

## 7.2 Laserdrucker und -kopierer

*T. von der Heyden, Sankt Augustin*

Laserdrucker und Kopierer sind aus dem modernen Büroalltag nicht mehr wegzudenken. Millionen Menschen benutzen sie täglich. Immer wieder wurde die Öffentlichkeit in der Vergangenheit durch Meldungen über mögliche Gesundheitsgefahren aufgrund einer vermeintlichen Exposition gegenüber Tonerstaub beim Betrieb von Laserdruckern verunsichert. Daher hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA, früher BGIA) in Zusammenarbeit mit der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft bereits vor mehr als zehn Jahren mehrere Projekte mit dem Ziel durchgeführt, die aus Laserdruckern und -kopierern frei werdenden Emissionen festzustellen und sie in Bezug auf eine mögliche Gesundheitsgefährdung zu bewerten [1 bis 3]. Neben dem IFA hat auch die Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA) in den Jahren 2000 bis 2007 sowohl Emissionsprüfungen an diversen Geräten als auch Tonerprüfungen durchgeführt [4]. Die Ergebnisse dieser Studien haben auch heute noch Gültigkeit, da sich die Technik der Drucker nur unwesentlich verändert hat. Sie zeigen (siehe Ausführungen zu einzelnen Stoffgruppen), dass Laserdrucker und -kopierer keine relevanten Mengen an Stäuben und Gasen freisetzen.

Zur Sicherheit für die Umwelt und den Anwender hat die Jury Umweltzeichen die Vergabegrundlagen RAL-UZ 122 [5] und RAL-UZ 171 [6] für Bürogeräte mit Druckfunktion (Drucker, Kopierer, Multifunktionsgeräte) entwickelt (Abbildung 7). Neben

allgemeinen Anforderungen z. B. an eine recyclinggerechte Konstruktion und an den Stromverbrauch, sowie stoffbezogene Anforderungen an die Toner werden die Geräte insbesondere auch auf ihre Emissionen geprüft. Dabei werden die freigesetzten Mengen an Staub, ultrafeinen Partikeln, Ozon, der Summe flüchtiger organischer Stoffe sowie von Benzol und Styrol in Prüfkammern ermittelt. Als Beurteilungskriterien dienen aktuelle Umwelt- oder Innenraumrichtwerte. Diese liegen weit unter den gültigen Arbeitsplatzgrenzwerten.

Abbildung 7:  
„Blauer Engel“ für Bürogeräte mit Druckfunktion (Drucker, Kopierer, Multifunktionsgeräte)



## 7 Arbeitsplatz

Generell werden die Geräte nur in Verbindung mit dem speziell für das betreffende Gerät vertriebenen Toner und Papier getestet. In der Praxis trifft man jedoch oft Toner von Fremdanbietern und Recyclingtonerkartuschen an, die nicht zusammen mit dem eingesetzten Gerät getestet wurden. Als Qualitäts- und Vergleichskriterium bei der Beschaffung von Tonerkartuschen hat der Fachausschuss Verwaltung deshalb zusätzlich ein Zeichen von DGVU Test für Tonerpulver geschaffen, das den Zusatz „schadstoffgeprüft“ trägt (Abbildung 8) [7]. Ein Toner mit diesem Zeichen erfüllt strenge Anforderungen an die Gehalte an Metallen, flüchtigen organischen Verbindungen und sonstigen Inhaltsstoffen sowie die Partikelgrößen.

Abbildung 8:  
Zeichen von DGVU Test mit dem Zusatz „schadstoffgeprüft“



Auch das Papier stellt eine Emissionsquelle dar. Beim Laserdrucker wird es konstruktionsbedingt kurzzeitig auf etwa 150 bis 200 °C aufgeheizt. Dadurch können Stoffe aus dem Papier freigesetzt werden. Die Verabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel „RAL-UZ 14“ [8] für Recyclingpapier (Abbildung 9) bezieht sich neben zahlreichen Umweltaspekten auch auf das Potenzial zur Emission von flüchtigen organischen Verbindungen, sofern das untersuchte Papier zum Bedrucken mittels elektrofotografischer Drucker oder Kopierer bestimmt ist („Kopierpapier“).

Bei sehr intensivem Betrieb von Laserdruckern oder beim gleichzeitigen Betrieb mehrerer Geräte wird grundsätzlich empfohlen, diese außerhalb des Büroarbeitsraums aufzustellen.

Abbildung 9:  
„Blauer Engel“ für Recyclingpapier



### 7.2.1 Staub

Bei den Untersuchungen des BGIA (heute IFA) und der LGA konnten keine relevanten Emissionen von Tonerstaub nachgewiesen werden. In den Vergabegrundlagen RAL-UZ 122 und RAL-UZ 171 wird eine Emissionsrate von 4,0 mg/h Staub – zumeist Papierstaub – als zulässiger Höchstwert während der Druckphase angegeben.

