

**Standardisierte Versuche zum temperatur- und zeitabhängigen
Emissionsverhalten von polycyclischen aromatischen
Kohlenwasserstoffen (PAH) aus Bitumen-Schmelzfolien**

**Institut für Arbeit und Sozialmedizin
des Klinikums Gießen Marburg
Privatdozent Dr. Dr. Udo Knecht**

Ziel der Untersuchungen

Die nachfolgend beschriebenen Versuche wurden gemäß Vorgabe des Auftragsgebers der Daimler Chrysler AG mit der Fragestellung durchgeführt, ob und in welchen Konzentrationen PAH beim Erhitzen von Bitumen-Schmelzfolien freigesetzt und nachgewiesen werden können. Hintergrund der Untersuchungen war die Einstufung durch die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft von Bitumen sowie seinen Inhaltsstoffen Naphthalin und Benzo[a]pyren als krebserzeugende Arbeitsstoffe, d. h., als Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen anzusehen sind, weil durch hinreichende Ergebnisse aus Langzeit-Tierversuchen oder Hinweise aus Tierversuchen und epidemiologischen Untersuchungen davon auszugehen ist, dass sie einen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko leisten. Durch die Versuchsanordnung sollten die Emissions-Verhältnisse im Rohbau- und KTL-Ofen messtechnisch erfasst werden. Ein weiteres Ziel war es, Fragen zum linearen oder exponentiellen Emissionsverlauf zu klären. In den Versuchsreihen wurden die Temperatur- und Zeitvorgaben zugrunde gelegt, die auch werksintern praktiziert werden. Untersucht werden sollten ferner die Schmelzfolien auf ihren PAH-Massenanteil.

Im Einzelnen wurden die Emissionsversuche in drei Prüfreihe unterteilt, deren Abläufe im Anhang 1 detailliert beschrieben sind.

Versuchsablauf

Die Emissionsversuche wurden in einem Wärmetrockenschrank der Fa. Heraeus der Serie 6000 mit einem Rauminhalt von 196 L vorgenommen s. Abb. 1. Durch in den Innenraum des Ofens eingeführte Kupferrohre konnten mittels geeichter Pumpen definierte Luftvolumina mit einem Volumenstrom von 2 L/min durch ein mit dem Kunstharz XAD als Adsorbens gefülltes Glasröhrchen gesaugt werden. Das komplette Probenahmesystem bestehend aus dem Probenahmekopf mit Ansaugstutzen und Adsorptionsröhrchen ist in Abb. 2a dargestellt und vom berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BIA) konzipiert. Es ist Standard für die Messung luftgetragener PAH. Im Verlauf der Untersuchungen zeigte sich jedoch, dass dieses System nur dann effektiv und reproduzierbar arbeitet, wenn die angesaugte Luft einen bestimmten Temperaturbereich nicht überschreitet. Da die Generierung der PAH-Emissionen im Wärmeschrank größtenteils jedoch bei Temperaturen bis 190°C erfolgte (s. Prüfablauf 1 und 3), traten durch die Aufheizung des Adsorptionsmaterials

XAD und des metallischen Probenahmesystems durch die angesaugte heiße Luft PAH-Desorptionsvorgänge auf, die zu teilweise deutlichen Verlusten einzelner Messkomponenten führten. Das Probenahmeverfahren -im Folgenden als BIA bezeichnet- wurde daher insofern modifiziert, dass die Adsorptionsphase XAD mittels eines Kühlers auf Raumtemperatur gehalten und somit eine nachfolgende PAH-Desorption ausgeschlossen werden konnte, s. Abb. 2b. Bis auf die Emissionsprobenahmen 10 und 11 wurden jedoch beide Probenahmeverfahren parallel eingesetzt. Dadurch konnten die auftretenden Differenzen der PAH-Konzentrationen nachvollziehbar belegt werden.

