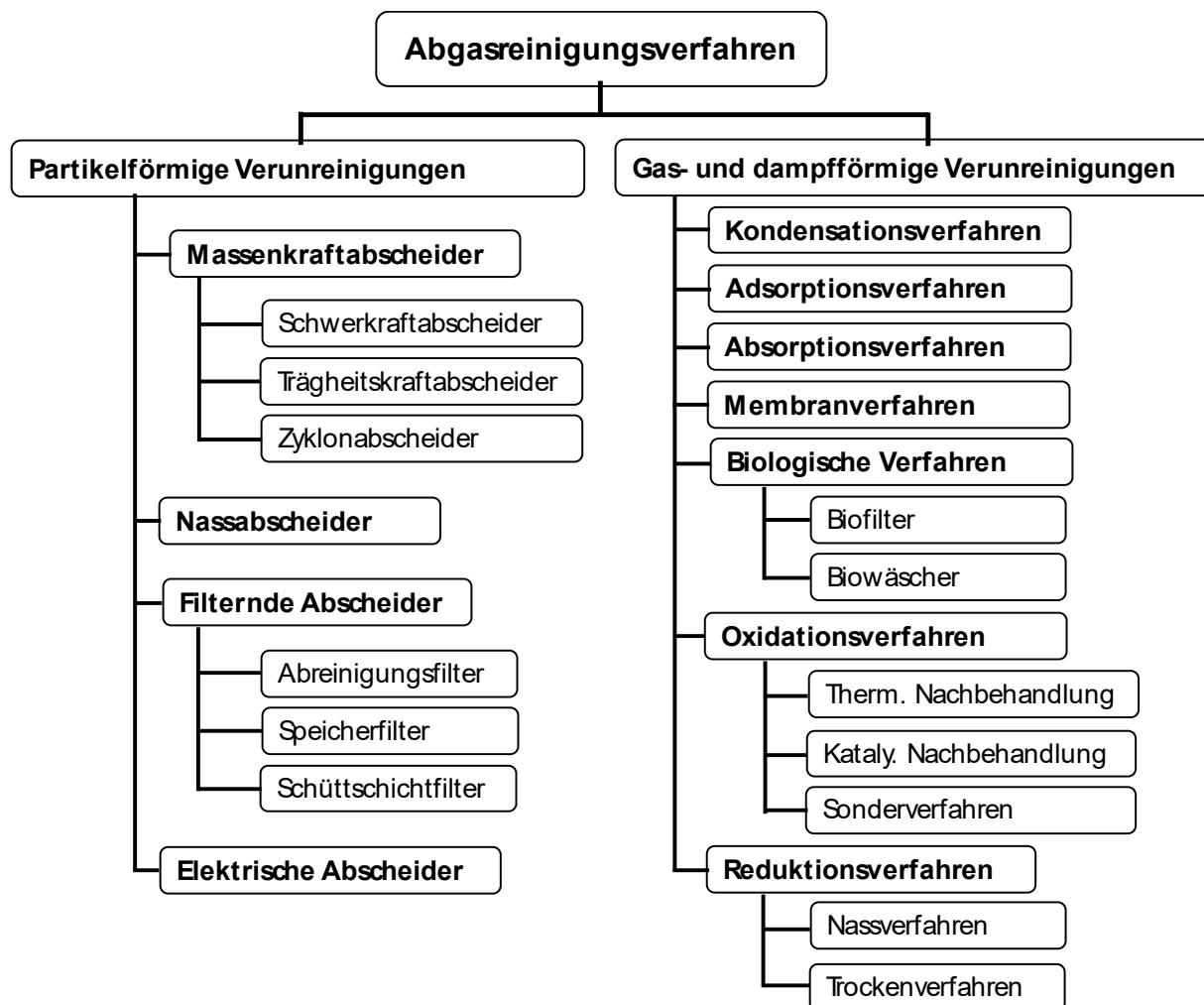
In der Ersten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) sind die Erforderlichkeiten für den Einsatz von Staubabscheidern in Einzelraumfeuerungsanlagen festgelegt. Können Kamineinsätze, Kachelofeneinsätze oder vergleichbare eingemauerte Ofeneinsätze sowie ältere Grundöfen die geforderten Grenzwerte für Gesamtstaub nach § 26 Abs. 1 innerhalb einer bestimmten Übergangsfrist nicht einhalten, müssen diese mit einem Staubabscheider nachgerüstet oder stillgelegt werden. Der Nachweis über die Einhaltung der Grenzwerte erfolgt auf Basis der Messergebnisse aus der Zulassungsprüfung der Feuerungsanlagen oder nach einer Überprüfung der Emissionen durch den Schornsteinfeger. Außerdem müssen nach § 4 Abs. 5 auch neu errichtete Grundöfen seit dem 01.01.2015 mit nachgeschalteten Einrichtungen zur Abscheidung von Stäuben ausgerüstet werden. Die letzten Übergangsfristen für die Nachrüstpflicht von Einzelraumfeuerungsanlagen laufen am 31. Dezember 2024 aus, für Einzelraumfeuerungsanlagen die vor dem 21. März 2010 typgeprüft wurden und die Grenzwerte nicht einhalten können.

Nach der Nachrüstung der Anlagen mit einem Staubabscheider müssen keine weiteren Nachweise über die Funktionalität der Abscheider in der Praxis, wie beispielsweise durch eine Überprüfung der Staubemissionen durch den Schornsteinfeger, erbracht werden. Nach § 4 Abs. 6 wird lediglich gefordert, dass nachgeschaltete Einrichtungen zur Staubminderung über eine festgestellte Eignung durch eine Behörde oder eine Bauartzulassung verfügen müssen. Die Nachrüstung von integrierten Technologien (z. B. keramische Einbauten oder Katalysatoren) zur Minderung von Stäuben ist trotz der technischen Möglichkeiten nicht vorgesehen, da es sich hier um maßgebliche technische Änderungen an den Feuerungsanlagen handelt, welche eine Neuzulassung von Einzelraumfeuerungsanlagen erfordert. Die Anzahl der nachzurüstenden oder außer Betrieb zu nehmenden Anlagen betrug nach Angaben des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks ZIV ca. 3,5 Millionen (ZIV 2023). Ein Teil dieser Anlagen wird in den nächsten Jahren mit entsprechenden Staubabscheidersystemen nachgerüstet werden müssen.

Neben den Emissionsprüfungen für die Zulassung von Kleinfeuerungsanlagen gibt es außerdem Prüfvorschriften nach bestimmten freiwilligen Qualitätssiegeln, wie beispielsweise nach dem Prüfverfahren des Blauen Engels für Kaminöfen für Holz DE-UZ 212 (RAL 2020) für freistehende

Raumheizer nach DIN EN 13240, in dem strengere Grenzwerte festgelegt sind. Die Staubgrenzwerte in den Vergabekriterien des Blauen Engel für Kaminöfen können nach dem Stand der Technik nur mit entsprechenden integrierten oder nachgeschalteten Abscheidersystemen eingehalten werden. In Abbildung 1 sind die möglichen Verfahren zur Abscheidung von Partikeln und gasförmigen Emissionen zusammengefasst. Mit einigen Verfahren ist mitunter eine gewisse Reduzierung von gasförmigen Schadstoffen zu erreichen (z. B. durch thermische Oxidationsverfahren). Beispielsweise lassen sich mit im Feuerraum integrierten keramischen Einbauten sowohl die Konzentrationen an Stäuben als auch an OGC (Organic Gaseous Carbon; organischer Gesamtkohlenstoff) bzw. Gesamtkohlenwasserstoffen mindern. Bisher sind lediglich elektrostatische Abscheider für den Einsatz in Einzelraumfeuerungen nachweislich geeignet.

**Abbildung 1: Überblick über Verfahren zur Behandlung von staub- und gasförmigen Emissionen**



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer Institut für Bauphysik (2021)

Die Auswahl von Staubabscheideverfahren hängt maßgeblich von der thermischen Leistung bzw. von der Art sowie von dem Einsatzort der Feuerungsanlagen ab. Während sich für Feuerungsanlagen im höheren Leistungsbereich vielseitige technologische Lösungen zur Emissionsminderung anbieten, kommen in Einzelraumfeuerungsanlagen bisher hauptsächlich nachgeschaltete elektrostatische Abscheider sowie integrierte Technologien (keramische Einbauen, Schaumkeramikfilter und Katalysatoren) zur Anwendung. Für eine zusätzliche

Minderung von gasförmigen Emissionen aus unvollständiger Verbrennung (Kohlenstoffmonoxid und OGC bzw. Kohlenwasserstoffe) sind bisher nur die oben genannten integrierten Technologien geeignet.

### **A.3 Staubabscheideprinzipien**

Für die Minderung von Schadstoffen aus Verbrennungsprozessen werden hauptsächlich primäre und sekundäre Maßnahmen eingesetzt. Bei den Sekundärmaßnahmen handelt es sich um nachgeschaltete Systeme, welche an die Verbrennungsanlagen angeschlossen werden. Unter Primärmaßnahmen sind konzeptionelle, konstruktive oder regelungstechnische Maßnahmen zu verstehen, die für die Verbesserung des Verbrennungs- und Emissionsverhaltens zu ergreifen sind. Zu den Primärmaßnahmen gehören außerdem die integrierten Technologien wie beispielsweise die Einbautentechnik, welche meistens vor dem Wärmetauscher bzw. vor der Abkühlung des Abgases eingebaut werden und eine funktionelle Verbesserung des Prozesses gewährleisten. Die Besonderheit der Primärmaßnahmen hinsichtlich der Anwendung in Kleinfeuerungsanlagen liegt darin, dass sie eine sichere Funktion hinsichtlich der Minderung von Schadstoffen und der Erhöhung der Verbrennungseffizienz leisten. Darüber hinaus lassen sie sich wirtschaftlicher, sicherer sowie einfacher in der Praxis implementieren und betreiben. Im Gegensatz zu den nachgeschalteten Systemen ist eine Nachrüstung von integrierten Technologien zwar technisch möglich, allerdings gilt diese als konstruktive Änderung, wodurch die Anlagen ihre Zulassung verlieren. Zu den effektivsten Primärmaßnahmen für den Einsatz in Einzelraumfeuerungsanlagen gehören die Abbrandregelungen, wodurch die Emissionen drastisch und vor allem im realen Betrieb gemindert werden können.