### 7.2.2 Metalle

Die meisten Schwarztoner enthalten zu einem Viertel bis zu einem Drittel der Masse Eisen in Form von Eisenoxid. Jeweils im Promillebereich konnten bei den im BGIA durchgeführten Untersuchungen Verbindungen von Titan, Strontium, Kupfer und Zink nachgewiesen werden.

Farbtoner enthalten meist geringe Mengen Kupfer und Titan. Außerdem fand das IFA (ehemals BGIA) die Metalle Chrom, Eisen, Zink, Zinn und Strontium in verschiedenen Farbtonern. Cobalt und Nickel, die speziell wegen ihrer sensibilisierenden Eigenschaften problematisch sind, enthielten die Toner entweder nicht oder nur in Spuren.

Für die Vergabe des Test-Zeichens mit dem Zusatz „schadstoffgeprüft“ wurden in den „Grundsätzen für die Prüfung und Zertifizierung von Tonerpulver schwarz und farbig für Laserdrucker und Kopiergeräte“ die in Tabelle 10 aufgelisteten Maximalgehalte für verschiedene Metalle im Tonerpulver festgelegt [7].

Noch weitergehende Anforderungen werden nach den Vergabegrundlagen für das Umweltzeichen Blauer Engel RAL-UZ 122 und

Tabelle 10:  
Grenzwerte für Metalle in Tonern  
zur Erlangung des DGUV Test-Zeichens  
mit dem Zusatz „schadstoffgeprüft“

Metall	Grenzwert in mg/kg
Cadmium	5,0
Cobalt	25
Nickel	70
Blei	25
Quecksilber	2,0
Chromat (als Chrom)	1,0
Zinnorganische Verbindungen (als Zinn)	5,0

RAL-UZ 171 formuliert: Danach dürfen Toner keine Stoffe enthalten, die Quecksilber-, Cadmium-, Blei-, Nickel- oder Chrom(VI)-Verbindungen als konstitutionelle Bestandteile enthalten. Ausgenommen sind hochmolekulare Nickel-Komplexverbindungen als Farbmittel. Herstellungsbedingte Verunreinigungen durch Schwermetalle wie z. B. Kobalt- und Nickeloxide sind so gering wie technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar zu halten: Für sie gilt ein Minimierungsgebot [5; 6].

### 7.2.3 Ozon

In der Regel setzen moderne Laserdrucker kein Ozon frei. So arbeiten moderne Schwarz-Weiß-Laserdrucker heute überwiegend mit ozonfreier Technologie; sie benötigen demzufolge keinen Ozonfilter. Bei Schwarz-Weiß- sowie Farbgeräten mit ozonbildender Technologie werden bei intaktem Ozonfilter nur sehr geringe Ozonmengen freigesetzt, die für den Menschen als unbedenklich betrachtet werden können. Dies gilt jedoch nur dann, wenn der Ozonfilter wirk-

## 7 Arbeitsplatz

sam ist, was eine regelmäßige Gerätewartung mit entsprechendem Filteraustausch voraussetzt. Wird diese Wartung vernachlässigt, können wesentlich höhere Ozonkonzentrationen auftreten. Das betrifft in besonderem Maße ältere Geräte [1; 4]. Für die Vergabe der Umweltzeichen Blauer Engel nach RAL-UZ 122 und RAL-UZ 171 darf die Emissionsrate von Ozon während der Druckphase einen Wert von 1,5 mg/h bei Schwarz-Weiß-Geräten und 3 mg/h bei Farbgeräten nicht übersteigen. Bei der Beurteilung der von Laserdruckern während des Druckvorgangs gebildeten Ozonkonzentrationen ist zu berücksichtigen, dass sich Ozon an Wänden und anderen Oberflächen zu Sauerstoff zersetzt. Dieser Prozess verläuft mit einer Halbwertszeit von etwa 30 Minuten, d. h., nach einer halben Stunde ist nur noch die Hälfte der ursprünglichen Ozonmenge vorhanden. Bei fortlaufender Nachlieferung von Ozon (Geräteemission, Außenluft) entsteht ein Gleichgewicht zwischen Ozonbildung und -zerfall.

