BAM
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

November 2021

Prüfverfahren

für die Bestimmung von

Emissionen aus Hardcopygeräten

im Rahmen der Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel

für Bürogeräte mit Druckfunktion nach

DE-UZ 239

Vorwort 3
1. Definitionen 4
2. Messgeräte 8
3. Prüfobjekte 8
3.1 Auswahl 8
3.2 Vorbereitung des Prüfobjektes 8
3.3 Verbrauchsmaterialien 10
4. Messung in der Emissionsprüfkammer 10
4.1 Allgemein 10
4.2 Prüfablauf (siehe auch 8.1 Ablaufplan) 12
4.3 Qualitätssichernde Maßnahmen 13
4.4 Klima, Schwarzwert bzw. Farbwert-Ermittlung, Druckerkontrolle 13
4.5 VOC 14
4.6 VVOC 16
4.7 Ozon 16
4.8 Staub 17
4.9 Feine und ultrafeine Partikel 19
5. Auswertung und Prüfbericht 29
6. Prüfinstitute 31
7. Literatur 31
8. Erläuterungen und Beispiele 34
8.1 Ablaufplan für die Prüfung 34
8.2 Messaufbau für Prüfgeräte 35
8.3 Druckvorlage 5% Flächendeckung, schwarz (siehe DIN 33870 [9]) 36
8.4 Druckvorlage für die Prüfung von Farbgeräten, 20% Flächendeckung 37
8.5 Beispiel für den Verlauf von Klima, Stromverbrauch und Ozonkonzentration während einer Prüfung 38
8.6 Beispiel für ein erprobtes VOC - Messverfahren 39
8.7 Beispiel für den Verlauf der Ozonkonzentration während der Druckphase 40
8.8 Technische Informationen zu Aerosolmessgeräten 41
8.9 Vorbereitende Maßnahmen zur Sicherstellung der Messbereitschaft von Aerosolmessgeräten 41

Vorwort

Das vorliegende Prüfverfahren ist zur Umsetzung neuer Anforderungen der Vergabekriterien für das Umweltzeichen Blauer Engel bezüglich des Emissionsverhaltens (VOC, Ozon, gravimetrisch messbarer Staub, feine und ultrafeine Partikel) von Hardcopygeräten (Drucker, Kopierer und Multifunktionsgeräte) angepasst worden. Es basiert auf dem Prüfverfahren vom Juli 2012, auf dem von der ECMA International (European Association for Standardizing Information and Communication Systems) erarbeiteten Standard ECMA-328 [3] und den internationalen Normen ISO 16000-9: 2012-11 für die Emissionsmesskammern [4] und DIN ISO 16000-6: 2008-04 für die VOC-Analytik [5]. Der Standard ECMA 328 [3] liegt auch als ISO-Standard (ISO/IEC 28360: 2015-08) vor.

Die Berücksichtigung dieser Standards ist für die Anwendung des Prüfverfahrens eine unbedingte Voraussetzung, sofern sie dem Prüfverfahren nicht widersprechen.

Ziel des Prüfverfahrens ist die zuverlässige Ermittlung von Emissionsraten oder von Emissionsmengen innerhalb einer kurzen zur Verfügung stehenden ununterbrochenen Druckzeit von in der Regel deutlich unterhalb einer Stunde mittels eines dynamischen Prüfkammerverfahrens bei einer definierten Luftaustauschrate.

Da die Geräte selbst auch eine gewisse VOC-Emission aufweisen können, die allerdings im Laufe der Zeit abnimmt, ist im Prüfverfahren auch die Bestimmung der VOC-Emissionsraten in einer Bereitschaftsphase gefordert.

Die ermittelten Emissionsraten sind als systemspezifische Emissionsraten zu verstehen, da Drucker, Kopierer oder Multifunktionsgerät nur in Verbindung mit den eingesetzten Verbrauchsmaterialien (z.B. Toner, Tinte, Papier) ihr spezifisches Emissionsverhalten aufweisen.

Die ermittelten Emissionsraten oder Emissionsmengen dürfen die in der Umweltzeichen - Vergabekriterien aufgeführten zulässigen Grenzen nicht überschreiten.
Hierbei wird grundsätzlich davon auszugehen sein, dass die Geräte nicht ununterbrochen drucken, wofür sie auch nicht ausgelegt sind, sondern dass die Berücksichtigung eines Nutzungsfaktors < 1 zweckmäßig ist. Die so modellhaft berechenbaren Raumluftkonzentrationen sind in der Realität stark von Adsorptionseffekten an Oberflächen in den Räumen beeinflusst, so dass die in der Realität zu erwartenden Konzentrationen eher geringer sein werden als die berechneten.

Die Überarbeitung des Prüfverfahrens erfolgte im Rahmen der turnusmäßigen Revision.

1. Definitionen

Aerosol

Suspension von Partikeln (fest und/oder flüssig) in einem Gas.

Aerosolmessgerät

Im Sinne dieses Prüfverfahrens ein Gerät zur Bestimmung der zeitabhängigen Partikelanzahlkonzentration eines Aerosols innerhalb eines definierten Partikelgrößenbereichs und mit einer bestimmten Zeitauflösung.

Akkumulierte Partikelanzahlkonzentration $C_p(t)$

Zeitabhängige Partikelanzahlkonzentration in einem definierten Partikelgrößenbereich.

Beladungsfaktor

Quotient aus dem Volumen des Prüfobjekts und dem Volumen der leeren Emissionsprüfkammer

Bereitschaftsphase

Versuchsanordnung unter Normalklima, bei der sich das Prüfobjekt eingeschaltet und betriebsbereit in der Kammer befindet. Die Bereitschaftsphase schließt direkt an die Konditionierungsphase ohne nochmaliges Öffnen der Kammer an. Erläuterung: Zu Beginn der Bereitschaftsphase wird das Prüfobjekt eingeschaltet. Danach wird das Prüfobjekt mit den Standard-Werkseinstellungen gemäß den Vorgaben der Vergabekriterien DE-UZ 219 betrieben.

Blindwert

Hintergrund-Konzentration des Messsystems (Emissionsprüfkammer, Probenahmerohr und Analysengerät) für einzelne Substanzen sowie TVOC und FP/UFP.

Druckphase

Prüfung des Prüfobjektes im Druckbetrieb im direkten Anschluss an die Bereitschaftsphase ohne Öffnen der Kammer. Die Druckphase beginnt mit dem Ausdruck des ersten Blatts und endet entsprechend mit dem Ausdruck des letzten Blatts.

Emissionsprüfkammer

Abgeschlossenes Behältnis mit Ein- und Auslass sowie regelbaren Betriebsparametern (Klima, Luftaustauschrate) zur Bestimmung der Emissionen (VOC, Ozon, Staub, feine und ultrafeine Partikel) aus Prüfobjekten unter Luftdurchfluss (siehe auch [4]).

Emissionsrate SER

Diese Größe beschreibt die Masse des Analyten (VOC, Ozon, Staub), die von einem Prüfobjekt pro Zeiteinheit emittiert wird.

Feine Partikel FP

Partikel mit einem Partikeldurchmesser zwischen 0,1 µm und 2,5 µm.

Gemittelte Partikelanzahlkonzentration

Zeitlich gleitender Durchschnittswert der gemessenen Partikelanzahlkonzentration, gebildet über Zeitintervalle von 31 Sekunden.

Kammerbeladung

Einstellen eines Prüfobjekts in die Emissionsprüfkammer.

Kondensationspartikelzähler CPC (engl. Condensation Particle Counter)

Aerosolmessgerät zur Messung der akkumulierten Partikelanzahlkonzentration innerhalb eines definierten Partikelgrößenbereichs.

Konditionierungsphase

Versuchsanordnung unter Normalklima, bei der sich das Prüfobjekt zur Konditionierung mit bereits eingelegtem Papier in der Kammer befindet, der Netzschalter auf „ein“ geschaltet ist, aber der Netzstecker nicht an die Stromversorgung angeschlossen ist (Grund für diese Vorgehensweise ist, dass das Gerät aus diesem Status mit dem Stecken des Netzsteckers in die Bereitschaftsphase übergeht, ohne dass die Kammer geöffnet werden muss).

Luftaustauschrate n

Das Verhältnis des Reinluftvolumens, das stündlich in die Emissionsprüfkammer eingebracht wird, zum freien Volumen der unbeladenen Emissionsprüfkammer, das in identischen Einheiten zu bestimmen ist, ausgedrückt in Luftwechseln pro Stunde.

Luftdurchflussrate

Luftvolumenstrom, welcher der Emissionsprüfkammer pro Zeiteinheit zugeführt wird.

Luftströmungsgeschwindigkeit v

Luftgeschwindigkeit über der Oberfläche des Prüfobjektes (Abstand zehn Millimeter).

Nachlaufphase

Versuchsanordnung, bei der sich das Prüfobjekt bei gleicher Luftaustauschrate wie in der Druckphase noch in der Kammer befindet, der Druckvorgang aber schon abgeschlossen ist. Die Nachlaufphase schließt sich direkt an die Druckphase ohne Öffnen der Kammer an.

Normalklima

Standardklimabedingungen: 23°C ± 2 K, 50 ± 5% relative Luftfeuchtigkeit nach ISO 554 [6].

Ozonhalbwertszeit

Zeit, die, ausgehend von einer Ozonanfangskonzentration, vergeht, bis diese Konzentration auf die Hälfte gesunken ist.

Partikel

Kleine, in Luft oder Gas suspendierbare Teilchen mit definierten physikalischen Grenzen und bestehend aus flüssigen und/oder festen Stoffen

Partikelemissionsrate PER(t)

Zeitabhängige systemspezifische Rate während der Druck- und Nachlaufphase.

Partikelgröße / Partikeldurchmesser

Physikalische Größe zur Beschreibung der physischen Dimension eines Partikels.

Anmerkung: Der Begriff Partikelgröße wird oft als Synonym für den Partikeldurchmesser verwendet. Der Begriff Partikeldurchmesser wird auch verwendet, um Partikel in Partikelgrößenklassen einzuteilen.

Partikelverlustkoeffizient β

Koeffizient zur Beschreibung von Partikelverlusten in einer Emissionsprüfkammer .

Prüfobjekt

Zu untersuchendes Hardcopygerät mit Verbrauchsmaterial (Toner oder Tinte und Papier).

Schnelle Aerosolmessgeräte

Messgeräte mit hoher Zeitauflösung und mit Partikelgrößen-Klassierung.

Standard-Partikelemissionsrate PER_{10}

Diese Größe gibt die Anzahl der während einer 10-minütigen Druckphase emittierten Partikel an. PER_{10} wird als Prüfergebnis aus der gemessenen akkumulierten Partikelanzahlkonzentration berechnet.

Staub

Im Sinne dieses Prüfverfahrens die gravimetrisch messbare Partikelfraktion in einem Aerosol.

Toluoläquivalent

Die aus der Kalibriergeraden von Toluol ermittelte Konzentration einer (nicht identifizierten) Verbindung. Bei der GC-MS muss dafür das TIC (total ion chromatogram) verwendet werden.

Total Volatile Organic Compounds TVOC

Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen, d. h. die Summe der Konzentrationen der identifizierten und nicht identifizierten flüchtigen organischen Verbindungen, die bei gaschromatographischer Trennung auf einer unpolaren Säule zwischen n-Hexan und n-Hexadekan eluieren, einschließlich dieser Verbindungen.

TP

Anzahl der emittierten Partikel, TP wird als Prüfergebnis aus der gemessenen akkumulierten Partikelanzahlkonzentration auf Basis der Dauer der Partikelemission berechnet.

Ultrafeine Partikel UFP

Partikel mit einem Partikeldurchmesser kleiner oder gleich 0,1 µm.

VOC, Flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds)

Generell: Organische Verbindungen, die von dem Prüfobjekt emittiert und in der Kammerluft nachgewiesen werden. Im Sinne dieses Prüfverfahrens, die identifizierten und nicht identifizierten organischen Verbindungen, die bei gaschromatographischer Trennung auf einer unpolaren Säule zwischen n-Hexan und n-Hexadekan eluieren, einschließlich dieser Verbindungen.

VVOC, Sehr flüchtige organische Verbindungen (Very Volatile Organic Compounds)

Im Sinne dieses Prüfverfahrens die identifizierten und nicht identifizierten organischen Verbindungen, die bei gaschromatographischer Trennung auf einer unpolaren Säule vor n-Hexan eluieren (z.B. Ethanol, Isopropanol, Aceton, Pentan).

2. Messgeräte

- Emissionsprüfkammer gemäß Abschnitt 4.1
- Geräte für Klimamessung mit Aufzeichnungsmöglichkeit gemäß Abschnitt 4.4.1
- Colour-Mouse zur Ermittlung des Schwarzwertes und der Farbwerte gemäß Abschnitt 4.4.2
- Strommessgerät gemäß Abschnitt 4.4.3
- Systeme, Adsorbentien für Luftprobenahme gemäß Abschnitten 4.5 und 4.6
- Kapillargaschromatograph mit Thermodesorptionseinheit, gekoppelt an ein Massenspektrometer mit Auswerteeinheit (Beispiel siehe Abschnitt 8.6)
- Ozonanalysator gemäß Abschnitt 4.7
- Staubmessplatz gemäß Abschnitt 4.8
- Aerosolmessgerät gemäß Abschnitt 4.9

3. Prüfobjekte

3.1 Auswahl

Die Verantwortung für die Anlieferung des Prüfobjekts liegt beim Auftraggeber der Prüfung. In der Regel wird ein Gerät produktionsfrisch aus der laufenden Serie oder als Prototyp angeliefert. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, dass sich der Prototyp nicht vom späteren Seriengerät unterscheidet und die unter 3.2 genannte Maximalzahl von Ausdrucken vor der Prüfung eingehalten werden kann. Der Inhalt der Lieferung sowie Funktionsfähigkeit und Eignung des Prüfobjekts für eine Prüfung nach diesem Prüfverfahren werden vom Prüflabor kontrolliert. Das Prüfobjekt wird anschließend in der Originalverpackung bei Normalklima gelagert. Die Prüfung sollte zeitnah, spätestens jedoch zehn Arbeitstage nach Anlieferung erfolgen.