Da die Primärmaßnahmen bzw. die integrierten Abscheidetechniken jedoch nicht nachträglich eingebaut werden können, müssen vor allem bei älteren Anlagen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen, insbesondere an Feinstaub, Sekundärmaßnahmen in Form von nachgeschalteten Abscheidesystemen eingesetzt werden. Der Betrieb von nachgeschalteten Systemen ist meistens mit einem höheren technischen und wirtschaftlichen Aufwand verbunden als bei Primärmaßnahmen. Soll die Schadstoffminderung ausschließlich durch nachgeschaltete Abgasbehandlungssysteme erfolgen, würde das zu höheren Kosten für Kleinfeuerungsanlagen führen und infolgedessen die Kosten für die Bereitstellung von Wärme und Warmwasser steigen. Beispielsweise liegen die Kosten für nachgeschaltete Abscheider für Einzelraumfeuerungsanlagen durchschnittlich bei ca. 1.500 €, wobei Mittelklasse-Einzelraumfeuerungsanlagen im Durchschnitt für ca. 3.000 € auf dem Markt angeboten werden.

Als nachgeschaltete Abscheider kommen bei Kleinfeuerungsanlagen bzw. Einzelraumfeuerungen bisher fast ausschließlich elektrostatische Abscheider zum Einsatz. Für einen effizienten Betrieb des Abscheiders ist insbesondere bei elektrostatischen Abscheidern eine regelmäßige Reinigung notwendig. Starke Verschmutzungen können zu einer Minderung der Abscheideleistung führen. Da rußhaltige Staubschichten eine elektrische Leitfähigkeit aufweisen, können bei der Bildung von solchen Schichten entsprechende Spannungsabbrüche auftreten. Im Worst-Case führt eine starke Verschmutzung der SprühElektrode zum Ausfall des Abscheiders. Gemäß den Erfahrungen im Fraunhofer IPB ist eine dauerhafte Abscheideleistung nur bei einer automatischen Reinigung der Sprüh- und Niederschlagselektroden gegeben. Aufgrund dessen sollten integrierte und primäre Maßnahmen bevorzugt eingesetzt werden. Durch diese lassen sich nicht nur die Staub-, sondern auch die Emissionen an gasförmigen Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid reduzieren.

Sollten elektrostatische Staubabscheider eingesetzt werden, ist eine regelmäßige Reinigung der Sprüh- und Niederschlagselektrode vorzusehen, um Beeinträchtigungen im Betrieb des Staubabscheiders möglichst gut vorzubeugen. Darüber hinaus sollten die Staubemissionen dauerhaft nicht über 0,15 g/m<sup>3</sup> und die CO-Emissionen dauerhaft nicht über 2,5 g/m<sup>3</sup> liegen, da es sonst zu einer Inaktivierung des Staubabscheiders aufgrund von Rußablagerungen auf der Elektrode kommt. Darüber hinaus nimmt die Wirksamkeit des Staubabscheiders mit steigenden CO- und Staubemissionen (unvollständige Verbrennung) ab.

#### A.4 Elektrostatische Abscheider

Bei den elektrostatischen Abscheidern wird ein Hochspannungsfeld zwischen einer drahtförmigen Sprühelektrode und einer flächenförmigen Niederschlagselektrode erzeugt, in dem die im Rauchgasvolumenstrom befindlichen Staubpartikel elektrisch aufgeladen und gleichzeitig aus dem Abgasstrom abgelenkt werden. Beim Abscheideprozess in den Elektrofiltern finden folgende Vorgänge statt (Fritz und Kern 1992, Schwister 2009):

- ▶ Aufladung und Transport der Staubpartikel zur Niederschlagselektrode: Die mit negativer Gleichspannung (von 30 bis 80 kV) beaufschlagte Sprühelektrode emittiert Elektronen, welche die in der Umgebung befindlichen Gasmoleküle ionisieren. Die Staubpartikel werden durch den Ionenbeschuss (für Staubpartikel > 1 µm) oder die Ionendiffusion (für Staubpartikel < 0,5 µm) negativ aufgeladen und bewegen sich im angelegten elektrischen Feld quer zur Rauchgasströmung und werden von der positiv geladenen Niederschlagselektrode angezogen. Bei der Abscheidung von Stäuben in Kleinfeuerungsanlagen wird in der Regel das Abgasrohr als Niederschlagselektrode genutzt.
- ▶ Entladung und Haftung der Partikel an der Niederschlagselektrode: Um die Ableitung der Ladung und die Haftung von Partikeln an Partikeln bzw. an die Niederschlagselektrode optimal gewährleisten zu können, muss der Widerstand der gebildeten Staubschicht im Bereich von 104 bis 1.011 Ωcm<sup>2</sup>/cm liegen. Ansonsten tritt das sogenannte Rücksprühen auf, wodurch keine Abscheidung mehr gewährleistet wird.
- ▶ Reinigung der gebildeten Staubschicht von der Niederschlagselektrode: Die auf der Niederschlagselektrode gebildete Staubschicht muss in regelmäßigen Abständen entfernt werden, um während des Betriebs einen optimalen Widerstand herstellen zu können. Die Reinigung der Niederschlagselektrode von Staubbelaugen erfolgt häufig mechanisch durch Klopfschläge gegen die Wand der Niederschlagselektrode.

Die Abscheideleistung der Elektroabscheider hängt stark von den Staub- und Rauchgaseigenschaften sowie von der Elektrodenkonfiguration und von der Betriebsweise des Systems ab (Fritz und Kern 1992, Schwister 2009). Im Laufe der Zeit kann es durch eine zu hohe Anlagerung von Partikeln zur Flockung bzw. zur Bildung von Ruß bzw. zur Bildung großer Staub- oder Rußflocken kommen. Bei zu hohen Anlagerungen von Staub an der Abscheideelektrode können Staub bzw. Rußflocken mit dem Abgasstrom aus dem Schornstein ausgetragen werden. Dieser sogenannte Flockenausstoß kann sehr gut durch die Kombination aus elektrostatischem Abscheider und Fliehkraftabscheider vermieden werden (Aleyna und Leister 2019). Die elektrostatischen Abscheider finden bei häuslichen Biomassefeuerungen

(sowohl in Heizkesseln als auch in Einzelraumfeuerungsanlagen) mit Abstand am häufigsten Verwendung.

## A.5 Integrierte Abscheidetechniken

Bei den bisher vermarkteteten integrierten Technologien für Kleinfeuerungsanlagen handelt es sich um Filtrationsverfahren sowie katalytische Oxidationsverfahren. In manchen Einzelraumfeuerungen werden zudem thermische Oxidationsverfahren (z. B. keramische Einbauten) installiert. Integrierte elektrostatische Abscheider in Kombination mit anderen integrierten Technologien, sind derzeit Gegenstand der Forschung im Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP. Da die integrierten Technologien direkt in den Feuerungsanlagen verbaut werden, werden sie zusammen mit der Zulassungsprüfung für die Feuerungsanlagen (z. B. nach DIN EN 13229 für Kamineinsätze oder nach DIN EN 15250 für Speicherfeuerstätten) mitgeprüft und als technischer Bestandteil dieser Anlagen betrachtet. Sie dürfen aus Zulassungsgründen im Nachhinein weder ein- noch ausgebaut werden.

In der Tabelle 7 ist eine zusammenfassende Bewertung für den Einsatz von nachgeschalteten und integrierten Technologien für die Minderung von Partikeln aus dem Abgas zusammengestellt. Aus wirtschaftlichen Gründen sollten nachgeschaltete Technologien erst eingesetzt werden, wenn die Möglichkeiten für den Einsatz von integrierten (bzw. primären) Emissionsminderungstechniken ausgeschöpft sind. Bei den nachrüstbaren Abscheidersystemen weisen die elektrostatischen Abscheider im Vergleich zu anderen Abscheidern günstige Eigenschaften auf, weshalb diese hauptsächlich bei Einzelraumfeuerungsanlagen bzw. Festbrennstofffeuerungsanlagen der 1. BImSchV eingesetzt werden. Wie vorher erwähnt wurde, kommen bisher nur elektrostatische Abscheider, Abgaswärmetauscher und einige integrierte Technologien in Form von Katalysatoren, Schaumkeramikfiltern und Einbauten zum Einsatz.

