

A. Versuchsbeschreibung

Es wurde die Bildung von PAH während des Abbrennens und beim Ausblasen von Haushaltskerzen unterschiedlicher Färbung und Lackierung gemessen:

1. Typ 1: Haushaltskerze mit Pigmentfarbe (bekro-Chemie GmbH/Goldmann-Produktion)
2. Typ 2: Haushaltskerze mit Fettfarbe, (bekro-Chemie GmbH/Goldmann-Produktion)
3. Lack 1: Haushaltskerze mit Lacküberzug (Goldmann-Produktion)
4. Lack 2: Haushaltskerze mit Lacküberzug (Walter Kaiser Lackfabrik)

1. Abbrand einzelner Kerzen

Das Sammeln der Abgase von Einzelkerzen erfolgte mit der in der Abbildung dargestellten Sammel Einrichtung. Der Abgasstrom wurde mit leichtem Unterdruck bei einem Luftdurchsatz von $1.1 \text{ m}^3/\text{h}$ abgesaugt. Der Luftstrom wurde mit einem kurzen Intensivkühler auf Raumtemperatur gebracht und die PAH auf einen Glasfaserfilter (Schutzstufe S) der Firma Dräger niedergeschlagen. Zur Analyse wurde der Kühler mit Aceton und das Filter mit Toluol extrahiert (Fres. Z. Anal. Chem. 311, 475-484, 1982)

2. Abbrand mehrerer Kerzen

In verschiedenen Versuchen wurden 20 Kerzen unterschiedlicher Sorte simultan in einem 18.5 m^2 Raum abgebrannt.

B. Ergebnisse

Abbrand einzelner Kerzen

1.1 PAH-Konzentrationsmessung der Raumluft im Versuchsraum.

1.2 Messung der PAH-Emission bei ruhigem Abbrennen, Sammelperiode 1 und 3 Stunden.

- (a) Typ 1 (Blatt 1 und 2)
- (b) Typ 2 (Blatt 1 und 3)
- (c) Lack 1 (Blatt 1 und 4)
- (d) Lack 2 (Blatt 1 und 5)

1.3 Messung der Emission der PAH nach dem Ausblasen dieser Kerzensorten (Sammelperiode: 15 min.) (Blatt 2,3,4 und 5).

2. Abbrand von 20 Kerzen

Simultanes Abbrennen von 20 Kerzen unterschiedlicher Sorten in einem Raum (18.5 m²)

- (a) Typ 1 (Blatt 6)
- (b) Typ 2 (Blatt 7)
- (c) Lack 1 (Blatt 8)
- (d) Lack 2 (Blatt 9)

