

## Merkblatt

### Ringversuch Partikelmessungen an Kaminöfen

#### 1. Veranstaltungsort

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Dezernat I3 – Luftreinhaltung: Emissionen

Am Versuchsfeld 13 (Gebäude 17, rechte Einfahrt)  
34128 Kassel

E-Mail: [pt@hlnug.hessen.de](mailto:pt@hlnug.hessen.de)  
Tel.: 0561-2000-137  
Fax: 0561-2000-225

#### 2. Ansprechpartner

Dr. Jens Cordes  
(Fachlich Verantwortlicher Ringversuche)

E-Mail: [jens.cordes@hlnug.hessen.de](mailto:jens.cordes@hlnug.hessen.de)  
Tel.: 0561-2000-141

Dr. Dominik Wildanger  
(Dezernatsleiter)

E-Mail: [dominik.wildanger@hlnug.hessen.de](mailto:dominik.wildanger@hlnug.hessen.de)  
Tel.: 0561-2000-111

#### 3. Teilnehmer

Der Ringversuch für Partikelmessungen an Kaminöfen wurde konzipiert für Prüflabore, die Messungen an Kaminöfen zur Ermittlung der Anzahlkonzentration ultrafeiner Partikel (UFP) im Rahmen von Typprüfungen und ähnlichen Untersuchungen anbieten möchten, außerdem für alle weiteren Prüflabore, die im Bereich Emissionsmessungen an Kaminöfen und ähnlichen Anlagen tätig sind.

Es können maximal 6 Teilnehmer (Prüflabore) gleichzeitig am Ringversuch teilnehmen. Pro Teilnehmer sollten aus Platzgründen nicht mehr als 2 Personen gleichzeitig im Messraum anwesend sein.

#### 4. Aufgabenstellung

Ziel des Ringversuchs ist die Messung der Anzahlkonzentration ultrafeiner Partikel (UFP) im Abgas eines mit Holz betriebenen Kaminofens.

Das Ringversuchsprogramm orientiert sich am Ablauf einer Prüfung gemäß den Vergabekriterien für das Umweltzeichen Blauer Engel Kaminöfen für Holz (DE-UZ 212).

## 5. Durchführung der Messungen

### 5.1 Messraum und Messöffnungen

Der Messraum befindet sich im Erdgeschoss des Dienstgebäudes des HLNUG (Raum 16) und hat eine Fläche von ca. 4 m × 6 m. Vor dem Eingang zum Gebäude gibt es 3 Stufen (jeweils 17 cm hoch). Die Tür zum Messraum hat eine Durchgangsbreite von 74 cm.

Das Abgasrohr hat einen Innendurchmesser von 15 cm. Zur Durchführung des Ringversuches sind für die Teilnehmer in einer Höhe von ca. 2 m insgesamt 8 Messöffnungen mit 1“-Innengewinde (nach DIN ISO 228) vorhanden. Die Belegung der Messöffnungen wird vom Personal des HLNUG festgelegt. Jedem Teilnehmer kann die Nutzung von mindestens einer Messöffnung garantiert werden. Je nach Teilnehmerzahl können die verbleibenden Messöffnungen zusätzlich genutzt werden.