**Tabelle 7: Zusammenfassung der wesentlichen Vor- und Nachteile von in Kleinfeuerungen eingesetzten nachgeschalteten und integrierten Staubabscheideverfahren.**

Anordnung der Verfahren	Abscheide-Verfahren	Vorteile	Nachteile
Nachgeschaltete Abscheider-Systeme	Elektrostatische Abscheider	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Abscheidegrad möglich (bei geringer Staubkonzentration im Rohgas bis zu 85 % (Aleysa und Leistner 2019))<sup>1)</sup></li> <li>- in der Regel geringer Druckverlust</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Staubabscheidegrad ist stark von den Abgaseigenschaften abhängig,</li> <li>- Gefahr der Flockenbildung und des Flockenauswurf,</li> <li>- Geräuschemissionen und elektromagnetische Strahlung</li> </ul>
	Abgaswärmetauscher (Brennwert-technik)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmerückgewinnung aus dem Abgas und höhere Effizienz bei gleichzeitiger Staubabscheidung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Staubabscheidewirkung für Feinstaub,</li> <li>- Entsorgung von Kondensaten,</li> <li>- korrosionsbeständige Materialien notwendig</li> </ul>
Integrierte Technologien	Filtration anhand von metallischen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kostengünstig,</li> <li>- leicht austauschbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Staubabscheidewirkung,</li> </ul>

Anordnung der Verfahren	Abscheide-Verfahren	Vorteile	Nachteile
	und keramischen Schaumstrukturen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- kaum Abscheidung von Feinstäuben (<math>&lt; 1 \mu\text{m}</math>),</li> <li>- Verstopfungsgefahr,</li> <li>- geringe mechanische Festigkeit,</li> <li>- häufige Reinigung oder Austausch erforderlich</li> </ul>
	Katalysatoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gleichzeitige Minderung von Stäuben und Oxidation von unverbrannten gasförmigen Bestandteilen im Abgas</li> <li>- Oxidation auch bei niedrigen Temperaturen (<math>&gt; 300^\circ\text{C}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Staubabscheidewirkung,</li> <li>- Verstopfungsgefahr bei der Anwendung von feinporeigen Strukturen,</li> <li>- Gefahr der Katalysatorvergiftung,</li> <li>- Alterungseffekte,</li> <li>- regelmäßiger Austausch notwendig</li> </ul>
	Einbauten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- höhere Verbrennungseffizienz</li> <li>- Minderung auch von Feinstäuben,</li> <li>- Oxidation unverbrannter Stäube und gasförmiger Komponenten,</li> <li>- mechanisch robust,</li> <li>- keine Reinigung nötig,</li> <li>- geringer Druckverlust</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidationswirkung nur bei ausreichend hohen Temperaturen (<math>&gt; 500^\circ\text{C}</math>)</li> <li>- aus zulassungsrechtlichen Gründen nicht nachrüstbar</li> <li>- geringere Minderungswirkung im Vergleich zu Katalysatoren</li> </ul>

<sup>1)</sup> Der angegebene Abscheidegrad bezieht sich auf die folgenden betrieblichen Rahmenbedingungen: Rohgaskonzentration des Staubs  $< 60 \text{ mg/Nm}^3$ , Abgasgeschwindigkeit in dem Hochspannungsfeld  $< 1 \text{ m/s}$ , sehr gute Verbrennungsqualität ( $\text{CO} < 300 \text{ mg/Nm}^3$ ) bei einem minimalen Hochspannungsfeld von 30 kV und einer Stromstärke von 1,2 mA.

## A.6 Marktrecherche über Staubminderungstechnologien für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen

Für die Minderung von Stäuben in Holzfeuerungsanlagen der 1. BImSchV wurden unterschiedliche Abscheideverfahren entwickelt, welche auf den zuvor beschriebenen Abscheideprinzipien basieren. Bei den auf dem Markt verfügbaren Staubminderungs- und Abscheidetechnologien für Kleinfeuerungsanlagen handelt es sich entweder um integrierte Technologien (Einbauten, Katalysatoren, Filter und Abgaswärmetauscher) oder um nachgeschaltete elektrostatische Abscheider, wobei elektrostatische Abscheider bei den Kleinfeuerungsanlagen aktuell mit Abstand die größte Marktrelevanz besitzen. Dies ist auch anhand der nachfolgenden Tabelle 8 zu erkennen, in der die für den Einsatz in Einzelraumfeuerungen geeigneten Abscheider aufgelistet sind.

**Tabelle 8: Übersicht über Staubabscheider zum Einsatz in Biomassekesseln und Einzelraumfeuerungen**

Abscheider-prinzip	Produktnam	Hersteller	Anwendung	DIBt-Zulassung/ Verfügbarkeit
Elektro-statische Abscheider	Airbox	Spartherm	Einzelraumfeuerungen bis 15 kW	verfügbar
	AIRJEKT 1 (Version 1.0 u. 2.0)	Kutzner + Weber GmbH	geschlossen betriebene Feuerungen bis 100 kW	Z-7.4-3442
	Airjekt 25	Kutzner + Weber GmbH	geschlossen betriebene Feuerungen bis 25 kW	Z-7.4-3535
	CCA-Mini	CCA - Carola Clean Air GmbH	geschlossen betriebene Feuerungen von 4 – 100 kW	Z-7.4-3537
	Cyclojekt	Kutzner + Weber GmbH	geschlossen betriebene Feuerungen bis 320 kW (mit nachgeschaltetem Fliehkraftabscheider)	Z-7.4-3534
	ESP	exodraft a/s	geschlossen betriebene Feuerungen bis 10 kW	Z-7.4-3536
	Future-Refine	Schräder Abgas-technologie	Holzfeuerungen bis 50 kW	verfügbar
	OekoTube OT2	OekoSolve AG	geschlossen betriebene Feuerungen bis 50 kW; offen betriebene Feuerungen bis 40 kW	Z-7.4-3451
	OekoTube-Outside	OekoSolve AG	Einzelraumfeuerungen bis 50 kW	verfügbar
Filternde Abscheider	ECOplus-Feinstaubfilter	HARK GmbH & Co. KG	firmeneigene Kamine und Kaminöfen	verfügbar
	MAHLE Pure Heat	Filtration Group	Einzelraumfeuerungen bis 12 kW	--
Katalysatoren (katalytische Oxidations-verfahren)	ChimCat® RETRO	Dr Pley Environmental GmbH	Scheitholzkaminöfen	--
	KlimaKat	Caminos Kaminöfen	Kaminöfen	--
	Schaumkeramik-KAT	Linder-KAT	Einzelraumfeuerungen bis 9 kW	verfügbar
Einbauten (thermische Oxidations-verfahren)	HiClean-Filter HCF	wodtke GmbH	firmeneigene Kaminöfen	verfügbar
	Pall-Ringmodul	Ambio Speicherofen & Kamin GmbH	Speicher- und Kaminöfen	verfügbar

Quelle: Eigene Recherche, Fraunhofer Institut für Bauphysik (2021)

Eine Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) konnte bislang nur für elektrostatische Abscheider und Abgaswärmetauscher nachgewiesen werden. Es ist zu erwähnen, dass nicht alle Staubabscheider mit einer entsprechenden Zulassung auch als vermarktungsfähiges Produkt auf dem Markt angeboten werden.

#### A.7 Abscheidegrade elektrostatischer Abscheider

Tabelle 9 nennt zugelassene elektrostatische Abscheider für Feuerstätten mit bis zu 25 kW Feuerungswärmeleistung, teilweise mit den von Herstellern angegebenen Abscheidegraden. Tabelle 10 führt massebezogene Abscheidegrade von drei elektrostatischen Abscheidern an EFA - Ergebnisse aus verschiedenen Forschungsvorhaben.

**Tabelle 9: Elektrostatische Abscheider für Feuerungswärmeleistungen bis 100 kW und Herstellerangaben zum massebezogenen Staubabscheidegrad (Stand Juli 2020)**

Hersteller/ Anlagentyp		Feuerungs- wärme- leistung	Abreinigung	Betriebs- stunden- zähler	Abscheide- grad laut Hersteller	Zulassung	Gültig bis
Airjekt	Airjekt 1	25 kW	M		50 – 90 %	Z-7.4- 3442	21.10.2020
CAROLA	CCA-mini	4-100 kW	M			Z-7.4- 3537	11.12.2024
CAROLA	CCA-25	25 kW	M		bis 90 %	Z-7.4- 3504	24.08.2020
ESP	ESP	10 kW	A			Z-7.4- 3536	17.12.2024
OekoTube- Inside	OTI 130	32 kW	M	(X)	bis 85 %	Z-7.4- 3451	04.08.2021
OekoTube	OT2	(50 kW)	M	X	bis 85 %	Z-7.4- 3451	04.08.2021

M: manuelle Trockenreinigung; A: automatische Trockenreinigung

Quelle: Hartmann et al. (2020)

**Tabelle 10: Massebezogene Staubabscheidegrade elektrostatischer Abscheider an Einzelraumfeuerungsanlagen aus Forschungsvorhaben (keine Herstellerangaben)**

Hersteller/ Anlagentyp	Bereich Abscheidegrad	Mittelwert Abscheidegrad		Jahr der Veröffentlichung
		Abscheidegrad	Abscheidegrad	
CCA-Prototyp	54 bis 70 %	-		2015
Airjekt 1 (Zumikron)	62 % bis 73 % 45 % bis 70 %	17 % 11 %		2010
Airjekt 1 (Zumikron)	8 bis 31 %	-		2015

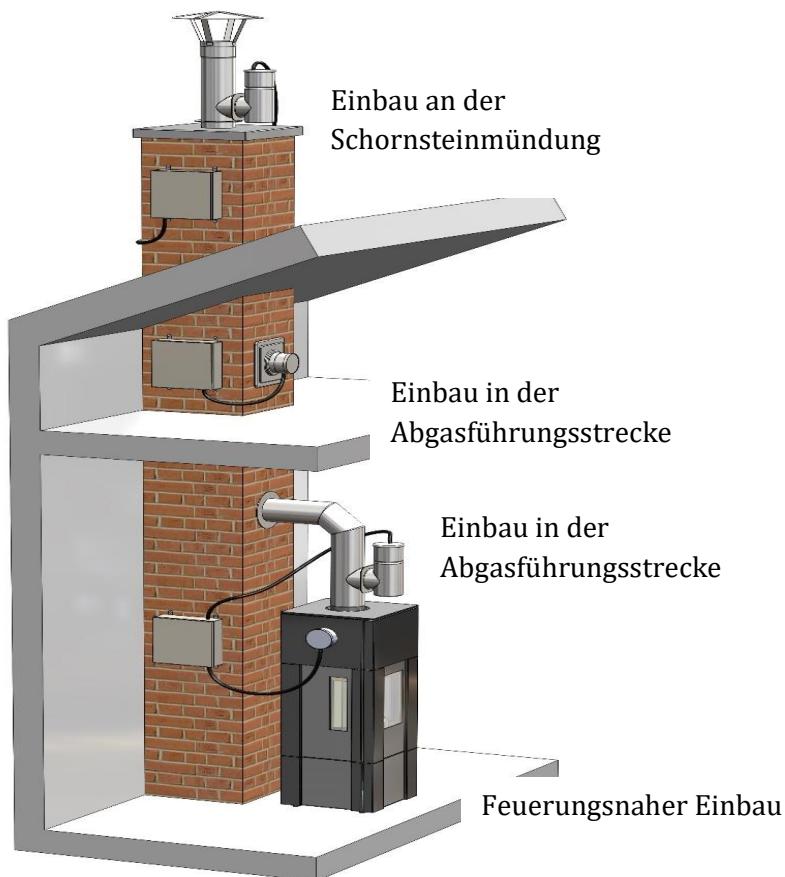
Hersteller/ Anlagentyp	Bereich Abscheidegrad	Mittelwert	Jahr der Veröffentlichung
		Abscheidegrad	
OTI	8 bis 61 % 46 bis 80 %	-	2017
OTI	70 bis 83 %	-	2016