2.1 PAH-Konzentrationsmessung der Raumluft im Versuchsraum (Ohne Kerzenabbrand).

2.2 Ruhiges Abbrennen, Sammelperiode 1 und 3 Stunden.

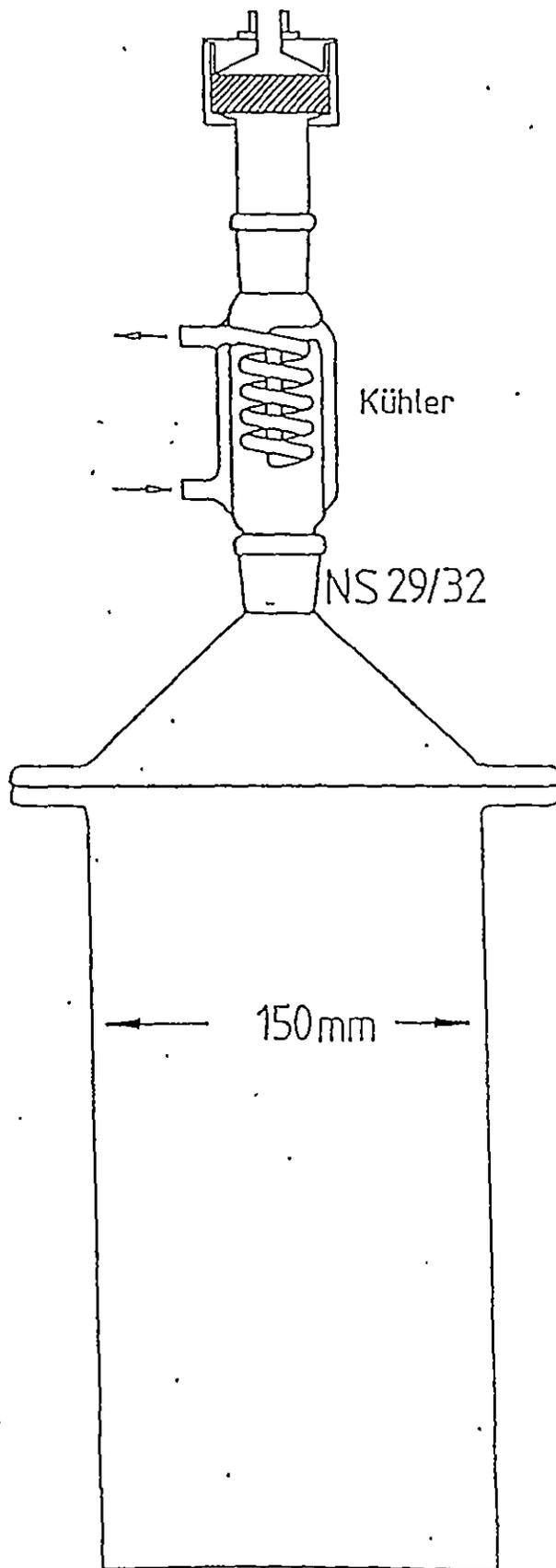
2.3 Ausblasen der Haushaltskerzen, Sammelperiode: 15 min. nach Ausblasen der Kerze.

C. Zusammenfassung

Die während des Abbrennens der untersuchten Kerzensorten ermittelten PAH-Massen sind als sehr gering einzustufen. So liegt z.B. die emittierte Benzo(a)pyren-Masse bei dem Einzelabbrandversuch in der Größenordnung 1 ng/m³ und entspricht damit Konzentrationen wie sie in Reinluftgebieten gemessen werden. Die Ergebnisse beim Abbrennen mehrerer Kerzen bestätigen die Befunde aus den Einzelabbrandversuchen. So liegt der Benzo(a)pyren-Gehalt nach Abbrand der Kerzen unter Berücksichtigung des Raum-Leerwertes bei den gefärbten bzw. lackierten Haushaltskerzen bei zwischen 0.4 und 1.2 ng/m³.

Abbildung

Einrichtung zum Sammeln von Emissionen aus Kerzenabbrand.



PAH-Konzentration beim Abbrennen einzelner Kerzen (Typ 1 Pigmentfarbe, Typ 2 Fettfarbe, Lack-Kerze 1,
Lack-Kerze 2) in ng/g verbranntem Wachs

Bezeichnung:	Typ 1 1 h	Typ 1 3 h	Typ 2 1 h	Typ 2 3 h	Lack 1 1 h	Lack 1 3 h	Lack 2 1 h	Lack 2 3 h
verbrannte Kerzenmasse:	6.9969	22.2451	7.2097	21.819	6.8967	22.2033	7.2161	22.6809
Fluoranthren	12.2	11.1	19.8	24.2	35.7	44.90	22.0	15.9
Pyren	18.6	14.2	19.1	16.5	29.0	35.70	27.6	21.1
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	1.1	1.0	0.7	0.7	0.51	0.71	1.8	1.5
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	1.1	1.4	0.9	1.0	1.32	0.34	1.6	1.5
Cyclopenta(cd)pyren	0.08	0.01	0.08	0.05	0.59	0.34	1.0	1.3
Benz(a)anthracen	1.9	1.1	3.1	4.3	0.43	0.79	2.0	1.4
Chrysen + Triphenylen	1.9	1.4	5.0	4.3	0.96	1.16	3.1	2.4
Benzofluoranthene (b+j+k)	2.6	1.8	5.8	5.1	0.24	0.24	1.6	1.4
Benzo(e)pyren	0.8	0.7	0.7	0.92	0.08	0.10	0.5	0.6
Benzo(a)pyren	0.1	0.09	0.09	0.12	0.06	0.11	0.2	0.2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.3	0.3
Dibenz(a,h)anthracen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.2	0.2
Benzo(ghi)perylen	0.5	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.8	0.8
Anthanthren	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.05	0.04
Coronen	0.11	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.5	0.3

