

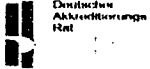
**Zweite Untersuchung von Brandgasen  
bei Paraffin-Duftkerzen  
auf toxikologisch relevante Schadstoffklassen**

**Ergebnisbericht**

**Auftraggeber:  
Verband Deutscher Kerzenhersteller e.V.  
Karlstraße 21  
D-60325 Frankfurt am Main**

**Auftragnehmer:  
ÖKOMETRIC GmbH  
Bayreuther Institut für Umweltforschung  
Berneckerstr. 17-21  
D-95448 Bayreuth**

**Bayreuth, im März 1999**



Bernecker Str. 17-21  
95448 Bayreuth  
Telefon 09 21 / 7 26 33-0  
Telefax 09 21 / 7 26 33-99  
e-mail: [info@oekometric.bth.de](mailto:info@oekometric.bth.de)  
<http://www.oekometric.bth.de>

Seite 1 von 10 Seiten

## Untersuchungsbericht

### Einleitung:

Mit Schreiben vom 02.07.1998 beauftragte der Verband Deutscher Kerzenhersteller, Frankfurt am Main, unser Institut mit der Untersuchung der Brandgase von einer Duftkerzentype auf die Schadstoffe polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und kurzkettige Aldehyde (Formaldehyd, Acetaldehyd, Acrolein und Propionaldehyd).

Die Untersuchungen wurden daraufhin im Januar 1999 durchgeführt. Gegenstand der Untersuchung waren Paraffinkerzen vom Typ OFA 5603 (Docht R 18/3"S") mit einem 8%-igen Zusatz von Duftnoten der Sechstel-Mischgruppe. Bei der Sechstel-Mischgruppe handelt es sich um eine Mischung aus den 77 am häufigsten verwendeten Duftstoffen, die bereits in der ersten Untersuchung (Bericht vom Oktober 1997) geprüft wurde. Bei letztgenannter wurde derselbe Kerzentyp mit einem 1,5%igen Anteil derselben Duftmischung eingesetzt.

Die vorliegende Untersuchung ist daher vor allem im Vergleich mit der ersten Untersuchung zu sehen.

Ziel der Untersuchung war die Bestimmung der Gehalte an PCDD/PCDF, PAK und Aldehyden, die beim definierten Abbrand der genannten Kerzen in einer genormten Versuchsanlage unter realitätsnahen Bedingungen entstehen können. Die Versuche erfolgten daher analog der im Jahre 1994 für den Verband Deutscher Kerzenhersteller durchgeführten Untersuchung, bei der Paraffin-, Stearin- und Bienenwaxkerzen Gegenstand der Untersuchung waren. Resultate und Versuchbeschreibung finden sich bei

Schwind, K.-H., Hosseinpour J., Fiedler H., Lau C., Hutzinger O. (1994): Bestimmung und Bewertung der Emissionen von PCDD/PCDF, PAK und kurzkettigen Aldehyden in den Brandgasen von Kerzen. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 6, 243-246.

Die Bewertung der Resultate der hier untersuchten Kerzen erfolgt daher analog dem in dieser Publikation vorgestellten System, zudem werden die Daten den Untersuchungsbefunden der Kerzen mit 1,5%-Duftstoffanteil gegenübergestellt.

### **Zusammenfassung:**

Die Untersuchung hat ergeben, daß die Abbrandemissionen der untersuchten Kerzen kein signifikantes Gefährdungspotential für den Kerzenkonsumenten darstellen und gesundheitlich unbedenklich sind.

Für die nachgewiesenen Substanzen in der Kerzenteile betragen die Gehalte in den Emissionen immer weniger als 0,6% der im Arbeitsschutz festgelegten Konzentrationen. Für das Modellszenario eines 4 -stündigen Abbrandes von 30 Kerzen lagen die Werte für Benz(a)pyren und Formaldehyd deutlich niedriger als beim vergleichbaren Abbrand einer Zigarette. Für PCDD/PCDF lagen diese Werte zwar über denen einer Zigarette, ein Vergleich mit der täglichen Aufnahmemenge ergab jedoch einen vernachlässigbar geringen Anteil von 0,54%.

