

LGA Beteiligungs GmbH  
Tillystr. 2  
90431 Nürnberg



Druckversion: [http://tuv/de/aktuelles/veroeffentlichungen\\_emissionen\\_laserdrucker.shtml](http://tuv/de/aktuelles/veroeffentlichungen_emissionen_laserdrucker.shtml)

## Emissionen aus Laserdruckern

---

von Frank Jungnickel, Alexandra Kubina, Bernd Maciej, Rudolf Wildermann  
*Ökologische Produktprüfung, LGA*

Nürnberg, Oktober 2007

### 1. Einleitung

Bereits seit mehreren Jahren wird über mögliche gesundheitsschädliche Emissionen aus Laserdruckern berichtet und in verschiedenen Medien äußerst kontrovers diskutiert.

Etwas vergrößernd kann man die daran Beteiligten in zwei Lager einteilen:

- I. Betroffene Personen, welche unter gesundheitlichen Beschwerden leiden und diese auf die Emissionen von Laserdruckern, bzw. auf den Kontakt mit Tonern zurückführen. [1] [2]
- II. Hersteller, die betonen, dass beim bestimmungsgemäßen Umgang mit Laserdruckern und Tonerkartuschen und Einhaltung der Sicherheitshinweise keine Gesundheitsgefahr besteht. [3]

Forschungsinstitute, die sich mit der Messung und Bewertung dieser Emissionen befassen, sind hinsichtlich der Bewertung wegen der noch unbefriedigenden toxikologischen Datenlage sehr zurückhaltend und verweisen auf die Notwendigkeit zusätzlicher Untersuchungen.

Unstrittig ist, dass Laserdrucker während des Druckprozesses flüchtige organische Verbindungen (FOV), Ozon und Tonerstaub emittieren. Offensichtlich ist auch, dass sich die einzelnen Druckertypen in ihren Emissionsraten (ausgestoßene Menge pro Zeiteinheit) deutlich unterscheiden. Dissens besteht über Art und Höhe dieser Emissionen und über deren Gefährdungspotenzial.

### 2. Welche Ursachen gibt es für unterschiedliche Messergebnisse?

In den zurückliegenden Jahren wurde eine große Zahl unterschiedlicher Druckertypen auf den Markt gebracht und befindet sich noch im Einsatz.

Sie unterscheiden sich u. a. in den Druckverfahren, der Druckgeschwindigkeit, der chemischen und physikalischen Zusammensetzung der Toner, aber teilweise auch in der angewendeten Fixiertemperatur.

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Messinstitute setzt zunächst einmal voraus, dass alle Untersuchungen unter standardisierten und reproduzierbaren Bedingungen erfolgen.

Die Messungen werden in Emissionsprüfkammern durchgeführt. Prüfinstitute verwenden unterschiedlich große Prüfkammern und messen zum Teil bei unterschiedlichen physikalischen Bedingungen.

Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird nur möglich, wenn die Emissionsrate des Druckers berechnet wird, also welche Stoffmengen der Drucker pro Zeiteinheit abgibt. Dies ist unter Berücksichtigung der

Kammergröße, der Luftaustauschrate und der Druckdauer leicht durchführbar.

Die Emissionsrate  $SER_U$  berechnet man nach folgender Formel:

$$SER_U = \frac{c_t * V_K * n}{1 - e^{-n * t}}$$

$SER_U$  = Emissionsrate [mg/h]

$C_t$  = VOC-Konzentration zum Zeitpunkt der Probenahme [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

$n$  = Luftaustauschrate [ $\text{h}^{-1}$ ]

$V_K$  = Kammervolumen [ $\text{m}^3$ ]

$t_G$  = Betriebsdauer des Gerätes bis zum Zeitpunkt der Probenahme [h]

Seit Mitte 2006 werden die Emissionsraten  $SER_{DN}$  mit folgender Formel berechnet:

$$SER_{DN} = \frac{c_{DN} * n_{DN}^2 * V * t_G - SER_B * n_{DN} * t_G}{n_{DN} * t_D - e^{-n_{DN} * (t_G - t_D)} + e^{-n_{DN} * t_G}}$$

$SER_{DN}$  = Emissionsrate während der Druck- und Nachlaufzeit [mg/h]

$SER_B$  = Emissionsrate während der Bereitschaftsphase [mg/h]

$c_{DN}$  = VOC-Konzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

$n_{DN}$  = Luftaustauschrate [ $\text{h}^{-1}$ ]

$V$  = Kammervolumen [ $\text{m}^3$ ]

$t_G$  = Druck- und Nachlaufzeit [h]

$t_D$  = reine Druckzeit [h]

Die Emissionsrate eines Druckers ist unabhängig von der Prüfkammergröße.

