

Berneckerstr. 17-21
95448 Bayreuth
Telefon 09 21 / 7 26 33-0
Telefax 09 21 / 7 26 33-99

Neue Ruf-Nr.

Seite 1 von 14 Seiten

Untersuchungsbericht 293/97:

Einleitung:

Mit Schreiben vom 14.07.1997 beauftragte die Firma Schümann Sasol GmbH & Co. KG, 20457 Hamburg die Firma Ökometric GmbH mit der Untersuchung der Rohstoffe und Brandgase von 2 Kerzentypen 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 August 1997 zeitgleich mit 2 ähnlich gelagerten Projekten anderer Auftraggeber durchgeführt. Gegenstand der Untersuchung waren zum einen Paraffinkerzen vom Typ 5603 mit einem 1,5% igen Zusatz von Basiswachs (Docht R 18/3"S", zum anderen ein Gel Wax (Docht TL 15-S 30). Diese Proben werden im folgenden Basiswachs und Gel Wax genannt.

Ziel der Untersuchung war die Bestimmung der Gehalte an PCDD/PCDF, PAK und Aldehyden, die beim definierten Abbrand der genannten Kerzen in einer genormten Versuchsanordnung 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 Bienenwachskerzen 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 Okotox. 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 damaligen Untersuchungsbefunden gegenübergestellt (im folgenden Vergleichswert Stearin, Paraffin und Bienenwachs genannt).

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 Basiswachskerze betragen die Gehalte in den Emissionen immer weniger als 0,2% 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 0,08%. Ein Vergleich mit den bisher durchgeführten Untersuchungen reiner Stearin-, Paraffin- und Bienenwachskerzen ergab keine signifikanten Unterschiede.

Für die Gel Wax Kerze ergab der Vergleich mit den bisher durchgeführten Untersuchungen etwas höhere Gehalte, insbesondere was Formaldehyd betrifft. Für diese Substanz wird 2,3% der im Arbeitsschutz festgelegten Konzentration erreicht. Dieser Wert liegt trotzdem im unkritischen Bereich. Für das Modellszenario eines 4 -stündigen Abbrandes von 30 Kerzen lagen die Werte für Formaldehyd leicht 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 0,26%. PAK im Gel Wax selber konnten nicht nachgewiesen werden.

Ergebnisse:

Untersuchung der Rohstoffe:

Bei der Probe Basiswachs wurde auf eine Untersuchung der Rohprodukte verzichtet, da der Unterschied zur ursprünglich untersuchten Paraffinkerze als gering anzusehen ist.

Die Probe Gel Wax besteht aus einem Hydrocarbonöl und einem Polymer aus Olefinen, Styrol und Butadien, also ausschließlich Kohlenwasserstoffen. Es wurde daher eine Untersuchung auf polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) als sinnvoll erachtet, nicht hingegen eine Untersuchung auf chlororganische Schadstoffe.

Tabelle 1: Gemessene Mengen an PAK im Gel Wax Rohmaterial und Gegenüberstellung mit den Vergleichswerten

analysierte Substanzen	Stoffmenge im Gel Wax	Vergleichswert	Vergleichswert	Vergleichswert
		Stearin	Paraffin	Bienenwachs
PAK (mg/kg)				
Naphthalin	< 0,001	0,030	0,341	0,164
Acenaphthylen	< 0,001	0,007	0,007	0,053
Acenaphthen	< 0,001	0,003	0,002	0,017
Fluoren	< 0,001	0,020	0,014	0,091
Phenanthren	< 0,001	0,039	0,030	0,338
Anthracen	< 0,001	0,005	0,005	0,076
Fluoranthren	< 0,001	0,017	0,014	0,221
Pyren	< 0,001	0,015	0,010	0,176
Benz(a)anthracen	< 0,001	0,006	0,002	0,052
Chrysen (+Triphenylen)	< 0,001	0,016	0,009	0,067
Benzo(b+j+k)fluoranthren	< 0,001	0,029	0,017	0,051
Benzo(a)pyren	< 0,001	0,004	0,002	0,020
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,001	0,004	0,04	0,008
Benzo(ghi)perylen	< 0,001	0,008	0,003	0,006
Dibenz(ah+ac)anthracen	< 0,001	< 0,002	< 0,002	0,009
Summe PAK nach EPA 610	< 0,015	0,205	0,462	1,35

PAK konnten im Gel Wax nicht nachgewiesen werden. Damit liegt dieses Wachs im Vergleich auch deutlich niedriger als Paraffin, Stearin und Bienenwachs, bei denen teilweise über 1 mg/kg nachgewiesen werden.