Nach Ablauf der einzelnen Emissionsprobenahmen wurden die PAH von dem Adsorbens XAD desorbiert und nach einem komplexen Aufarbeitungsschema gaschromatographisch- massenspektroskopisch quantifiziert.

Nach jeder Versuchsreihe wurde der nicht-befüllte Ofen über ca. 3 h ausgeheizt, um ggf. im Innern an den Ofenwänden kondensierte PAH zu entfernen.

Eingesetztes Material

Das zu untersuchende Material wird als Dämpfungsfolien in die Fahrzeuge der Baureihe 221/C216 eingebaut. Es handelt sich dabei um eine Hotmelt-Leichtfolie mit der Spezifikation 115.1. Dieses Material wurde von der Firma AKsys zur Verfügung gestellt. Pro Messung wurden 1,6 m² dieser Folien in den Wärmeofen auf 8 Schichten verteilt eingebracht.

Untersuchte PAH

In die Untersuchung einbezogen wurden insgesamt folgende 20 PAH:

| |
|---------------------------------|
| Naphthalin |
| 1-Benzothiophen |
| Accenaphthylen |
| Acenaphthen |
| Fluoren |
| Dibenzothiophen |
| Phenanthren |
| Anthracen |
| Fluoranthen |
| Pyren |
| Benzo[b]naphthol[2,1-d]thiophen |
| Benz[a]anthracen |
| Chrysen |

| |
|------------------------|
| Benzo[b]fluoranthen |
| Benzo[k]fluoranthen |
| Benzo[e]pyren |
| Benzo[a]pyren |
| Indenol[1,2,3-cd]pyren |
| Dibenz[a,h]anthracen |
| Benzo[g,h,i]perylen |

Davon sind Naphthalin und Benzo[a]pyren in der MAK-Werte Liste als krebserzeugend der kategorie 2 eingestuft. Der TRK-Wert von Naphthalin beträgt derzeit 50 mg/m³ und der des Benzo[a]pyrens 2 µg/m³.

Ergebnisse der Emissionsmessungen und Materialuntersuchungen

Prüfablauf 1

In den Emissionsprobenahmen 1 - 4 sollte der simulierte Ablauf im Rohbau- und KTL-Ofen nachgestellt werden. In der Abb. 3 sind zunächst die Mittelwerte der Konzentrationen sowohl der mit dem BIA-Sammelsystem als auch der bei Kühlung des Systems erfassten PAH dargestellt. Auffällig ist zunächst, dass in diesem, aber auch in den anderen Prüfabläufen die Komponenten Dibenzothiophen, Phenanthren sowie Anthracen nicht nachweisbar waren, da möglicherweise nicht auf Bitumenbasis emittierte Störkomponenten aus den Schmelzfolien eine eindeutige Auswertung besagter Komponenten nicht zuließen. Deutliche Unterschiede in den PAH-Emissionen resultieren im Prüfablauf 1 bei dem Temperatursprung von 125°C auf 190°C. Ein vergleichbares Emissionsprofil liegt bei Naphthalin vor, s. Abb. 3a. Infolge des wesentlich höheren Schmelzpunktes von Benzo[a]pyren treten bei dieser Komponente keine signifikanten Abweichungen an den beiden Sammelphasen auf, s. Abb. 3b. Den Tab. 1 - 4 (entsprechend den Emissionsprobenahmen 1 - 4) sind die Einzelwerte der gemessenen PAH-Konzentrationen dieser 4 Versuchsreihen zu entnehmen. Angegeben sind weiterhin die an den beiden Sammelsystemen resultierenden Mittelwerte. Erwartungsgemäß lagen die PAH Dibenz[a,h]anthracen und Benzo[g,h,i]perylen infolge ihrer vergleichsweise wenig ausgeprägten Flüchtigkeit in allen Messreihen unter der Nachweisgrenze des Analysenverfahrens. Indeno[1,2,3-cd]pyren konnte nur bei den beiden bei max. 190°C durchgeführten Messreihen nachgewiesen werden.