### 7.2.4 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Jeder Laserdrucker oder -kopierer setzt während des Druck- oder Kopiervorgangs flüchtige organische Verbindungen (VOC) frei. Dies ist technisch begründet und nach dem heutigen Stand der Technik kaum vermeidbar. Deshalb ist für die Beurteilung der Laserdrucker nicht die Frage, ob flüchtige organische Verbindungen freigesetzt werden, entscheidend, sondern die Art und Menge der freigesetzten Verbindungen. Für die Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel sind nach RAL-UZ 122 und RAL-UZ 171 folgende Höchstwerte als Emissionsrate für die Summe flüchtiger organischer Ver-

bindungen (total volatile organic compounds, TVOC) erlaubt:

- 10/18 mg/h (sw-/Farb-Gerät) während der Druckphase

Die Vergabegrundsätze für das Test-Zeichen der DGUV mit dem Zusatz „schadstoffgeprüft“ legen für Toner einen Maximalgehalt an TVOC von 1000 mg/kg fest.

Im Mittelpunkt der Kritik steht vor allem die bei einem Druckvorgang mögliche Freisetzung von Benzol, das als krebserzeugend eingestuft ist [9]. Viele Schwarz-Weiß-Laserdrucker wie auch Farblaserdrucker setzen überhaupt kein Benzol frei. Bei einigen Geräten sind jedoch Benzolemissionen nachweisbar. Sehr umfangreiche Untersuchungen zur Benzolfreisetzung aus Laserdruckern führte die Landesgewerbeanstalt (LGA) Bayern durch. Untersucht wurden

- die Benzolgehalte von Tonern:  
Bei 585 untersuchten Tonern lag der arithmetische Mittelwert bei 3 mg/kg und der Medianwert bei < 0,1 mg/kg.
- die Benzolemissionsraten von Laserdruckern und -kopierern:  
Bei 266 untersuchten Geräten lag der arithmetische Mittelwert bei 0,09 mg/h und der Medianwert bei 0,04 mg/h.

Zu Beginn der Untersuchungen durch das LGA im Jahre 2000 wurde Benzol noch häufig detektiert. In späteren Jahren der Untersuchung (bis 2007) konnte Benzol nur noch selten nachgewiesen werden. Die von der LGA durchgeführten Untersuchungen wie auch entsprechende Untersuchungen des IFA belegen, dass bei den meisten Geräten

keine oder nur unbedeutende Mengen von Benzol freigesetzt werden, die sich meist im Bereich der allgemeinen Benzol-Umweltbelastung bewegen.

Für die Vergabe der Umweltzeichen Blauer Engel nach RAL-UZ 122 und RAL-UZ 171 liegt der zulässige Höchstwert für Benzol bei einer Emissionsrate von 0,05 mg/h während der Druckphase. Die Vergabegrundsätze des Test-Zeichens der DGUV für Toner mit dem Zusatz „schadstoffgeprüft“ begrenzen den Maximalgehalt von Benzol auf 1 mg/kg.

Das ebenfalls freigesetzte Styrol stuft die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft in die Krebskategorie 5 ein. Das bedeutet, dass seine „Wirkungsstärke (...) als so gering erachtet wird, dass bei Einhaltung des MAK-Wertes kein nennenswerter Beitrag zum Krebsrisiko für den Menschen zu erwarten ist“ [10]. Die bei den Messungen im BGIA festgestellten Konzentrationen liegen unter einem Zweihundertstel des AGW. Allerdings wurden bei wenigen Geräten Überschreitungen des Innenraum-Richtwertes I des Umweltbundesamtes ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) festgestellt [11].

Die LGA Bayern untersuchte auch die Styrol-emission. Für die 266 Geräte in den Jahren 2000 bis 2007 lag der arithmetische Mittelwert der Styrolemissionsrate bei 0,9 mg/h und der Medianwert bei 0,27 mg/h.

Für die Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel liegt der zulässige Höchstwert für Styrol bei einer Emissionsrate von 1,0/1,8 mg/h (sw-/Farb-Gerät) während der Druckphase. Für die Vergabe des Test-Zeichens der DGUV für Toner mit dem Zusatz „schadstoffgeprüft“

dürfen Toner maximal 40 mg/kg Styrol enthalten.

Weitere flüchtige organische Verbindungen wie Toluol, Xylole, Ethylbenzol und Trimethylbenzole geben die Geräte in unterschiedlicher Menge ab, wobei jedoch alle gemessenen Konzentrationen mehrere Größenordnungen unter den gültigen Arbeitsplatzgrenzwerten liegen.