Untersuchung des Abbrandes:

Aufgrund der stromungstechnischen Gegebenheiten der Prüfkammer mußten für die 3 Untersuchungszyklen bei den Gel Wax Kerzen jeweils neue Kerzen verwendet werden. Andernfalls beginnen die Kerzen während des 3. Brennzyklusses zu rußen. Werden die Kerzen in einem normalen Raum verbrannt, so ist dieses Verhalten nicht beobachtbar. Somit scheinen die strömungstechnischen Gegebenheiten der Kammer und das Glasgefäß, in dem sich die Kerze befindet, ein Anströmen bei weit abgebrannten Kerzen zu verhindern, wodurch das Rußen entsteht.

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

analysierte Substanzen	Kerze Basiswachs	Kerze Gel Wax	Vergleichswert Stearin	Vergleichswert Paraffin	Vergleichswert Bienenwachs
PCDD/PCDF (pg I-TE/g)	0,004	0,049	0,027	0,015	0,004
PAK (ng/g) Benzo(a)pyren	< 0,004	< 0,02	< 0,01	0,01	< 0,02
Aldehyde (ng/g) Formaldehyd	58	8060	-	-	-
Acetaldehyd	< 300	< 1200	-	-	-
Acrolein	< 100	< 400	-	-	-
Propionaldehyd	< 100	< 400	-	-	-

Die Daten für die Aldehyde sind aufgrund deutlich unterschiedlicher Nachweisgrenzen nicht vergleichbar.

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

analysierte Substanzen	Kerze Basiswachs	Kerze Gel Wax	Vergleichswert Stearin	Vergleichswert Paraffin	Vergleichswert Bienenwachs
PCDD/PCDF (pg I-TE/m³)	0,03	0,11	0,340	0,183	0,038
PAK (ng/m³) Benzo(a)pyren	< 0,03	< 0,03	< 0,16	0,12	< 0,15
Aldehyde (mg/m³) Formaldehyd	0,001	0,014	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. Die Daten für die Basiswachskerze sind daher nicht als signifikant unterschiedlich zu den Vergleichswerten anzusehen.

Bei der Gel Wax Kerze liegen die Nachweisgrenzen bei der Berechnung bezogen auf die verbrannte Wachsmenge höher als bei den anderen Kerzen. Dies liegt daran, daß der Wachsverbrauch dieser Kerzen deutlich niedriger liegt als bei den anderen untersuchten, nämlich bei ca 1,3 g/h im Vergleich zu 5-6 g/h. Die Schadstoffgehalte an PCDD/PCDF, Formaldehyd und Summe der PAK liegen bei diesem Kerzentyp leicht höher als z.B. bei der Basiswachskerze. Ob diese aus toxikologischer Sicht bedenklich ist, zeigt die folgende Bewertung.

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 Basiswachskerze	TRK-Wert	% Ausschöpfung des TRK-Wertes	MAK-Wert	% Ausschöpfung des MAK-Wertes
PCDD/PCDF (pg I-TE/m³)	0,03	50	0,06		
Benzo(a)pyren (ng/m³)	< 0,03	2000	< 0,0015		
Formaldehyd (mg/m³)	0,001			0,6	* 0,17
Acetaldehyd (mg/m³)	< 0,010			90	< 0,011
Acrolein (mg/m³)	< 0,005			0,25	< 2

analysierte Substanzen	% Ausschöpfung des TRK- bzw. MAK-Wertes	Vergleichswert Stearin	Vergleichswert Paraffin	Vergleichswert Bienenwachs
PCDD/PCDF (pg I-TE/m ³)	0,06	0,7	0,4	0,08
Benzo(a)pyren (ng/m ³)	< 0,0015	0,008	0,006	0,0075
Formaldehyd (mg/m ³)	0,17	1,0	2,8	0,8
Acetaldehyd (mg/m ³)	< 0,011	0,001	0,001	0,001
Acrolein (mg/m ³)	< 2	3,6	0,4	0,4