Prüfablauf 2

Der Prüfablauf 2 sollte Hinweise zum Verlauf der Emissionen im Rohbauofen erbringen. Dabei war die Frage zu beantworten, ob es bei gleichbleibender Temperatur von 125°C zeitabhängig zu einem exponentiellen oder linearen Anstieg der PAH-Emissionen kommt. Die Emissionsprobenahmen 5 – 8 sollten hierüber Auskunft geben. Zur Komplettierung dieser Messreihen wurde zusätzlich die 1. Emissionsprobenahme als Ausgangsbasis hinzugenommen. Die Abb. 4 sowie 4a u. 4b zeigen die Emissionsprofile der PAH-Gesamtkonzentration und ferner die von Naphthalin und Benzo[a]pyren. Die einzelnen Messergebnisse der PAH-Konzentrationen der Emissionsprobenahmen 1 bzw. 5 – 8 sind den Tab. 1 bzw. 5 – 8 aufgelistet.

Prüfablauf 3

Der Prüfablauf 3 sollte Hinweise zum Verlauf der Emissionen im KTL-Ofen erbringen. Analog dem Prüfablauf 2 stand hier ebenfalls die Frage eines linearen oder exponentiellen Emissionsverlaufs im Vordergrund. Ausgehend von der in der 3. Emissionsprobenahme vorgegebenen Versuchsanordnung wurden die PAH-Emissionen bei gleichbleibender Temperatur von 190°C über Zeitspannen von max. 240 min messtechnisch erfasst. In den Abb. 5, 5a und 5b ist jeweils die in den einzelnen Emissionsprobenahmen 3, 9, 10 und 11 gemessene mittlere PAH-Gesamtkonzentration, die von Naphthalin sowie von Benzo[a]pyren einander gegenübergestellt. Die entsprechenden PAH-Einzelwerte sind den Tab. 3, 9, 10 und 11 zu entnehmen. Das hinsichtlich der Kanzerogenität dem Benz[a]pyren vergleichbare wenn nicht sogar noch stärkere wirksame Dibenz[a,h]anthracen sowie das Benzo[g,h,i]perylen konnten in keiner Emissionsprobenahme nachgewiesen werden. Da die während der 100- bzw. 240-minütigen Probenahmedauer gemessenen PAH-Verluste mittels des BIA-Systems gravierend waren, wurden in diesen beiden Fällen nur die mit dem Kühlsystem erhaltenen Ergebnisse berücksichtigt.

Materialuntersuchung

Tab. 12 enthält die Massenanteile der in den Hotmelt-Leichtfolien 115.1 der Fa. Aksys bestimmten PAH. Bei einem durchschnittlichen Gesamtgewicht von 3,95 kg/m² enthält

danach 1 m² Folie ca. 68 mg der analysierten PAH. Davon entfallen auf Naphthalin ca. 7,7 mg und auf Benzo[a]pyren 0,72 mg.

Schlussfolgerungen

Aus messtechnisch-analytischer Sicht war das Probenahmeverfahren für PAH den hier vorgegebenen Bedingungen der Versuchsdurchführung anzupassen, da anderenfalls mit dem herkömmlichen Sammelsystemen (BIA) deutlich geringere PAH-Konzentrationen gemessen werden. Die Interpretation der Werte orientiert sich daher ausnahmslos an den Resultaten, die an dem mit Kühlung versehenen Sammelsystem erhalten wurden.

Die Ergebnisse lassen folgende Rückschlüsse zu:

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei den vorgegebenen Temperaturprofilen bereits ab 125°C PAH emittiert werden. Nachgewiesen werden konnte u. a. das in der MAK-Werte-Liste als im Tierexperiment krebserzeugend eingestufte Naphthalin und Benzo[a]pyren. Dabei haben Temperierungszeiten von 25 bis 100 min keinen wesentlichen Einfluss auf die Höhe dieser Konzentrationen. Demgegenüber können gesteigerte PAH-Emissionen bei 240 min festgestellt werden, die vorwiegend durch die vergleichsweise leichter flüchtigen PAH –insbesondere Naphthalin- hervorgerufen werden. Bedingt durch die wenig ausgeprägte Flüchtigkeit der mehrkernigen polycyclischen Aromaten, so auch Benzo[a]pyren, lassen sich diese nicht oder nur im Bereich der Nachweisgrenze bestimmen.