### 5.2 Durchführung der Messungen

Bei der Durchführung der Messungen sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Ringversuchsteilnehmer müssen die Probenahme mit eigener Messausrüstung durchführen.
- Die Probenahme findet für alle Teilnehmer auf dem gleichen Messquerschnitt, aber auf verschiedenen Messachsen auf einem Punkt in 4 cm Entfernung von der Kanalwand statt. Die verwendeten Probenahmesonden müssen auf den Innendurchmesser des Abgasrohrs von 15 cm abgestimmt sein.
- Berücksichtigt werden nur feste Partikel ab einer Größe von 23 nm, die nach einem Volatile Particle Remover (VPR, z.B. Thermodenuder oder Catalytic Stripper) verbleiben.
- Die Temperatur des VPR ist so zu wählen, dass aus Kohlenwasserstoffen kein elementarer Kohlenstoff entsteht. Der VPR muss für Tetrakontan-Aerosole eine Abscheidung von mindestens 90% erreichen.
- Zur Abscheidung von groben Partikeln sollte ein Impaktor oder Zyklon vorgeschaltet werden. Dieser sollte bei einem aerodynamischen Partikeldurchmesser von 0,7 bis 1,5 µm einen Cut-off von 50% aufweisen.
- Der Messbereich muss mindestens eine Partikelanzahlkonzentration im Abgas von  $1 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$  bis  $3 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$  abdecken. Das entnommene Abgas ist dazu vor Eingang in das Messgerät mittels einer oder mehrerer Verdünnungsstufen so zu verdünnen, dass eine Anzahlkonzentration innerhalb des kalibrierten Bereiches gemessen wird.
- 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 Messung sollte die Probenahmeleitung nicht bewegt werden.
- Im Messraum steht eine Versorgung mit gereinigter, trockener Druckluft zur Verfügung. Um Engpässe zu vermeiden, muss der Druckluftbedarf bei der Anmeldung angegeben werden.
- Es werden insgesamt 2 Abbrandreihen (eine pro Messtag) aus jeweils 5 Abbränden durchgeführt. In jeder Abbrandreihe (bzw. an jedem Messtag) werden 2 Abbrände in der Anzündphase und 3 Abbrände in der Nennlastphase durchgeführt und gemessen.

- Die Messung der Partikelanzahl erfolgt ab der Kaltstartphase (dies beinhaltet die ersten beiden Abbrände) bis zur letzten Messung über 5 Abbrände.
- Für jeden Messtag wird durch die Teilnehmer die mittlere Partikelanzahlkonzentration über alle 5 Abbrände ermittelt, außerdem zusätzlich der entsprechende Mittelwert für jeden einzelnen der 5 Abbrände.
- Zusätzlich wird am zweiten Messtag noch eine 6. Messung angeboten: Während des gesamten ersten Messtags, sowie während der ersten 5 Abbrände am zweiten Messtag wird der Kaminofen mit einem elektrostatischen Partikelfilter betrieben. Nach dem 5. Abbrand am zweiten Messtag wird der ESP abgeschaltet, die zusätzliche Messung des 6. Abbrands am zweiten Messtag findet also ohne Partikelabscheider statt.
- Start- und Endzeitpunkt der einzelnen Abbrände werden durch das HLNUG festgelegt und den Teilnehmern mitgeteilt.
- Die Konzentrationen der gasförmigen Abgasbestandteile ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $H_2O$ ) werden durch das HLNUG kontinuierlich gemessen. Die Messdaten werden den Teilnehmern innerhalb von zwei Wochen zur Verfügung gestellt.
- Für die Bestimmung des Messergebnisses erfolgt die Umrechnung auf trockenes Abgas unter Normbedingungen (273 K, 1013 hPa) unter Berücksichtigung der gewählten Verdünnung.

Die Teilnehmer haben die Möglichkeit, an dem Ringversuch mit zwei parallel betriebenen Messgeräten zur Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration teilzunehmen. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- Der Einsatz eines zweiten Messgeräts muss vorher angemeldet werden. Der Teilnehmer erhält für das zweite Messgerät einen zweiten ID-Code.
- Für jedes der beiden Messgeräte müssen die jeweils ermittelten Messwerte als Ergebnis eingereicht werden. Eine gemeinsame Mittelwertbildung für beide Geräte als ein Ergebnis ist nicht zulässig.
- Je nach Anzahl der Ringversuchsteilnehmer kann es vorkommen, dass nicht für alle interessierten Teilnehmer eine zweite Messöffnung für den Einbau einer zweiten Sonde zur Verfügung steht. In diesem Fall müssen beide Messgeräte an dieselbe Sonde angeschlossen werden.
- Auch bei Verwendung von zwei Messgeräten können aus Platzgründen nur maximal 2 Personen pro Labor im Messraum anwesend sein.

## 6. Ergebnisabgabe

Alle Messergebnisse sind bezogen auf den Normzustand, trocken (273 K und 1013 hPa) ohne Umrechnung auf die Bezugssauerstoffkonzentration anzugeben.

