

Umweltforschungsplan des  
Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3712 95 338 2  
UBA-FB-00 [trägt die UBA-Bibliothek ein]

**Auswertung durch anerkannte Prüfstellen nach dem Standard RAL-UZ 171,  
Anhang S-M durchgeführter Prüfungen der Partikelemissionen zur Fortent-  
wicklung des Blauen Engel**

von

Dr. Stefan Seeger

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
Fachbereich 4.2 - Materialien und Luftschadstoffe  
Unter den Eichen 87  
12205 Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Abschlussdatum März 2016

## Kurzbeschreibung

Mit der überarbeiteten Version der Vergabegrundlagen des Umweltzeichens Blauer Engel für Bürogeräte mit Druckfunktion (RAL-UZ 171:2012)<sup>1</sup> wurde für die Partikelemission ein Prüfverfahren (siehe Anhang S-M) und ein Prüfwert eingeführt. Dies ergänzt die zahlreichen anderen Kriterien, die bereits Voraussetzungen für die Vergabe des Blauen Engels an Bürogeräte mit Druckfunktion waren. Die Anwendung des Prüfwertes für Partikelemissionen wurde von der Jury Umweltzeichen in 2012 zunächst nur für Geräte unterhalb 250 l Volumen - sogenannte Tischgeräte - beschlossen. Für größere Geräte (> 250 l, sogenannte Standgeräte) wurde eine Dokumentation des Messergebnisses im Rahmen des Prüfberichtes festgelegt. Ein Grund für diese Unterscheidung war die Tatsache, dass zu diesem Zeitpunkt für die Standgeräte keine für eine sinnvolle Festlegung eines Prüfwertes ausreichende Zahl an Messwerten und keine Erfahrungen aus entsprechenden Emissionsprüfungen vorlagen. Notwendig zur beabsichtigten Festlegung des Prüfwerts für die Partikelemission aus großen Bürogeräten war deshalb die systematische Erfassung und Bewertung der durch die anerkannten Prüfinstitute nach Inkrafttreten der RAL-UZ 171 ermittelten Ergebnisse. Dies wurde in diesem Forschungsprojekt durchgeführt. Das Forschungsprojekt befasste sich des Weiteren mit der Ermittlung und Beurteilung der Qualität der Partikelemissionsprüfungen auf Basis der zur Verfügung stehenden Prüfberichte in beiden Größenkategorien. Im Ergebnis stellte sich heraus, dass die Qualität der Prüfungen der Partikelemission insgesamt mit einer Fehlerquote von 3 % ungültiger Prüfungen sehr gut war. Ein weiteres Ergebnis ist, dass keine prüfmethodischen oder qualitätsrelevanten Gründe gegen die Anwendung des bestehenden Prüfwerts auf große Bürogeräte sprechen.

## Abstract

With the revision of the award criteria RAL-UZ 171:2012<sup>1</sup> "Office Equipment with Printing Function (Printers, Copiers and Multifunction Devices)" an additional test guideline along with a criterion for the emission of particles was included (see Annex S-M "Chemical Emissions"). The environmental label jury decided that this criterion was assigned with a test value and is obligatory only for the category of printing devices with volumes below 250 liters. For the larger printing devices ( $\geq 250$  liters) the particle emission has to be tested and declared in the test report. This reflects the fact that the insufficient knowledge on particle emissions from large printing devices at that time was not a good basis for the determination of a test value. It was considered necessary to systematically review the results on particle emissions in all valid test reports from acknowledged test laboratories after the new award criteria came into effect in 2013. It was intended to decide on a test value for large devices based on this review. This is the core of the present research project. Further, all test reports on particle emissions, registered as valid by RAL, were subjected to a quality check. It turned out that the failure rate of reports with major faults is at 3 % only. As a result there are no methodological or quality-related reasons against making the test criterion mandatory also for the large printing devices.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	6
Tabellenverzeichnis .....	7
Zusammenfassung.....	8
1 Systematische Auswertung der Gesamtheit aller Prüfberichte hinsichtlich Qualität der Messung und der anschließenden Auswertung .....	10
1.1 Formale Prüfung der Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben .....	10
1.2 Fehleranalyse bei der Durchführung der Messungen .....	10
1.3 Fehleranalyse bei der Auswertung, Plausibilitätskontrolle und rechnerische Nachprüfung der Resultate für die Prüfgröße $PER_{10}$ .....	11
1.4 Plausibilitätskontrolle für Prüfberichte mit dem Ergebnis „nicht quantifizierbar“ nach Schritt 9 der Anlage S-M der RAL-UZ 171 .....	11
1.5 Bewertung und Empfehlungen .....	11
1.6 Zusätzliche Auswertungen .....	12
1.6.1 Ergebnisse für monochromen und farbigen Druckmodus .....	12
1.6.2 Messunsicherheit, Pass-Fail-Kriterien und Prüfwert <sup>3</sup> .....	13
2 Statistische Auswertung der Partikelemissions-Messergebnisse für große Bürogeräte.....	16
3 Quellenverzeichnis.....	18