analysierte Substanzen	Stoffmenge in der Emission der untersuchten Gel Wax Kerze	TRK-Wert	% Ausschöpfung des TRK-Wertes	MAK-Wert	% Ausschöpfung des MAK-Wertes
PCDD/PCDF (pg I-TE/m ³)	0,11	50	0,22		
Benzo(a)pyren (ng/m ³)	< 0,03	2000	< 0,0015		
Formaldehyd (mg/m ³)	0,014			0,6	2,3
Acetaldehyd (mg/m ³)	< 0,010			90	< 0,011
Acrolein (mg/m ³)	< 0,005			0,25	< 2

analysierte Substanzen	% Ausschöpfung des TRK- bzw. MAK-Wertes	Vergleichswert Stearin	Vergleichswert Paraffin	Vergleichswert Bienenwachs
PCDD/PCDF (pg I-TE/m ³)	0,22	0,7	0,4	0,08
Benzo(a)pyren (ng/m ³)	< 0,0015	0,008	0,006	0,0075
Formaldehyd (mg/m ³)	2,3	1,0	2,8	0,8
Acetaldehyd (mg/m ³)	< 0,011	0,001	0,001	0,001
Acrolein (mg/m ³)	< 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 der Basiswachskerze um mindestens den Faktor 500 unterschritten. Der Unterschied zu den bisherigen Untersuchungen ist als nicht signifikant anzusehen. Bei der Gel Wax Kerze liegt dieser Wert nur noch bei 40. Trotzdem ist selbst hier von einer deutlichen Unterschreitung des Grenzwertes auszugehen.

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 Basiswachskerzen	kritisches Volumen in l	Vergleichswert Stearin in l	Vergleichswert Paraffin in l	Vergleichswert Bienenwachs in l
PCDD/PCDF	2,4 pg I-TE	48	324	180	48
Benzo(a)pyren	< 2,4 ng	< 1,2	3	3	6
Formaldehyd	0,035 mg	58	3	10	4
Acetaldehyd	< 0,18 mg	< 2	-	-	-
Acrolein	< 0,06 mg	< 240	-	-	-

analysierte Substanzen	freigesetzte Stoffmenge bei 30 Gel Wax Kerzen	kritisches Volumen in l	Vergleichswert Stearin in l	Vergleichswert Paraffin in l	Vergleichswert Bienenwachs in l
PCDD/PCDF	7,35 pg I-TE	147	324	180	48
Benzo(a)pyren	< 3 ng	< 1,5	3	3	6
Formaldehyd	1,21 mg	2020	3	10	4
Acetaldehyd	< 0,18 mg	< 2	-	-	-
Acrolein	< 0,06 mg	< 240	-	-	-

Interpretation:

Bei der Basiswaxkerze werden Werte für das kritische Volumen ermittelt, die erst bei einer Aufkonzentrierung um ca den Faktor 20 die entsprechenden Grenzwerte erreichen. Der Unterschied zu den bisherigen Untersuchungen ist als nicht signifikant anzusehen.

Bei der Gel Wax Kerze ist der Wert für Formaldehyd jedoch als kritisch anzusehen. Hier wird ein Wert von über 1000 erreicht, was bedeutet, daß die Abgase um den Faktor 2,02 verdünnt werden müßten.

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 m³) den Literaturdaten für den Rauch einer Zigarette gegenübergestellt

analysierte Substanzen	freigesetzte Stoffmenge bei 30 Basiswaxkerzen	Luftkonzentration Kerzenabbrand	Luftkonzentration Rauch einer Zigarette
PCDD/PCDF	2,4 pg I-TE	0,048 pg I-TE/m ³	0,002 pg I-TE/m ³
Benzo(a)pyren	< 2,4 ng	< 0,048 ng/m ³	2,6 ng/m ³
Formaldehyd	0,035 mg	0,0007 mg/m ³	0,0305 mg/m ³
Acetaldehyd	< 0,18 mg	< 0,0036 mg/m ³	keine Angaben
Acrolein	< 0,06 mg	< 0,0012 mg/m ³	0,0185 mg/m ³