Quelle: Hartmann et al. (2020)

## A.8 Einbauvarianten

Der Ort des Einbaus lässt sich in integrierte und nachgeschaltete Techniken unterscheiden. Bei nachgeschalteten Abscheidern ist der Einbau zudem an verschiedenen Stellen der Abgasanlage denkbar. Die Einbausituation der Abscheidetechnologien hängt dabei von den Gegebenheiten und der Funktionalität ab. Die möglichen Einbausituationen für Abscheidersysteme sind in Abbildung 2 dargestellt. Es lassen sich die folgenden Einbausituationen unterscheiden:

**Abbildung 2: Einbauvarianten für nachgeschaltete Staubabscheidetechnologien am Beispiel von elektrostatischen Abscheidern.**



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer Institut für Bauphysik (2021)

► **Feuerungsnaher Einbau:**

Feuerungsnah bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Abscheider direkt in oder kurz nach der Verbrennung integriert werden. Integrierte Technologien, wie beispielsweise Katalysatoren und die Einbautentechnik, werden in der Regel im heißen Feuerraumbereich eingesetzt, um eine ausreichend hohe Temperatur für die Reaktion und damit eine ordnungsgemäße Funktion zu gewährleisten. Die Anwendung von feuerungsnah verbauten Abscheidetechnologien ist nur im Rahmen von Neuentwicklungen für Feuerungsanlagen in Betracht zu ziehen, welche anschließend im Rahmen von Zulassungsprüfungen in akkreditierten Prüflaboren neu geprüft, zugelassen und als neue Produkte vermarktet werden.

► **Einbau in die Abgasführungsstrecke:**

Beim Einbau in die Abgasführungsstrecke oder in das Verbindungsstück werden die Abscheidensysteme zwischen der Einzelraumfeuerungsanlage und dem Schornsteinende (im Verbindungsstück oder in der Abgasanlage bzw. im Schornstein) eingebaut. Der Einbau der Abscheider in die Abgasanlage kann sowohl innerhalb als auch außerhalb des Aufstellraums erfolgen. In einigen Fällen werden die elektrostatischen Abscheider direkt in die Revisionsöffnungen der Abgasanlagen integriert. Da die Abgasanlagen herkömmlicherweise mit den integrierten Revisionsöffnungen zugelassen werden, ist eine technische Veränderung an den Revisionsöffnungen der Abgasanlagen, wie beispielsweise durch den Einbau eines elektrostatischen Abscheiders, als kritisch zu bewerten. Grundsätzlich stellt der Einbau in die Abgasführungsstrecke eine einfache, kostengünstige und sehr verbreitete Bauvariante von elektrostatischen Abscheidern dar. Sie eignet sich für den Einsatz sowohl in Einzelraumfeuerungsanlagen als auch in Heizkesseln. Für eine gute stabile Abscheideleistung ist eine maximale Abgasgeschwindigkeit von kleiner als 1,5 m/s sowie eine Länge der Abscheidestrecke von mindestens 1,5 m erforderlich. Zusätzlich spielen Länge und Form der Sprühelektrode eine wichtige Rolle. Die optimale Abgasgeschwindigkeit bzw. die Länge der Abscheidestrecke und der Sprühelektrode hängen stark von der Belastung und der Beschaffenheit des Staubes sowie von der Abgaszusammensetzung ab. Darüber hinaus ist eine permanente Reinigung der Abscheidestrecke sehr wichtig für eine stabile und hohe Abscheideleistung. Die Reinigungsintervalle ergeben sich aus der Staubbelastung im Abgas und variieren somit zwischen einem und mehreren Betriebstagen. Der Platzbedarf stellt für diese Variante einen ausschlaggebenden Faktor dar, wobei die Einstellung einer günstigen Abgasgeschwindigkeit bzw. der Aufbau der notwendigen Länge der Abscheidestrecke für eine optimale Funktion des Abscheiders in vielen Fällen in der Praxis nicht möglich ist. Hier gilt, je länger die Aufenthaltszeit des Abgases in dem Hochspannungsfeld sowie in der nachfolgenden Abscheidestrecke ist, desto höher ist die zu erwartende Abscheidewirkung. Eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s sollte bei dieser Aufbauvariante des Abscheiders nicht überschritten werden. Außerdem ist die maximale erlaubte Länge der Abscheidestrecke von den Abgaseigenschaften, vor allem von der Temperatur und dem Feuchtegehalt des Abgases, abhängig. Eine ungünstige Abkühlung des Abgases führt nicht nur zur Störung der Schornsteinfunktion, sondern auch zur Bildung von Kondensaten. (Aleysa und Leistner 2019)

► **Einbau an der Schornsteinmündung:**

Hier wird die Sprühelektrode im Schornstein senkrecht mit Hilfe eines Gewichtes bzw. einer Distanzhalterung platziert und durch eine Halterung mit flexiblen Federbeinen an den Innenwänden des Schornsteins befestigt. Die Innenwände der Abgasanlage dienen hier als Niederschlagselektrode. Die Hochspannungsquelle mit dem Steuergerät wird in der Regel am Schornstein oder im Dachbereich angebracht. Die Sprühelektrode kann bei dieser Bauvariante sehr lang aufgebaut werden. Die Abgasgeschwindigkeit in der Abgasanlage ist nicht beliebig einstellbar und ergibt sich durch den Kaminzug sowie durch die produzierte Abgasmenge (im Fall von Zugbegrenzen durch die Nebenluft). Die Nebenluft hat außerdem großen Einfluss auf die Zusammensetzung des Abgases und die Verweilzeit im Hochspannungsfeld und somit auf das Ionisations- und Abscheideverhalten. Eine große Herausforderung besteht in der Reinigung und Wartung des Systems, welches nur durch den Schornsteinfeger mit entsprechendem Aufwand und dazugehörigen Kosten durchgeführt werden kann.

Beim Einbau in der Abgasführungsstrecke oder an der Schornsteinmündung spielt die Abgasgeschwindigkeit in Zusammenhang mit der Länge der Sprühelektrode sowie der Abscheiderstrecke eine entscheidende Rolle für die Abscheideleistung. Zudem entsteht bei einer zu selten oder unsachgemäß durchgeführten Reinigung die Gefahr von Rußbrand sowie die Verringerung des Strömungsquerschnittes, mit der eine Störung der Kaminfunktion einhergeht. Zudem wurde das Mitreißen von abgeschiedenen Stäuben in Form von Flocken in vielen Fällen in der Praxis beobachtet. Eine erfolgsversprechende Variante für die Installation von Staubabscheidern ergibt sich daraus, dass das Abgas aktiv über ein Saugzuggebläse aus dem Schornstein abgesaugt, gereinigt und anschließend wieder in den Schornstein geführt wird. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass die Funktionalität des Schornsteins unabhängig von den Betriebsumständen nicht beeinflusst wird. Außerdem lassen sich dadurch viele technische Möglichkeiten für die Staubabscheidung realisieren, welche einen stabilen und sicheren Betrieb gewährleisten. Die Auswahl der Einbausituation für die Abscheidung von Stäuben hängt neben den örtlichen Gegebenheiten auch maßgeblich von den Kundenwünschen ab. Beispielsweise ist der Einbau von elektrostatischen Abscheidern kurz nach dem Abgasstutzen bei den Endkunden aufgrund von möglicher elektromagnetischer Strahlung und der durch die elektrostatischen Abscheider verursachten Akustik sowie aus ästhetischen Gründen eine eher unbeliebte Variante.

## A.9 Reinigung, Wartung und Lebensdauer

Die Art und Häufigkeit der Reinigung und Wartung von Staubabscheidern für Einzelraumfeuerungsanlagen hängt von der Einbausituation, den Abgaseigenschaften und maßgeblich auch von der Art der Abscheider bzw. dem Abscheideprinzip ab. Integrierte Abscheidetechniken, insbesondere die Einbautentechnik, zeichnen sich durch eine lange Lebensdauer sowie einen geringen Reinigungs- und Wartungsaufwand aus. Bei den Einbauten erfolgt die Reinigung beispielsweise durch das Freibrennen der Einbauten während des Betriebs der Einzelraumfeuerungsanlage. Sonstige Wartungsmaßnahmen sind beim Einsatz dieser Technologie nicht erforderlich. Andere integrierte sowie nachgeschaltete Abscheider erfordern im Gegensatz dazu eine regelmäßige Reinigung des Abscheiders. Bei den integrierten Filtern und

Katalysatoren erfolgt die Reinigung üblicherweise über Druckluft. Zur Gewährleistung einer günstigen Abgasgeschwindigkeit und stabilen Abscheideleistung sollten bei elektrostatischen Abscheidern wiederum nicht nur die Sprühelektroden, sondern auch die als Niederschlagselektroden dienenden Rohrwandungen regelmäßig gereinigt werden. Die erforderlichen Reinigungsintervalle ergeben sich aus der Staubbelastung im Abgas. Die Reinigung der elektrostatischen Abscheider erfolgt in der Regel automatisch, wobei die folgenden Reinigungsarten zu unterscheiden sind:

- ▶ **Hydraulische Reinigung:** Bei diesem System erfolgt die Reinigung der Elektrode für kurze Zeit durch einen Wasserstrahl, welcher mit hohem Druck über eine spezielle Reinigungsdüse erzeugt wird. Der für die Reinigung notwendige Druck kann durch die häusliche Wasserleitung oder mit Hilfe einer Wasserdruckpumpe bereitgestellt werden. Ein großer Vorteil der hydraulischen Reinigung mit Hilfe eines Wasserstrahls besteht darin, dass der Reinigungsprozess im Gegensatz zur mechanischen Reinigung, technisch einfach umzusetzen ist und vollautomatisiert ohne jegliche beweglichen Teile durchgeführt werden kann. So kann die Reinigung während des Betriebs ohne Gefahr vom Mitreißen der abgeschiedenen Stäube erfolgen. Der spezifische Wasserverbrauch bei der Reinigung kann mit 20 bis 35 Liter Wasser pro Tonne (1.000 kg) Brennstoff abgeschätzt werden. Die hydraulische Reinigung ist bisher allerdings nur aus der Reinigung von Abgasen aus Heizkesseln bekannt. Die Entsorgung von solchen Abwässern ist allerdings rechtlich noch nicht geklärt. Außerdem muss bei der hydraulischen Reinigung, bei der die Rohrleitung direkt mit der Trinkwasserleitung verbunden ist, eine Trennung zwischen den beiden Leitungen über spezielle für den Zweck zugelassene Sicherheitsarmaturen erfolgen, um einen Rückfluss sicher zu vermeiden. Das Abwasser aus der Reinigung der Feinstaubfilter kann in Abhängigkeit vom eingesetzten Brennstoff der Flüssigkeitskategorie 4 (Gefährdungsart nach DIN EN 1717:2011 bzw. ehemals DIN 1988-4) zugeordnet werden, wobei spezielle für diesen Anwendungsfall zugelassene Ventile eingesetzt werden müssen. (Aleysa und Leistner 2019)
- ▶ **Pneumatische Reinigung:** Bei der pneumatischen Reinigung wird die Reinigung über einen Druckstoß durchgeführt. Der für die Reinigung erforderliche Druckstoß muss über einen Kompressor erfolgen. Bisher sind jedoch keine pneumatischen Systeme für die Reinigung von elektrostatischen Abscheidern bekannt.
- ▶ **Mechanische Reinigung:** Üblicherweise werden die Elektroden von den für das Abgas aus Einzelraumfeuerungsanlagen eingesetzten elektrostatischen Abscheidern mechanisch wie beispielsweise mit Bürsten gereinigt. Andere mechanische Reinigungssysteme wie z. B. über eine elektrische Vibration (z. B. mit Ultraschall) oder automatisierte Bürsten sind bisher in Abscheidern für Einzelraumfeuerungsanlagen nicht bekannt.

**Die Reinigung des Abscheiders sollte automatisch erfolgen und so, dass eine Staubfreisetzung minimiert wird.**

Der Einsatz von Betriebsstundenzählen für die Überwachung der Reinigungs- und Wartungsintervalle ist bisher nicht Stand der Technik. Um einen dauerhaften Betrieb von Staubabscheidern sicherzustellen, ist der Einsatz eines Betriebsstundenzählers, der mit der

Feuerungsanlage gekoppelt ist, notwendig. Darüber hinaus sollten Wartungs- und Reinigungsintervalle durch den Schornsteinfeger oder Hersteller einstellbar sein und für den Ofenbetreiber bei Bedarf angezeigt werden.

## A.10 Taktungen und Steuerung

Taktung und Steuerung sind in automatisierten Abscheidern, wie beispielsweise elektrostatischen Abscheidern, erforderlich. Die Taktung bzw. die Aktivierung und Deaktivierung der Abscheider erfolgt üblicherweise über elektrisch geregelte Platinen, wobei über bestimmte Sensoren die thermodynamischen Zustandsgrößen Druck und Temperatur im Abgas überwacht und die Abscheider über die Elektronik entsprechend aktiviert oder deaktiviert werden.

Für eine dauerhafte Funktionalität und Sicherheit beim Einsatz der Abscheidersysteme muss die Bildung von Kondensaten an den Abscheidern ausgeschlossen sein. Bei den elektrostatischen Abscheidern führen Kondensate zur Verklebung der Elektroden, sodass die Funktionalität stark eingeschränkt wird. Zur Vermeidung der Kondensatbildung werden die Abgase während der Anfahrbetriebsphase bei filternden Abscheidern über einen Bypass abgeführt. Die elektrostatischen Abscheider für Einzelraumfeuerungsanlagen werden zur Vermeidung von Kondensaten über die Abgastemperaturen und deren Veränderungen mit der Zeit ( $\Delta T/\Delta t$ ) geregelt bzw. ein- oder ausgeschaltet. Nach dem Einschalten der elektrostatischen Abscheider wird überprüft, ob die Abgastemperaturen ansteigen und einen bestimmten hinterlegten Temperaturgrenzwert überschreiten. Die entscheidende Abgastemperatur ist je nach Abscheider unterschiedlich hoch. Sobald die für die Abscheider günstigen Betriebsbedingungen erreicht sind, wird der elektrostatische Abscheider eingeschaltet. Im Ausbrand bzw. bei sinkenden Abgastemperaturen werden die elektrostatischen Abscheider entsprechend ausgeschaltet. In der Regel hängt die Taupunkttemperatur direkt von dem Wassergehalt im Abgas und somit von dem Partialdruck des Wasserdampfs ab. Im Gegensatz zu den flüssigen und gasförmigen Brennstoffen ergibt sich der Wassergehalt im Abgas bei der Verbrennung von festen Brennstoffen sowohl aus der physikalischen Verdampfung der Brennstofffeuchte als auch aus den chemischen Reaktionen. Hier gilt, je höher der Wasser- und Wasserstoffgehalt im Brennstoff sind, umso höher ist der Wassergehalt im Abgas. Bei handbeschickten Feuerungsanlagen wird die Feuchte des Brennstoffs über die gesamte Brennstoffcharge nicht gleichmäßig entstehen. In der Regel ist der Wassergehalt im Abgas in dem ersten Drittel der Verbrennungszeit der Brennstoffcharge deutlich höher als in der nachfolgenden Verbrennungszeit. Daher ist die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Kondensaten im Abgas gerade in der Anzündphase bzw. beim Nachlegen höher. In Abhängigkeit von dem Wassergehalt des Brennstoffs liegt die Taupunkttemperatur im Abgas bei der Verbrennung von Holz in Einzelraumfeuerungsanlagen zwischen 80 °C und 120 °C.

Derzeitig auf dem Markt angebotene Abscheider verfügen nicht über technische Mechanismen, die die Funktionalität der Abscheider bzw. die Abscheideleistung anzeigen. Um einen dauerhaft funktionsfähigen Betrieb zu gewährleisten, sollten Abscheider über technische Mechanismen verfügen, die den funktionsfähigen Betrieb anzeigen und ggf. auf Störung aufmerksam machen. Der Ein- und Ausschaltzeitpunkt der Abscheider sollte demzufolge in Abhängigkeit von der Abgastemperatur erfolgen.

## A.11 Akustische Emissionen

Akustische Emissionen durch Lärm und Geräusche können sich dauerhaft auch auf die Gesundheit vom Menschen auswirken (Becher et al. 2008). In den Zulassungsanforderungen für Einzelraumfeuerungsanlagen und nachgeschaltete Abscheidersysteme gibt es derzeit jedoch keine Anforderungen an die Akustik bzw. Lärmemissionen.

Beim Einsatz von integrierten nicht elektrisch betriebenen Emissionsminderungstechnologien (Einbautentechnik, Schaumkeramik usw.) sind keine zusätzlichen störenden Schall- bzw. Lärmemissionen zu erwarten. Im Gegensatz dazu können beim Einsatz von elektrostatischen Abscheidern zusätzliche störende Geräusche, hauptsächlich ein elektrisches Summen nicht ausgeschlossen werden. Problematisch können vor allem Geräusche aufgrund von Spannungsüberschlägen oder durch das Reinigen der Elektroden sein. Beim Einsatz von elektrostatischen Abscheidern außerhalb des Aufstellraums, wie beispielsweise in der Schornsteinfegermündung, sind in der Regel keine störenden Geräuschemissionen für die Nutzer zu erwarten. Im Gegensatz dazu lassen sich beim feuerungsnahen Einbau oder beim Einsatz von elektrostatischen Abscheidern in der Abgasführungsstrecke in bewohnten Räumen störende Geräusche nicht ausschließen. Da der Einsatz von elektrostatischen Abscheidern bisher hauptsächlich in nicht-bewohnten Räumen erfolgt, sind Beschwerden über störende Geräusche bisher nicht bekannt. Zur Begrenzung der Lärmemissionen können integrierte Maßnahmen zur Schallminderung oder nachrüstbare Schalldämpfer eingesetzt werden. Dies sollte vor allem bei integrierten elektrostatischen Staubabscheidern in Betracht gezogen werden.

## A.12 Elektromagnetische Verträglichkeit

Hierbei handelt es sich um elektromagnetische Felder, welche sich auch auf die Gesundheit des Menschen auswirken können. Grundsätzlich wird zwischen niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern unterschieden, wobei die niederfrequenten Felder den menschlichen Körper durchdringen und Schädigungen in Nerven und Muskelzellen verursachen können. Die Wirkung von hochfrequenten Feldern, welche z. B. in der Nähe von Haushaltsgeräten (z. B. elektrostatischen Abscheidern) oder Hochspannungsleitungen entstehen können, werden weiter erforscht. (Berk-Beckhoff et al. 2009) (Bfs 2021)

Die elektromagnetische Verträglichkeit wird nach VDI 3678 Blatt 2 (2010) zwar für Prozess- und Raumluftreinigungen erwähnt, wobei der Einsatz von abgeschirmten Gehäusen gefordert wird. Allerdings wird sie bei Elektroabscheidern, die explizit zur Prozess- und Abgasreinigung nach VDI 3678 Blatt 1 (1980) eingesetzt werden, nicht angesprochen. Da elektrostatische Abscheider zukünftig vermehrt auch in bewohnten Räumen im Gebäude zum Einsatz kommen können, wird die Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit für diese Abscheider zukünftig ausführlicher betrachtet werden müssen.