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vergleich der PER <sub>10</sub> -Prüfergebnisse im monochrom- und im farb- Druckmodus.....	12
Abbildung 2:	Pass-Fail Kriterien für die Prüfung der Partikelemission .....	14
Abbildung 3:	Pass-Fail Kriterien für die Prüfung der Partikelemission in der Kategorie < 250 l.....	15
Abbildung 4:	Verteilung der Prüfwerte aus 133 Prüfungen der Kategorie ≥ 250 l.....	16
Abbildung 5:	Verteilung der Prüfwerte aus Bürogerätepools der BAM in der Kategorie < 250 l.....	17

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	Prüfberichte mit geringen formalen Mängeln.....	10
Tabelle 2:	Prüfberichte mit gravierenden formalen Mängeln .....	10
Tabelle 3:	Prüfberichte mit geringen Mängeln bei der technischen Durchführung.....	10
Tabelle 4:	Prüfberichte mit gravierenden Auswertemängeln.....	11

## Zusammenfassung

In einem von der BAM bearbeiteten und im Jahr 2011 abgeschlossenen UFOPLAN-Vorhaben (FKZ 370895301 „Erfassung der Zahl feiner und ultrafeiner Partikel aus Bürogeräten während der Druckphase zur Entwicklung eines Prüfverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel für Bürogeräte mit Druckfunktion“)<sup>2</sup> wurde ein standardisiertes Prüfverfahren für Partikelemissionen entwickelt und erfolgreich getestet. Dieses Prüfverfahren wurde in den Anhang S-M „Prüfung der chemischen Emissionen aus Bürogeräten“ der überarbeiteten Vergabegrundlage des Umweltzeichens Blauer Engel für Bürogeräte mit Druckfunktion (RAL-UZ 171:2012)<sup>1</sup> übernommen, die durch Beschluss der Jury Umweltzeichen im Januar 2013 wirksam wurde.

Die Vergabegrundlage UZ 171 teilt, ebenso wie die Vorgängerversionen, aus messmethodischen Gründen Bürogeräte in zwei Fraktionen auf: kleine Bürogeräte mit < 250 l Gerätevolumen (sogenannte Tischgeräte) und große Bürogeräte  $\geq 250$  l (sogenannte Standgeräte). Für beide Kategorien fordert die Vergabegrundlage die Messung der Partikelemission. Die Anwendung des Prüfwerts ( $PER_{10,PW} \leq 3,5 \cdot 10^{11}$  Partikel/10 Minuten) als Vergabekriterium wurde zunächst nur für Geräte unterhalb 250 l beschlossen. Für große Geräte wurde einstweilen die Prüfung und Dokumentation der Partikelemission im Prüfbericht vorgeschrieben. Der Grund für diese Unterscheidung ist die Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Inkraftsetzung der Vergabegrundlage UZ 171 für große Bürogeräte keine für die Festlegung eines Prüfwerts ausreichende Zahl an Messwerten und keine Erfahrungen aus entsprechenden standardisierten Emissionsprüfungen vorlagen. Eine Voraussetzung zur beabsichtigten späteren Festlegung eines Prüfwerts für große Bürogeräte war deshalb die systematische kontinuierliche Erfassung der durch Prüfinstitute nach Inkraftsetzung der UZ 171 ermittelten Werte im Rahmen dieses Forschungsprojekts. Die Qualität der UZ-171-konformen Messung von Partikelemissionen konnte bereits 2012 in einem internationalen Ringversuch unter Leitung der BAM erfolgreich getestet werden. Es wurde jedoch angesichts der ab 2013 zu erwartenden großen Zahl an Neuanträgen als sinnvoll angesehen, für die neue Kategorie Partikelanzahlemission zusätzlich durch eine begleitende umfassende Zweitauswertung mögliche Schwächen bei der Durchführung und Auswertung frühzeitig aufzudecken und gegebenenfalls Vorschläge zur Verbesserung der Vergabegrundlage zu erarbeiten mit dem Ziel, den ambitionierten Umweltstandard für die freiwillige Kennzeichnung von Bürogeräten mit dem Blauen Engel auch zukünftig zu gewährleisten.

In diesem Forschungsprojekt wurden 288 Partikelemissionsprüfungen von kleinen und großen Bürogeräten mit Druckfunktion nach der Vergabegrundlage RAL-UZ-171:2012, Anhang S-M hinsichtlich ihrer Qualität ausgewertet. Die Prüfberichte aus dem Zeitraum 2013 bis 2015 stammten von 14 anerkannten Prüfinstituten und wurden der BAM von der RAL gGmbH als verantwortlicher Organisation für die Vergabe des Blauen Engels zur Verfügung gestellt. Die 155 Prüfberichte in der Kategorie < 250 l beschreiben ausschließlich erfolgreiche Prüfungen, d.h. solche, die alle Anforderungen und Prüfwerte des Annex S-M erfüllt haben. In der Kategorie  $\geq 250$  l wurden 133 beim RAL eingegangenen Prüfberichte zur Verfügung gestellt, darin enthalten waren auch solche mit Partikelemissionen oberhalb des Prüfwerts für kleine Geräte.