Typ 1: Haushaltskerze mit Pigmentfarbe (bekro-Chemie GmbH/Goldmann-Produktion)

Typ 2: Haushaltskerze mit Fettfarbe (bekro-Chemie GmbH/Goldmann-Produktion)

Lack 1: Haushaltskerze mit Lacküberzug (Goldmann-Produktion)

Lack 2: Haushaltskerze mit Lacküberzug (Walter Kaiser Lackfabrik)

EPA

Um den Leerwert (Luft für Typ 1) berichtigte PAH-Konzentration in der
abgesaugten Luft bei 1- und 3-stündigem Abbrennen von einzelnen
Kerzen (Typ 1 Pigmentfarbe) (ng/m³)

PAH-Bildung durch Ausblasen der Kerze (Sammelperiode 15 min.) ng

Bezeichnung:	Luft für Typ 1	1 h. Typ 1	3 h Typ 1	Ausblasen Typ 1
Fluoranthren	1.54	81.1	75.0	7.0
Pyren	2.12	118.0	96.0	9.9
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	0.54	6.7	6.6	0.5
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	0.51	6.7	9.6	1.8
Cyclopenta(cd)pyren	1.04	0.5	<0.1	<0.1
Benz(a)anthracen	0.83	11.9	7.2	0.6
Chrysen + Triphenylen	2.05	12.3	9.5	2.1
Benzo(a)fluoranthene (b+j+k)	1.36	16.7	12.0	2.0
Benzo(e)pyren	0.64	5.1	4.8	4.3
Benzo(a)pyren	0.33	0.7	0.6	0.9
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.39	0.1	<0.1	2.1
Dibenz(ghi)perylen	0.18	<0.1	<0.1	0.5
Benzo(ghi)perylen	0.48	0.3	<0.1	1.6
Anthanthren	0.12	0.2	<0.1	0.4
Coronen	0.21	0.7	<0.1	<0.5

L 26/11/82/13 < 19.4

Um den Leerwert (Luft für Typ 2) berichtigte PAH-Konzentration in der
abgesaugten Luft bei 1- und 3-stündigem Abbrennen von einzelnen
Kerzen (Typ 2 Fettfarbe) (ng/m³).

PAH-Bildung durch Ausblasen der Kerze (Sammelperiode 15 min) ng

Bezeichnung:	Luft für Typ 2	1 h Typ 2	3 h Typ 2	Ausblasen Typ 2
Fluoranthren	1.41	130	160	5.5
Pyren	1.90	125	109	5.4
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	0.51	4.7	4.8	0.1
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	0.33	5.9	6.9	0.2
Cyclopenta(cd)pyren	0.93	0.5	0.3	<0.1
Benzo(a)anthracen	1.02	20.5	28.6	0.9
Chrysen + Triphenylen	2.47	32.8	28.4	7.0
Benzo(a)fluoranthren (b+j+k)	1.78	38.0	34.0	6.2
Benzo(e)pyren	0.59	4.6	6.1	2.9
Benzo(a)pyren	0.16	0.6	0.8	0.2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.30	<0.1	<0.1	0.7
Dibenz(a,h)anthracen	0.16	<0.1	<0.1	0.4
Benzo(ghi)perylen	0.34	<0.1	<0.1	1.4
Anthanthren	0.10	<0.1	<0.1	0.4
Coronen	0.18	<0.1	<0.1	<0.5

~~A218~~ 363,1 379,5 318

Um den Leerwert (Luft für Lack 1) berichtigte PAH-Konzentration in der
abgesaugten Luft bei 1- und 3-stündigem Abbrennen von
einzelnen Kerzen (Lack 1) (ng/m³)

PAH-Bildung durch Ausblasen der Kerze (Sammelperiode 15 min) ng

Bezeichnung:	Luft für Lack 1	1 h Lack 1	3 h Lack 1	Ausblasen Lack 1
Fluoranthren	0.65	224	302.0	15.4
Pyren	1.15	182	240.0	19.6
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	0.45	3.2	4.8	8.1
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	0.29	8.3	2.3	4.8
Cyclopenta(cd)pyren	0.96	3.7	2.3	1.4
Benz(a)anthracen	0.91	2.7	5.3	3.0
Chrysen + Triphenylen	2.56	6.0	7.8	15.2
Benzofluoranthene (b+j+k)	1.50	1.5	1.6	5.6
Benzo(e)pyren	0.63	0.5	0.6	2.4
Benzo(a)pyren	0.18	0.4	0.8	1.6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.38	<0.1	<0.1	2.0
Dibenz(a,h)anthracen	0.30	<0.1	<0.1	1.4
Benzo(ghi)perylen	0.36	<0.1	<0.1	3.1
Anthanthren	0.12	<0.1	<0.1	0.9
Coronen	0.40	<0.1	<0.1	0.6