analysierte Substanzen	freigesetzte Stoffmenge bei 30 Gel Wax Kerzen	Luftkonzentration Kerzenabbrand	Luftkonzentration Rauch einer Zigarette
PCDD/PCDF	7,35 pg I-TE	0,147 pg I-TE/m ³	0,002 pg I-TE/m ³
Benzo(a)pyren	< 3 ng	< 0,06 ng/m ³	2,6 ng/m ³
Formaldehyd	1,21 mg	0,0242 mg/m ³	0,0305 mg/m ³
Acetaldehyd	< 0,18 mg	< 0,0036 mg/m ³	keine Angaben
Acrolein	< 0,06 mg	< 0,0012 mg/m ³	0,0185 mg/m ³

Interpretation:

Für Benz(a)pyren und Acrolein liegt bei beiden Kerzen die Belastung damit deutlich unterhalb von der durch eine Zigarette verursachten Luftkonzentrationen, für die PCDD/PCDF liegt der Werte aber höher. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, daß beim Vergleich lediglich eine Zigarette herangezogen wird. Für Formaldehyd liegt für die Gel Wax Kerze der Wert leicht besser als bei einer Zigarette, obgleich das kritische Volumen vergleichsweise hoch lag. Dies hat damit zu tun, daß aufgrund des geringeren Wachsverbrauchs die Gesamtemissionen günstiger liegen.

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 m³ 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.

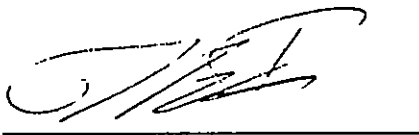
analysierte Substanzen	aufgenommene Stoffmenge bei 30 Basiswaxkerzen	% der täglichen Aufnahmemenge (115 pg I-TE = 100%)	Zusatzbelastung zur Atmungsaufnahme (1,5 pg I-TE = 100%)
PCDD/PCDF	0,096 pg I-TE	0,08 %	6,4 %

analysierte Substanzen	aufgenommene Stoffmenge bei 30 Gel Wax Kerzen	% der taglichen Aufnahmemenge (115 pg I-TE = 100%)	Zusatzbelastung zur Atmungsaufnahme (1,5 pg I-TE = 100%)
PCDD/PCDF	0,294 pg I-TE	0,26 %	19,6 %

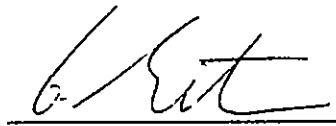
Interpretation:

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

Bayreuth, den 15.12.1997



Dr. J. Hosseinpour
Geschäftsführer



G. Wächter
Dipl.-Ing. (FH)

Anhang: Einzelresultate

PCDD/PCDF

Kerzentyp: Paraffin OFA 5603, Docht Wedo R 18/3"S" plus 1,5 % Basiswachs
 Labor-Nr.: 293/97-1
 Probenahmevolumen: 32,94 m³
 verbrannte Kerzenmasse: 273,5 g/6h (9 Kerzen)
 verbrannte Kerzenmasse/h: 5,06 g (1 Kerze)