## Arbeitsumfang

Eine systematische Auswertung der Gesamtheit aller Prüfberichte hinsichtlich der Qualität der Messung und der anschließenden Auswertung wurde vorgenommen. Sie schließt eine Zweitauswertung anhand der in den Berichten enthaltenen Rohdaten und Zwischenergebnisse mit ein und erstreckte sich auf die folgenden vier Aspekte:

1. Formale Prüfung der Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben
2. Fehleranalyse bei der Durchführung der Messungen

3. Fehleranalyse bei der Auswertung, Plausibilitätskontrolle und rechnerische Nachprüfung aller Resultate für die Prüfgröße  $PER_{10}$  anhand der berichteten Zwischenergebnisse entsprechend Abschnitt 4.9.3 des Annex S-M der RAL-UZ 171.
4. Plausibilitätskontrolle für Prüfberichte mit dem Ergebnis „nicht quantifizierbar“ nach Schritt 9 der Anlage S-M der RAL-UZ 171

Zur Bewertung aufgetretener Fehler und Mängel in den Prüfberichten wurden zwei Kategorien gebildet:

#### *Prüfberichte mit geringen Mängeln*

Die Prüfberichte und die Ergebnisse sind fachlich richtig, enthalten jedoch vermeidbare Fehler oder Ungenauigkeiten.

#### *Prüfberichte mit gravierenden Mängeln*

Die Prüfberichte sind aufgrund gravierender Fehler und falscher Berechnung des Prüfwerts  $PER_{10}$  fachlich nicht richtig.

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Auswertung wurden anhand der oben genannten vier Aspekte aufgeschlüsselt.

1. Es wurden lediglich tolerable, nicht ergebnisrelevante formale Mängel in den Prüfberichten gefunden.
2. Die technische Vorbereitung und Durchführung der Messungen in den Prüflabors waren bei allen Prüfungen korrekt und konform mit dem Anhang S-M.
3. Der Anteil von Prüfberichten mit tolerierbaren geringfügigen Mängeln liegt bei ca. 8 %. Ca. 3 % aller Prüfberichte waren aufgrund gravierender Mängel fachlich nicht richtig. Die Fehler in diesen Berichten entstanden während der Auswertungen durch fehlerhafte Interpretation der Daten, Ablesefehler, Flüchtigkeitsfehler oder fehlerhafte Berechnungen.
4. Nach Abschnitt 4.9.3 „Berechnung des Prüfergebnisses“ des Anhangs S-M werden Prüfungen mit für eine rechnerische Auswertung zu kleiner Veränderung der Partikelanzahlkonzentration als „nicht quantifizierbar“ eingestuft. In allen Prüfberichten mit dem Ergebnis „nicht quantifizierbar“ war diese Einstufung fachlich richtig.

Die gefundenen Mängel wurden im Einzelnen analysiert und sind weiter unten tabellarisch aufgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden Empfehlungen für die nächste Revision der Vergabegrundlage abgeleitet.

Basierend auf den 133 Prüfungen in der Kategorie > 250 l wurde eine statistische Auswertung der Partikelemissions-Messergebnisse für große Bürogeräte vorgenommen und in Tabelle 1 dargestellt. Im Vergleich zu den Ergebnissen der BAM aus der Testung von 28 älteren kleinen Bürogeräten vor 2012 zeigen diese großen Bürogeräte eine Tendenz zu höheren Partikelemissionen.

# 1 Systematische Auswertung der Gesamtheit aller Prüfberichte hinsichtlich Qualität der Messung und der anschließenden Auswertung

## 1.1 Formale Prüfung der Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben

Die formale Analyse bezog sich auf die vollständige und korrekte Beschreibung der Prüfung nach Anhang S-M, Kapitel 5 „Auswertung und Prüfbericht“. In den nachfolgenden Tabellen sind die gefundenen geringen und gravierenden formalen Mängel und anonymisiert dem betreffenden Prüfinstitut zugeordnet. Die Häufigkeit des Auftretens wurde jeweils in Relation zur Gesamtzahl an durchgeführten Prüfungen gesetzt.

Tabelle 1: Prüfberichte mit geringen formalen Mängeln

Prüfinstitut-Nr.	Mangel	Häufigkeit
12	falsche Bezeichnung des Prüfobjekts	1x in 16 Prüfungen
12	sehr kurze Emissionszeit	1x in 16 Prüfungen
12	kurze Druckzeit	3x in 16 Prüfungen
1	Druckfehler in Ergebnistabelle	1x in 21 Prüfungen
1	sehr kurze Emissionszeit	1x in 21 Prüfungen
1	falsche Einheit für Parameter $\beta$	1x in 21 Prüfungen
11	Druckfehler in Ergebnistabelle	1x in 48 Prüfungen
10	ungenauere Grafiken, keine Angabe von Einheiten	1x in 60 Prüfungen
4	falsche Einheit für Parameter $\beta$	6x in 14 Prüfungen
5	Druckfehler in Ergebnistabelle	1x in 15 Prüfungen