432,8 568 85,1

Um den Leerwert (Luft für Lack 2) berichtigte PAH-Konzentration in der
abgesaugten Luft bei 1- und 3-stündigem Abbrennen von
einzelnen Kerzen (Lack 2) (ng/m³)

PAH-Bildung durch Ausblasen der Kerze (Sammelperiode 15 min.) ng

Bezeichnung:	Luft für Lack 2	1 h Lack 2	3 h Lack 2	Ausblasen Lack 2
Fluoranthen	0.45	144	109	4.6
Pyren	0.70	181	145	7.3
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	0.31	11.9	10.5	1.8
Benzo(ghi)fluoranthen + BcPh	0.60	10.8	10.4	2.4
Cyclopenta(cd)pyren	0.90	6.8	8.9	1.3
Benz(a)anthracen	0.67	13.3	9.4	2.9
Chrysen + Triphenylen	2.2	20.4	16.8	7.8
Benzo(a)fluoranthene (b+j+k)	1.4	10.4	9.5	6.0
Benzo(e)pyren	0.45	3.3	4.0	3.0
Benzo(a)pyren	0.20	1.6	1.5	1.7
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.36	2.0	1.8	<0.3
Dibenz(a,h)anthracen	0.15	1.5	1.6	<0.3
Benzo(ghi)perylen	0.34	5.5	5.8	<0.3
Anthanthren	0.18	0.3	0.3	<0.3
Coronen	0.34	3.4	2.0	<0.5

416,2 334,5 40,5

Um den Leerwert (Luft vor dem Kerzenabbrand) berichtigte PAH-Konzentration nach Abbrennen (1 h, 3 h) und Ausblasen (Sammelperiode 15 min.) von 20 Kerzen Typ 1 Pigmentfarbe in einem 18.5 m² x 2.6 m hohen Raum (140 g verbrannte Kerzenmasse pro Stunde) (ng/m³)

Bezeichnung:	Luft vor dem Kerzenabbrand	1 h Typ 1	3 h Typ 1	Ausblasen Typ 1
Fluoranthren	0.6	14.4	10.1	5.8
Pyren	0.5	12.7	10.0	6.6
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	0.1	6.1	6.5	3.1
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	0.1	3.8	5.4	2.0
Cyclopenta(cd)pyren	0.1	0.3	0.5	0.4
Benz(a)anthracen	0.8	10.1	14.1	5.9
Chrysen + Triphenylen	0.9	23.2	29.0	12.6
Benzofluoranthene (b+j+k)	0.4	9.3	17.6	19.4
Benzo(e)pyren	0.2	2.7	5.7	6.1
Benzo(a)pyren	<0.1	0.8	1.2	1.2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0.1	0.1	0.5	0.4
Dibenz(a,h)anthracen	<0.1	0.1	0.1	0.1
Benzo(ghi)perylen	<0.1	0.3	0.4	0.3
Anthanthren	<0.1	0.1	0.1	0.1
Coronen	<0.2	0.3	0.3	0.3

Bemerkung: Die PAH Konzentration der Luft vor dem Kerzenbrand wurde von den Brenn- bzw. Ausblasversuchen subtrahiert.