3.2 Vorbereitung des Prüfobjektes

Die Steuerung und die Kontrolle des Prüfobjekts und des Druckprozesses in der geschlossenen Prüfkammer werden von außerhalb überprüft.

Die Druckgeschwindigkeiten werden durch Probeausdrucke von Testseiten (5 % Flächendeckung, schwarz, bzw. 20 % Flächendeckung, farbig) ermittelt. Hierfür sind maximal zwei 10-minütige Testzyklen zulässig. Die Gesamtzahl von Ausdrucken (herstellerseitig, durch das Prüfinstitut oder durch Dritte) vor einer Prüfung nach diesem Prüfverfahren ist auf maximal 1200 Seiten begrenzt, eine Überschreitung ist nur zur Beseitigung eventueller technischer Störungen zulässig. Die Vorbereitung des Prüfobjekts inklusive dabei eventuell auftretender Fehlfunktionen sowie die Einhaltung der Kriterien werden im Protokoll dokumentiert.

Das Prüfobjekt ist, ausreichend mit Verbrauchsmaterialien befüllt, am Tag vor der Prüfung in die Prüfkammer einzubringen. Es ist darauf zu achten, dass die Papierablage geordnet erfolgen kann. Gegebenenfalls ist ein zusätzlicher Auffangbehälter aus inertem Material zu verwenden.

Für die Prüfung soll ein 10-minütiger Druck erfolgen, wobei die Seiten einseitig bedruckt werden. Es muss eine Mindestdruckzeit von 5 Minuten erreicht werden.

Bei Geräten, die bauartbedingt eine Druckzeit von 5 Minuten nicht erreichen und nicht mit einem zusätzlichen Papierfach ausgerüstet werden können, wird im Duplex-Modus gedruckt.

Für den Druck ist die Standardeinstellung (normale Druckqualität) zu verwenden.

3.3 Verbrauchsmaterialien

Toner, Tinte

Die für das jeweilige Gerät als Originalausstattung vom Hersteller gelieferte Toner- oder Tintenmodule oder entsprechende im Gerät befindliche Toner oder Tinten müssen im Typ mit dem in den Produktunterlagen ausgewiesenen übereinstimmen. Die genaue Bezeichnung der Toner- oder Tintenmodule sind dem Prüfinstitut mitzuteilen, so dass eine Wiederbeschaffung erfolgen kann.

Toner- oder Tintenmodule werden nach Angaben des Herstellers bis zur Prüfung eingelagert. (Nach Abstimmung mit dem Hersteller können sie auch im Gerät verbleiben.) Es gelten bei der Lagerung die gleichen Bedingungen wie für das Prüfobjekt. Toner oder Tinten sind in ausreichend Mengen zur Verfügung zu stellen.

Papier

Für die Untersuchungen muss Papier im Format DIN A4 mit einer Papierfeuchtigkeit zwischen 3,8 % und 5,6 % eingesetzt werden. Die flächenbezogene Masse muss im Bereich von 60 Gramm bis 80 Gramm pro Quadratmeter liegen. Die Papierfeuchtigkeit kann in Anlehnung an die DIN EN 20287 (1994-06) [7] bestimmt werden.

Empfehlung: Durch vorherige Untersuchung des Papiers (z.B. nach DE-UZ 14) kann ein Beitrag des Papiers zur VOC-Emission ggf. abgeschätzt und bei entsprechender Papierauswahl minimiert werden.

Aus prüftechnischen Gründen sollte die Papierfeuchtigkeit 4 % nicht überschreiten. Höhere Papierfeuchtigkeit kann zur Kondensation beim Druckbetrieb in der Kammer führen und so den Einsatz größerer Kammern oder größerer Luftaustauschraten erforderlich machen.

4. Messung in der Emissionsprüfkammer

4.1 Allgemein

Emissionsprüfkammern und die an sie zu stellenden Anforderungen sind in [1, 2, 3, 4] beschrieben. Je nach Volumen des zu untersuchenden Prüfobjekts ist eine Kammer mit einem passenden Volumen (siehe Formel 1) auszuwählen.

Das Volumen eines Prüfobjekts ist gegeben durch den kleinsten umfassenden Quader. Hervorstehende Bauteile, wie z.B. Papiermagazine werden bei der Volumenberechnung nicht berücksichtigt.

Prüfkammern müssen ausreichend abdichtbare Durchführungen durch die Wand besitzen, um Kabel für Stromversorgung und Steuerung hindurchzuführen sowie die Aerosolmessungen und die parallele Probenahme für VOC, Staub, Ozon und FP/UFP zu ermöglichen. Die Prüfkammern haben den in [4] beschriebenen Anforderungen zu entsprechen. Dies bedeutet insbesondere:

- Reinstluftversorgung (VOC-, ozon-, staub-, FP und UFP-arm)
- Reinstwasserversorgung
- Kammerwände aus Glas oder Edelstahl
- Weitgehender Verzicht auf Dichtungsmaterialien
- Effektive Luftdurchmischung

Folgende Prüfbedingungen sind in Analogie zu [4] möglichst einzuhalten:

- Temperatur 23 °C ± 2 K [1)]
- Relative Luftfeuchtigkeit 50 % ± 5 % [1)]
- Regelbare Luftaustauschrate
  - Große Kammer (V > 5 m³) (1 ≤ n ≤ 2) ± 5 %
  - Kleine Kammer (V ≤ 5 m³) (1 ≤ n ≤ 5) ± 5 %
- Luftströmungsgeschwindigkeit 0,1 - 0,3 ms^{-1}

Als Emissionsmesskammern haben sich nach [2] sowohl 1 m³-Kammern als auch größere Kammern mit Volumina > 5 m³ (z.B. 20 m³) bewährt. Kammern sind als geeignet anzusehen, wenn sie neben der Einhaltung obiger Bedingungen ausreichend geringe Blindwerte für VOC, Ozon, UFP/FP und Staub aufweisen und ausreichend große Ozonhalbwertszeiten gewährleisten.

Vor dem ersten Einsatz der Kammern und wiederholend sind diese auf die Einhaltung der Anforderungen zu überprüfen. Dabei sind folgende Kammerblindwerte bei einer Luftaustauschrate von n = 1 h^{-1} zu unterschreiten:

Einzelsubstanzen	2	μgm^{-3}
TVOC	20	μgm^{-3}
Ozon	4	μgm^{-3}
Staub	10	μgm^{-3}
FP/UFP (akkumulierte Partikelanzahlkonzentration)	2000	cm^{-3}

Die untere Nachweisgrenze der für die Emissionsprüfung nach Abschnitt 4.9 geeigneten Messgeräte kann ggf. zur Überprüfung des Kammerblindwerts für FP/UFP nicht ausreichend sein. Bei Überprüfung dieses Kammerblindwerts sind geeignete Messgeräte mit entsprechend niedriger unterer Nachweisgrenze der Partikelanzahlkonzentration zu verwenden. Die Ozonhalbwertszeit der Kammer ist bei einer Luftaustauschrate von n = 1 h^{-1} zu überprüfen. Hierzu ist eine Konzentration von 0,1 bis 0,2 ppm in der Kammer vorzulegen. Beträgt die Ozonhalbwertszeit mindestens zehn Minuten, so ist die Prüfkammer geeignet für die Ozonbestimmung. Ist die Ozonhalbwertszeit kleiner als zehn Minuten, so ist die Kammer in geeigneter Weise zu reinigen, bis o. g. Zielwert erreicht wird. Bei anderen Luftaustauschraten als n = 1 h^{-1} treten auch abweichende Ozonhalbwertszeiten auf. Der Blindwert für FP/UFP ist mit einem ausreichend empfindlichen Messgerät (in der Regel ein Kondensationspartikelzähler, CPC) zu überprüfen.

Die für die Messung benötigten Luftaustauschraten sind regelmäßig mittels eines unabhängigen Verfahrens, z.B. Tracergasverfahren nach DIN EN 717-1 (2005, Anhang B) [8], in unbeladenem Zustand zu überprüfen und zu dokumentieren.

[1] Kurz nach der Kammerbeladung und während der Prüfung in der Druckphase können diese Klimaanforderungen – insbesondere an die Kammerluftfeuche - im Allgemeinen nicht exakt eingehalten werden.

4.2 Prüfablauf (siehe auch 8.1 Ablaufplan)

In den Kammern ist für die Bestimmung des Blindwertes und für die Prüfung in der Bereitschaftsphase eine Luftaustauschrate von n = 1 h^{-1} einzustellen. Das Prüfobjekt ist, ausreichend mit Verbrauchsmaterial befüllt, am Tag vor der Prüfung in die Prüfkammer einzubringen. Die Klimaaufzeichnung beginnt mit dem Start der Konditionierungsphase. Die Messungen für feine und ultrafeine Partikel beginnen 5 bis 10 Minuten vor Beginn der Bereitschaftsphase. Die VOC-Messungen beginnen 20 Minuten vor Ende der Bereitschaftsphase. Eine Aufzeichnung der Ozonkonzentration kann erfolgen. Nach Ende der Bereitschaftsphase erfolgt eine Erhöhung der Luftaustauschrate , um die aufgrund der Wasserabgabe des Papiers beim Drucken ansteigende relative Luftfeuchtigkeit unterhalb kritischer Werte (≤ 85%) zu halten. Dabei kann auch trockene Zuluft verwendet werden.

Die Luftaustauschrate ist dabei möglichst wenig zu erhöhen, um die Konzentration der zu bestimmenden Substanzen möglichst wenig zu verdünnen.

Keinesfalls darf eine Kondensation von Wasser in der Kammer erfolgen, da dies zu einer unzulässigen Beeinflussung der Messergebnisse führt.

Mit Beginn der Druckphase sind die Probenahmen für VOC, Ozon und Staub zu starten. Diese sind bis zum Ende der Nachlaufphase (VOC nur ein Luftwechsel) fortzusetzen. Die Nachlaufphase läuft maximal über einen Zeitraum von vier Luftwechseln (bei vierfachem Luftwechsel eine Stunde, bei einfachem Luftwechsel über vier Stunden).

Die Staubprobenahme kann nach zwei Luftwechseln beendet werden. Für die Prüfung eines Farbdruckers braucht sie nur im Farbmodus durchgeführt zu werden.

Die Prüfung im Schwarzweißmodus (monochrom) wird mit der Druckvorlage nach Abschnitt 8.3 durchgeführt, für die Prüfung im Farbmodus wird die Druckvorlage nach Abschnitt 8.4 verwendet.

Die Auswahl der für das Prüfobjekt benötigten Kammergröße erfolgt nach dem Kriterium für den Beladungsfaktor:

$$0{,}0025 < \frac{V_{EUT}}{V_K} < 0{,}25 \qquad (1)$$

V_{EUT}: Volumen des Prüfobjekts (EUT: equipment under test) [m³]
V_K: Volumen der leeren Prüfkammer [m³]
Ist der Beladungsfaktor < 0,01, muss der Luftvolumenstrom der Kammer ≤ 5 m³/h sein.

Vom Prüfinstitut ist für die Prüfung die kleinstmögliche vorhandene Prüfkammer zu verwenden, da hier die sich einstellenden Konzentrationen größer sind und damit die Messunsicherheit verringert wird. Während der Prüfung darf sich nur ein Prüfobjekt in der Kammer befinden. Während der Prüfung darf weder die Emissionsmesskammer geöffnet werden, noch dürfen sich darin Personen während der Prüfung in der Kammer aufhalten. Beim Auftreten von Störungen (z. B. Papierstau) ist die Prüfung zu wiederholen. Durch eine sorgfältige Vorbereitung der Prüfung sind derartige Störungen weitgehend auszuschließen.

4.3 Qualitätssichernde Maßnahmen

Qualitätssichernde Maßnahmen bei Anwendung des Prüfverfahrens sind eine unabdingbare Voraussetzung zur Ermittlung zuverlässiger Emissionsraten. Ein Überblick hierzu ist dem ECMA-Standard 328 [3] bzw. ISO/IEC 28360 zu entnehmen.
Die zugelassenen Prüfinstitute sind zur regelmäßigen Teilnahme an einem Vergleichsversuch verpflichtet. Die Vergleichsversuche werden von Olfasense organisiert.

4.4 Klima, Schwarzwert bzw. Farbwert-Ermittlung, Druckerkontrolle

4.4.1 Klima

Für den Prüfzyklus und die Auswertung der Messergebnisse ist die Aufzeichnung der Klimadaten über den gesamten Prüfablauf notwendig. Dazu wird ein Messsystem mit angeschlossenem Datenlogger benötigt. Nach Durchführung der Kalibrierung sind mindestens folgende Messgenauigkeiten zu gewährleisten:

Temperatur:	± 0,5 K
Relative Luftfeuchtigkeit:	± 3,0 %

In Abschnitt 8.5 ist der Klimaverlauf während einer Prüfung als Beispiel aufgeführt. Hierfür kann beispielsweise das Gerät Almemo 3290-8 der Firma Ahlborn mit kalibriertem Messfühler FH A 646-R und kontinuierlicher Datenaufzeichnung verwendet werden.

4.4.2 Schwarzwert- bzw. Farbwert-Ermittlung

Zur Vorbereitung der Prüfung von Hardcopygeräten auf Emissionen ist der Ausdruck einer Druckvorlage mit 5 % Flächendeckung, schwarz, bzw. 20 % Flächendeckung (je 5% pro Farbe [schwarz, magenta, cyan, gelb]) notwendig (siehe Abschnitt 8.3 [9] bzw. 8.4).
Die benötigten Druckvorlagen werden den anerkannten Prüfinstituten von der Olfasense zur Verfügung gestellt und sind hier in den Antragsunterlagen https://www.blauer-engel.de/de/zertifizierung/vergabekriterien#UZ239-2026 verfügbar.

Die Ermittlung des Schwarzwertes (L*) bzw. der Farbwerte (L*, a*, b*) nach CIE [10] erfolgt aus einem entsprechenden Ausdruck z.B. mit der Color Mouse CM2C (Savvy Systems Limited, USA). Der ermittelte Schwarzwert bzw. die Farbwerte sind im Prüfprotokoll festzuhalten.