Ein Vergleich mit der gleichen Kerzenteile mit lediglich 1,5%-Duftölanteil ergibt für alle nachgewiesenen Substanzen einen deutlich höheren Gehalte was höchstwahrscheinlich im unterschiedlichen Abbrandverhalten begründet liegt. Dies wäre auch in Einklang mit den bisher durchgeführten Untersuchungen, bei denen im Falle eines optimalen Abbrandes keine signifikante Schadstoffhöhung beobachtet werden konnte.

**Ergebnisse:**

**Untersuchung des Abbrandes:**

Beim Abbrand der Kerzen in der Prüfkammer konnte beobachtet werden, daß die Kerzen teilweise leicht rußen. Beim Abbrand außerhalb der Kammer konnte im Vergleich mit gleichen Kerzen ohne Duftstoffe dieselbe Beobachtung gemacht werden. Zudem brennen die Kerzen mit 8% Duftstoffanteil merklich schneller ab. Es ist daher davon auszugehen, daß dieses veränderte schlechte Abbrandverhalten die Analysenergebnisse beeinflusst.

Tabelle 1: Gemessene Mengen an PCDD/PCDF, PAK und Aldehyden die pro g verbrauchtes Kerzenwachs entstehen und Gegenüberstellung mit den Vergleichswerten

analysierte Substanzen	Kerze 8% Duftöl	Kerze 1,5% Duftöl	Vergleichswert Stearin	Vergleichswert Paraffin	Vergleichswert Bienenwachs
PCDD/PCDF (pg I-TE/g)	0,026	0,008	0,027	0,015	0,004
PAK (ng/g) Benzo(a)pyren	0,014	0,011	< 0,01	0,01	< 0,02
Aldehyde (ng/g)					
Formaldehyd	219	94	-	-	-
Acetaldehyd	< 300	< 1200	-	-	-
Acrolein	< 100	< 400	-	-	-
Propionaldehyd	< 100	< 400	-	-	-

Tabelle 2: Gemessene Konzentrationen an PCDD/PCDF, PAK und Aldehyden in den Abgasen der Verbrennungsapparatur und Gegenüberstellung mit den Vergleichswerten

analysierte Substanzen	Kerze 8% Duftöl	Kerze 1,5% Duftöl	Vergleichswert Stearin	Vergleichswert Paraffin	Vergleichswert Bienenwachs
PCDD/PCDF (pg I-TE/m³)	0,30	0,07	0,340	0,183	0,038
PAK (ng/m³) Benzo(a)pyren	0,16	0,10	< 0,16	0,12	< 0,15
Aldehyde (mg/m³)					
Formaldehyd	0,003	0,001	0,006	0,017	0,005
Acetaldehyd	< 0,010	< 0,010	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acrolein	< 0,005	< 0,005	0,009	< 0,001	< 0,001
Propionaldehyd	< 0,005	< 0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Bei den meisten der gemessenen Substanzen liegen die Konzentrationen analog den bisherigen Untersuchungen nahe oder sogar unterhalb der Nachweisgrenze. In diesem Meßbereich ist üblicherweise mit einer größeren Streuung der Meßdaten zu rechnen, so daß die Interpretation eines einzelnen Meßergebnisses unter diesem Hintergrund gesehen werden muß. Bei allen Bewertungsparametern liegt der Gehalt an emittierten Schadstoffen der Kerze mit 8% Duftstoff aber signifikant über dem Vergleichswert der Kerze mit 1,5% Duftstoff. Ursächlich dürfte hier die beschriebene nicht optimale Verbrennung beim Vorliegen eines zu hohen Duftstoffanteils sein.

## Bewertung

### Vergleich der ermittelten Emissionswerte mit Grenzwerten

Der Vergleich der Emissionswerte mit existierenden Grenz-, Richt- und Orientierungswerten erfolgt, indem die Ausschöpfung des Grenzwertes durch die Kerzenemission berechnet wird. Dies geschieht nach der Formel:

$$\% \text{ des Grenzwertes} = (\text{Emissionswert der Kerzen} / \text{Grenzwert}) * 100\%$$

Als Bewertungsgrundlage wurde der MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration; höchste zulässige Konzentration am Arbeitsplatz bei regelmäßiger und längerfristiger Exposition (täglich 8h, 40h-Arbeitswoche)) bzw. der TRK-Wert (Technische Richtkonzentration für kanzerogene Stoffe).