843

1015

643

Um den Leerwert (Luft vor dem Kerzenabbrand) berichtigte PAH-Konzentration nach Abbrennen (1 h, 3 h) und Ausblasen (Sammelperiode 15 min.) von 20 Kerzen Typ 2 Fettfarbe in einem 18.5 m² x 2.6 m hohen Raum (140 g verbrannte Kerzenmasse pro Stunde) (ng/m³)

	Luft vor dem Kerzenabbrand	1 h Typ 2	3 h Typ 2	Ausblasen Typ 2
Fluoranthren	0.8	5.6	3.1	18.7
Pyren	0.8	5.5	2.7	16.3
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	0.4	2.1	1.3	2.9
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	0.3	1.4	0.7	3.2
Cyclopenta(cd)pyren	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benz(a)anthracen	0.7	7.0	5.6	10.5
Chrysen + Triphenylen	1.5	15.1	14.9	18.0
Benzofluoranthene (b+f+k)	1.1	7.8	8.7	33.3
Benzo(e)pyren	0.4	2.6	2.7	5.5
Benzo(a)pyren	0.1	0.5	0.6	0.8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.1	<0.1	<0.1	0.2
Dibenz(a,h)anthracen	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzo(ghi)perylen	0.2	<0.1	<0.1	0.3
Anthanthren	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Coronen	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Bemerkung: Die PAH-Konzentration der Luft vor dem Kerzenbrand wurde von den Brenn- bzw. Ausblasversuchen subtrahiert.

48,2 . . 40,3 110,1

Um den Leerwert (Luft vor dem Kerzenabbrand) berichtigte PAH-Konzentration nach Abbrennen (1 h, 3 h) und Ausblasen (Sammelperiode 15 min.) von 20 Lack-Kerzen (Lack 1, Goldmann GmbH & Co. KG) in einem 18.5 m² x 2.6 m Raum (140 g verbrannte Kerzenmasse pro Stunde) (ng/m³)

	Luft vor dem Kerzenabbrand	1 h Lack 1	3 h Lack 1	Ausblasen Lack 1
Fluoranthren	2.5	14.4	16.2	66.0
Pyren	3.2	14.7	14.2	61.8
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	1.2	4.9	7.8	6.9
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	0.7	3.7	6.8	8.0
Cyclopenta(cd)pyren	0.2	0.2	1.0	2.1
Benz(a)anthracen	2.50	8.8	22.2	27.5
Chrysen + Triphenylen	5.0	15.8	40.3	65.0
Benzofluoranthene (b+k+j)	2.9	7.5	12.7	28.2
Benzo(e)pyren	1.2	2.1	3.9	11.1
Benzo(a)pyren	0.3	0.4	1.0	2.6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.4	0.2	<0.1	1.4
Dibenz(a,h)anthracen	0.3	<0.1	<0.1	0.6
Benzo(ghi)perylen	0.8	0.2	<0.1	2.1
Anthanthren	0.1	<0.1	<0.1	0.5
Coronen	0.3	0.1	0.1	2.4

Bemerkung: Die PAH-Konzentration der Luft vor dem Kerzenbrand wurde von den Brenn- bzw. Ausblasversuchen subtrahiert.

73,2 126,6 286,2

Um den Leerwert (Luft vor dem Kerzenabbrand) PAH-Konzentration nach Abbrennen (1 h, 3 h) und Ausblasen (Sammelperiode 15 min.) von 20 Lack-Kerzen (Lack 2, Firma Kaiser) in einem 18.5 m² x 2.6 m Raum (140 g verbrannte Kerzenmasse pro Stunde) (ng/m³)

Bezeichnung:	Luft vor dem Kerzenabbrand	1 h Lack 2	3 h Lack 2	Ausblasen Lack 2
Fluoranthren	1.49	155	135	40.4
Pyren	1.35	137	129	36.8
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophen	0.58	29.8	24.5	6.8
Benzo(ghi)fluoranthren + BcPh	0.48	25.4	20.3	7.8
Cyclopenta(cd)pyren	0.16	1.6	1.3	1.3
Benz(a)anthracen	1.32	49.6	43.6	27.5
Chrysen + Triphenylen	3.28	89.4	85.3	74.9
Benzofluoranthene (b+j+k)	2.58	25.2	23.8	25.7
Benzo(e)pyren	0.92	7.3	7.0	8.8
Benzo(a)pyren	0.35	1.00	0.9	3.7
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.38	0.30	0.26	1.6
Dibenz(a,h)anthracen	0.19	<0.1	<1	0.6
Benzo(ghi)perylen	0.65	0.30	0.2	1.8
Anthanthren	0.15	<0.1	<0.1	0.20
Coronen	0.23	0.20	0.2	0.25

Bemerkung: Die PAH-Konzentration der Luft vor dem Kerzenbrand wurde von den Brenn- bzw. Ausblasversuchen subtrahiert.

5223 47246 238,15