4.4.3 Kontrolle EUT

Entsprechend den vom Hersteller vorgegebenen Steuermöglichkeiten des Prüfobjekts ist die Steuerung und Kontrolle des Druckfortschrittes zu realisieren. Insbesondere in der Bereitschafts- und Druckphase soll der Betriebszustand des Druckers kontinuierlich dokumentiert werden. Dies kann z.B. über die Messung der elektrischen Stromaufnahme des Prüfgeräts erfolgen. Hierfür können Multimeter (z.B. Multimeter M 3850 M, Metex Corp., im Messbereich 20 A, mit Datenlogger zum elektronischen Erfassen der Messwerte) verwendet werden.

Anhand des zeitlichen Verlaufs der Stromaufnahme sind der Druckbeginn und das Druckende sowie Unregelmäßigkeiten und Störungen im Betrieb zu erkennen. In Abschnitt 8.5 ist exemplarisch der Verlauf der Stromaufnahme mit Zuordnung zu den Betriebszuständen abgebildet.

4.5 VOC

Für VOC ist die Probenahme mittels Tenax TA bei anschließender Thermodesorption nach [5] und Analyse mittels GC / MSD bzw. GC / MSD + FID durchzuführen. Die Prüfbedingungen sind so zu wählen, dass eine Erfassung der Einzelsubstanzen mit einer Konzentration von ≥ 1,0 µg/m³ und von Benzol mit einer Konzentration von ≥ 0,25 µg/m³ sichergestellt ist.

Positive Benzolbefunde sind im Zweifelsfall durch eine zweite unabhängige Probenahme (z.B. mittels Carbotrap oder Aktivkohle) zu überprüfen. Die Probenahme ist mindestens zu folgenden Zeitpunkten vorzunehmen:

a) Blindwert vor Kammerbeladung

b) zwanzig Minuten vor Ende der einstündigen Bereitschaftsphase (für zwanzig Minuten mit 100 bis 200 ml/min) als Doppelbestimmung

c) Von Beginn der Druckphase durchgehend bis zu dem Zeitpunkt, an dem ein einfacher Luftwechsel in der Nachlaufphase vollzogen ist (mit 100 bis 200 ml/min) als Doppelbestimmung

Es sind möglichst alle Substanzen zu identifizieren und über die aus der Kalibrierung ermittelten relativen Responsefaktoren zum internen Standard individuell zu quantifizieren. Wenn Substanzen nicht identifizierbar sind oder die relativen Responsefaktoren nicht ermittelt werden können, ist die Quantifizierung unter Annahme des Responsefaktors von Toluol bzw. eines Äquivalents aus der identifizierten Substanzklasse durchzuführen.

Für die Identifizierung der Substanzen ist ein Vergleich mit den Massenspektrenbibliotheken des NIST oder von Wiley zulässig, wenn die Substanzen zunächst nicht als Standard vorrätig sind. Dabei ist in der Regel eine Übereinstimmung (match quality) von mindestens 85% ausreichend. Für die Quantifizierung ist der entsprechende Standard anzuschaffen. Eine gute Substanzsammlung für die Quantifizierung ist die NIK-Liste aus dem AgBB-Schema [11]. Sie umfasst 182 Verbindungen, von denen aber insbesondere die Terpene und die meisten Glykole, Aldehyde und Säuren nicht für die Bestimmung von Emissionen aus Druckern relevant sind.

Eine Substanz gilt als nicht identifiziert, wenn die Übereinstimmung weniger als 85% beträgt, keine anderweitige Identifizierung und auch keine Zuordnung zu einer Substanzklasse möglich ist. Zu einer Substanzklasse gehören chemische Verbindungen (hier flüchtige organische Verbindungen) mit einheitlichen strukturellen Merkmalen, chemischen Bindungsarten bzw. funktionellen Gruppen. Die Verbindungen einer Substanzklasse weisen ein gleichartiges chemisches Verhalten auf. Falls eine nicht identifizierte Substanz den Prüfwert überschreitet, besteht die Möglichkeit einer nachträglichen Identifizierung durch den Antragsteller (z. B. durch Recherchen bei den Zulieferern, insbesondere Tonerherstellern).

Zur Angabe des TVOC-Wertes ist die Summe der Konzentrationswerte aus allen identifizierten und nicht identifizierten Substanzen zu bilden, deren Retentionszeiten

zwischen n-Hexan und n-Hexadekan und deren Emissionsraten über den folgenden Werten liegen:
Bei Messungen in Kammern ≤ 5 m³: $SER_B \geq 0{,}005$ mg/h, $SER_{DN} \geq 0{,}05$ mg/h.
Bei Messungen in Kammern > 5 m³: $SER_B \geq 0{,}010$ mg/h, $SER_{DN} \geq 0{,}10$ mg/h.

Die Emissionsraten sind dabei für die Bereitschaftsphase auf drei und für die Druckphase auf zwei Nachkommastellen zu runden (nach DIN 1333). Die für die nachfolgenden Berechnungen zu verwendenden Konzentrationen sind aus den Messwerten durch Abzug der entsprechenden Blindwerte zu ermitteln.
Anmerkung: Dabei ist insbesondere der Blindwert des Tenaxrohres zu beachten, da dieser normalerweise einen Großteil des (Gesamt-)Blindwertes ausmacht.

Berechnung der Emissionsrate während der Bereitschaftsphase

Die Berechnung der Emissionsrate während der Bereitschaftsphase erfolgt mit der Konzentration aus der Probenahme der letzten zwanzig Minuten der einstündigen Phase näherungsweise nach nachstehender Gleichung:

$$SER_B = c_B * n_B * V_K \qquad (2)$$

$$c_B = \frac{m_{VOC_B}}{V_P} \qquad (3)$$

c_B : VOC-Konzentration [µgm^{-3}] während der Bereitschaftsphase
SER_B : VOC-Emissionsrate [µgh^{-1}] während der Bereitschaftsphase
m_{VOC_B} : analysierte Masse [µg] des (der) VOC während der Bereitschaftsphase
n_B : Luftwechsel [h^{-1}] während der Bereitschaftsphase
V_K : Prüfkammervolumen [m³]
V_P : Probenahmevolumen [m³] während der Bereitschaftsphase

Berechnung der Emissionsrate während der Druckphase

Die Berechnung der Emissionsrate während der Druckphase erfolgt mit der Konzentration aus der Probenahme von Beginn der Druckphase bis zu dem Zeitpunkt, an dem ein einfacher Luftwechsel in der Nachlaufphase vollzogen ist, durch folgende Gleichung:

$$SER_{DN} = \frac{\frac{m_{VOC_{DN}}}{V_P} * n_{DN}^{\,2} * V_K * t_G - SER_B * n_{DN} * t_G}{n_{DN} * t_D - e^{-n_{DN}*(t_G - t_D)} + e^{-n_{DN}* t_G}} \qquad (4)$$

SER_{DN} : VOC-Emissionsrate [µgh^{-1}] ermittelt aus Druck- und Nachlaufphase
SER_B : VOC-Emissionsrate [µgh^{-1}] ermittelt aus der Bereitschaftsphase
$m_{VOC_{DN}}$: analysierte Masse [µg] des (der) VOC während der Druck- und Nachlaufphase
n_{DN} : Luftwechsel [h^{-1}] während der Druck- und Nachlaufphase
t_D : reine Druck- bzw. Kopierzeit [h]
t_G : Gesamtprobenahmezeit [h]

V_K : Prüfkammervolumen [m³]

V_P : Probenahmevolumen [m³] während der Druck- und Nachlaufphase

Das in Abschnitt 8.6 beschriebene Probenahme- und Analysenverfahren ist für ein breites Spektrum emittierbarer Verbindungen geeignet. Eine Zusammenstellung von Verbindungen, die bei Emissionsmessungen von Druck- und Kopiergeräten auftreten können, ist ebenfalls Abschnitt 8.6 zu entnehmen.

4.6 VVOC

VVOCs, welche bei der VOC-Probenahme mittels Tenax erfasst werden, sind wie VOCs zu quantifizieren oder können auch als Toluol-Äquivalent quantifiziert werden und im Prüfbericht aufzulisten. In den TVOC-Wert sind die VVOCs nicht einzubeziehen.

Besonders bei Anwesenheit leichtflüchtiger Lösemittel in Tinten von Tintenstrahldruckern (laut Information des Antragstellers bzw. Sicherheitsdatenblatt) ist darauf zu achten, dass die Prüfergebnisse nicht durch einen „Durchbruch“ verfälscht werden. Dazu sind ggf. zwei Tenaxrohre hintereinander zu schalten oder die für die Benzolbestimmung mittels Carbotrap durchgeführte Probenahme auszuwerten.

4.7 Ozon

Grundlage des Messverfahrens ist vorzugsweise die flammenlose Reaktion von Ozon mit Ethylen. Die dabei auftretende Chemilumineszenz wird photometrisch erfasst. Die Prüfung der Ozonemission von Druckern und Kopierern ist wie folgt durchzuführen:

a) Bestimmung des Blindwertes

b) In der Bereitschaftsphase kann bereits eine Aufzeichnung der Ozonkonzentration erfolgen.

c) Ozonbestimmung beim Drucken / Kopieren:

   Die Ozonbestimmung erfolgt von Beginn der Druckphase bis zum Ende der Druckphase. Die Konzentrationsaufzeichnung sollte mindestens alle 30 Sekunden, besser alle 15 Sekunden erfolgen. Der zeitliche Verlauf der Ozonkonzentration ist im geeigneten Konzentrationsbereich aufzuzeichnen.

Die Ozonbildungsrate wird aus dem Anstieg der Ozonkonzentration in der Anfangsphase ermittelt. Unter diesen Bedingungen ist kaum mit Ozonverlusten durch chemische Reaktionen mit Luftinhaltsstoffen und durch Austrag infolge des Luftwechsels zu rechnen. Zudem resultiert der Konzentrationsanstieg aus der Emission während des Druckens / Kopierens, also unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen. Der Zusammenhang zwischen Masse und Konzentration besteht in:

$$m = c * V \qquad (5)$$

m : Ozonmasse [mg]
c : Ozonkonzentration [mg/m³]
V : Prüfkammervolumen [m³]

Der Emissionsrate entspricht der Massenzuwachs in der Zeiteinheit Δt:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta c * V}{\Delta t} \qquad (6)$$

Δm : generierte Ozonmasse [mg]
Δc : Änderung der Ozonkonzentration [mg/m³]
Δt : betrachtetes Zeitintervall [min]

$$SER_u = \frac{\Delta c * V * p * 60}{\Delta t * T * R} \qquad (7)$$

SER_u : Ozon-Emissionsrate [mg/h]]
p : Luftdruck [Pa]
T : absolute Temperatur [K]
R : Gaskonstante [PaK^{-1}], (für Ozon 339,8 [PaK^{-1}])

Für die Berechnung der Ozonemissionsrate ist ein Zeitintervall von zwei Minuten zu verwenden. Dabei sind als Messintervall die Punkte zu verwenden, bei denen die größte Steilheit einer Ausgleichs-Kurve für das Zeitintervall berechnet wird (c_2 - c_1 = maximal).

Beispiel für ein Ozonmessgerät

Ozonanalysator Modell 3010 (Hersteller: UPM, Umwelt Pollution-Messtechnik). Mit diesem Gerät wird die Ozonkonzentration kontinuierlich bestimmt.

4.8 Staub

Zur Ermittlung der Staubemissionsrate wird eine gravimetrische Methode angewendet.

Probenahme

Die Luftprobenahme erfolgt von Beginn der Druckphase bis zum Ende der Nachlaufphase. Sie kann nach zwei Luftwechseln in der Nachlaufphase beendet werden. Während dieser Zeitspanne wird der Prüfkammer mittels einer Pumpe Luft entnommen und durch einen Glasfaserfilter gesaugt. Das durch den Filter gesaugte Luftvolumen (in m³) wird gemessen. Durch Differenzwägung des Filters erhält man die absolute Staubauswaage in µg. Aus beiden Werten lässt sich die Staubkonzentration in der Prüfkammer (in µg m^{-3}) und daraus die spezifische Emissionsrate (in µg h^{-1}) berechnen.

Standardbedingungen der gravimetrischen Staubmessung

Staubfilter	Glasfaserfilter mit Halterung
Probenahmeort	vorzugsweise mittig an der Kammerwand
Probenahme-volumenstrom	bis maximal 80 % der Luftdurchflussrate in der Kammer während der Probenahmephase
Probenahmezeit:	gesamte Druck- und Nachlaufzeit

Durchführung der gravimetrischen Staubmessung - Klimakorrektur

Die zur gravimetrischen Staubmessung eingesetzten Glasfaserfilter (Messfilter) müssen vor der Messung in einem klimatisierten Raum (Wägeraum) gelagert und im dort herrschenden Klima bis zur Massekonstanz konditioniert werden. Da sich auch geringste unvermeidbare Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit im Wägeraum auf die Masse der Glasfaserfilter auswirken, wird mindestens ein unbeladener Glasfaserfilter (Referenzfilter) zur gleichen Zeit wie die Messfilter vor der Staubprobenahme (tara) gewogen, um den Einfluss des Klimas auf die Filtermasse durch eine Klimakorrektur zu minimieren.

Klimabedingungen im Wägeraum:

Temperatur: 23°C ± 2 K
relative Luftfeuchtigkeit: 50 % ± 5 %

Während der Staubprobenahme wird Luft durch den Messfilter gesaugt. Da die relative Luftfeuchtigkeit dieser Luft von der im Wägeraum abweichen kann, muss der Messfilter nach der Staubprobenahme wieder bis zur Massekonstanz im Wägeraum konditioniert werden.

Der Referenzfilter wird die ganze Zeit im Wägeraum belassen und bei der Wägung der Staubauswaage (Bruttowägung) des Messfilters wieder gewogen. Die beim Referenzfilter ermittelte Massedifferenz zwischen der ersten und der zweiten Wägung ist auf Klimaveränderungen zurückzuführen und wird von der ermittelten Bruttomasse des Messfilters subtrahiert bzw. addiert.