Diese Vorgehensweise wurde in mehreren Ringversuchen angewendet und deren Richtigkeit überprüft. Die Federführung lag bei der Bundesanstalt für Materialprüfung und -forschung, Berlin (BAM).

### 3. Messergebnisse der LGA

Die LGA führt seit 1998 in ihren Emissionsprüfkammern Messungen an Laserdruckern und Kopierern durch. Zur Ermittlung der Emissionsraten werden mehrere hundert vorgegebener Testseiten gedruckt bzw. mindestens 10 Minuten lang eine vorgegebene Testseite mit einer Flächendeckung von 5 % für den Monodruck und 20 % für den Farbdruk gedruckt. Entsprechende, standardisierte Druckvorlagen werden von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung zur Verfügung gestellt. Diese Flächendeckung ist im Vergleich zum sonst üblichen "Dr.-Grauert-Brief" mit nur ca. 2 % Flächendeckung praxisnäher.

Die Messung der Ozonkonzentration erfolgt kontinuierlich unter Verwendung eines Ozonanalysators (Messprinzip: Chemilumineszenz). Da Ozon sehr reaktionsfreudig ist, so reagiert es sowohl mit den Prüfkammerwänden als auch mit freigesetzten organischen Stoffen, ist die Berechnung der Emissionsrate nach o. g. Formel nicht ohne weiteres möglich. Es muss deshalb die Halbwertszeit des Ozons in der Prüfkammer ermittelt und rechnerisch berücksichtigt werden. Auf diese Prozedur wird hier nicht näher eingegangen, weil die Ozonemissionen der von uns untersuchten neuen Geräte stets relativ niedrig waren (< 1,5 mg/h, entspricht der zulässigen Ozon-Emissionsrate beim Monodruck der RAL-UZ 122).

Die Staubemissionen werden gravimetrisch mittels Planfilter gemessen. Auch hier wurden bei neuen Geräten nur sehr niedrige Emissionsraten gemessen (< 1,2 mg/h). Dabei handelt es sich nicht nur um Tonerpartikel, sondern auch um Papierstaub. Man muss aber davon ausgehen, dass sich die Tonerstaub-

Emissionen nach längerer Betriebsdauer und bei schlechter Wartung (unzureichende Reinigung) erhöhen.

### 3.1 Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (FOV)

Zur Bestimmung der Emissionsrate bezüglich FOV erfolgt die Luftprobenahme in den Prüfkammern mittels Tenax TA während des Druckprozesses. Die analytische Bestimmung erfolgt am System Thermodesorber/Kapillargaschromatograph/MS.

Bei den Emissionen handelt es sich z.B. bei Acryl-Styrol-Tonern hauptsächlich um aromatische Kohlenwasserstoffe, insbesondere Toluol, Xylol und Styrol. Die toxikologisch kritische Verbindung Benzol, welche zu Beginn unserer Untersuchungen häufig detektiert wurde, wird bei aktuellen Untersuchungen nur noch selten nachgewiesen.

Die folgenden Tabellen zeigen Messergebnisse bis 2004.

#### TVOC-Emissionsrate in [mg/h]

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004
Anzahl der Proben	9	30	13	27	75
Maximum	102	84	41	63	140
Minimum	9,3	3,1	0,99	1,2	0,08
arith. Mittelwert	40	17	14	15	17
Medianwert	22	7,7	9,7	8,3	9,5

Jahr	2005	2006	2007	2000-2007
Anzahl der Proben	52	26	30	262
Maximum	61	33	33	140
Minimum	1,9	1,4	1,7	0,08
arith. Mittelwert	15	7,3	10	15
Medianwert	9,3	4,8	7,5	8,5

#### Styrol-Emissionsrate in [mg/h]

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004
Anzahl der Proben	9	30	13	27	75
Maximum	6,6	47	8,3	1,6	2,0
Minimum	0,13	0,04	0,06	< 0,01	0,024
arith. Mittelwert	2,9	3,8	1,02	0,30	0,33
Medianwert	3,1	0,37	0,30	0,15	0,17

Jahr	2005	2006	2007	2000-2007
Anzahl der Proben	56	26	30	266
Maximum	1,4	4,1	3,0	47
Minimum	0,02	0,03	0,03	<0,01
arith. Mittelwert	0,46	0,44	0,62	0,9
Medianwert	0,39	0,14	0,22	0,27

**Benzol-Emissionsrate in [mg/h]**

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004
Anzahl der Proben	9	30	13	27	75
Maximum	<0,01	0,81	0,58	0,07	4,7
Minimum	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
arith. Mittelwert	0,01	0,12	0,10	0,04	0,17
Medianwert	<0,01	<0,01	0,02	0,04	0,04