Wie erwartet ändert der Temperatursprung von 125°C auf 190°C und einer Temperierungszeit von nur 25 min das PAH-Emissionsverhalten deutlich. So resultiert beispielsweise eine um ca. 170% gesteigerte Konzentration der aufsummierten PAH. Der in der anschließenden Abkühlphase auf 40°C beobachtete weitere Konzentrationsanstieg ist auf die relativ langsame Abkühlzeit des Ofens mit einer weiteren, abklingenden PAH-Emission zurückzuführen.

Die zur Überprüfung des zeitabhängigen Emissions-Verlaufs bei konstanter Temperatur von 125°C durchgeführten Messungen zeigen im Fall der PAH-Gesamtemission bzw. des Naphthalins eine lineare Abhängigkeit mit einem Bestimmtheitsmaß r^2 von 0,9937 bzw. 0,9968, s. Abb. 6. Die Benzo[a]pyren-Emissionen folgen dieser Linearität insofern nicht, da bei der o. g. Temperatur die Verdampfungstendenz dieser Komponente unbedeutend ist, und die gemessenen Konzentrationen starken Schwankungen unterworfen und eher dem oberen Bereich der Nachweisgrenze zuzuordnen sind.

Einen vergleichbaren linearen Verlauf mit jedoch wesentlich höheren Emissionen zeigen die konstant bei max. 190°C vorgenommenen Emissionsversuche, s. Prüfablauf 3. Auch in diesem Prüfablauf ist eine strenge Linearität der emittierten PAH-Komponenten von der Temperierungszeit festzustellen, die in diesem Fall auch Benzo[a]pyren einschließt, s. Abb. 7.

Die ermittelten Linearitäten erlauben es daher, die -bei von beiden Prüfabläufen abweichenden Probenahmezeiten- resultierenden PAH-Emissionen bzw. Konzentrationen durch Extrapolation zu bestimmen.

Zur Abschätzung eines krebserzeugenden Risikos durch die in den Emissionen auftretenden PAH, namentlich Naphthalin und Benzo[a]pyren, wird die Emissionsprobenahme mit dem höchsten PAH-Konzentrationen zugrunde gelegt. Dies trifft zu für die Emissionsprobenahme 11 des Prüfablaufs 3. Danach beträgt die über eine bei 190°C und einer Probenahmezeit von 240 min gemittelte Naphthalin-Konzentration ca. 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Praxisorientiert unterschreitet dieser Wert den TRK-Wert von Naphthalin von 50 mg/m^3 um etwa den Faktor 925. Die entsprechende Benzo[a]pyren-Konzentration liegt bei 164 ng/m^3 und unterschreitet den TRK-Wert von 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ um etwa den Faktor 12. Zum Vergleich werden ubiquitäre Hintergrundbelastungen je nach Region und Jahreszeit im Bereich von 0,1 – 333 ng/m^3 angegeben. In Zigarettenrauch belasteter Umwelt wurden Benzo[a]pyren-Konzentrationen zwischen 2,8 und 760 ng/m^3 ermittelt.

Prüfablauf 1 (Simulierter Ablauf im Rohbau- und KTL-Ofen):

1. Emissionsprobenahme

Matte A wird bei Raumtemperatur (RT) in den Ofen gelegt und mit einer maximalen Temperaturrate auf 125°C aufgeheizt (Zeit W Minuten). Anschließend wird 25 Minuten die Matte A bei 125 °C temperiert.

Die Emissionsprobenahme dauert $W + 25$ Minuten.