Ermittlung der absoluten Staubauswaage des Messfilters (Klimakorrektur)

$$m_{St} = (m_{MF\,brutto} - m_{MF\,tara}) + (m_{RF\,1} - m_{RF\,2}) \qquad (8)$$

m_{St}: ausgewogene Staubmasse (klimakorrigiert) [µg]
$m_{MF brutto}$: Masse des konditionierten Messfilters nach der Staubprobenahme [µg]
$m_{MF\,tara}$: Masse des konditionierten Messfilters vor der Staubprobenahme [µg]
m_{RF1}: Masse des konditionierten Referenzfilters zeitgleich mit Messfilter gewogen vor der Staubprobenahme [µg]
m_{RF2}: Masse des konditionierten Referenzfilters zeitgleich mit Messfilter gewogen nach der Staubprobenahme [µg]

Berechnung der Staubemissionsrate und -konzentration

$$SER_{uSt} = \frac{m_{St} * n * V_K * t_G}{V_P * t_D} \qquad (9)$$

$$c_{St} = \frac{m_{St}}{V_P} \qquad (10)$$

SER_{uSt} : Staubemissionsrate [µgh^{-1}]
c_{St} : Staubkonzentration in der Prüfkammer [µgm^{-3}]
m_{St} : ausgewogene Staubmasse (klimakorrigiert) [µg]
n : Luftwechsel [h^{-1}]
t_D : reine Druck- bzw. Kopierzeit [min]
t_G : Gesamtprobenahmezeit [min]
V_K : Prüfkammervolumen [m³]
V_P : Volumen der durch den Glasfaserfilter gesaugten Luft [m³]

Beispielequipment für ein gravimetrisches Staubmessverfahren

Ultramikrowaage	Typ UMX2/M
Pumpe	Fa. Müller GSA 50
Gasdurchflussmesser	Fa. Schlumberger REMUS 4 G 1,6
Glasfaserfilter	Fa. Schleicher & Schuell, Durchmesser 50 mm

4.9 Feine und ultrafeine Partikel

Die Erfassung der Anzahl feiner und ultrafeiner Partikel mit Hilfe eines Aerosol- Messgeräts erfolgt zusätzlich zur gravimetrischen Bestimmung der Staubemission nach 4.8 und ersetzt diese nicht.

4.9.1 Anforderungen an ein Aerosolmessgerät

Die hier definierten Anforderungen sind als Mindestanforderungen zu verstehen. Das Aerosolmessgerät muss in der Lage sein, die akkumulierte Partikelanzahlkonzentration $C_p(t)$ innerhalb der nachstehend definierten Größen- und Konzentrationsbereiche mit der angegebenen Zeitauflösung aufzuzeichnen.

Die Messbereitschaft des Aerosolmessgeräts muss gemäß den Anforderungen und Kriterien in Abschnitt 8.9 zuvor sichergestellt werden.

Partikelgrößenbereich

Partikelemissionen müssen mindestens in dem für elektrofotografische Geräte als relevant angesehenen Größenintervall 7-300 nm anzahlbasiert erfasst werden. Die vom Messgerätehersteller spezifizierte Detektionseffizienz für Partikel an der Untergrenze des Größenintervalls muss mindestens 50% betragen.

Partikelanzahlkonzentrationsbereich

CPCs:

Die untere Partikelanzahlkonzentrations-Nachweisgrenze soll innerhalb des zuvor definierten Partikelgrößenbereichs 1 cm^{-3} betragen.

Die obere Partikelanzahlkonzentrations-Nachweisgrenze im zuvor definierten Partikelgrößenbereich soll mindestens bei 10^7 cm^{-3} liegen. Die Verwendung einer kalibrierten Aerosol-Verdünnungsstufe mit definiertem Verdünnungsfaktor kann hierfür erforderlich sein

Schnelle Aerosolmessgeräte:

Die untere Nachweisgrenze für die Partikelanzahlkonzentration soll im Größenkanal, der der unteren Partikelgrößen-Nachweisgrenze von 7 nm am nächsten liegt, maximal 5000 cm^{-3} betragen.

Die entsprechende obere Nachweisgrenze soll im Größenkanal, der der oberen Partikelgrößen-Nachweisgrenze von 300 nm am nächsten liegt, mindestens 10^6 cm^{-3} betragen.

Die genannten Werte beziehen sich auf Partikelanzahlkonzentrationen, die auf die Breite des jeweiligen Partikelgrößenkanals normiert sind ($dN/dlogD_P$) sowie auf eine Zeitauflösung von 1 s.

Zeitauflösung

Die Aufzeichnung der Partikelanzahlkonzentration soll mit einer Frequenz von mindestens 0,5 Hertz erfolgen.

Verbindung zwischen Aerosolmessgerät und Emissionsprüfkammer

Die Verbindung zwischen dem Probenahme-Port der Emissionsprüfkammer nd dem Aerosolmessgerät soll aus einem elektrisch leitfähigen Material (z.B.: leitfähiger Silikonschlauch, Edelstahl) bestehen, einen inneren Durchmesser von ca. 4,8 mm aufweisen und möglichst kurz sein. Eine Länge von 3 m darf nicht überschritten werden. Knicke und Querschnittsveränderungen sowie scharfe Krümmungen in der Verbindung sind zu vermeiden. Im Idealfall ist die Verbindung geradlinig. Der Verbindungsschlauch soll mindestens 10 cm tief in die Emissionsmesskammer hineinragen.

Qualitätssicherung

Die verwendeten Aerosolmessgeräte müssen die folgenden Merkmale und Funktionen aufweisen:

- Geräteseitig kontrollierte und geregelte Volumenströme
- Automatische Anzeige von Fehlfunktionen während der Messung
- Export von Messdaten zur Auswertung
- Anzeige der individuellen vom Benutzer zu wählenden Geräteeinstellungen
- Einstellbarkeit oder Synchronisierbarkeit von Zeit und Datum

Folgende Unterlagen müssen zur Qualitätssicherung vorliegen:
- Tagesaktuelle Messung der Elektrometer-Rauschpegel bei schnellen Aerosolmessgeräten
- Detaillierte Beschreibung von Reinigungs- und Wartungsprozeduren
- Aktuelle Kalibrierzertifikate, falls vorhanden.

4.9.2 Durchführung der Messung

Die Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel muss während der Bereitschafts-, der Druck- und der Nachlaufphase in einem speicherbaren Datensatz aufgezeichnet werden.

Bei Verwendung eines CPCs sollte der Verlauf der Partikelanzahlkonzentration im Zeitbereich während und nach der Druckphase frei von Unregelmäßigkeiten, wie beispielsweise plötzlichen stufenartigen Änderungen in $C_P(t)$, sein. Eventuell auftretende Stufen sollten eine maximal akzeptable Höhe von 15.000 cm^{-3} nicht überschreiten. Zur Vermeidung solcher Störeinflüsse wird der Betrieb des CPCs im „Single Count"-Modus durch die Verwendung einer kalibrierten Aerosol-Verdünnungsstufe mit definiertem Verdünnungsfaktor (z.B. 1/1000) empfohlen.

Anmerkung zu stufenartigen Änderungen der Partikelanzahlkonzentration bei CPCs: Bei niedrigen Konzentrationen arbeitet der CPC im Einzelzähl-Modus (Single Count Mode)*. Bei zunehmender Partikelanzahlkonzentration wird das Messsignal korrigiert. Bei hohen Konzentrationen wechselt der CPC automatisch in den Photometrischen Modus (Photometric Mode). Der Konzentrationsbereich, in dem der Wechsel erfolgt, ist geräteabhängig. In diesem Bereich können, abhängig vom verwendeten Korrekturalgorithmus, die beschriebenen Unregelmäßigkeiten auftreten[2].*

Bei Verwendung schneller Aerosolmessgeräte können, bedingt durch kurzzeitige Fluktuationen der Elektrometerströme, peakartige, sehr kurze Unregelmäßigkeiten auftreten, die jedoch in der Regel nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf das Prüfergebnis haben.

Unter Verwendung geeigneter Software (ggf. der Messgerät-Software des Geräteherstellers) sollen die aufgenommenen Messwerte vor der weiteren Auswertung hinsichtlich eventuell auftretender Fehlfunktionen und Unregelmäßigkeiten überprüft werden.

Der Datensatz kann zur weiteren Auswertung in eine Datei geeigneten Formats exportiert werden.

4.9.3 Berechnung des Prüfergebnisses

Als Prüfergebnisse werden die Anzahl der emittierten Partikel TP sowie die Standard-Partikelemissionsrate PER_{10} berechnet. Hierfür werden einige weiter unten beschriebene Hilfsgrößen bestimmt. Basis der Berechnung ist der Datensatz der gemessenen akkumulierten Partikelanzahlkonzentration $C_P(t)$.

Bei Verwendung einer Verdünnungsstufe ist $C_P(t)$ entsprechend um den Verdünnungsfaktor zu korrigieren. Der korrigierte Datensatz und/oder die Datei mit den korrigierten Werten sind eindeutig zu bezeichnen. Der korrigierte Datensatz ist in diesem Fall Basis der weiteren Berechnung.

[2] Richard J.J. Gilham and Paul G. Quincey: *Measurement and mitigation of response discontinuities of a widely used condensation particle counter,* Journal of Aerosol Science, Volume 40, Issue 7, July 2009, Pages 633-637).

$C_P(t)$ wird als Funktion der Zeit in einem Diagramm (ähnlich zu Abbildung 4.9.1) dargestellt, und dem Protokoll beigefügt. Die Zeitachse sollte in der Einheit [min] oder [s] organisiert sein.

Für die Auswertung ist es erforderlich, den Datensatz der Partikelanzahlkonzentration $C_P(t)$ zu glätten. Hierfür wird das Verfahren des gleitenden Mittelwerts[3] über ein Zeitintervall von 31 s verwendet. Der geglättete Datensatz und/oder die Datei mit den geglätteten Werten sind eindeutig zu bezeichnen. In den nachfolgend beschriebenen Auswerteschritten wird nur der Datensatz der geglätteten Partikelanzahlkonzentration verwendet.

Anmerkung:
Häufig verwendete Auswerteprogramme (z.B. EXCEL, ORIGIN, IGOR und andere) stellen Funktionen zur Berechnung des gleitenden Mittelwerts zur Verfügung.

Anmerkung zum zeitlichen Verlauf von $C_p(t)$:
$C_p(t)$ 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.

Auswerteschritte:

1. Der geglättete Verlauf der akkumulierten Partikelanzahlkonzentration wird als Funktion der Zeit ca. 5 Minuten vor Beginn der Druckphase, während der Druckphase und mindestens 30 min danach darstellt. Das Diagramm ist Bestandteil des Protokolls. Abbildung 4.9.1 zeigt ein Beispiel; zur Illustration wurden hier zusätzlich verschiedene, in den nachfolgenden Schritten verwendete Markierungen, sowie der gemessene Verlauf der Partikelanzahlkonzentration $C_P(t)$ dargestellt. Auf der Abszisse ist die Zeit in der Einheit [Minuten] darzustellen.

[3] siehe z.B. *http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/cc_moving_average.html*, H. Lohninger "Grundlagen der Statistik", elektronisches Buch

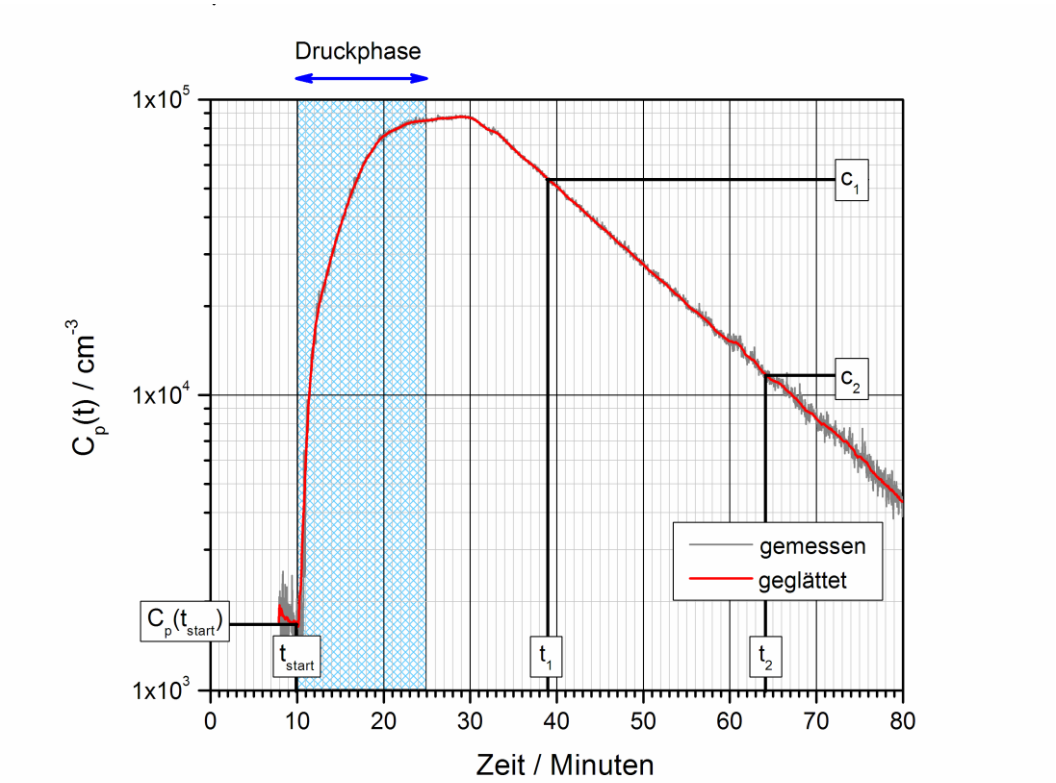


Abbildung 4.9.1: Zeitlicher Verlauf der Partikelanzahlkonzentration (Beispiel)

2. Die Wertepaare c_1, t_1 und c_2, t_2 werden, wie in Abbildung 4.9.1 angegeben, aus dem geglätteten Verlauf der Partikelanzahlkonzentration möglichst genau abgelesen oder mittels eines Cursors bestimmt. Hierbei soll t_1 im - bei logarithmischer Darstellung - linear abfallenden Bereich, mindestens 5 Minuten nach Ende der Druckphase liegen und; t_2 soll mindestens 25 Minuten nach t_1 gewählt werden.