Jahr	2005	2006	2007	2000-2007
Anzahl der Proben	56	26	30	266
Maximum	0,83	0,08	0,05	4,7
Minimum	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
arith. Mittelwert	0,08	0,04	0,03	0,09
Medianwert	0,05	0,04	0,02	0,04

**3.2 Materialuntersuchungen**

Neben den Emissionsuntersuchungen werden im Rahmen der Zeichenvergabe des LGA-schadstoffgeprüft zusätzlich Materialuntersuchungen an Tonern durchgeführt. Dabei wird auch der Gehalt an Verbindungen bestimmt, welche nicht flüchtig sind und nur beim direkten Kontakt des Toners mit der Haut auf diese übergehen. Z.B. trifft das auf die Parameter Nickel und zinnorganische Verbindungen zu. Eine vollständige Liste aller untersuchten Parameter finden sie hier ([Link zu den Zertifizierungskriterien für Toner!](#)).

Auch hier wurden sehr große Unterschiede zwischen den einzelnen Tonertypen festgestellt. [6] Die folgenden Tabellen zeigen eine statistische Übersicht aus Untersuchungsergebnissen von mehreren hundert Tonerproben.

**Benzolgehalt in Tonern in [mg/kg]**

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004
Anzahl der Proben	17	55	109	122	190
Maximum	13	16	120	380	62
Minimum	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
arith. Mittelwert	2,8	1,1	4,2	8,2	1,6
Medianwert	0,13	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Jahr	2005	2006	2007	2000-2007
Anzahl der Proben	60	27	5	585
Maximum	0,7	4,2	0,4	380
Minimum	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
arith. Mittelwert	0,13	0,29	0,20	3
Medianwert	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

**Nickelgehalt in Tonern in [mg/kg]**

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005
Anzahl der Proben	53	51	41	54	15
Maximum	44	110	44	160	200
Minimum	1,9	3,3	3,0	1,0	5,0
arith. Mittelwert	21	22	14	34	53
Medianwert	19	13	7	19	44

Jahr	2006	2007	2003-2007
Anzahl der Proben	35	25	274
Maximum	120	70	200
Minimum	2,5	3,1	1,0
arith. Mittelwert	20	26	25
Medianwert	12	18	17

### Gehalt an Zinnorganischen Verb. in Tonern in [mg/kg]

Jahr	2003	2004	2005	2006
Anzahl der Proben	48	49	11	62
Maximum	1800	2800	1100	2400
Minimum	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
arith. Mittelwert	110	190	190	160
Medianwert	0,75	0,10	0,035	0,75

Jahr	2007	2003-2007
Anzahl der Proben	26	196
Maximum	1300	2800
Minimum	<0,005	<0,005
arith. Mittelwert	230	166
Medianwert	2,6	0,56

## 4. Feinstaub

Besonders zum Thema Feinstaub findet sich eine Vielzahl widersprüchlicher Aussagen in den wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Vom Bundesinstitut für Risikobewertung wurde eine Studie mit dem Ziel in Auftrag gegeben, neben der Emission an VOC auch die Partikelemission beim Druckvorgang zu ermitteln und zu bewerten. [7], [8] Durchgeführt wurde die Studie vom Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie am Universitätsklinikum Gießen unter der Leitung von Professor Dr. Volker Mersch-Sundermann.

In Bereich zwischen 0,3 - 20 µm Partikelgröße konnten Staubgehalte zwischen rund 20 und 250 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft (µg/m<sup>3</sup>) gemessen werden. Die Mittel- und Medianwerte der Staubkonzentrationen lagen bei 60 bis 80 µg/m<sup>3</sup>. Die gemessenen Staubkonzentrationen konnten aufgrund der hohen Variabilität hinsichtlich Raumgröße und Gerätetyp keinen bestimmten büroraumspezifischen Faktoren bzw. definierten Drucker- oder Tonertypen zugeordnet werden. D. h. ein Zusammenhang zwischen Druckbetrieb und Partikelkonzentration in der Raumluft konnte nicht nachgewiesen werden; ein Ergebnis, welches auch von anderen Studien bestätigt wird.