Die Ergebnisse des Ringversuchs werden per E-Mail an folgende Adresse übermittelt:

[pt@hlnug.hessen.de](mailto:pt@hlnug.hessen.de)

Dazu sind die Messwerte in eine Excel-Datei einzutragen, welche durch das HLNUG zur Verfügung gestellt wird.

Jeder Teilnehmer kann nur ein Messergebnis pro Abbrand bzw. Abbrandreihe und Messgerät einreichen. Ein Austausch von Ergebnissen oder eine Absprache unter den Teilnehmern vor

dem Ablauf der Abgabefrist für die Messergebnisse ist nicht zulässig. Bei einem Verstoß gegen diese Regelung wird die Ergebnismitteilung mit einem entsprechenden Hinweis versehen.

Alle Teilnehmer müssen ihre Ergebnisse bis spätestens sechs Wochen nach dem letzten Ringversuchstag an das HLNUG übermitteln. Später eingereichte Ergebnisse werden – sofern nicht das HLNUG den verspäteten Eingang zu verantworten hat – nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu den Messergebnissen pro Abbrand bzw. Abbrandreihe geben die Teilnehmer die Rohdaten ihrer Messung (Partikelkonzentration als Funktion von Zeit) ab. Diese Daten werden nicht bewertet, sondern dienen einer eventuellen Untersuchung über die Ursachen von Varianzen zwischen Messergebnissen der Ringversuchsteilnehmer.

## 7. Bewertung der Messergebnisse

### 7.1 Grundlagen der Ergebnisberechnung

Die Auswertung des Ringversuchs erfolgt in Form von z-Scores. Bei der Berechnung von z-Scores und deren Mittelwerten werden keine Rundungen durchgeführt. In Ergebnismitteilungen und Berichten werden die Zahlenwerte allerdings gerundet dargestellt.

Die Auswertung erfolgt gemäß DIN ISO 13528:2020. Dabei wird aus den Messwerten aller Teilnehmer für jede Messung der robuste Mittelwert  $x^*$ , der Schätzwert für dessen Unsicherheit  $u(x^*)$  und die robuste Standardabweichung  $s^*$  nach Anhang C der Norm berechnet (Algorithmus A). Messwerte, die eindeutig fehlerhaft sind, werden bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt. Für die Auswertung wird der robuste Mittelwert  $x^*$  als zugewiesener Wert  $X_i$  (Sollwert) verwendet, und die robuste Standardabweichung  $s^*$  als Kriterium zur Leistungsbewertung  $\sigma_i$  (Präzisionsvorgabe). Für das Verhältnis zwischen dem Kriterium zur Leistungsbewertung  $\sigma_i$  und der Unsicherheit des zugewiesenen Wertes  $X_i$  gilt gemäß dieser Norm folgendes Kriterium:

$$\sigma_i \geq \frac{10}{3} \cdot u(X_i)$$

Zusätzlich gelten folgende Mindestwerte:

$$\sigma_i \geq 0,25 \cdot X_i$$

$$\sigma_i \geq 12500 \text{ cm}^{-3}$$

Das Kriterium zur Leistungsbewertung  $\sigma_i$  ist somit grundsätzlich die robuste Standardabweichung  $s^*$  der Teilnehmerergebnisse, es beträgt aber mindestens  $12500 \text{ cm}^{-3}$ , mindestens 25% des zugewiesenen Wertes  $X_i$ , und mindestens das 10/3-Fache der Standardunsicherheit des zugewiesenen Wertes  $u(x^*)$ , sofern einer dieser Werte höher ist.

Zur Beurteilung der Ergebnisse der Einzelmessungen wird für den  $i$ -ten Messwert  $x_i$  ein z-Score-Wert  $z_i$  ermittelt:

$$z_i = \frac{x_i - X_i}{\sigma_i}$$

Hierbei ist  $X_i$  der zugewiesene Wert der entsprechenden Messung und  $\sigma_i$  das Kriterium zur Leistungsbewertung. Nach dem hier beschriebenen Schema werden sowohl z-Scores für die gesamten Abbrandreihen, als auch für die einzelnen Abbrände berechnet.