Die Häufigkeit beschreibt die Relation zu allen vom jeweiligen Institut durchgeführten Prüfungen

Tabelle 2: Prüfberichte mit gravierenden formalen Mängeln

Prüfinstitut-Nr.	Mangel	Häufigkeit
14	falsche Angabe des Prüfkammervolumens	1x in 48 Prüfungen

Die Häufigkeit beschreibt die Relation zu allen vom jeweiligen Institut durchgeführten Prüfungen

## 1.2 Fehleranalyse bei der Durchführung der Messungen

Die Analyse der technischen Durchführung der Messungen ergab nur geringe Mängel:

Tabelle 3: Prüfberichte mit geringen Mängeln bei der technischen Durchführung

Prüfinstitut-Nr.	Mangel	Häufigkeit
12	sehr kurze Emissionszeit	1x in 16 Prüfungen
12	kurze Druckzeit	3x in 16 Prüfungen
1	sehr kurze Emissionszeit	1x in 21 Prüfungen

Die Häufigkeit beschreibt die Relation zu allen vom jeweiligen Institut durchgeführten Prüfungen



### 1.3 Fehleranalyse bei der Auswertung, Plausibilitätskontrolle und rechnerische Nachprüfung der Resultate für die Prüfgröße $PER_{10}$

Die nach Anhang S-M, Kapitel 4.9.3 „Berechnung des Prüfergebnisses“ erforderlichen Dateninterpretationen und Berechnungen wurden anhand der berichteten Zwischenergebnisse überprüft. Unter Dateninterpretation wird hier die Bestimmung der zur Berechnung des Prüfwerts erforderlichen Parameter aus Messkurven und Messdaten verstanden (siehe z.B. die Schritte 2, 4 und 8). Der Begriff „Berechnung“ umfasst hier die Anwendung aller Auswerteformeln (Formeln 11 bis 13 des Anhangs S-M).

Geringe Mängel traten in dieser Kategorie nicht auf. In der Tabelle sind die gefundenen gravierenden Mängel der formalen Prüfung anonymisiert aufgeführt.

Tabelle 4: Prüfberichte mit gravierenden Auswertemängeln

Prüfinstitut-Nr.	Mangel	Häufigkeit
7	falsche Berechnung von Formel 12 / Schritt 6	2x in 5 Prüfungen
12	Parameter $t_{print}$ in Schritt 12 falsch bestimmt	1x in 48 Prüfungen
12	Parameter $t_{start}$ in Schritt 4 falsch bestimmt	1x in 48 Prüfungen
10	Parameter $C_{av}$ in Schritt 10 falsch berechnet	1x in 60 Prüfungen
6	Schritte 8 und 9: $C_{stop}$ und $\Delta C$ falsch berechnet	1x in 1 Prüfungen

Die Häufigkeit beschreibt die Relation zu allen vom jeweiligen Institut durchgeführten Prüfungen

### 1.4 Plausibilitätskontrolle für Prüfberichte mit dem Ergebnis „nicht quantifizierbar“ nach Schritt 9 der Anlage S-M der RAL-UZ 171

Prüfberichte mit dem Ergebnis „nicht quantifizierbar“ nach Schritt 9, Anhang S-M, Kapitel 4.9.3 „Berechnung des Prüfergebnisses“ wurde einer Plausibilitätsprüfung hinsichtlich der Richtigkeit der Einordnung in diese Kategorie unterzogen. Alle Prüfberichte und Einordnungen sind fachlich richtig. In einigen Fällen wäre eine Nachprüfung in Messkammern mit kleinerem Volumen erwägenswert gewesen zur Absicherung des Resultats. Dies lag jedoch im Ermessensspielraum der Prüfinstitute und eine fehlerhafte Einstufungen in die Kategorie „ $PER_{10}$  -Prüfwert eingehalten“ ist in diesen Fällen nicht zu beanstanden.

### 1.5 Bewertung und Empfehlungen

Ca. 3% aller Prüfberichte waren aufgrund gravierender Fehler fachlich nicht richtig. Messungen und Messdatenerhebungen waren in jedem dieser Fälle aber korrekt. Dieses Ergebnis ist insgesamt als gut zu bewerten und geht konform mit den ebenfalls guten Resultaten der von der BAM durchgeführten Ringversuche.

Fehler entstanden während der Auswertungen durch fehlerhafte Interpretation der Daten, Ablesefehler, Flüchtigkeitsfehler oder fehlerhafte Berechnungen. Als Gründe sind eher mangelnde Qualitätskontrolle als grundsätzliches Unverständnis der Auswerteprozedur zu erkennen, da die Institute, die Berichte mit gravierenden Fehlern produzierten, bei nur einer Ausnahme überwiegend korrekte Berichte erstellt haben. Offensichtlich konnte das zum Zeitpunkt der Begutachtung durch die BAM vorhandene Qualitätsniveau der Prüfinstitute nicht in jeder einzelnen Prüfung sichergestellt werden. Wesentliche Ursache hierfür wird unzureichende laborinterne Schulung und Einweisung neuen Personals sein.