analysierte Substanzen	Stoffmenge in der Emission der untersuchten Kerze mit 8% Duftstoff	TRK-Wert	% Ausschöpfung des TRK-Wertes	MAK-Wert	% Ausschöpfung des MAK-Wertes
PCDD/PCDF (pg I-TE/m <sup>3</sup> )	0,30	50	0,6		
Benzo(a)pyren (ng/m <sup>3</sup> )	0,16	2000	0,008		
Formaldehyd (mg/m <sup>3</sup> )	0,003			0,6	0,5
Acetaldehyd (mg/m <sup>3</sup> )	< 0,010			90	< 0,011
Acrolein (mg/m <sup>3</sup> )	< 0,005			0,25	< 2

analysierte Substanzen	% Ausschöpfung des TRK- bzw. MAK-Wertes	Vergleichs- wert 1,5% Duftöl	Vergleichs- wert Stearin	Vergleichs- wert Paraffin	Vergleichs- wert Bienenwachs
PCDD/PCDF (pg I-TE/m <sup>3</sup> )	0,6	0,14	0,7	0,4	0,08
Benzo(a)pyren (ng/m <sup>3</sup> )	0,008	0,005	0,008	0,006	0,0075
Formaldehyd (mg/m <sup>3</sup> )	0,5	0,17	1,0	2,8	0,8
Acetaldehyd (mg/m <sup>3</sup> )	< 0,011	< 0,011	0,001	0,001	0,001
Acrolein (mg/m <sup>3</sup> )	< 2	< 2	3,6	0,4	0,4

**Interpretation:**

Für die nachgewiesenen Substanzen PCDD/PCDF, Benz(a)pyren und Formaldehyd werden MAK- und TRK-Wert damit bei dieser Kerze um mindestens den Faktor 200 unterschritten. Diese Werte liegen allerdings etwas schlechter als für die Kerze mit 1,5% Duftstoff.

### **Ermittlung der "kritischen Volumina"**

Das "kritische Volumen" dient zur Bewertung inwieweit eine freigesetzte Menge an Schadstoffen verdünnt werden kann, daß der Grenzwert gerade noch nicht überschritten wird. Die Werte werden in l angegeben, so daß ein Wert über 1000 l bedeutet, daß die Emissionen durch dieses entsprechende Mehrvolumen an Luft verdünnt werden müßten, um den Grenzwert einzuhalten. Ein Volumen unterhalb 1000 l bedeutet, daß erst bei einer Aufkonzentrierung auf dieses Volumen der Grenzwert überschritten werden würde. Die Berechnung erfolgt nach:

$$\text{Kritisches Volumen} = (\text{freigesetzte Schadstoffmenge} / \text{Grenzwert})$$

Bei der freigesetzten Schadstoffmenge wird der gleichzeitige Abbrand von 30 Kerzen über eine Dauer von 4 h zugrunde gelegt (Nutzungsmodell zu Weihnachten; entspricht einer verbrannten Wachsmenge von ca 600 g, bzw 150 g bei der Gel Wax Kerze), als Grenzwerte dienen w.o. die TRK- und MAK-Werte.

analysierte Substanzen	Freigesetzte Stoffmenge bei 30 Kerzen mit 8% Duftstoff	Kritisches Volumen in l	Vergleichswert Stearin in l	Vergleichswert Paraffin in l	Vergleichswert Bienenwachs in l
PCDD/PCDF	15,6 pg I-TE	312	324	180	48
Benzo(a)pyren	8,4 ng	4,2	3	3	6
Formaldehyd	0,131 mg	218	3	10	4
Acetaldehyd	< 0,18 mg	< 2	-	-	-
Acrolein	< 0,06 mg	< 240	-	-	-

#### Interpretation:

Bei der 8%-Duftkerze werden Werte für das kritische Volumen ermittelt, die bereits bei einer Aufkonzentrierung um ca den Faktor 20 die entsprechenden Grenzwerte erreichen. Diese Werte liegen wiederum etwas schlechter als für die Kerze mit 1,5% Duftstoff.

### **Vergleich der Abbrandgase mit Zigarettenrauch**

Die durch den Kerzenabbrand freigesetzte Schadstoffmenge wird im folgenden der Belastung durch den Rauch einer Zigarette gegenübergestellt.