## 7.2 Interpretation der z-Score-Werte

Für die Interpretation aller ermittelten z-Score Werte gilt folgendes Schema:

$ z_i  \leq 2$	annehmbares Ergebnis
$2 <  z_i  < 3$	fragwürdiges Ergebnis (Warnmeldung)
$ z_i  \geq 3$	nicht annehmbares Ergebnis (Eingriffssignal)

Generell sollte bei jedem Ergebnis, das mit einem z-Score von mehr als zwei bewertet wurde, eine Ursachenforschung betrieben werden.

## 8. Ergebnismitteilung

Die Mitteilung der Ergebnisse an die Ringversuchsteilnehmer erfolgt in Form einer Gesamtübersicht bis spätestens 6 Wochen nach Ablauf der Abgabefrist für die Ergebnisse der Teilnehmer. In der Ergebnismitteilung wird das an den Messungen beteiligte Personal namentlich genannt. Zusätzlich werden die Ergebnisse in einem Bericht zusammengefasst, in diesem Bericht werden die Teilnehmer pseudonymisiert.

## 9. Widersprüche und Beschwerden

Widersprüche und Beschwerden sind an den Veranstalter des Ringversuches zu richten, sofern sie sich auf die Einladung, die Durchführung des Ringversuches, die Ergebnismitteilung sowie die Ergebnisse selbst beziehen. Verschiedene Aspekte des Ringversuchsprogramms können zeitweise im Unterauftrag vergeben werden. Im Falle einer Unterauftragsvergabe erfolgt diese an einen kompetenten Unterauftragnehmer, für dessen Arbeit das HLNUG verantwortlich ist. Die Widerspruchsfristen werden in den jeweiligen Bescheiden und Mitteilungen geregelt.

## 10. Kosten

Die Teilnahmegebühr beträgt 1.900,- €. Für die Verwendung eines zweiten Messgeräts im gleichen Ringversuch fällt eine zusätzliche Gebühr von 250,- € an.

## 11. Zeitplan

Auf der folgenden Seite finden Sie den Zeitplan für die Durchführung des Ringversuchs. Voraussetzung für die Einhaltung der angegebenen Uhrzeiten ist unter anderem eine zügige und reibungslose Durchführung der Messungen durch die Ringversuchsteilnehmer. Für die Einhaltung der Zeiten kann deshalb von Veranstalterseite keine Gewähr gegeben werden. Je nach tatsächlichem Verlauf der Durchführung der einzelnen Punkte kann es zu Verschiebungen im Zeitplan kommen.

## Zeitplan

### Ringversuch Partikelmessungen an Kaminöfen

#### Dienstag (1. Tag)

---

- ab 11:00** Anreise und Aufbau der Messgeräte
- bis 18:00** Vorbereitungen und Gerätetest für die Messungen am folgenden Tag

#### Mittwoch (2. Tag)

---

- 09:00** Vorbereitung der Messungen
- 10:00** Beginn Abbrandreihe Messtag 1 (insgesamt 5 Abbrände)
- 15:00** Ungefähreres Ende der Messungen zu Messtag 1
- 17:00** Ende des ersten Messtags

#### Donnerstag (3. Tag)

---

- 09:00** Vorbereitung der Messungen
- 10:00** Beginn Abbrandreihe Messtag 2 (insgesamt 6 Abbrände)
- 15:30** Ungefähreres Ende der Messungen im Ringversuch
- 17:00** Ende des zweiten Messtags

#### Freitag (4. Tag) (optional)

---

- ab 09:00** Abbau der Messgeräte, Abreise der Teilnehmer
- Hinweis: Der Abbau der Geräte am Freitag ist optional. Nach dem Ende der Messungen am zweiten Messtag (planmäßig gegen 15:30 Uhr) besteht selbstverständlich bereits am Donnerstag die Möglichkeit, die Messgeräte bis 17:00 Uhr abzubauen und abzureisen.*