Die institutsinternen Einweisungen bei Personalwechsel und die Qualitätskontrollen (vier-Augen-Prinzip, Kontrolle durch in der Prüfung erfahrene Personal) sollten dahingehend verbessert werden.

Es wird empfohlen, die aufgetretenen Fehler mit den betroffenen Prüfinstituten zu erörtern. Dies ist in Einzelfällen bereits geschehen.

Der Anteil von Prüfberichten mit geringen Mängeln sollte durch gezielte Feedback im Rahmen der Ringversuche verringern werden. Es wird hierfür empfohlen, die aufgetretenen Fehler aufzulisten und allen Prüfinstituten ggf. anonymisiert zur Verfügung zu stellen.

Zur besseren Vermeidung von aufgetretenen Missverständnisse und Ungenauigkeiten bei der Berechnung des Prüfergebnisses nach Kapitel 4.9.3 des Anhangs S-M der Vergabegrundlage wurden die unten aufgelisteten Veränderungen für die anstehende Revision der Vergabegrundlage vorgeschlagen.

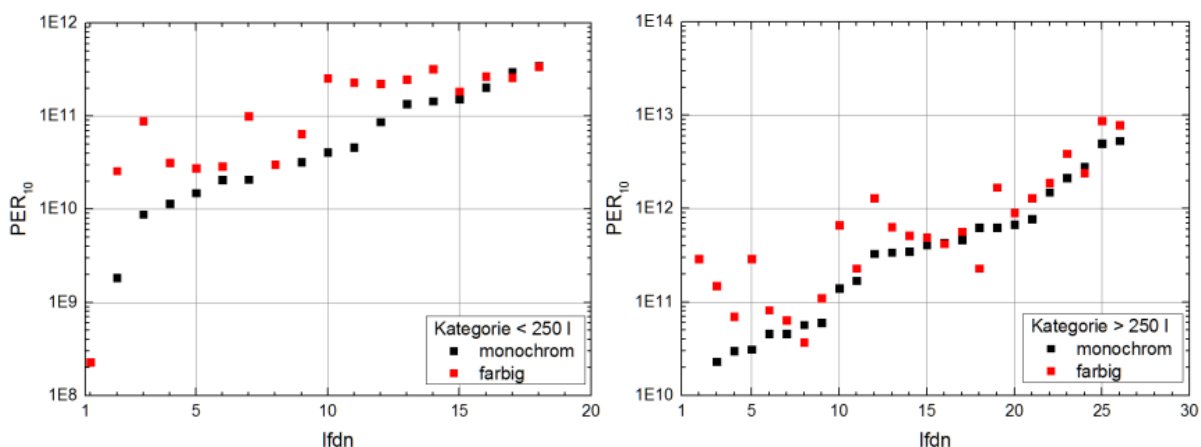
- ▶ Anmerkung zum zeitlichen Verlauf der Partikelanzahlkonzentration  $C_p(t)$ :  $C_p(t)$  kann a) bereits vor Ende des Druckphase abfallen; b) direkt nach dem Ende der Druckphase abfallen oder c) nach dem Ende der Druckphase noch ansteigen oder konstant bleiben bevor ein stetiger Abfall einsetzt. Diese Charakteristiken werden sowohl durch die Eigenschaften des zu prüfenden Bürogeräts wie auch durch die Messbedingungen beeinflusst. Die im Folgenden beschriebenen Auswerteschritte sind für alle Varianten gleichermaßen anwendbar.
- ▶ Hinweis zur Organisation der Zeitachsen: Zeitachsen sollen in der Einheit [min] oder der Einheit [s] organisiert sein.
- ▶ Hinweis zur Berechnung des Partikelverlustkoeffizienten: Berechnung des Partikelverlustkoeffizienten  $\beta$  in der Einheit [s<sup>-1</sup>]
- ▶ Hinweis zur Zeitdifferenz  $\Delta t$  zwischen zwei aufeinanderfolgenden Datenpunkten der Partikelanzahlkonzentration  $C_p(t)$ : Die Zeitdifferenz wird anhand des Gerätemanuals des Messgerätheherstellers festgestellt. Anmerkung:  $\Delta t$  muss die Einheit [s] haben. Anmerkung: Die Zeitdifferenz  $\Delta t$  beträgt üblicherweise 1 s.
- ▶ Hinweis zur Auswertung gemäß Abbildung 4.9.2: Die Zeitachse des Diagramms sollte in der Einheit [min] oder [s] organisiert sein.

## 1.6 Zusätzliche Auswertungen

### 1.6.1 Ergebnisse für monochromen und farbigen Druckmodus

Der Vergleich der Ergebnisse für monochromen und farbigen Druckmodus zeigt für beide Gerätekategorien mit nur wenigen Ausnahmen die Tendenz zu gleicher oder höherer Partikelemission beim Farbdruck.

Abbildung 1: Vergleich der PER<sub>10</sub>-Prüfergebnisse im monochrom- und im farb-Druckmodus



Datenquellen der Grafik: BAM.