Im Bereich zwischen 0,01 - 1 µm Partikelgröße konnte hingegen ein Zusammenhang zwischen

Druckbetrieb und Partikelkonzentration in der Raumluft beobachtet werden. Im Mittel wurde nach Beginn des Druckvorgangs eine Verdopplung der Anzahl solcher Partikel festgestellt. Die Konzentration nahm wieder ab, wenn die Drucker abgeschaltet wurden. Beim Betrieb von Laserdruckern muss also (in der Regel) mit einer Erhöhung ultrafeiner Partikel in Büroräumen gerechnet werden. Offen bleibt hier, ob und wie diese Partikel auf den menschlichen Organismus wirken könnten. [7], [8]

## 5. Bewertung und Schlussfolgerungen

Ob sich während des Betriebes von Laserdruckern und Kopierern gesundheitlich bedenkliche Konzentrationen einstellen, hängt einerseits von den räumlichen Gegebenheiten (Raumgröße, Anzahl der Geräte, Druckintensität bzw. Tonerverbrauch pro Tag, Lüftungsverhalten, Abstand der exponierten Personen von den Geräten) ab und andererseits vom verwendeten Gerät, vor allem aber vom eingesetzten Toner.

Relevante Staub- und Ozonemissionen wurden nicht festgestellt, wobei zu berücksichtigen ist, dass bei den Prüfungen für den Blauen Engel ausnahmslos fabrikneue Geräte untersucht wurden.

Die Benzolgehalte untersuchter Toner stellen heute keinen Grund mehr zur Besorgnis dar. Nicht zuletzt durch die Untersuchungen der LGA wurden Tonerhersteller auf die Benzolproblematik aufmerksam gemacht und setzen jetzt bessere Rohmaterialien ein.

Aber auch die teilweise sehr hohen Styrol- und TVOC-Emissionen sollten durch Auswahl geeigneter Toner vermieden werden, da sie bei empfindlichen Personen zu Befindlichkeitsstörungen führen können.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die von der Interessengemeinschaft Tonergeschädigter beschriebenen Krankheitsbilder nicht mit jenen Symptomen übereinstimmen, die für Benzol, Styrol und andere Aromaten im vorgefundenen Konzentrationsbereich beschrieben werden.

Die häufig gestellte Frage, ob Originaltoner im Durchschnitt weniger schadstoffbelastet sind als Nachahmerprodukte (Refiller), muss nach unseren Untersuchungen verneint werden.

Die LGA hat einzuhaltende Werte für schadstoffarme Toner vorgeschlagen, die inzwischen von zahlreichen Anwendern bei der Tonerbeschaffung berücksichtigt werden.

Toneruntersuchungen sind für eine Vorauswahl gut geeignet und eine preiswerte Möglichkeit zur Vermeidung oder Reduzierung aufwendiger Prüfkammermessungen.

## 6. Farbdruck

Die Zertifizierungskriterien für das Zertifikat LGA-schadstoffgeprüft für [Toner](#) wurde Mitte 2007 für den Farbdruck erweitert. Der Blaue Engel bewertet seit Einführung der RAL-UZ 122 neben den Emissionen des Monodrucks auch die des Farbdrucks.

## 7. Literatur

[1]

ITG - Interessengemeinschaft Tonergeschädigter: [www.krank-durch-toner.de](http://www.krank-durch-toner.de)

[2]

H. J. Stelting: Umweltmed Forsch Prax (2006) 5, 329-337

[3]

BITKOM - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.  
"Drucker, Kopier- und Multifunktionsgeräte - Sicherheit, Gesundheit und Umwelt"  
Informationsbroschüre, Mainz 2002

[4]

E. Nies, H. Blome, H. Brüggemann-Priesshoff: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 60 (2000) 11/12 435-441

[5]

T. Smola, H. Georg, H. Hohensee: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 62 (2002) 7/8, 295-301

[6]

F. Jungnickel, R. Wildermann, B. Maciej, H. Fischer: Umweltmedizin in Forschung und Praxis, Band 11, Nr. 5 (2006) 319-323

[7]

R. Gminski, V. Mersch-Sundermann: Umweltmedizin in Forschung und Praxis, Band 11, Nr. 5 (2006) 269-300

[8]

Bundesinstitut für Risikobewertung [www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de):

## Die Autoren:

Dr. Frank Jungnickel, Dipl.-Chem.

E-Mail: [frank.jungnickel@lga.de](mailto:frank.jungnickel@lga.de)

Dr. Bernd Maciej, Dipl.-Ing. (FH)

E-Mail: [bernd.maciej@lga.de](mailto:bernd.maciej@lga.de)

Rudolf Wildermann, Dipl.-Ing. (FH)

E-Mail: [rudolf.wildermann@lga.de](mailto:rudolf.wildermann@lga.de)

## Weitere Informationen

- [PDB Info-Center: Produktgruppen](#)
- [Ökologische Produktprüfung](#)

Copyright © 1998-2007 by LGA - Alle Rechte vorbehalten.  
Letzte Aktualisierung: 04.02.2008 gedruckt am: 30.06.2008, 10:43