3. Berechnung des Partikelverlustkoeffizienten ß in der Einheit [s^{-1}]:

$$\beta = \frac{\ln(c_1/c_2)}{t_2 - t_1} \qquad (11)$$

Anmerkung: Die Zeitdifferenz $t_2 – t_1$ muss in der Einheit [s] berechnet werden.

4. Die Werte t_{start} und $C_p(t_{start})$ werden aus dem geglätteten Verlauf der Partikelanzahlkonzentration (vergleiche Abbildung 4.9.1) möglichst genau abgelesen oder mittels eines Cursors bestimmt.

5. Die Größe Δt charakterisiert die Zeitauflösung der Messung. Δt wird anhand des Gerätemanuals des Messgeräteherstellers festgestellt und protokolliert. Δt muss für die Berechnungen in der Einheit [s] angegeben werden.

6. PER(t) [s^{-1}] wird unter Verwendung von Δt, β und dem Datensatz der geglätteten Partikelanzahlkonzentration berechnet.

$$PER(t) = V_K \left(\frac{C_p(t) - C_p(t-\Delta t) \cdot \exp(-\beta \cdot \Delta t)}{\Delta t \cdot \exp(-\beta \cdot \Delta t)} \right) \qquad (12)$$

$C_p(t)$: geglätteten Verlauf der Partikelanzahlkonzentration [cm^{-3}]
V_K : Prüfkammervolumen [cm^3]
Δt : Zeitauflösung der Partikelemissionsmessung [s]. Die Zeitauflösung sollte 1 s betragen.
β : Partikelverlustkoeffizient [s^{-1}]

Anmerkung: $C_p(t)$ hat üblicherweise die Einheit [cm^{-3}]. Das Kammervolumen V_k muss entsprechend in die Einheit [cm^3] umgerechnet werden.

7. PER(t) und die geglättete $C_p(t)$ - Kurve werden entsprechend dem Beispiel in Abbildung 4.9.2 aufgetragen. Auf der Abszisse ist die Zeit in der Einheit [Minuten] darzustellen. Das Diagramm ist Bestandteil des Protokolls.

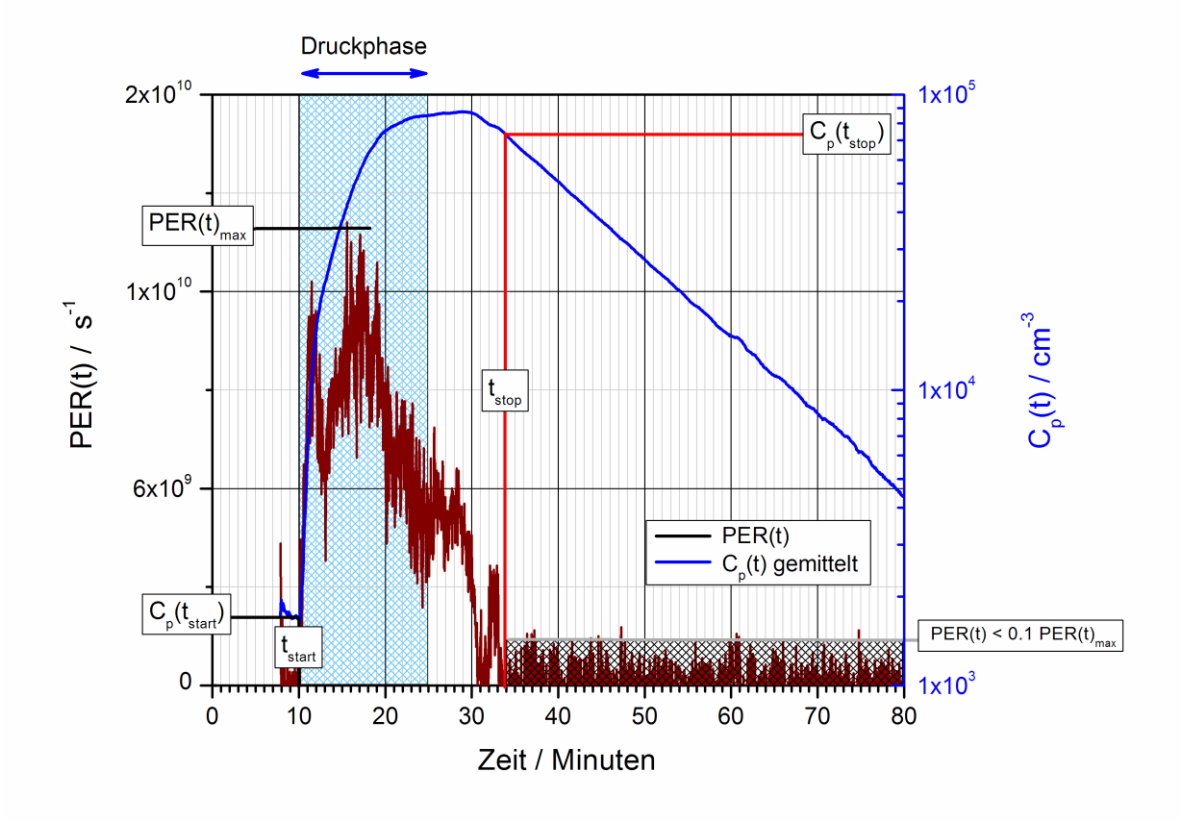


Abbildung 4.9.2: Auftragung von PER(t) und $C_p(t)$ (Beispiel).

8. Aus dem Diagramm entsprechend Abbildung 4.9.2 werden die Werte t_{stop} und $C_p(t_{stop})$ möglichst genau abgelesen oder mittels eines Cursors bestimmt. t_{stop} markiert dabei den Punkt auf der Zeitachse, ab dem PER(t) dauerhaft, d.h. mindestens für die folgenden 10 Minuten, unterhalb 10% des Maximalwertes $PER(t)_{max}$ von PER(t) bleibt.

Anmerkung: In manchen Fällen kann die berechnete Emissionsrate PER(t) durch Einflüsse, die in den Berechnungen nicht berücksichtigt werden, negative Werte annehmen. Vor und nach der Druckphase sollen die Absolutwerte der Abweichungen von PER(t) unterhalb der Nulllinie 5% des Maximalwertes von PER(t) nicht übersteigen.

9. Aus dem Datensatz der geglätteten Partikelanzahlkonzentration wird die Differenz, ΔC_p [cm^{-3}] der Partikelanzahlkonzentration zwischen den Zeitpunkten t_{start} und t_{stop} berechnet:

$$\Delta C_p = C_p(t_{stop}) - C_p(t_{start}) \qquad (13)$$

Für $\Delta C_p \leq 1000\ cm^{-3}$ ist eine Berechnung von TP nicht sinnvoll. In diesem Fall wird der Messwert TP im Prüfbericht als „nicht quantifizierbar“ bezeichnet. Die nachfolgenden Berechnungsschritte sind dann nicht erforderlich.

10. Aus dem Datensatz der geglätteten Partikelanzahlkonzentration wird das arithmetische Mittel C_{av} [cm^{-3}] zwischen den Zeitpunkten t_{start} und t_{stop} berechnet. Der Index *n* steht dabei für die Anzahl der Messwerte zwischen den Zeitpunkten t_{start} und t_{stop}.

$$C_{av} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{p,i}}{n} \quad (14)$$

11. Die Berechnung von TP erfolgt gemäß:

$$TP = V_C \left(\frac{\Delta C_p}{t_{stop} - t_{start}} + \beta \cdot C_{av} \right) \left(t_{stop} - t_{start} \right) \quad (15)$$

ΔC_p : Differenz von $C_p(t)$ zwischen t_{start} und t_{stop}, [cm^{-3}]
C_{av} : arithmetisches Mittel von $C_p(t)$ zwischen t_{start} und t_{stop}, [cm^{-3}]
V_c : Prüfkammervolumen [cm^3]
β : Partikelverlustkoeffizient [s^{-1}]
$t_{stop} – t_{start}$: Emissionsdauer [s]

Anmerkung: ΔC_p und C_{av} haben die Einheit [cm^{-3}]. ß wird in der Einheit [s^{-1}] bestimmt. Zur korrekten Anwendung der Formel müssen das Kammervolumen V_k in der Einheit [cm^3] und die Emissionsdauer $t_{stop} – t_{start}$ in der Einheit [s] verwendet werden.

12. Die Standard-Partikelemissionsrate PER_{10} für eine Druckphase mit 10 Minuten (bzw. 600 Sekunden) Dauer wird gemäß folgender Formel aus TP berechnet:

$$PER_{10} = TP \cdot \frac{600}{t_{print}} \quad (16)$$

Die Dauer der Druckphase t_{print} muss in der Einheit [s] verwendet werden.

4.9.3.1 Berechnung des Prüfergebnisses für Initial Burst-Emitter

Eine 10-minütige Druckdauer nach dem oben beschriebenen Ablauf kann aus technischen Gründen nicht immer eingehalten werden. Ein Grund für eine Unterschreitung ist eine zu kleine Kapazität des Papierablagefachs und/oder des Papiermagazins, verbunden mit einer hohen Druckgeschwindigkeit. Zur Berechnung des Prüfwerts PER_{10} ist bei Über- oder Unterschreitung der 10-minütigen Standarddruckdauer eine lineare Korrektur gemäß Formel 16 vorgesehen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass Druckdauer und Partikelemission eines Laserdruckers proportional sind. In der Praxis ist diese Annahme gelegentlich nicht erfüllt, insbesondere bei den sogenannten Initial-Burst-Druckern. Diese sind charakterisiert durch ein sehr ausgeprägtes Maximum der Partikelemissionsrate zum Beginn des Druckjobs. Ein Beispiel ist in Abbildung 4.9.3 illustriert. Insbesondere dann, wenn ein Initial-Burst-Drucker aus den oben aufgeführten technischen Gründen deutlich unterhalb der 10-minütigen Druckzeit bleibt, führt dies in der Konsequenz zu einer unverhältnismäßig hohen Korrektur des PER_{10}-Werts nach Formel 16.

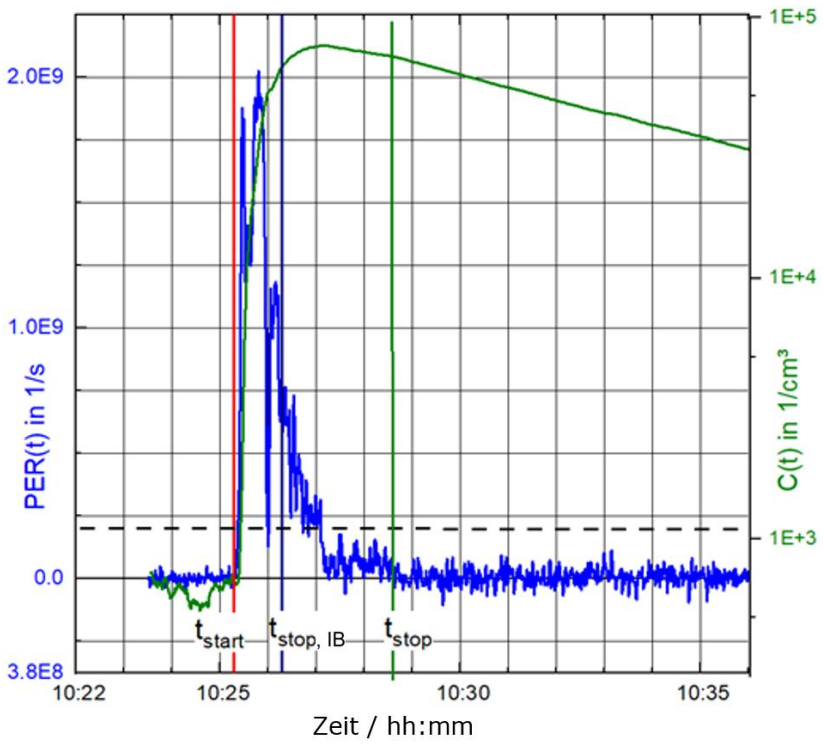


Abbildung 4.9.3: Verlauf von Partikelanzahlkonzentration (grün) und Partikelemissionsrate (blau) eines Initial-Burst-Druckers (Beispiel).

Die Abbildung 4.9.3 zeigt exemplarisch die Partikelanzahlkonzentration (grüne Kurve) und die Partikelemissionsrate (blaue Kurve) eines Initial-Burst-Laserdruckers mit einer Druckdauer von t_{print} = 300 Sekunden.

Als Initial-Burst-Emitter können solche Testobjekte eingestuft werden, deren Partikelemissionsrate PER(t) spätestens 2 Minuten nach t_{start} dauerhaft unterhalb 10 % des PER(t)-Maximums, d.h. 0,1*PER(t)$_{max}$, verbleibt.

Für Initial-Burst-Emitter können die folgenden Modifikationen der Auswertung angewendet werden:

- Die Auswertungen und Berechnungen werden bis einschließlich Schritt 11 durchgeführt.
- Ein zweiter Parameter, TP_{IB}, wird gemäß Formel 17 berechnet, hierbei ist $t_{stop,IB} = t_{start}$ + 60 Sekunden.

$$TP_{IB} = V_C \left(\frac{\Delta C_{p,\,IB}}{t_{stop,\,IB} - t_{start}} + \beta \cdot C_{av,\,IB} \right) \left(t_{stop,\,IB} - t_{start} \right) \qquad (17)$$

$\Delta C_{p,\,IB}$:	Differenz von Cp(t) zwischen t_{start} und $t_{stop,\,IB}$, [cm^{-3}]
$C_{av,\,IB}$:	arithmetisches Mittel von Cp(t) zwischen t_{start} und $t_{stop,\,IB}$, [cm^{-3}]
Vc :	Prüfkammervolumen [cm^3]
β :	Partikelverlustkoeffizient [s^{-1}]
$t_{stop,\,IB} - t_{start}$:	Initial-Burst Emissionsdauer [s]

Der Prüfwert $PER_{10,\,IB}$ wird nach Formel 18 berechnet:

$$PER_{10,\,IB} = TP_{IB} + (TP - TP_{IB}) \cdot 540 / t_{print} \qquad (18)$$

5. Auswertung und Prüfbericht

Im Prüfbericht ist die vollständige Prüfung sowie die vollständige Auswertung für das Prüfobjekt zu dokumentieren.