Es wird für die Kerzen wieder das im vorigen Abschnitt beschriebene Szenario (gleichzeitiger Abbrand von 30 Kerzen über 4 h in einem Raum mit 50 m<sup>3</sup>) den Literaturdaten für den Rauch einer Zigarette gegenübergestellt

analysierte Substanzen	freigesetzte Stoffmenge bei 30 Kerzen mit 8% Duftstoff	Luftkonzentration Kerzenabbrand	Luftkonzentration Rauch einer Zigarette
PCDD/PCDF	15,6 pg I-TE	0,312 pg I-TE/m <sup>3</sup>	0,002 pg I-TE/m <sup>3</sup>
Benzo(a)pyren	8,4 ng	0,168 ng/m <sup>3</sup>	2,6 ng/m <sup>3</sup>
Formaldehyd	0,131 mg	0,00262 mg/m <sup>3</sup>	0,0305 mg/m <sup>3</sup>
Acetaldehyd	< 0,18 mg	< 0,0036 mg/m <sup>3</sup>	keine Angaben
Acrolein	< 0,06 mg	< 0,0012 mg/m <sup>3</sup>	0,0185 mg/m <sup>3</sup>

#### Interpretation:

Für Benz(a)pyren und Acrolein liegt bei der Kerze die Belastung damit deutlich unterhalb von der durch eine Zigarette verursachten Luftkonzentrationen, für die PCDD/PCDF liegt der Wert aber höher. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, daß beim Vergleich lediglich eine Zigarette herangezogen wird. Die Kerze liegt logischerweise wieder etwas ungünstiger als die Vergleichskerze mit 1,5% Duftstoff.



**Aufnahme von PCDD/PCDF mit der Atemluft**

Aufgrund der Überschreitung des Zigarettenvergleichswertes für PCDD/PCDF im vorigen Abschnitt wird im folgenden berechnet, wie groß bei dem beschriebenen Szenario der Beitrag dieser Aufnahme über die Atemluft im Vergleich zur gesamten täglichen Aufnahme ist.

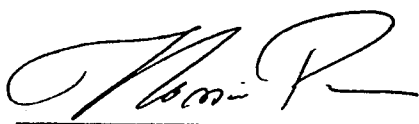
Es wird von einem Atemvolumen von 2 m<sup>3</sup> über 4 h ausgegangen. Die gesamte tägliche Aufnahmemenge an PCDD/PCDF beträgt 115 pg I-TE, bzw. 1,5 pg I-TE über die Atmung.

Analysierte Substanzen	Aufgenommene Stoffmenge bei 30 Kerzen mit 8% Duftstoff	% der täglichen Aufnahmemenge (115 pg I-TE = 100%)	Zusatzbelastung zur Atmungsaufnahme (1,5 pg I-TE = 100%)
PCDD/PCDF	0,624 pg I-TE	0,54 %	41,6 %

**Interpretation:**

Trotz des höheren Vergleichswertes zur Zigarette ist der Beitrag durch das beschriebene Abbrandszenario als vernachlässigbar klein anzusehen. Obwohl der zusätzliche Beitrag zur Atmungsaufnahme 41,6 % beträgt, ist er über das Jahr gerechnet unerheblich, da die beschriebene "Nutzung" der Kerzen nicht täglich stattfindet.

Bayreuth, den 15.03.1999



Dr. J. Hosseinpour  
Geschäftsführer



G. Wächter  
Dipl.-Ing. (FH)

**Anhang: Einzelresultate**

**PCDD/PCDF**

Kerzentyp: Paraffin OFA 5603, Docht Wedo R 18/3"S"  
 Plus 8% Duftnote Sechstel-Mischgruppe  
 Labor-Nr.: 346/98-1  
 Probenahmevolumen: 25,455 m³  
 Verbrannte Kerzenmasse: 294,7 g/6h (9 Kerzen)  
 Verbrannte Kerzenmasse/h: 5,46 g (1 Kerze)