## A.13 Prüfung und Wirksamkeit von Staubabscheidern

Für die Zulassung von Staubabscheidern zum Einsatz in Feuerungsanlagen müssen die in der Europäischen Union gültigen Vorschriften, beispielsweise die Bauprodukteverordnung 305/2011 (EU 2011) oder die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (EU 2006), beachtet werden. Für elektrostatische Abscheider sind zudem die Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit 2014/30/EU (EU 2014a) sowie die Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU (EU 2014b) relevant. Gemäß der Bauprodukteverordnung müssen Abscheidersysteme durch eine

Europäische Technische Bewertung (ETA = European Technical Assessment) zugelassen werden. Diese Zulassung wird in Deutschland in der Regel durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) ausgestellt. Das DIBt hat für die Zulassungsprüfung von Staubabscheidern ein eigenes Prüfverfahren entwickelt, auf Basis derer eine bauaufsichtliche Zulassung vom DIBt erteilt wird.

In der DIN SPEC 33999 sind die Anforderungen an die Prüfung sowie die Bestimmung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubabscheidern für Feuerungsanlagen beschrieben, die mit festen Brennstoffen betrieben werden. In Tabelle 11 sind die bisher verfügbaren Prüfverfahren für nachgeschaltete Staubabscheider nach DIN SPEC 33999 und nach der Prüfmethode vom DIBt gegenübergestellt. Für die Zertifizierung von freistehenden Raumheizern in Kombination mit Abscheidersystemen werden nach dem Umweltzeichen Blauer Engel zusätzliche Anforderungen wie beispielsweise an die Partikelanzahl gestellt.

**Tabelle 11: Gegenüberstellung der Prüfverfahren für Staubabscheider nach DIN SPEC 33999 und der Prüfmethode des DIBt**

Prüfkriterien	DIN SPEC 33999: Handbeschickte Feuerungen ohne Gebläse	Prüfmethode des DIBt
Voraus-setzungen	Eingesetzte Feuerung muss bei mindestens 90 % der für die Abscheider maximal ausgelegten Nennwärmeleistung betrieben werden können. Unterdruck der Abgasanlage soll bei 12 Pascal liegen.	Als Feuerung ist eine mit Scheitholz betriebene Einzelfeuerstätte einzusetzen, welche mit Staubwerten von 100 mg/m <sup>3</sup> bis 200 mg/m <sup>3</sup> und Abgastemperaturen von 200 bis 350 °C betrieben werden kann.
Messaufbau	Je eine Messstrecke vor und nach dem Abscheider erforderlich, in welchen die Konzentrationen an Gesamtstaub gemessen werden. Vor dem Abscheider werden zudem die Temperaturen, der Druck und die Geschwindigkeit im Abgas gemessen.	Zeitgleiche Staubmessungen jeweils mindestens 0,5 Meter vor und hinter dem Staubabscheider.
Zu prüfende Betriebs-zustände	Zwei: Je ein Betriebszustand der Feuerung zur Erreichung von hohen und niedrigen Schadstoffemissionen (Tabelle 12).	Zwei: Betrieb der Feuerung unter Nennwärmeleistung und unter der kleinsten möglichen Leistung.
Prüfvor-bereitung	Blindversuch zur Bestimmung des Blindabscheidegrades der Abgasanlage. Beginn der Prüfung der Wirksamkeit des Staubabscheidens nach mindestens zehn Abbränden der Feuerung.	Prüfung der Wärmeleistung und der Staub-konzentrationen der eingesetzten Feuerung ohne eingebauten Staubabscheider. Einstellen des Förderdrucks am Abgasstutzen, der Luftzufuhr und der Brennstoffzufuhr gemäß den Herstellerangaben.
Prüfdurch-führung	Zeitgleicher Start der 15-minütigen Messungen an beiden Messstrecken. Mindestens 5 Messungen pro Betriebszustand.	Zeitgleicher Start der 30-minütigen Messungen. Je 3 Messungen pro Betriebszustand.
Weitere Prüfungen	Prüfung der Betriebssicherheit und der Bauteile des Staubabscheidens.	

Quelle: DIN SPEC 33999 (2014), DIBt (2015)

Die Prüfungen dürfen nur durch nach DIN EN ISO/IEC 17025 (2018) von akkreditierten Prüfstellen durchgeführt werden. Die Vorgehensweisen für die Prüfung nach DIN SPEC 33999 und nach dem vorläufigen Prüfverfahren des DIBt sind in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.

#### **A.13.1 Prüfung von Staubabscheidern für handbeschickte Feuerungen ohne Gebläse nach DIN SPEC 33999**

Die herkömmlichen handbeschickten Einzelraumfeuerungsanlagen wie z. B. freistehende Raumheizer nach DIN EN 13240 (2005) werden ohne Saugzuggebläse oder Abgasventilatoren betrieben. Bei solchen Anlagen soll das Abgas über den eingestellten Unterdruck in der Abgasanlage abgeführt werden. Für die Durchführung der Wirksamkeitsprüfung nach DIN SPEC 33999 von nachgeschalteten Abscheidersystemen werden in den Prüfstellen spezielle Feuerungsanlagen eingesetzt, mit denen die in den Normen beschriebenen Betriebsbedingungen eingestellt werden können. Die einzustellenden Betriebsbedingungen werden in der Norm als gute oder schlechte Betriebsbedingungen bezeichnet. Diese sind in Tabelle 12 zusammengefasst. Die zu prüfenden Abscheider müssen unter den beiden Betriebsbedingungen geprüft werden.

**Tabelle 12: Zu erreichende Emissionen an Staub, CO und TVOC für die jeweilige Einstellung der Abgasstaubzustände „gut“ und „schlecht“ bei der Prüfung von Staubabscheidern von handbeschickten Feuerungen gemäß DIN SPEC 33999**

Abgasstaubzustand	Staubkonzentration im Rohgas [mg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]	TVOC bzw. OGC [mg/m <sup>3</sup> ]	Feuerungsart
„gut“	40 – 100	300 – 4.000	--	Naturzugfeuerungen, Durchbrand- und Unterbrandkessel
„schlecht“	150 – 300	3.000 – 8.000	> 200 <sup>a</sup>	

<sup>a</sup> Gilt für die Prüfung von Staubabscheidern mit katalytischer Wirkung.

Quelle: DIN SPEC 22999 (2014)

Die auf dem Markt angebotenen Abscheidetechniken sind üblicherweise nur für bestimmte Nennwärmeleistungen von Feuerungsanlagen ausgelegt. Bei der Prüfung nach DIN SPEC 33999 muss die thermische Leistung der eingesetzten Feuerungen bei mindestens 90 % der für die Abscheider maximal ausgelegten Nennwärmeleistung betrieben werden können. Der Unterdruck in der Abgasanlage muss wie bei den herkömmlichen normativen Prüfverfahren für Einzelraumfeuerungsanlagen bei 12 Pascal eingestellt werden.

Die an der Feuerungsanlage angeschlossene Abgasanlage verfügt vor und nach dem Staubabscheider über jeweils eine Messstrecke nach VDI 2066 Blatt 1 (2021), in der die gravimetrische Staubmessung erfolgt. Bei katalytisch wirkenden Abscheidern werden in den beiden Messstrecken zudem der Sauerstoffgehalt oder die Konzentrationen an Kohlenstoffdioxid mit den Konzentrationen an Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoffen (als OGC bzw. Organic Gaseous Carbon) gemessen. Vor dem Abscheider werden zusätzlich die thermodynamischen Zustandsgrößen Druck und Temperatur sowie die Abgasgeschwindigkeit gemessen. Eine für die Sicherheit beim Einsatz der Abscheidersysteme wichtige Größe ist auch

der Druckverlust, welcher sich aus der Differenz des Unterdrucks vor und nach dem Abscheider ergibt. Bei hohem Druckverlust müssen gegebenenfalls nachgeschaltete Saugzuggebläse in die Abgasanlage eingebaut werden, um Überdrücke mit einem Austritt von Abgasen aus dem Gesamtsystem bzw. gefährliche Zustände durch austretende Abgase zu vermeiden.

### **Blindabscheidegrad**

In den Abgasanlagen können sich z. B. durch Adhäsion Stäube in Rohren ablagern, wodurch der Abscheidegrad der Abscheidersysteme beeinflusst wird. Um die Abscheideleistung in den Rohren rechnerisch herauszurechnen, wird vor der Prüfung der Abscheidersysteme ein sogenannter Blindversuch durchgeführt. Im Rahmen des Blindversuchs werden die Staubkonzentrationen vor und nach dem Abscheider bei einem ausgeschalteten bzw. deaktivierten Abscheider gemessen. Aus dem Verhältnis zwischen der Differenz der Staubkonzentrationen (Konzentrationen vor dem Abscheider – Konzentration nach dem Abscheider) zu den Staubkonzentrationen nach dem Abscheider multipliziert mit der Streckenlänge ergibt sich der sogenannte Blindabscheidegrad (Abscheidung durch Trägheit und Schwerkraft sowie elektrostatische Aufladung der Partikel z. B. durch Temperatureinwirkung). Bei der gleichzeitigen Messung von PM<sub>10</sub> bzw. PM<sub>2,5</sub> und Gesamtstaub ist eine Messung des Blindabscheidegrad aus nicht notwendig, weil Partikel in dieser Größenordnung keine Abscheidung durch Trägheit und Schwerkraft erfahren und die Abscheidung durch elektrostatische Aufladung auf der kurzen Messstrecke von geringer Relevanz ist.