2. Emissionsprobenahme

Matte B wird bei RT in den Ofen gelegt und weiter wie mit Matte A verfahren. Anschließend wird auf 70 °C abgekühlt (Zeit X Minuten) und 10 Minuten bei 70 °C belassen.

Die Emissionsprobenahme dauert daher $W + 25$ Minuten + X + 10 Minuten.

3. Emissionsprobenahme

Matte C wird bei RT in den Ofen gelegt und weiter wie mit Matte B verfahren. Anschließend wird auf 190°C aufgeheizt (Zeit Y Minuten) und 25 Minuten bei 190°C belassen.

Die Emissionsprobenahme dauert daher $W + 25$ Minuten + X + 10 Minuten + Y + 25 Minuten.

4. Emissionsprobenahme

Matte D wird bei RT in den Ofen gelegt und weiter wie mit Matte C verfahren. Anschließend wird auf 40°C abgekühlt (Zeit Z Minuten) und 10 Minuten bei 40°C belassen.

Die Emissionsprobenahme dauert daher $W + 25$ Minuten + X + 10 Minuten + Y + 25 Minuten + Z + 10 Minuten.

Prüfablauf 2 (Verlauf der Emissionen im Rohbau-Ofen):

5. Emissionsprobenahme

Matte E wird bei RT in den Ofen gelegt und mit einer maximalen Temperaturrate auf 125°C aufgeheizt (Zeit W Minuten). Anschließend wird 50 Minuten die Matte E bei 125 °C temperiert.

Die Emissionsprobenahme dauert $W + 50$ Minuten.

6. Emissionsprobenahme

Matte F wird bei RT in den Ofen gelegt und mit einer maximalen Temperaturrate auf 125°C aufgeheizt (Zeit W Minuten). Anschließend wird 75 Minuten die Matte F bei 125 °C temperiert.

Die Emissionsprobenahme dauert $W + 75$ Minuten.

7. Emissionsprobenahme

Matte G wird bei RT in den Ofen gelegt und mit einer maximalen Temperaturrate auf 125°C aufgeheizt (Zeit W Minuten). Anschließend wird 100 Minuten die Matte G bei 125 °C temperiert.

Die Emissionsprobenahme dauert $W + 100$ Minuten.

8. Emissionsprobenahme

Matte H wird bei RT in den Ofen gelegt und mit einer maximalen Temperaturrate auf 125°C aufgeheizt (Zeit W Minuten). Anschließend wird 240 Minuten die Matte H bei 125 °C temperiert.

Die Emissionsprobenahme dauert $W + 240$ Minuten.

Prüfablauf 3 (Verlauf der Emissionen im KTL-Ofen):

9. Emissionsprobenahme

Matte I wird bei RT in den Ofen gelegt und weiter wie mit Matte B verfahren (hochheizen auf 125°C, 25 Minuten bei 125°C, abkühlen auf 70°C, 10 Minuten bei 70°C). Anschließend wird auf 190°C aufgeheizt (Zeit Y Minuten) und 50 Minuten bei 190°C belassen.

Die Emissionsprobenahme dauert daher $W + 25$ Minuten + $X + 10$ Minuten + $Y + 50$ Minuten.

10. Emissionsprobenahme

Matte J wird bei RT in den Ofen gelegt und weiter wie mit Matte B verfahren (hochheizen auf 125°C, 25 Minuten bei 125°C, abkühlen auf 70°C, 10 Minuten bei 70°C). Anschließend wird auf 190°C aufgeheizt (Zeit Y Minuten) und 100 Minuten bei 190°C belassen.

Die Emissionsprobenahme dauert daher $W + 25$ Minuten + $X + 10$ Minuten + $Y + 100$ Minuten.

11. Emissionsprobenahme

Matte K wird bei RT in den Ofen gelegt und weiter wie mit Matte B verfahren (hochheizen auf 125°C, 25 Minuten bei 125°C, abkühlen auf 70°C, 10 Minuten bei 70°C). Anschließend wird auf 190°C aufgeheizt (Zeit Y Minuten) und 240 Minuten bei 190°C belassen.