	Menge pg/Probe	I-TE pg/Probe	Menge pg/m³	Menge pg/g verbr. Wachs
Summe TCDD	< 10		< 0,30	< 0,037
2,3,7,8-TCDD	< 1	1,00	< 0,03	< 0,004
Summe PeCDD	< 10		< 0,30	< 0,037
1,2,3,7,8-PeCDD	< 1	0,50	< 0,03	< 0,004
Summe HxCDD	< 10		< 0,30	< 0,037
1,2,3,4,7,8-HxCDD	< 1	0,10	< 0,03	< 0,004
1,2,3,6,7,8-HxCDD	4	0,40	0,12	0,015
1,2,3,7,8,9-HxCDD	< 1	0,10	< 0,03	< 0,004
Summe HpCDD	15		0,46	0,055
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	12	0,12	0,36	0,044
OCDD	81	0,08	2,46	0,296
Sume PCDD	126	2,30	3,83	0,461
Summe TCDF	56		1,70	0,205
2,3,7,8-TCDF	7	0,70	0,21	0,026
Summe PeCDF	19		0,58	0,069
1,2,3,7,8-PeCDF	4	0,20	0,12	0,015
2,3,4,7,8-PeCDF	4	2,00	0,12	0,015
Summe HxCDF	20		0,61	0,073
1,2,3,4,7,8-HxCDF	7	0,70	0,21	0,026
1,2,3,6,7,8-HxCDF	4	0,40	0,12	0,015
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 1	0,10	< 0,03	< 0,004
2,3,4,6,7,8-HxCDF	3	0,30	0,09	0,011
Summe HpCDF	< 10		< 0,30	< 0,037
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	4	0,04	0,12	0,015
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	< 3	0,03	< 0,09	< 0,011
OCDF	14	0,01	0,43	0,051
Summe PCDF	119	4,48	3,61	0,435
Summe I-TE		6,79	0,21	0,025
I-TE Blindwert		5,68	0,17	0,021
I-TE durch Kerzen verursacht		1,11	0,03	0,004
Wiederfindungsraten des Spike-Standards (in %):				
37Cl4-2,3,7,8-TCDD		102		
13C12-1,2,3,7,8-PeCDF		114		
13C12-1,2,3,4,7,8,9-HxCDD		126		

PAK

Kerzentyp: Paraffin OFA 5603, Docht Wedo R 18/3"S" plus 1,5 % Basiswachs
 Labor-Nr.: 293/97-1
 Probenahmevolumen: 32,94 m³
 verbrannte Kerzenmasse: 273,5 g/6h (9 Kerzen)
 verbrannte Kerzenmasse/h: 5,06 g (1 Kerze)

	Menge ng/Probe	Blindwert ng/Probe	Menge ng/m ³	Menge ng/g verbr. Wachs
Acenaphthen	226	165	1,85	0,223
Fluoren	401	222	5,43	0,654
Phenanthren	1240	816	12,87	1,550
Anthracen	244	156	2,67	0,322
Fluoranthen	300	165	4,10	0,494
Pyren	146	96	1,52	0,183
Benz(a)anthracen	14	< 10	0,12	0,015
Chrysen (+Triphenylen)	29	< 10	0,58	0,069
Benzo(b+j+k)fluoranthen	11	< 10	0,03	0,004
Benz(a)pyren	< 10	< 10	< 0,03	< 0,004
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 10	< 10	< 0,03	< 0,004
Benzo(ghi)perylene	< 10	< 10	< 0,03	< 0,004
Dibenz(ah+ac)anthracen	< 10	< 10	< 0,03	< 0,004
Summe untersuchte PAK	2651	1690	29,29	3,530

Die Angaben in ng/m³ und ng/g verbranntes Wachs sind jeweils blindwertkorrigiert.

Aldehyde

Kerzentyp: Paraffin OFA 5603, Docht Wedo R 18/3"S" plus 1,5 % Basiswachs
 Labor-Nr.: 293/97-1
 Probenahmevolumen: 0,047 m³ Teilstrom
 4,901 m³ Vollstrom
 verbrannte Kerzenmasse: 66,2 g/Experiment

	Menge ng/Probe	Blindwert ng/Probe	Menge mg/m ³	Menge ng/g verbr. Wachs
Formaldehyd	87	50	0,001	58
Acetaldehyd	360	679	< 0,010	< 300
Acrolein	< 250	< 250	< 0,005	< 100
Propionaldehyd	< 250	< 250	< 0,005	< 100

Die Angaben in mg/m³ und ng/g verbranntes Wachs sind jeweils blindwertkorrigiert.