	Menge pg/Probe	I-TE pg/Probe	Menge pg/m³	Menge pg/g verbr. Wachs
<b>Summe TCDD</b>	27		1,06	0,092
2,3,7,8-TCDD	3	3,00	0,12	0,010
<b>Summe PeCDD</b>	11		0,43	0,037
1,2,3,7,8-PeCDD	1	0,50	0,04	0,003
<b>Summe HxCDD</b>	14		0,55	0,048
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1	0,10	0,04	0,003
1,2,3,6,7,8-HxCDD	3	0,30	0,12	0,010
1,2,3,7,8,9-HxCDD	2	0,20	0,08	0,007
<b>Summe HpCDD</b>	14		0,55	0,048
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	11	0,11	0,43	0,037
OCDD	18	0,02	0,71	0,061
<b>Sume PCDD</b>	84	4,23	3,30	0,285
<b>Summe TCDF</b>	398		15,64	1,351
2,3,7,8-TCDF	23	2,30	0,90	0,078
<b>Summe PeCDF</b>	76		2,99	0,258
1,2,3,7,8-PeCDF	5	0,25	0,20	0,017
2,3,4,7,8-PeCDF	10	5,00	0,39	0,034
<b>Summe HxCDF</b>	40		1,57	0,136
1,2,3,4,7,8-HxCDF	7	0,70	0,27	0,024
1,2,3,6,7,8-HxCDF	4	0,40	0,16	0,014
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 1	0,10	< 0,04	< 0,003
2,3,4,6,7,8-HxCDF	3	0,30	0,12	0,010
<b>Summe HpCDF</b>	11		0,43	0,037
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	8	0,08	0,31	0,027
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	< 3	0,03	< 0,12	< 0,010
OCDF	< 10	0,01	< 0,39	< 0,034
<b>Summe PCDF</b>	535	9,17	21,02	1,815
<b>Summe I-TE</b>		13,40	0,53	0,045
I-TE Blindwert		5,68	0,22	0,019
I-TE durch Kerzen verursacht		7,72	0,30	0,026

<b>PAK</b>
------------

Kerzentyp: Paraffin OFA 5603, Docht Wedo R 18/3"S"  
plus 8% Duftnote Sechstel-Mischgruppe

Labor-Nr.: 346/98-1

Probenahmenvolumen: 25,455 m<sup>3</sup>

verbrannte Kerzenmasse: 294,7 g/6h (9 Kerzen)

verbrannte Kerzenmasse/h: 5,46 g (1 Kerze)

	Menge ng/Probe	Blindwert ng/Probe	Menge ng/m <sup>3</sup>	Menge ng/g verbr. Wachs
Acenaphthen	40	30	0,39	0,034
Fluoren	171	52	4,67	0,404
Phenanthren	3430	600	111,18	9,603
Anthracen	469	72	15,60	1,347
Fluoranthren	308	52	10,06	0,869
Pyren	262	44	8,56	0,740
Benz(a)anthracen	43	< 10	1,30	0,112
Chrysen (+Triphenylen)	163	< 10	6,01	0,519
Benzo(b+j+k)fluoranthren	59	< 10	1,92	0,166
Benz(a)pyren	14	< 10	0,16	0,014
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 10	< 10	< 0,03	< 0,004
Benzo(ghi)perylen	< 10	< 10	< 0,03	< 0,004
Dibenz(ah+ac)anthracen	< 10	< 10	< 0,03	< 0,004
<b>Summe untersuchte PAK</b>	<b>4989</b>	<b>920</b>	<b>159,94</b>	<b>13,819</b>

Die Angaben in ng/m<sup>3</sup> und ng/g verbranntes Wachs sind jeweils blindwertkorrigiert.

<b>Aldehyde</b>
-----------------

Kerzentyp: Paraffin OFA 5603, Docht Wedo R 18/3"S"  
plus 8% Duftnote Sechstel-Mischgruppe

Labor-Nr.: 346/98-1

Probenahmenvolumen: 0,056 m<sup>3</sup> Teilstrom  
4,649 m<sup>3</sup> Vollstrom

verbrannte Kerzenmasse: 71,0 g/Experiment

	Menge ng/Probe	Blindwert ng/Probe	Menge mg/m <sup>3</sup>	Menge ng/g verbr. Wachs
Formaldehyd	212	25	0,003	219
Acetaldehyd	317	330	< 0,010	< 300
Acrolein	< 250	< 250	< 0,005	< 100
Propionaldehyd	< 250	< 250	< 0,005	< 100

Die Angaben in mg/m<sup>3</sup> und ng/g verbranntes Wachs sind jeweils blindwertkorrigiert.