Die Emissionsprobenahme dauert daher $W + 25$ Minuten + $X + 10$ Minuten + $Y + 240$ Minuten.



Abb. 1: Wärmetrockenschrank mit schichtweise eingelegten Dämpfungsfolien.

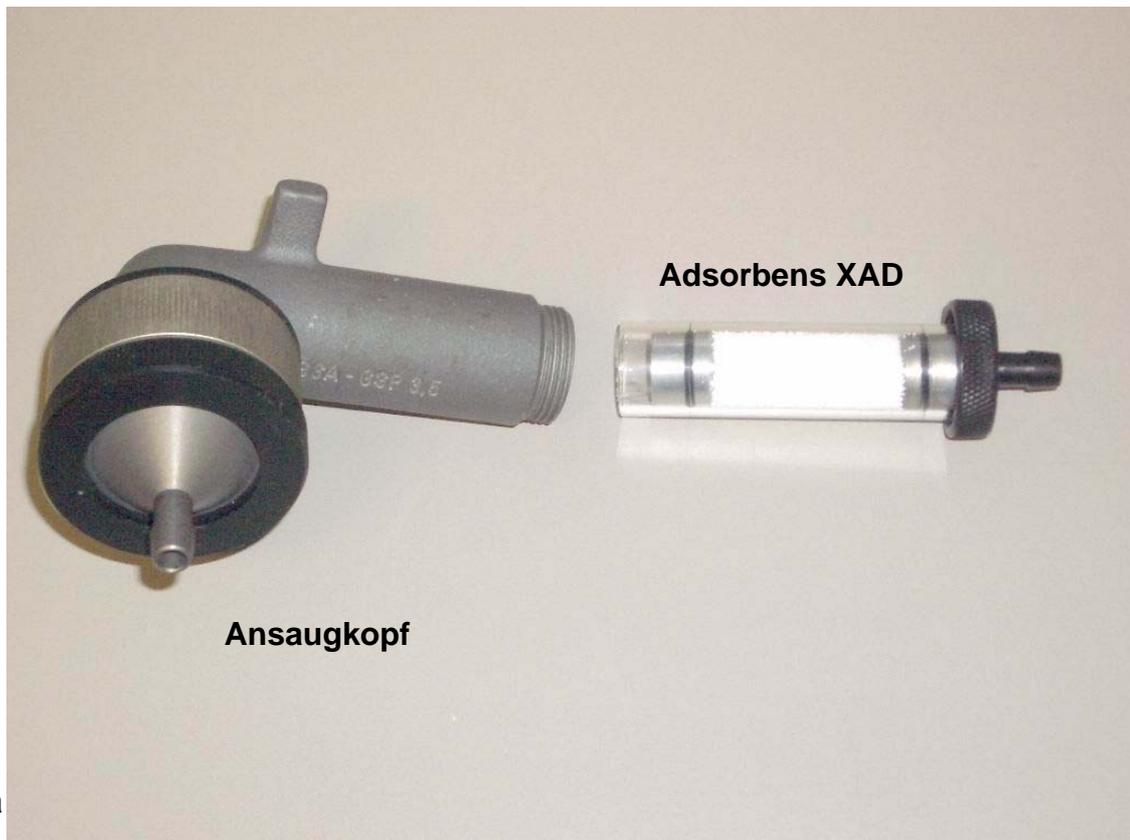


Abb. 2a



Abb. 2b

Abb. 2a u. b.: Für die Emissionsmessungen benutzt PAH-Sammelsysteme nach BIA, s. Abb. 2a und modifiziert zur Kühlung der heißen PAH-Emissionen, s. Abb. 2b.