### **Prüfung**

Die Prüfung der Staubabscheider beginnt in der Regelbetriebsphase der Feuerungsanlagen bzw. sobald sich die für den Einsatz der Abscheider günstigen Betriebsbedingungen (in der Regel ausreichend hohe Abgastemperaturen) eingestellt haben. Es wird davon ausgegangen, dass sich diese günstigen Betriebsbedingungen nach mindestens 10 Abbränden einstellen. Für die Ermittlung des Abscheidegrads werden die gravimetrischen Staubmessungen nach VDI 2066 (2021) für die beiden in der Tabelle 12 beschriebenen Betriebsbedingungen vor und nach dem Abscheider zur gleichen Zeit über einen Zeitraum von 15 Minuten durchgeführt. Die gemessenen Staubkonzentrationen werden auf den Betriebszustand (Normzustand (Temperatur: 273,15 K; Druck: 1013 hPa), trocken und bezogen auf einen Sauerstoffgehalt von 13 Vol.-%) umgerechnet. Der mittlere Abscheidegrad ergibt sich aus dem Verhältnis der Abscheideleistungen (Konzentration vor und nach Abscheider) und der Staubkonzentration nach dem Abscheider abzüglich des vorher ermittelten Blindabscheidegrads. Zudem wird der sogenannte signifikante Abscheidegrad bestimmt, wobei zu dem mittleren Abscheidegrad die Messunsicherheit hinzugerechnet wird.

### **A.13.2 Bewertung der Prüfmethode nach DIN SPEC 33999**

Das Ziel der Prüfung von Emissionen und Abscheideleistungen nach DIN SPEC 33999 ist es nicht, die Funktionalität von Abscheidern in der Praxis zu überprüfen, sondern eine Vergleichbarkeit von Technologien unter festgelegten Betriebsbedingungen ohne jegliche Benachteiligung herzustellen.

Die Prüfung von Staubabscheidern nach einem validierten Prüfverfahren ist eine sinnvolle Methode, um die Betriebssicherheit sowie die Wirksamkeit der Abscheider unter bekannten Bedingungen festzustellen und diese anschließend untereinander vergleichen zu können. Nach

den aktuellen Diskussionen über die Weiterentwicklung von Prüfverfahren bzw. im Speziellen der DIN SPEC 33999 ist allerdings ein Trend dahingehend zu beobachten, dass der Betrieb nach bestimmten praxisnahen Betriebszuständen eingestellt und die Überprüfung der Wirksamkeit unter ungünstigen Betriebsbedingungen stattfinden sollte, welche sich in der Regel entweder aus einer unsachgemäßen Bedienung der Feuerungsanlagen oder aus dem Einsatz von ungünstigen Brennstoffen ergeben. Hier wird gemäß der Tabelle 12 zwischen zwei Abgaszuständen unterschieden, bei denen die bisher auf dem Markt verfügbaren Abscheider nicht auf Dauer funktionieren. Die Prüfung von Staubabscheidern im Labor gestaltet sich nach den aktuellen und in der Diskussion stehenden Vorgaben im Rahmen der Novellierung der DIN SPEC 33999 unter anderem aus den folgenden Gründen als schwierig:

- ▶ Die bei der Prüfung definierten Betriebszustände sollen mit Hilfe einer vordefinierten Feuerungsanlage (Naturzugfeuerungen, Durchbrand- und Unterbrandkessel) durch eine entsprechende Bedienung und Einstellung der Verbrennungsluftzufuhr generiert werden. Die vorgegebenen Konzentrationen an Kohlenstoffmonoxid bei solchen Anlagen haben hinsichtlich der Belastung an Staub und Kohlenwasserstoffen eine ganz andere Bedeutung als im Praxisbetrieb von Einzelraumfeuerungsanlagen. Bei der Einstellung von schlechten Betriebszuständen bilden sich Ruß sowie teerartige und klebrige Partikel, welche jeden Abscheider innerhalb weniger Betriebsstunden außer Funktion setzen können. Allgemein gilt: Je unvollständiger die Verbrennung erfolgt, desto geringer ist die Wirksamkeit des Elektroabscheidens.
- ▶ Bei hohen Emissionen über einen längeren Zeitraum funktionieren die Messgeräte nicht ordnungsgemäß. Dies ist insbesondere bei der Messung von Kohlenwasserstoffen sowie den kaltextraktiven Messgeräten zu beobachten. Ein großes Problem stellt in diesem Zusammenhang die Messung der Partikelanzahl dar, welche nach den aktuellen Prüfverfahren nach dem Blauen Engel DE-UZ 212 im Zusammenhang mit der Prüfung nach DIN SPEC 33999 gefordert wird (RAL 2020). Bisher gibt es auf dem Markt keine Messsysteme, mit denen über längere Betriebszeit bzw. über eine gesamte Prüfung hohe Konzentrationen gemessen werden können.
- ▶ Die Einstellung der in der DIN SPEC 33999 geforderten quasi-stationären Betriebsbedingungen gestaltet sich schwierig. Das führt nicht nur zur unnötigen Verlängerung der Zeiträume für die Prüfung, sondern auch zu hohen Prüfungskosten.
- ▶ Alleine durch die Messung vom Gesamtstaub lassen sich die Staubabscheider untereinander nicht vergleichen, da in Abhängigkeit von der Konzentration des Grobstaubs im Rohgas unterschiedliche Abscheidewirkungen erreicht werden, da der Grobstaubgehalt auch durch andere Effekte als durch den Abscheider gemindert wird und mengenmäßig dominiert. Der Anteil an Grobstaub im Rohgas variiert je nach Prüfstandaufbau, den Einstellungen an der Feuerstätte und den Brennstoffeigenschaften (z. B. Wassergehalt). Für eine bessere Vergleichbarkeit sollten daher zusätzlich zum Gesamtstaub noch die Feinfraktionen von Staubpartikeln (z. B. PM<sub>10</sub> oder die Partikelanzahl) mitgemessen werden.

## A.14 Prüfung von Staubabscheidern nach dem Prüfverfahren des DIBt

Im Gegensatz zur Prüfung nach DIN SPEC 33999 werden bei der Prüfung von nachgeschalteten Staubabscheidern nach der Methode des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt unabhängig von den konstruktiven Anforderungen und der Zulassung der Feuerungsanlagen die gleichen Zulassungsanforderungen gestellt. Hauptsächlich sind in dem Prüfverfahren des DIBt Anforderungen an die Betriebs- und Brandsicherheit festgelegt. Neben den Sicherheitsanforderungen wird auch ein Mindestabscheidegrad für Staub von 30 % gefordert.<sup>7</sup>

Der Hersteller der Abscheider muss vor der Prüfung bestimmte Angaben zum Einsatzbereich, zu den Leistungsmerkmalen des Staubabscheiders, eine Produktbeschreibung und eine Einbuanleitung bereitstellen. Das Prüfverfahren des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt selbst ist in drei Abschnitte aufgeteilt:

- ▶ Prüfung der Betriebssicherheit gemäß DIN EN 13216-1 (2019). Hier wird unter anderem die Gasdichtheit und Rußbrandbeständigkeit des Abscheiders geprüft. Zudem werden die zuvor vom Hersteller angegebenen Möglichkeiten zur Reinigung des Staubabscheiders und die Maßnahmen zur Verhinderung von kritischen Betriebszuständen, z. B. das Verhindern des Verschlusses des Schornsteins in Folge von angelagerten Stäuben überprüft.
- ▶ Prüfung der Funktion: Bei dieser Prüfung wird die vom Hersteller beschriebene Wirkungsweise sowie die Abscheideleistung des Staubabscheiders überprüft. Die Funktionsprüfung kann entweder über das Prüfverfahren der DIN SPEC 33999 oder über das vom Deutschen Institut für Bautechnik DIBt beschriebene Verfahren durchgeführt werden. Die Funktion des Abscheiders gilt bereits als nachgewiesen, wenn eine minimale Abscheideleistung von 30 % erreicht werden kann. Für die Prüfmethode des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt wird eine mit Scheitholz betriebene Einzelfeuerstätte eingesetzt, welche Staubwerte von 100 mg/m<sup>3</sup> bis 200 mg/m<sup>3</sup> und Abgastemperaturen zwischen 200 bis 350 °C erreichen soll. Vor der Prüfung des Staubabscheiders werden die Wärmeleistung der eingesetzten Feuerungsanlage und die von der Feuerung generierten Staubkonzentration im Abgas bestimmt. Dabei wird die Feuerungsanlage ohne Staubabscheider betrieben und überprüft, ob die Feuerung den Vorgaben des zu prüfenden Abscheiders entspricht. Für die Messung der Staubkonzentrationen wird das gravimetrische Verfahren vorgeschrieben. Möglich ist eine zusätzliche Durchführung einer alternativen Messmethode wie beispielsweise das Partikelzählverfahren. Die Staubmessungen sollen zeitgleich jeweils mindestens 0,5 Meter vor und nach dem Abscheider durchgeführt werden. Es sind jeweils drei 30-minütige Messungen beim Betrieb der Feuerungsanlage unter Nennwärmeleistung und unter der kleinsten angegebenen Wärmeleistung durchzuführen. Aus den gemessenen und umgerechneten Staubkonzentrationen werden die gemittelten Staubkonzentration vor und nach dem Abscheider berechnet. Der Abscheidegrad wird analog zur DIN SPEC 33999 durch das Verhältnis der Differenz zwischen den gemittelten Staubkonzentrationen vor und nach dem Abscheider und der gemittelten Staubkonzentration vor dem Staubabscheider bestimmt.

---

<sup>7</sup> Mittlerweile wurde dieser auf 50 % erhöht (DiBT 2023).

- **Bauteilprüfungen:** Die Bauteile des Staubabscheiders werden hinsichtlich der elektrischen Sicherheit und der mechanischen Festigkeit geprüft. Die Abgasanlage darf durch den nachträglichen Einbau des Abscheiders nicht belastet bzw. beeinträchtigt werden.