Anhang: Einzelresultate

PCDD/PCDF

Kerzentyp: Gel Wax, Docht TL 15-S30

Labor-Nr.: 293/97-2
 Probenahmevolumen: 32,018 m³
 verbrannte Kerzenmasse: 70,6 g/6h (9 Kerzen)
 verbrannte Kerzenmasse/h: 1,31 g (1 Kerze)

	Menge pg/Probe	I-TE pg/Probe	Menge pg/m ³	Menge pg/g verbr. Wachs
Summe TCDD	< 10		< 0,31	< 0,142
2,3,7,8-TCDD	< 1	1,00	< 0,03	< 0,014
Summe PeCDD	< 10		< 0,31	< 0,142
1,2,3,7,8-PeCDD	< 1	0,50	< 0,03	< 0,014
Summe HxCDD	34		1,06	0,482
1,2,3,4,7,8-HxCDD	3	0,30	0,09	0,042
1,2,3,6,7,8-HxCDD	12	1,20	0,37	0,170
1,2,3,7,8,9-HxCDD	3	0,30	0,09	0,042
Summe HpCDD	126		3,94	1,785
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	66	0,6	2,06	0,935
OCDD	166	0,17	5,18	2,351
Sume PCDD	346	4,13	10,81	4,901
Summe TCDF	21		0,66	0,297
2,3,7,8-TCDF	3	0,30	0,09	0,042
Summe PeCDF	17		0,53	0,241
1,2,3,7,8-PeCDF	3	0,15	0,09	0,042
2,3,4,7,8-PeCDF	3	1,50	0,09	0,042
Summe HxCDF	39		1,22	0,552
1,2,3,4,7,8-HxCDF	10	1,00	0,31	0,142
1,2,3,6,7,8-HxCDF	7	0,70	0,22	0,099
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 1	0,10	< 0,03	< 0,014
2,3,4,6,7,8-HxCDF	9	0,90	0,28	0,127
Summe HpCDF	47		1,47	0,666
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	29	0,29	0,91	0,411
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	< 3	0,03	< 0,09	< 0,042
OCDF	39	0,04	1,22	0,552 ↓
Summe PCDF	163	5,01	5,09	2,309
Summe I-TE		9,14	0,29	0,129
I-TE Blindwert		5,68	0,18	0,0805
I-TE durch Kerzen verursacht		3,46	0,11	0,049
Wiederfindungsraten des Spike-Standards (in %):				
37Cl4-2,3,7,8-TCDD		104		
13C12-1,2,3,7,8-PeCDF		110		
13C12-1,2,3,4,7,8,9-HxCDD		121		

PAK

Kerzentyp: Gel Wax, Docht TL 15-S30
 Labor-Nr.: 293/97-2
 Probenahmevolumen: 32,018 m³
 verbrannte Kerzenmasse: 70,6 g/6h (9 Kerzen)
 verbrannte Kerzenmasse/h: 1,31 g (1 Kerze)

	Menge ng/Probe	Blindwert ng/Probe	Menge ng/m ³	Menge ng/g verbr. Wachs
Acenaphthen	478	165	9,78	4,43
Fluoren	1460	222	38,67	17,54
Phenanthren	1519	816	21,96	9,96
Anthracen	280	156	3,87	1,76
Fluoranthren	596	165	13,46	6,10
Pyren	181	96	2,65	1,20
Benz(a)anthracen	17	< 10	0,22	0,10
Chrysen (+Triphenylen)	42	< 10	1,00	0,45
Benzo(b+j+k)fluoranthren	15	< 10	0,16	0,07
Benzo(a)pyren	< 10	< 10	< 0,03	< 0,02
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 10	< 10	< 0,03	< 0,02
Benzo(ghi)perylen	< 10	< 10	< 0,03	< 0,02
Dibenz(ah+ac)anthracen	< 10	< 10	< 0,03	< 0,02
Summe untersuchte PAK	4628	1690	91,88	41,69

Die Angaben in ng/m³ und ng/g verbranntes Wachs sind jeweils blindwertkorrigiert.

Aldehyde

Kerzentyp: Gel Wax, Docht TL 15-S30
 Labor-Nr.: 293/97-2
 Probenahmevolumen: 0,042 m³ Teilstrom
 9,237 m³ Vollstrom
 verbrannte Kerzenmasse: 15,8 g/Experiment

	Menge ng/Probe	Blindwert ng/Probe	Menge mg/m ³	Menge ng/g verbr. Wachs
Formaldehyd	629	50	0,014	8059
Acetaldehyd	594	679	< 0,010	< 1200
Acrolein	< 250	< 250	< 0,005	< 400
Propionaldehyd	< 250	< 250	< 0,005	< 400

Die Angaben in mg/m³ und ng/g verbranntes Wachs sind jeweils blindwertkorrigiert.