Hierbei sind insbesondere folgende Angaben aufzunehmen:

Angaben zum Prüflabor:

- Name und vollständige Adresse
- Name der verantwortlichen Person

Angaben zum Prüfobjekt:

- Genaue Produktbezeichnung, Angabe Tisch-/Standgerät, Geräte-Nummer, Druck- oder Kopiergeschwindigkeit nach Herstellerangabe,
- Produktionsdatum
- Eingangsdatum
- Art der Verpackung
- Lagerung bis zur Prüfung
- Untersuchungsdatum / -zeitraum
- Bezeichnung des verwendeten Verbrauchsmaterials (z.B. Chargennummern, Typbezeichnungen, Identifikationsnummern)
- Volumen oder äußere Abmessungen des Prüfobjekts

Angaben zur Prüfung:

- Untersuchungsdatum/ -zeitraum
- Schwarzwert bzw. Farbwerte der Ausdrucke
- Untersuchungsbedingungen (Typ und Größe der Kammer, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Luftwechsel bzw. Luftvolumenstrom)
- Einhaltung der Bedingung für den Beladungsfaktor (siehe Formel 1)
- Beschreibung des verwendeten Aerosolmessgeräts:
  - Hersteller, Typ und Seriennummer
  - Name und Version der Software
  - Datum der letzen Kalibrierung oder Wartung
  - Aktuell verwendete Geräteeinstellungen

  - Typ und Verdünnungsfaktor, falls eine Aerosol-Verdünnungsstufe verwendet wurde
  - Ergebnis der Maßnahmen zur Sicherstellung der Messbereitschaft des Aerosolmessgeräts nach Abschnitt 8.9

- Beginn, Ende und Dauer von Vorbereitungs-, Druck- und Nachlaufphase
- Druckgeschwindigkeit während der Prüfung
- Druckmodus während der Prüfung (monochrom, farbig; einseitiger oder beidseitiger Druck)
- Anzahl der bedruckten Blätter
- Zeitpunkt und Dauer der Luftprobenahme, Volumen und Volumenstrom der Luftprobenahme für VOC, Ozon und Staub
- Bezeichnungen der VOC-, Ozon- und Staubproben
- Bezeichnung und Speicherort der Dateien mit kontinuierlich aufgezeichneten Messwerten (Klima, Ozon, unkorrigierte sowie ggf. korrigierte Partikelanzahlkonzentration)

Angaben zur Auswertung:

- Name, CAS-Nr. und Konzentration der identifizierten VOC, sowie Konzentration der nicht identifizierten VOC von Bereitschaftsphase und Druckphase sowie berechnete Emissionsraten; Benzol und Styrol sind in jedem Fall auch gesondert aufzuführen,
- Angabe des TVOC-Wertes als Summe der quantifizierten und nicht identifizierten Verbindungen von Bereitschaftsphase und Druckphase sowie berechnete Emissionsraten (relevanter Wert für Vergabekriterien),
- Angabe von VVOCs mit CAS-Nr., wenn gefunden,
- Ozonhalbwertszeit der leeren Kammer,
- Ozonkonzentration und berechnete Ozonemissionsrate im Druckbetrieb,
- Gravimetrisch bestimmte Staubmasse und daraus ermittelte Staubemissionsrate,
- Angabe der Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für VOC-, Ozon-, und Staubemissionsraten,
- Diagramm gemäß Abschnitt 4.9.3, Auswerteschritt 1,
- Diagramm gemäß Abschnitt 4.9.3, Auswerteschritt 7,

- Wertetabelle der gemäß Abschnitt 4.9.3 ermittelten Hilfsgrößen:

  t_1, t_2, c_1, c_2, β, t_{start}, $C_p(t_{start})$, t_{stop} und $C_p(t_{stop})$, ΔC_p,und C_{av},

- Prüfergebnisse TP und PER_{10},

- Im Fall von Initial Burst Geräten müssen die Prüfwerte PER_{10}, $PER_{10,\,IB}$ sowie TP_{IB} und die folgenden gemäß Abschnitt 4.9.3.1 ermittelten Hilfsgrößen angegeben werden:

  $C_p(t_{stop,\,IB})$, $\Delta C_{p,IB}$ and $C_{av,\,IB}$

- Bericht über Störungen und Abweichungen von Prüfalgorithmen,

- Zusammenfassung der Ergebnisse durch das Prüfinstitut in Hinblick auf die Umweltzeichenkriterien (ggf. Hinweis, dass die ermittelte Emissionscharakteristik nur in Verbindung mit dem untersuchten Tonertyp und Papier gilt),

- Unterschrift unter der Zusammenfassung, die nochmals die genaue Gerätebezeichnung enthalten muss.

6. Prüfinstitute

Die Emissionsprüfung darf nur von geeigneten Instituten durchgeführt werden.

Prüfinstitute sind geeignet, wenn sie über die notwendigen apparativen Einrichtungen und ein Qualitätsmanagementsystem verfügen (bzw. für den Bereich dieser Prüfungen akkreditiert sind) und über die erfolgreiche Teilnahme an einschlägigen Rundversuchen oder Vergleichsmessungen ihre Befähigung zur Durchführung der in diesem Anhang beschriebenen Prüfungen nachgewiesen haben. Gleiches gilt für Prüflaboratorien der Hersteller.

Der Nachweis über die Einhaltung dieser Anforderungen kann Olfasense erbracht werden. Bei vorliegender Eignung wird diese schriftlich bestätigt.

7. Literatur

1 Entwicklung einer Prüfmethode und Untersuchungen zur Begrenzung von Emissionen aus Druckern und Kopiergeräten im Rahmen der Umweltzeichenvergabe. UBA-Texte 71/2003, Umweltbundesamt, Berlin, 2003

2 Prüfung von Emissionen aus Bürogeräten während der Druckphase zur Weiterentwicklung des Umweltzeichens Blauer Engel für Laserdrucker und Multifunktionsgeräte unter besonderer Berücksichtigung der Sicherung guter Innenraumluftqualität. UBA-Texte 35/2008, Umweltbundesamt, Berlin, 2008

3 ECMA-Standard 328, 7th edition / 2015 Detection and measurement of chemical emissions from electronic equipment, www.ecma-international.org

4 DIN ISO 16000-9: 2012-11 Bauprodukte - Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) - Teil 1: Emissionsprüfkammer-Verfahren

5 DIN ISO 16000-6: 2008-4 Innenraumluftverunreinigungen. Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern. Probenahme auf TENAX TA, thermische Desorption und Gaschromatographie/MSD bzw. FID

6 ISO 554, Ausgabe: 1976-07 Normalklimate für die Konditionierung und / oder Prüfung; Anforderungen

7 DIN EN 20287, Ausgabe: 1994-09 Papier und Pappe - Bestimmung des Feuchtegehaltes - Wärmeschrankverfahren (ISO 287:1985); Deutsche Fassung EN 20287: 1994

8 DIN EN 717-1, Ausgabe:2005-01, Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode

9 DIN 33870, Ausgabe: 2001-01 Informationstechnik - Büro- und Datentechnik - Anforderungen und Prüfungen für die Aufbereitung von gebrauchten Tonermodulen schwarz für elektrophotographische Drucker, Kopierer und Fernkopierer

10 CIE Dokument Nr.15, Colorimetry, 2004

11 Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) - Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten. Umweltbundesamt. http://www.umweltbundesamt.de/produkte/bauprodukte/dokumente/AgBB-Bewertungsschema_2015.pdf

Weiterführende Literatur:

J. Rockstroh, O. Jann, O. Wilke, W. Horn: Development of a reliable test method for laser printers, copiers and multifunctional devices in emission test chambers, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, (2005), 65, Seite 71 – 80.

O. Jann, J. Rockstroh, O. Wilke: Influence of emissions from hardcopy devices to indoor air quality, Proceedings of Indoor Air 2005, Beijing, Vol.2, 2123 – 2128.

S. Seeger, O. Wilke, M. Bücker, O. Jann: Time- and size-resolved characterization of particle emissions from office machines with printing function, Healthy Buildings, (2006), 2, Seite 447 – 450.

T. Schripp, M. Wensing, E. Uhde, T. Salthammer, C. He, L. Morawska: Evaluation of ultrafine particle emissions from laser printers using emission test chambers, Environ. Sci. Technol., (2008), 42, Seite 4338 – 4343.

M. Wensing, T. Schripp, E. Uhde, T. Salthammer: Ultra-fine particles release from hardcopy devices: Sources, real-room measurements and efficiency of filter accessories, Sci. Total Environ., (2008), 407, Seite 418 – 427.

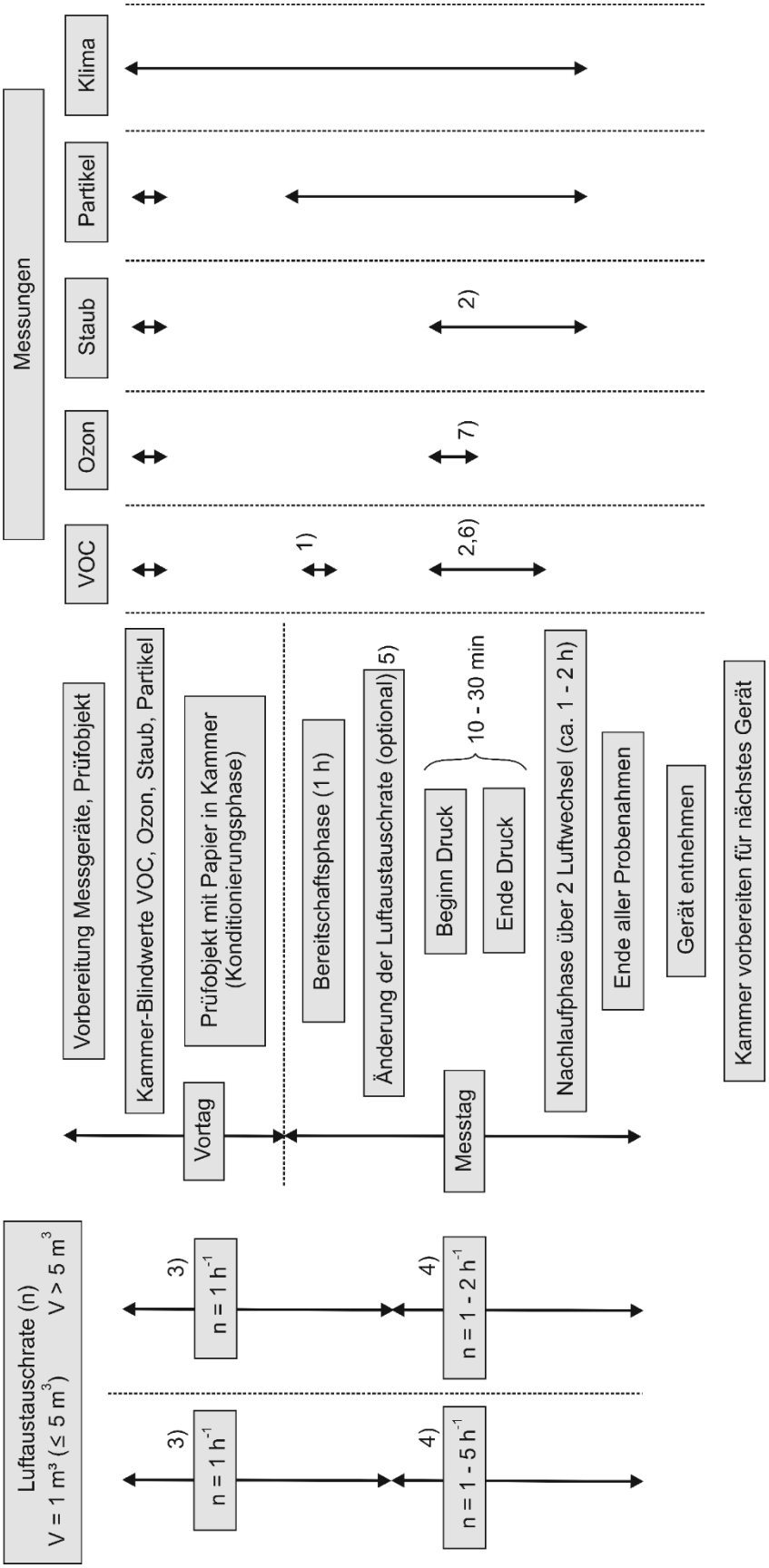
M. Barthel, S. Seeger, M. Rothhardt, O. Wilke et. al.: Erfassung der Zahl feiner und ultrafeiner Partikel aus Bürogeräten während der Druckphase zur Entwicklung eines Prüfverfahrens für das Umweltzeichen Blauer Engel für Bürogeräte mit Druckfunktion, Abschlußbericht zum Projekt UFO-PLAN 3708 95 301, UBA-Texte 74/ 2013, veröffentlicht auf der UBA Homepage unter UBA-Texte unter dem Link: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/UBA-Texte 74/2013

M. Barthel, V. Pedan, O. Hahn, M. Rothhardt, H. Bresch, O. Jann, S. Seeger. 2011. XRF-analysis of fine and ultrafine particles emitted from laser printing devices. Environ Sci Technol 45:7819–25.