Durch diesen Befund wird die Festlegung der RAL-UZ 171 gestützt, eine zusätzliche Prüfung von Farbgeräten im Monochromdruck nicht zu fordern, sofern der Prüfwert der Partikelemission im Farbmodus bereits eingehalten wird.

### 1.6.2 Messunsicherheit, Pass-Fail-Kriterien und Prüfwert<sup>3</sup>

Messunsicherheit ist ein Kennwert, der den Bereich der Werte charakterisiert, die einer Messgröße durch die durchgeführte Messung vernünftigerweise zugeschrieben werden können. Die Messunsicherheit drückt so die Stärke des Vertrauens aus, mit der angenommen werden darf, dass der Wert der Messgröße unter den Bedingungen der Messung innerhalb eines bestimmten Wertesintervalles liegt.

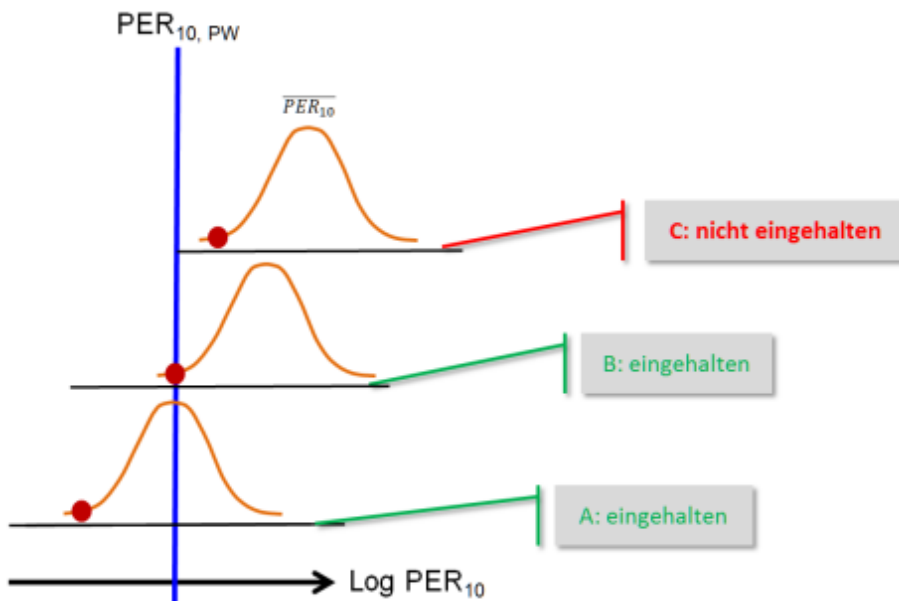
Sinn und Ziel des Schätzens von Messunsicherheiten ist es, ein Intervall festzulegen, die den wahren Wert, hier also  $\overline{PER}_{10}$  (Erwartungswert, wahrscheinlichster Wert), der Messgröße  $PER_{10}$  mit einer gegebenen Wahrscheinlichkeit einschließen sollen. Die Feststellung der Einhaltung oder eine Überschreitung eines Prüfkriteriums ist nur mit Kenntnis der Messunsicherheit und einer realistischen Ermittlung oder Abschätzung des Erwartungswerts möglich.

Im Rahmen der RAL-UZ 171 ist jede Prüfungen der Partikelemissionen eines Laserdruckers nach Anhang S-M eine Einzelmessung. Eine Ermittlung des Erwartungswerts sowie der Messunsicherheit wäre auf Basis von Mehrfachmessungen möglich, ist aber nicht vorgesehen um den Prüfaufwand insgesamt zu begrenzen. Durch den komplexen Ablauf der Prüfung ist die alternative Bestimmung von Erwartungswert und Messunsicherheit aus den einzelnen beitragenden Faktoren (wie z.B. Messfehler des verwendeten Aerosolmessgeräts, Streuung des Emissionsverhaltens der Bürogeräte usw.) nach den Regeln der Fehlerfortpflanzung praktisch nicht sinnvoll durchführbar.

Die typische empirische Messunsicherheit der Partikelemissionsmessung nach Anhang S-M wurde aus Mehrfachmessungen abgeschätzt, die im Rahmen eines Forschungsprojekts der BAM durchgeführt wurden (siehe Abschlussbericht „Erfassung der Zahl feiner und ultrafeiner Partikel aus Bürogeräten während der Druckphase zur Entwicklung eines Prüfverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel für Bürogeräte mit Druckfunktion)<sup>2</sup>. Auf dieser Basis konnte zu einem gemessenen  $PER_{10}$ -Einzelwert der zugehörige maximale Erwartungswert  $\overline{PER}_{10}$  der Partikelemission eines Bürogeräts mit Druckfunktion zu  $3,6 * PER_{10}$  abgeschätzt werden (erweiterte Unsicherheit, Signifikanzniveau 95%). Dies ist eine extreme „worst case“-Abschätzung des maximalen Erwartungswerts.

Mit dieser Abschätzung können in der RAL-UZ 171 die in der Abbildung 2 gezeigten Pass-Fail-Kriterien für die Prüfung angewendet werden.