Die Prüfung nach dem Prüfverfahren gemäß dem DIBt ist für die Zulassung von Abscheidern im Gegensatz zur Prüfung nach der Vornorm DIN SPEC 33999 verpflichtend.

## A.15 Anforderungen an Staubabscheider nach dem Prüfverfahren des Blauen Engels

Um die außerordentliche Qualität einer Feuerungsanlage zertifizieren lassen, gibt es europaweit verschiedene Gütesiegel, welche strengere Vorgaben an die Effizienz und die Grenzwerte an die Schadstoffemissionen stellen als die gesetzlichen Vorschriften. Zur Einhaltung der strengen Emissionsanforderungen müssen die Feuerstätten in der Regel mit Staubabscheidern ausgestattet sein. Dies gilt insbesondere für Einzelraumfeuerungsanlagen.

Nach dem Prüfverfahren des Blauen Engels DE-UZ 212 werden nicht nur Anforderungen an die Feuerstätten, sondern auch Vorgaben an die Effizienz von Staubabscheidern festgelegt (RAL 2020). Hierbei werden auch Anforderungen und ein Grenzwert für die Partikelanzahl gestellt. Staubabscheider, die bei Holzkaminöfen zum Einsatz kommen, sollen beispielsweise hinsichtlich des Abscheidegrades mindestens 75 % bezogen auf die Staubmasse sowie ab 01.01.2022 eine Reduzierung der Partikelanzahl um mindestens 90 % erreichen können. Da es für die Partikelanzahlmessung an Einzelraumfeuerungsanlagen kein standardisiertes Messverfahren gibt, ist dieses im Anhang C der Vergabekriterien beschrieben.

Bei der Messung der Partikelanzahl gibt es zahlreiche Einflussgrößen (Temperatur der Verdünnungsluft, Ausführung der Verdünnungsstrecke usw.), welche bisher kaum untersucht und bei den derzeitig gestellten Anforderungen nach dem Blauen Engel nicht berücksichtigt wurden. Diese sind vor der Festlegung von bestimmten Grenzwerten für die Partikelanzahl definitiv zu überprüfen. Aufgrund der hohen Partikelanzahlkonzentration im Abgas von Einzelraumfeuerungsanlagen muss das Abgas bei der Messung um das 500- bis 1.000-fache verdünnt werden, um im Anzahlmessbereich des Partikelzählers zu liegen. Der Einfluss der Verdünnung auf die Partikelmessung ist bisher Gegenstand der Forschung. Darüber hinaus gehören die Art der Probenahme (beispielsweise die nicht-isokinetische Abgasprobenentnahme), die Temperatur der Verdünnungsluft, die Abgasfeuchte, die konstruktive Ausführung der Verdünnungsstrecke sowie der Einfluss von eingesetzten Staubabscheidern zum Gegenstand der Forschung.

Für die Bestimmung der Partikelanzahl und Ermittlung der Abscheideleistung von gezählten Staubpartikeln kann nach der Prüfmethode des Blauen Engels die Partikelzählung im Wechsel jeweils vor und nach dem Abscheider durchgeführt werden. Eine Akkreditierung ist für die Durchführung der Messung der Partikelanzahl bisher nicht erforderlich. Kann die Einhaltung der Grenzwerte für Partikel nur in Kombination mit Staubabscheidern erreicht werden, dürfen die Einzelraumfeuerungsanlagen nur in Kombination mit den entsprechenden Abscheidern vermarktet werden.

## A.16 Vorschläge für die Prüfung von Staubabscheidern

Der Zweck der Prüfung von Staubabscheidern in akkreditierten Prüflaboren besteht nicht darin, die Funktionsfähigkeit im Praxisbetrieb widerzuspiegeln, sondern eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Abscheidern unter vergleichbaren Betriebsbedingungen

herzustellen. Für die Erstellung eines verpflichtenden normativen Prüfverfahrens, wie nach dem Prüfverfahren der DIN SPEC 33999, sollten die folgenden Kriterien mitberücksichtigt werden:

- ▶ **Einsatzbedingungen der Staubabscheider:** Mit den auf dem Markt angebotenen nachgeschalteten Abscheidetechnologien für Kleinfeuerungsanlagen lassen sich bisher nur Stäube aus einer guten Verbrennungsqualität abscheiden. Stäube aus einer unvollständigen Verbrennung, wie beispielsweise Rußpartikel, können schnell zu einer Deaktivierung oder Notwendigkeit zur Reinigung von Abscheidern führen. Da eine gute Verbrennung für die Funktionalität der Abscheider erforderlich ist, soll der Zweck der Prüfung von Staubabscheidern unter den gegebenen ungünstigen Betriebsbedingungen (Schwelung in der Feuerstätte), wie dies nach DIN SPEC 33999 gefordert ist, erneut überprüft werden.
- ▶ **Einheitliche Kriterien für die Messung der Partikelanzahl:** Nach den Vorgaben des aktuellen Prüfverfahrens des Blauen Engels werden Anforderungen an die Anzahl von Partikeln (sowohl Abscheideleistung als auch Grenzwert für die Partikelanzahl) gestellt. Die Vergleichbarkeit bei der Messung der Partikelanzahl ist derzeitig nur schwer herzustellen. Die Einflussgrößen auf die Partikelzählung müssen im Rahmen von praktischen Studien ausführlich untersucht und validiert werden. Die Verfahren für die Messung der Partikelanzahl sollte auf Basis der Studienergebnisse weiter vereinheitlicht und genauer beschrieben werden.
- ▶ **Bewertung unterschiedlicher Partikelgrößenfraktionen:** Im Gegensatz zur Messung der Partikelanzahl lassen sich Partikelfraktionen (z. B. PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>) im Rahmen einer gravimetrischen Messung einfach erfassen. Die Abscheideleistung der Partikel in den unterschiedlichen Größenbereichen sollte untersucht und auch im Rahmen von Zulassungsprüfungen festgestellt werden. Wenn keine Fraktionierung der Staubemissionen erfolgt, lassen sich die Messungen mit unterschiedlichen Staubabscheidern untereinander nicht vergleichen, da Grobstaub im Rohgas wesentlich von der Betriebsweise der Feuerung abhängig ist und der Grobstaub beim Messergebnis zur Abscheideleistung dominiert.
- ▶ **Gründliche Validierung des Prüfverfahrens erforderlich:** Die Notwendigkeit der Prüfung von Staubabscheidern nach einem festgelegten normativen Prüfverfahren soll nicht dazu führen, dass die Hersteller aufgrund von höheren Kosten für die Typprüfung abgeschreckt werden, neue Abscheidensysteme zu entwickeln und herzustellen. Zur Überprüfung der wirtschaftlichen und praktischen Umsetzbarkeit von solchen Prüfverfahren ist eine gründliche Validierung erforderlich, bevor in den Normen bestimmte Anforderungen gestellt werden, welche sich gegebenenfalls in den Prüflaboren kaum oder nur mit hohen Kosten umsetzen lassen.

In der Tabelle 13 ist ein im Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP entwickelter Vorschlag für die Bewertung der Funktionalität von Staubabscheidensystemen zusammengefasst. Nach dem in dieser Tabelle beschriebenen Vorschlag werden sowohl die Konzentrationen und Abscheidegrade beim Gesamtstaub als auch bei den Konzentrationen an PM<sub>10</sub> mitberücksichtigt. Diese Betrachtung ist notwendig, um gegebenenfalls Flockenbildungen mitbetrachten zu können.

**Tabelle 13: Vorschlag für die Prüfung von Staubabscheidern für Einzelraumfeuerungsanlagen gemäß eines entwickelten Zulassungskonzepts des Fraunhofer IPB**

Klasse	Zielfeuerstätten	Gesamtstaub [mg/Nm <sup>3</sup> @ O <sub>2</sub> : 13: Vol.-%]	PM <sub>10</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> @ O <sub>2</sub> : 13: Vol.-%]	η: Wirkungsgrad bezogen auf PM <sub>10</sub> <sup>(*)</sup> und Gesamtstaub
A	Feuerstätte/ Einzelraumfeuerungs-anlagen gemäß der 2. Stufe der 1. BImSchV, welche gemäß den Anforderungen des Blauen Engels zulassungsfähig ist.	40 ≥ Cst. > 20	--	> 65
A <sup>+</sup>	Feuerstätte/ Einzelraumfeuerungsanlagen gemäß der 1. Stufe der 1. BImSchV.	75 ≥ Cst. > 40	--	> 75
A <sup>++</sup>	Alte Feuerstätten/ Einzelraumfeuerungsanlagen vor der 1. Stufe der 1. BImSchV	Cst > 75	--	> 85

Cst: Staubkonzentrationen im Normzustand, trockenes Abgas und bezogen auf einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 13 Vol.-%.

(\*) Die Messung von PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub> ist sehr wichtig, um den Einfluss der Feuerstätte bzw. groben Staub zu eliminieren sowie den Effekt der Flockenbildung zu erkennen.

Für alle Prüfungen sind Angaben über die maximale Abgasmenge (g/s), die Abgastemperatur, den Druck und den Druckverlust erforderlich.

Die in der Tabelle 13 dargestellten Kriterien wurden auch in dem Normausschuss eingereicht, welcher sich mit der Novellierung der Vornorm DIN SPEC 33999 beschäftigt. Gemäß den entsprechenden Rückmeldungen aus dem Normenausschuss wird die Berücksichtigung dieses Vorschlags in die DIN SPEC 33999 derzeit ausgiebig diskutiert. Es ist zu erwähnen, dass die Partikelanzahl in dem ausgewiesenen Vorschlag gemäß Tabelle 13 nicht mitbetrachtet ist. Für eine Mitbewertung der Partikelanzahl in einem entsprechenden Prüfverfahren wird vorher eine gründliche Validierung mit einer ausführlichen Betrachtung von Einflussgrößen und Messunsicherheiten bei der Messung der Partikelzahlen während des Betriebs von Einzelraumfeuerungsanlagen gefordert.