Proceedings der 22. WaBoLu-Innenraumtage 2015, Bd. 154: Drucker, Gerüche und mehr…, W. Puchert, H.-J. Moriske (Hrsg.), Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V., ISBN 978-3-932816-83-3 (CD-ROM)

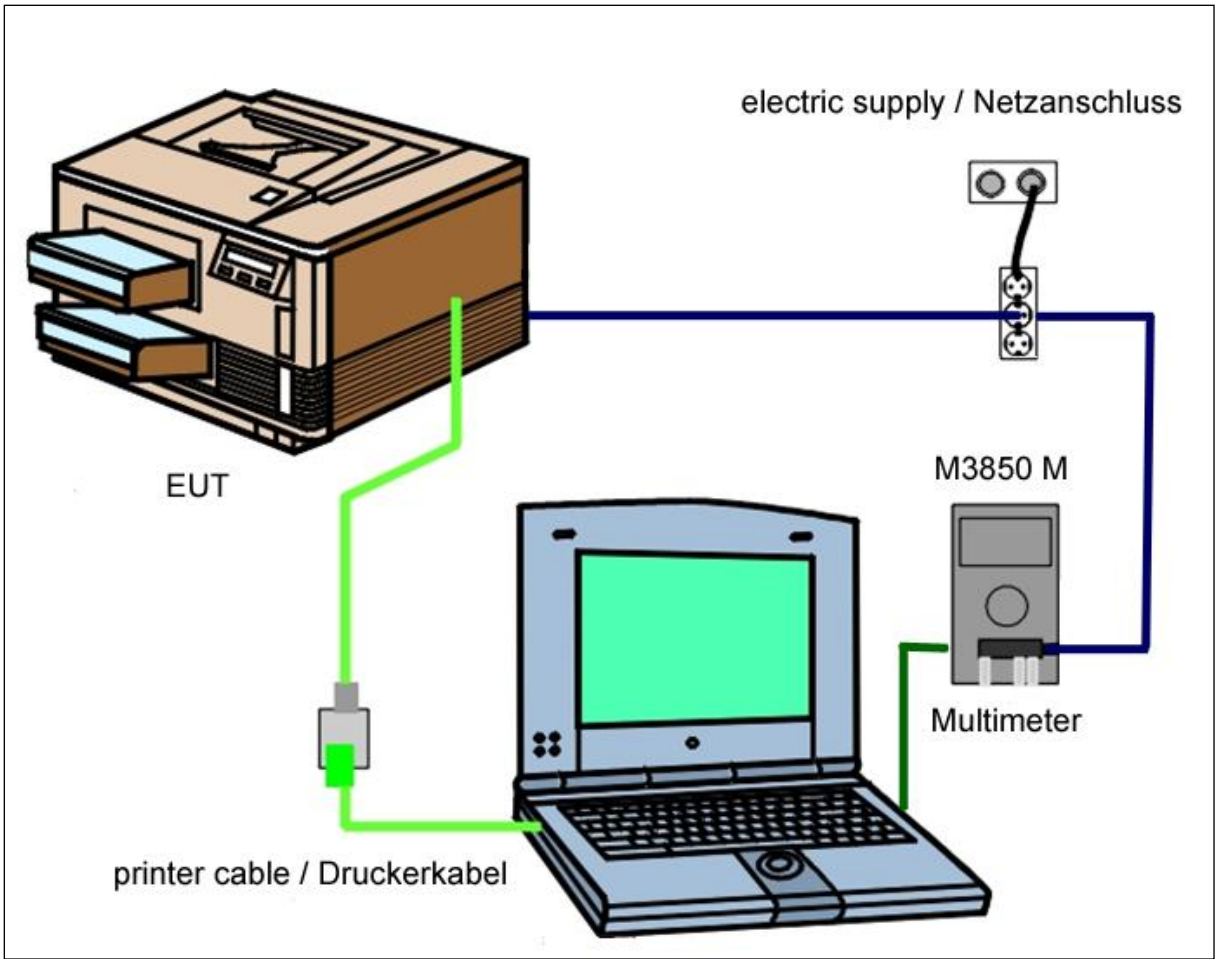
8. Erläuterungen und Beispiele

8.1 Ablaufplan für die Prüfung

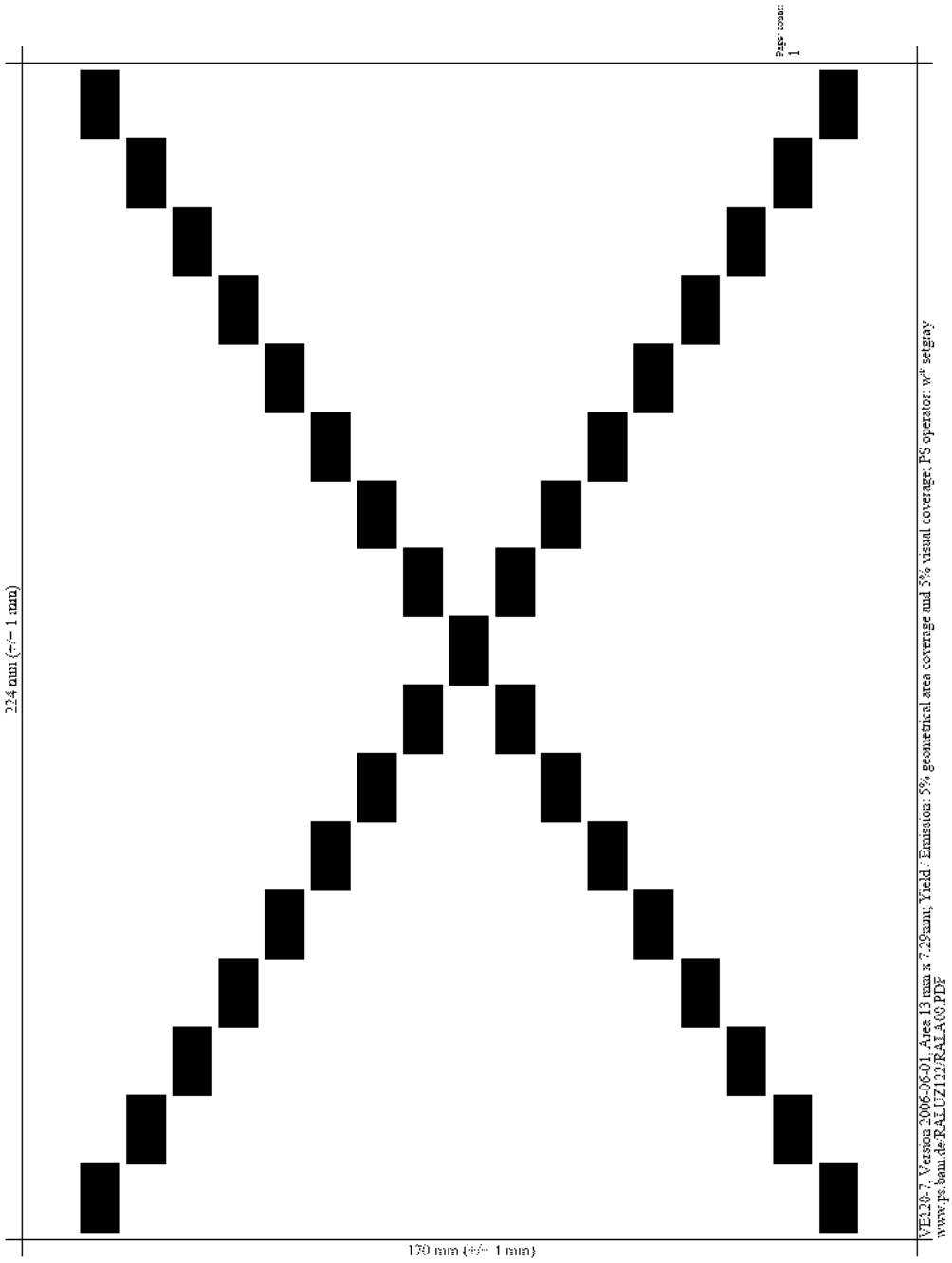


1) Probenahme über letzte 20 Minuten (100 - 200 ml/Min)
2) Durchgehende Probenahme (für VOC 50 - 200 ml/Min in Abhängigkeit von der Probenahmedauer)
3) Luftaustauschrate muss bekannt und konstant sein
4) Luftaustauschrate abhängig vom Feuchtigkeitseintrag im Druckbetrieb (eine relative Luftfeuchtigkeit von 85 % darf in der Kammer nicht überschritten werden); falls notwendig: Trockener Zuluftstrom (< 10 % r.F.); Luftaustauschrate muss bekannt sein
5) Bei einer Änderung der Luftaustauschrate ist die Zeit für mindestens einen Luftwechsel bis zum Druckbeginn abzuwarten
6) VOC -Messung ab Druckbeginn über den Zeitraum eines Luftwechsel
7) Ozonmessung in den ersten 10 Minuten der Druckphase

8.2 Messaufbau für Prüfgeräte

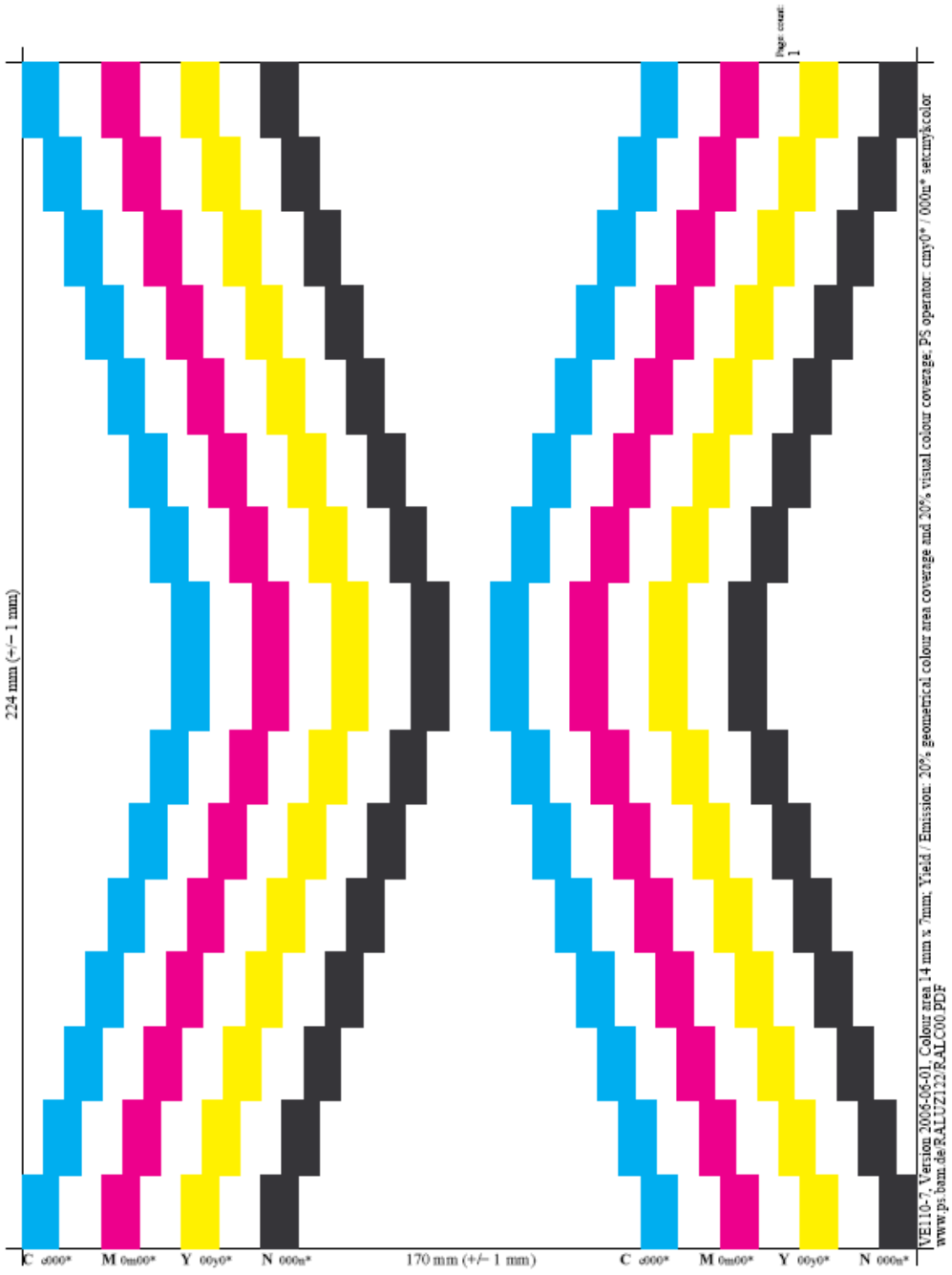


8.3 Druckvorlage 5% Flächendeckung, schwarz (siehe DIN 33870 [9])

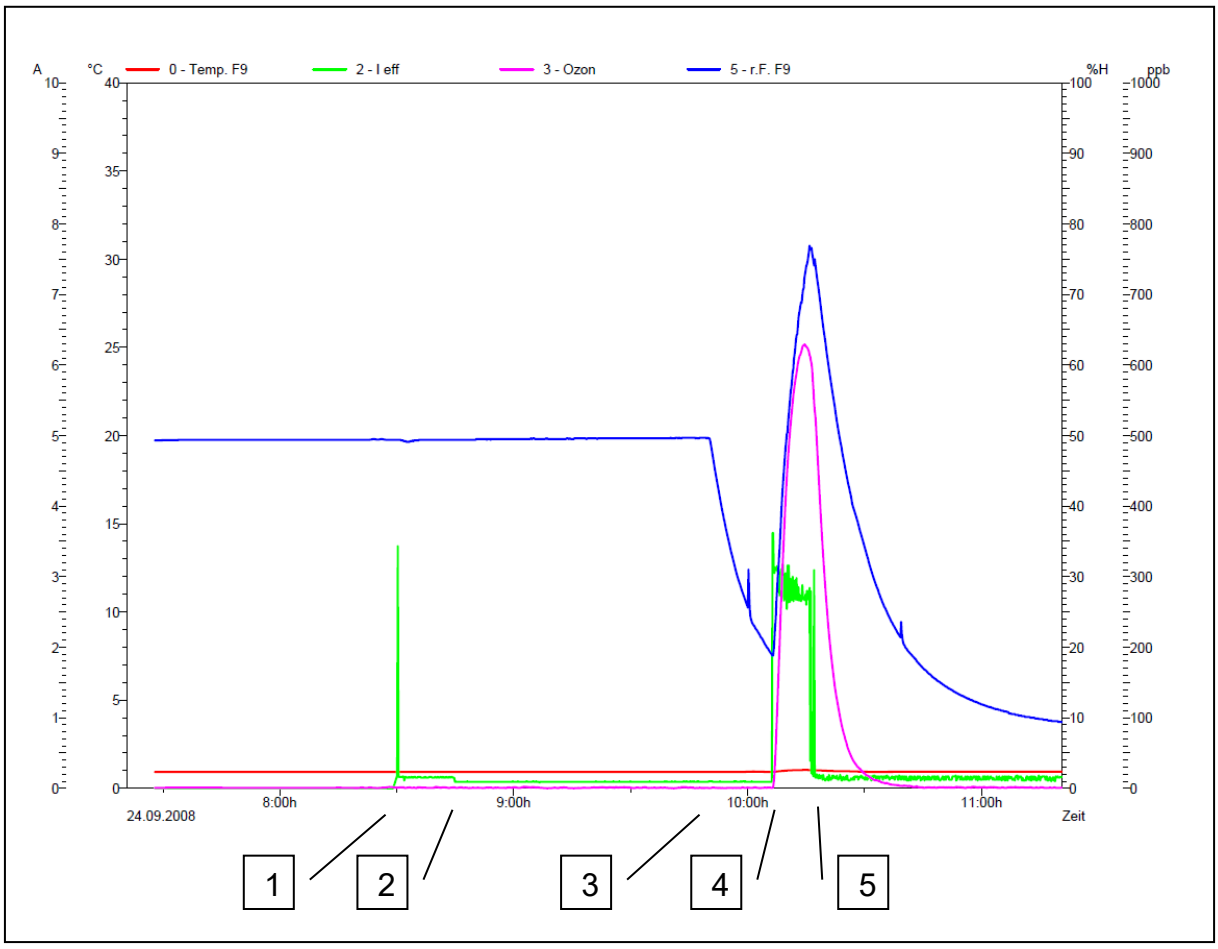


Druckvorlagen sind verfügbar auf https://www.blauer-engel.de/de/zertifizierung/vergabekriterien#UZ239-2026 in den Antragsunterlagen der DE-UZ 239

8.4 Druckvorlage für die Prüfung von Farbgeräten, 20% Flächendeckung



8.5 Beispiel für den Verlauf von Klima, Stromverbrauch und Ozonkonzentration während einer Prüfung



Die Beladung am Vortag ist nicht dargestellt!