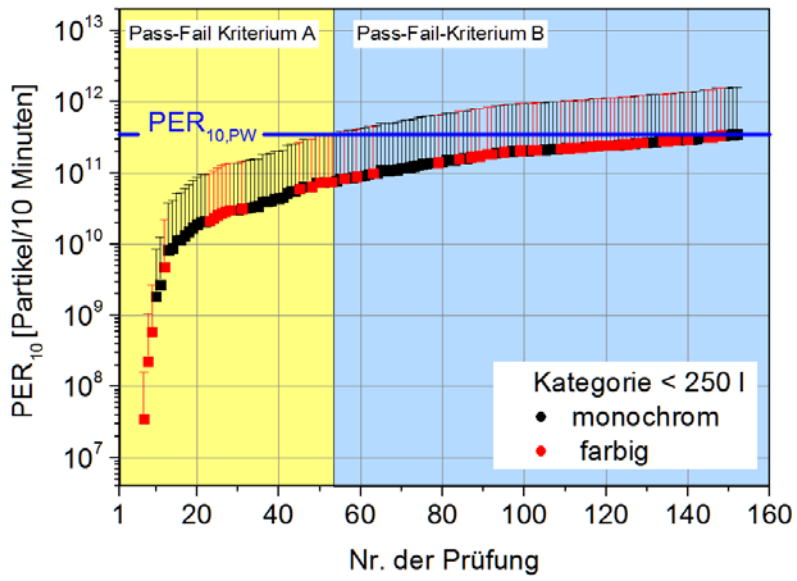
Abbildung 2: Pass-Fail Kriterien für die Prüfung der Partikelemission



Datenquellen der Grafik: BAM.

In der Abbildung sind einige mögliche  $PER_{10}$ -Einzelmesswerte durch rote Punkte dargestellt. Die Kurven symbolisieren die empirisch geschätzte, lognormale „worst-case“-Verteilung dieser Einzelmesswerte mit dem Erwartungswert  $\overline{PER}_{10}$  als Maximum. In den Fällen A und B ist das Prüfkriterium per Konvention eingehalten: Im Fall A gilt  $\overline{PER}_{10} \leq PER_{10, PW}$  (anzunehmender Erwartungswert kleiner/gleich Prüfwert); im Fall B gilt  $PER_{10}$  – Einzelmesswert  $\leq PER_{10, PW}$  (Messwert kleiner/gleich Prüfwert) und der Erwartungswert liegt somit maximal bei  $3,6 \cdot PER_{10, PW}$ . In der Praxis wird in den meisten Fällen die tatsächliche Streuung der Messwerte enger ausfallen und der tatsächliche Erwartungswert damit sehr viel dichter am gemessenen Einzelwert liegen. Dies ist eine Begründung dafür, dass auch im Fall B die Prüfung als noch bestanden gewertet wird. Im Fall C übersteigt der Messwert den Prüfwert und die Prüfung wird als nicht bestanden gewertet. Abbildung 3 zeigt die Einteilung der bestandenen Prüfungen für kleine Geräte in die Kategorien A und B bei Annahme des „worst case“. Demnach entfallen ca. 40 % der Prüfungen auf das Kriterium A und entsprechend 60 % auf das Kriterium B.

Abbildung 3: Pass-Fail Kriterien für die Prüfung der Partikelemission in der Kategorie < 250 l



Datenquellen der Grafik: BAM.

## 2 Statistische Auswertung der Partikelemissions-Messergebnisse für große Bürogeräte

Auf der Grundlage der 133 Prüfungen in der Kategorie > 250 l wurde eine statistische Auswertung der Partikelemissions-Messergebnisse für große Bürogeräte vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt.

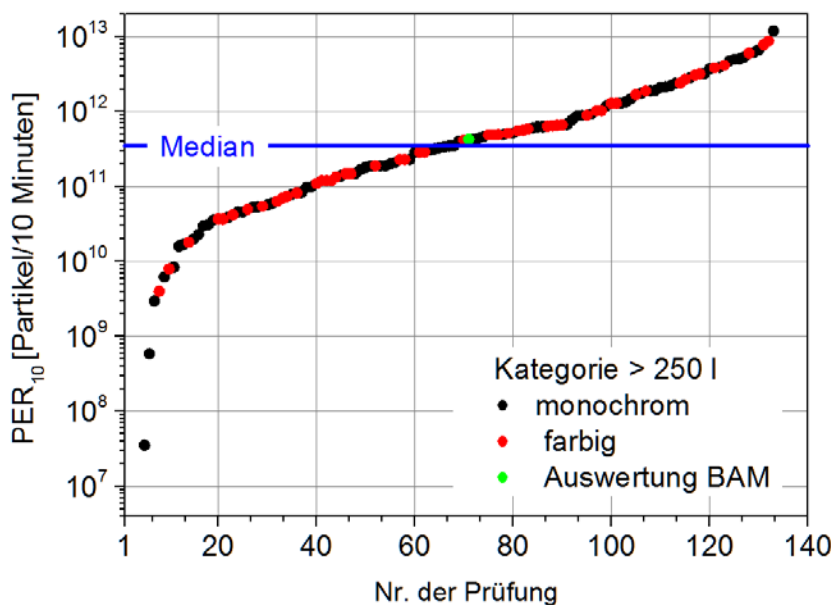
Tabelle 5: Statistische Auswertung für den Messwert PER<sub>10</sub> in der Kategorie ≥ 250 l