### 7.2.5 Gesamtbeurteilung

Aus den Untersuchungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Moderne Laserdrucker und -kopierer setzen während des Druckvorgangs keine relevanten Mengen von Tonerstaub frei. Deshalb kann man bezüglich einer Aufnahme von Tonerstaub über die Atemwege nicht von einem erhöhten gesundheitlichen Risiko ausgehen. Besteht die Möglichkeit, dass z. B. bei der Kassettenbefüllung Tonerstaub in die Atemluft gelangt, sind entsprechende Absaugungen vorzusehen.
- Hautkontakt mit Toner tritt bei vorschriftsmäßigem Tonerkassettenwechsel in der Regel nicht auf. Ist bei bestimmten Geräten ein Kontakt mit Toner nicht auszuschließen, so sollten beim Kassettenwechsel Schutzhandschuhe getragen werden. Sollte es dennoch zum Hautkontakt kommen, so sind die Tonerspuren mit kaltem Wasser und Seife zu beseitigen. Personen, die intensiveren Kontakt mit Toner haben können (Servicepersonal, Kassettenrecycling), sollten auf jeden Fall durch das Tragen von Schutzhandschuhen einen direkten Kontakt ausschließen.

## 7 Arbeitsplatz

- Die Ozonbildung durch Laserdrucker ist heute kein Problem mehr, da viele Geräte bereits mit völlig ozonfreier Technologie arbeiten. Bei ozonbildenden Geräten ist die vorschriftsmäßige Wartung des Ozonfilters von entscheidender Bedeutung. Bei verbrauchten Ozonfiltern können höhere Ozonwerte auftreten. Sehr empfindliche Personen sind auf jeden Fall gut beraten, nach Geräten mit ozonfreier Technologie Ausschau zu halten. Bei ohnehin anstehendem Austausch eines Laserdruckers sollten Geräte mit ozonfreier Technologie bevorzugt werden.
- Flüchtige organische Verbindungen (VOC) setzen alle Laserdrucker in unterschiedlichen Mengen frei. Die gemessenen Konzentrationen liegen mehrere Größenordnungen unter den gültigen Arbeitsplatzgrenzwerten. Auch die wesentlich strengeren Umwelt- sowie Innenraumrichtwerte werden eingehalten (Ausnahme: Mögliche Überschreitung des Innenraumrichtwertes I für Styrol). Für den krebserzeugenden Stoff Benzol lagen die emittierten Mengen im Bereich der allgemeinen Benzol-Umweltbelastung. Da für die krebserzeugende Wirkung von Benzol kein Schwellenwert angegeben werden kann, sind die Geräte- und Tonerhersteller gleichwohl aufgefordert, die Technologie so weiterzuentwickeln, dass kein Benzol mehr emittiert wird.

### 7.2.6 Literatur

- [1] *Smola, T.; Georg, H.; Hohensee, H.:* Gesundheitsgefahren durch Laserdrucker? Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 62 (2002) Nr. 7/8, S. 295-301
- [2] *Hohensee, H.; Flowerday, U.; Oberdick, J.:* Zum Emissionsverhalten von Farbfotokopiergeräten und Farblaserdruckern. Bericht über das Forschungsprojekt „Farbtoner“. Die BG (2000) Nr. 11, S. 659-661
- [3] *Nies, E.; Blome, H.; Brüggemann-Priesshoff, H.:* Charakterisierung von Farbtonern und Emissionen aus Farbfotokopierern/Farblaserdruckern. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 60 (2000) Nr. 11/12, S. 435-441
- [4] *Jungnickel, F.; Kubina, A.:* Emissionen aus Laserdruckern. Hrsg.: Landesgewerbeanstalt Bayern, Nürnberg 2007 [http://lga.de/lga/de/aktuelles/veroeffentlichungen\\_emissionen\\_laserdrucker.shtml](http://lga.de/lga/de/aktuelles/veroeffentlichungen_emissionen_laserdrucker.shtml)
- [5] Vergabegrundlage für Umweltzeichen – Bürogeräte mit Druckfunktion (Drucker, Kopierer, Multifunktionsgeräte) RAL-UZ 122. Hrsg.: RAL – Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, Sankt Augustin 2011
- [6] Vergabegrundlage für Umweltzeichen – Bürogeräte mit Druckfunktion (Drucker, Kopierer, Multifunktionsgeräte) RAL-UZ 171. Hrsg.: RAL – Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, Sankt Augustin 2012

- [7] Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Tonerpulver schwarz und farbig für Laserdrucker und Kopiergeräte (09.06). Hrsg.: Fachausschuss Verwaltung, Prüf- und Zertifizierungsstelle im DGUV Test, Hamburg 2006
- [8] Vergabegrundlage für Umweltzeichen – Recyclingpapier RAL-UZ 14. Hrsg.: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, Sankt Augustin 2013
- [9] *Jungnickel, F.; Kubina, A.; Fischer, H.:* Benzolemissionen aus Laserdruckern und Kopierern. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003) Nr. 5, S. 193-196
- [10] MAK- und BAT-Werte-Liste 2011: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft. Wiley-VCH, Weinheim 2011
- [11] Richtwerte für die Innenraumluft: Stryol. BGBl. (1998) Nr. 9, S. 392-398