1 Beginn Bereitschaftsphase (8:30 Uhr)
2 Energiesparmodus beginnt
3 Luftwechselumstellung, Absenkung der Luftfeuchtigkeit
4 Beginn Druckphase
5 Ende Druckphase, Beginn Nachlaufphase

8.6 Beispiel für ein erprobtes VOC - Messverfahren (vgl. [2], [5])

Probenahmerohre: Tenax TA (Rohrlänge 178 mm, AD 6 mm, ID 4 mm, 200 mg Tenax TA (60-80 mesh) mit Glaswollstopfen); Probenahmevolumen > 1,0 l (100 ml/min). Vor der Probenahme sind die Tenax-Rohre mit in Methanol gelöstem internen Standard zu spiken.

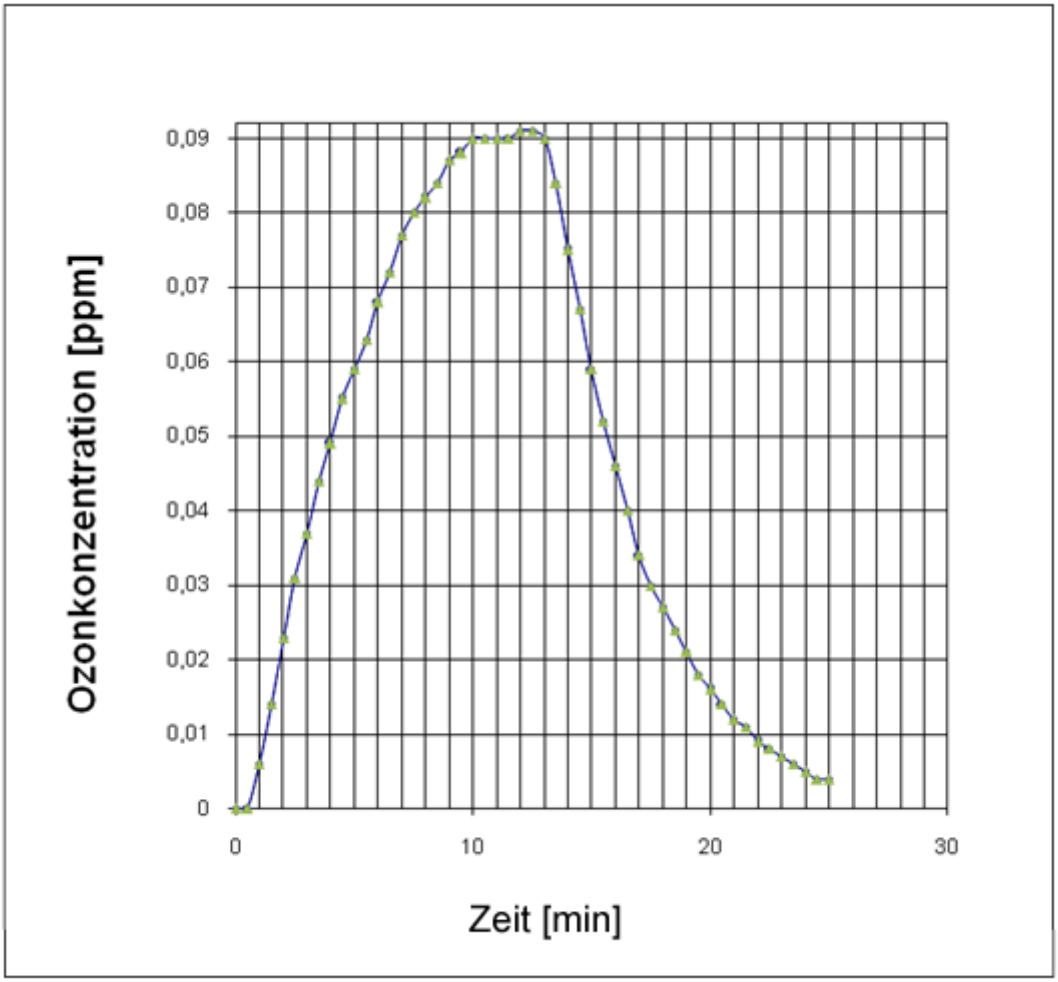
Die Kalibrierung erfolgt, indem die Kalibriersubstanzen, gelöst in Methanol, auf Tenax-Rohre aufgegeben (gespikt) werden, und zur Simulation einer Probenahme mit einem Liter synthetischer Luft oder Stickstoff (Reinheit 5.0) gespült wird, wobei das vom Spiken auf dem Tenax verbliebene Methanol desorbiert wird.

Analysensystem:

Thermodesorption / Kaltaufgabesystem Gerstel TDS-2 / KAS-3 (Programm 40 – 280 °C mit 40 $Kmin^{-1}$, halten 5 min bei 280 °C / Kryofokussierung bei minus 150 °C, Aufheizen mit 10 Ks^{-1} auf 290 °C / He-Fluss 35 $mlmin^{-1}$)

HP GC 5890 II + HP-MSD 5972 (Säule HP 1; 60 m; 0,25 mm; 0,25 µm; Temperaturprogramm 40 °C für 4 min, 5 $Kmin^{-1}$ auf 140°C, 10 $Kmin^{-1}$ auf 240 °C, 25 $Kmin^{-1}$ auf 290 °C, halten für 3 min / MSD: scan 25 - 400; 1,9 scans / sec; 300 °C; NBS - 75K - Datenbank)

8.7 Beispiel für den Verlauf der Ozonkonzentration während der Druckphase



8.8 Technische Informationen zu Aerosolmessgeräten

Partikelgrößenbereich

Die untere Nachweisgrenze der Partikelgröße - ist der kleinste Partikeldurchmesser, bei dem die Zähleffizienz eines Aerosolmessgeräts bei 50% liegt.

Die entsprechende obere Nachweisgrenze ist der größte Partikeldurchmesser, bei dem die Zähleffizienz eines spezifischen Aerosolmessgeräts bei 50% liegt.

Partikelanzahlkonzentrationsbereich

Die untere Nachweisgrenze der Partikelanzahlkonzentration ist die Konzentration, die mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von 95% von der gemessenen Untergrund-Konzentration (bedingt durch die gerätespezifische Fehler-Zählrate) unterschieden werden kann. Die Fehler-Zählrate ist die Zählrate, die nicht durch Partikel bedingt ist.

8.9 Vorbereitende Maßnahmen zur Sicherstellung der Messbereitschaft von Aerosolmessgeräten

Dieser Anhang beschreibt obligatorische Maßnahmen zur Sicherstellung der Messbereitschaft von Aerosolmessgeräten. Die beschriebenen Maßnahmen sollen zusätzlich zu den periodischen Wartungsmaßnahmen durchgeführt werden.

8.9.1 Schnelle Aerosolmessgeräte

Aufstellen des Instruments

1. Das Aerosolmessgerät und die Verbindungsschläuche werden auf Sauberkeit geprüft.

2. Das Aerosolmessgerät wird so platziert, dass eine möglichst geradlinige Verbindung mit einer maximalen Länge von 3 m mit der Emissionsprüfkammer ermöglicht wird.

3. Zeit- und Datumsanzeige des Aerosolmessgerät, der Software und der Labor-Uhr werden synchronisiert, falls die Angaben um mehr als 1 s voneinander abweichen.

8.9.1.1 Vorbereitung für die Messung

Die folgenden Schritte werden nacheinander ausgeführt:

1. Alle Betriebsparameter (Lufttemperatur, Spannungen, interner Druck und Volumenströme) werden überprüft.
2. Eine Nullpunkts Korrektur (Zeroing) wird gemäß der Bedienungsanleitung des Herstellers nach Einschalten des Geräts und Erreichen der Betriebsbereitschaft durchgeführt (Erstkorrektur). Offset- und RMS-Werte der Elektrometerströme werden protokolliert. Es wird überprüft, dass die Offset- und RMS-Werte der Elektrometerströme in dem vom Hersteller angegebenen Bereich liegen.

3. Nach einer Laufzeit von 30 Minuten wird Schritt 2 wiederholt (Zweitkorrektur). Die Offset-Werte der Elektrometerströme aus erster und zweiter Nullpunkts-Korrektur dürfen um nicht mehr als ±10 fA voneinander abweichen. Die Einhaltung dieser Bedingung ist eine Voraussetzung für die Verwendung des Messgeräts und wird im Prüfbericht bestätigt. Geräte, die diese Bedingung nicht einhalten müssen vor einer Verwendung gemäß den Angaben des Herstellers gewartet und gereinigt werden.
4. Der HEPA-Filter wird vom Aerosol-Einlass des Aerosolmessgeräts entfernt.
5. Der Probenahme-Volumenstrom des Aerosolmessgeräts wird überprüft. Eine geräteinterne Volumenstrom-Anzeige soll hierfür bevorzugt verwendet werden. Andernfalls muss ein externes kalibriertes Volumenstrom-Messgerät verwendet werden. Der gemessene Volumenstrom des Aerosolmessgeräts darf nicht mehr als ±10% von dem im Kalibrier-Zertifikat angegebenen Sollwert abweichen.
6. Das Aerosolmessgerät wird mit dem Probenahme-Port der Emissionsprüfkammer verbunden.
7. Die Partikel-Untergrund-Konzentration in der Emissionsprüfkammer wird gemessen. Die Untergrund-Konzentration darf die unter 4.1 angegebenen Werte nicht überschreiten.
8. Die fehlerfreie Funktion des Messgeräts wird im Prüfbericht bestätigt.

8.9.2 CPCs

Für die Messung der Gesamtpartikelanzahlkonzentration können nur CPCs eingesetzt werden, die mit Isopropanol oder Butanol als Betriebsflüssigkeit betrieben werden. Die folgenden Schritte sollen vor einer Messung durchgeführt werden.

Vorbereitung für die Messung

1. Der CPC wird gemäß der Betriebsanleitung des Herstellers in einen betriebsbereiten Zustand versetzt. Der Vorratsbehälter wird mit einer für die Messung ausreichenden Menge an Betriebsflüssigkeit gefüllt. Ggf. muss ein vorhandenes Überschuss-Reservoir am CPCs entleert werden, um Störungen im Messbetrieb zu vermeiden.

2. Der CPC wird eingeschaltet. Die Aufwärmphase des CPC wird gemäß Herstellerangaben eingehalten.

3. Zeit- und Datumsanzeige des CPC, der Software und der Labor-Uhr werden synchronisiert, falls die Angaben um mehr als 1 s voneinander abweichen

4. Der CPC wird nach Herstellerangaben aus einwandfreie Funktion überprüft.

5. Der Probenahme-Volumenstrom des CPC wird überprüft. Eine geräteinterne Volumenstrom-Anzeige soll hierfür bevorzugt verwendet werden. Andernfalls muss ein externes kalibriertes Volumenstrom-Messgerät verwendet werden.

Der gemessene Volumenstrom des Aerosolmessgeräts darf nicht mehr als ±10% von dem im Kalibrier-Zertifikat angegebenen Sollwert abweichen.

6. Es wird überprüft, ob bei angeschlossenem HEPA-Filter (Filter-Effizienz ≥ 99.99%) die Partikelanzahlkonzentration nahe der unteren Nachweisgrenze ist. Falls innerhalb eines Zeitraumes von 1 min Konzentrationen > 1 cm^{-3} beobachtet werden nachdem zuvor eventuelle Lecks zwischen HEPA-Filter und Aerosol-Einlass eliminiert wurden, liegt ein Gerätedefekt vor.

7. Die Partikelanzahlkonzentration in der Raumluft/Laborluft wird mit dem CPC gemessen. Die Messwerte sollten deutlich oberhalb 1 cm^{-3} liegen. Andere Aerosolquellen mit ausreichend hoher Partikelanzahlkonzentration können gegebenenfalls auch für diesen Test verwendet werden. Eine Nullanzeige wie unter Pkt. 5 weist auf einen Gerätedefekt hin.

8. Die fehlerfreie Funktion des Messgeräts wird im Prüfbericht bestätigt.

9. Der CPC wird mit dem Probenahme-Port der Emissionsprüfkammer unter Verwendung eines leitfähigen Materials (z.B. leitfähiger Silikonschlauch, Edelstahl) mit einer maximalen Länge von 3 m verbunden.

10. Die Partikel-Hintergrund-Konzentration in der Emissionsprüfkammer wird gemessen. Die Hintergrund-Konzentration darf die unter 4.1 angegebenen Werte nicht überschreiten.