	PER <sub>10</sub> [Partikel/10 Minuten]
Maximalwert	1.2*10 <sup>13</sup>
Minimalwert	1*10 <sup>7</sup> (messtechnische Nachweisgrenze)
Median	3,5*10 <sup>11</sup>
33 %-Perzentil	1.2*10 <sup>11</sup>
66 %-Perzentil	6.9 *10 <sup>11</sup>

Anmerkung: Der stichprobenartige Vergleich der berichteten gültigen Prüfergebnisse mit denen der Nachberechnungen durch die BAM ergab eine sehr gute Übereinstimmung im Rahmen der Messunsicherheit.

Eine Übersicht der Prüfergebnisse zeigt Abbildung 4. Der grün markierte Wert ist Ergebnis einer Zweitauswertung durch die BAM auf Basis der Originalmessdaten. Die Originalauswertung des ausführenden Prüfinstituts enthielt gravierende Mängel.

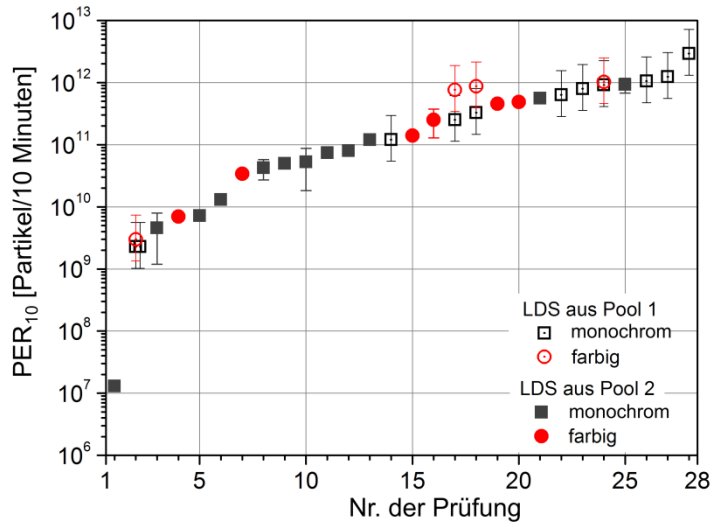
Abbildung 4: Verteilung der Prüfwerte aus 133 Prüfungen der Kategorie ≥ 250 l



Datenquellen der Grafik: BAM, nicht aufgeführte Werte entsprechen dem Prüfergebnis „nicht quantifizierbar“.

Die Resultate können mit denen von älteren, bereits vor 2007 auf den Markt gebrachten Bürogeräten verglichen werden. Abbildung 5 zeigt anhand von Mittelwerten aus Wiederholungsmessungen den Gerätevergleich im s/w- und im Farbmodus. Der PER<sub>10</sub>-Median beträgt hier ca. 10<sup>11</sup> Partikel/10 Minuten.

Abbildung 5: Verteilung der Prüfwerte aus Bürogerätepools der BAM in der Kategorie < 250 l



Datenquellen der Grafik: BAM und UMID Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 1/2012<sup>4</sup> Die Daten enthalten einzelne Wiederholungsmessungen. Nicht aufgeführte Werte entsprechen dem Prüfergebnis „nicht quantifizierbar“.

### 3 Quellenverzeichnis

<sup>1</sup> Web-Adresse: <https://www.blauer-engel.de/de/fuer-unternehmen/vergabegrundlagen> aufgerufen am 24.03.2017

<sup>2</sup> Barthel, Mathias; Seeger, Stefan; Rothhardt, Monika; Wilke, Olaf; Horn, Wolfgang; Juritsch, Eleftheria; Hahn, Oliver; Jann, Oliver (2013): Erfassung der Zahl feiner und ultrafeiner Partikel aus Bürogeräten während der Druckphase zur Entwicklung eines Prüfverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel für Bürogeräte mit Druckfunktion, Umweltbundesamt (UBA), Texte 74/2013

<sup>3</sup> JCGM 104 (2009): Auswertung von Messdaten – Eine Einführung zum "Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen" und zu den dazugehörigen Dokumenten <http://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt8/fb-84/ag-840/publika-840/jcgm-104.html> aufgerufen am 24.03.2017

<sup>4</sup> Barthel, Mathias; Fiedler, Jan; Giacomini, Marcia; Moriske, Heinz-Jörn; Seeger, Stefan; Thurner, Jörn-Uwe (2012): Partikelemissionen aus Laserdruckern – Aktueller Sachstand, UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 1/2012 Herausgeber: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Robert Koch-Institut (RKI), Umweltbundesamt (UBA)