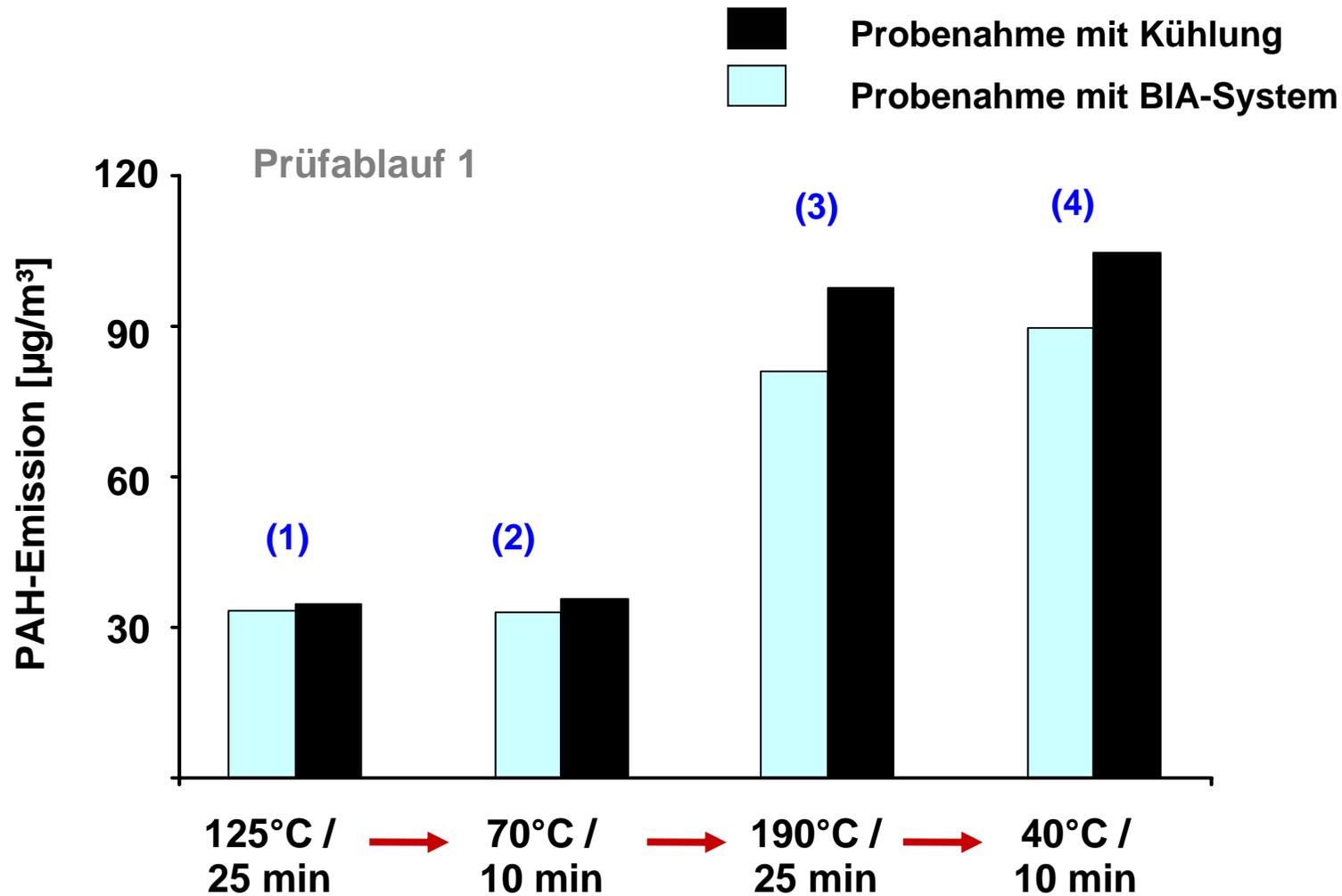


Abb. 3: PAH-Emissionen nach dem im Prüfablauf 1 vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm. Die in Parenthese stehenden Zahlen geben (sowie in allen folgenden Abb.) die jeweiligen Emissionsprobenahmen an.

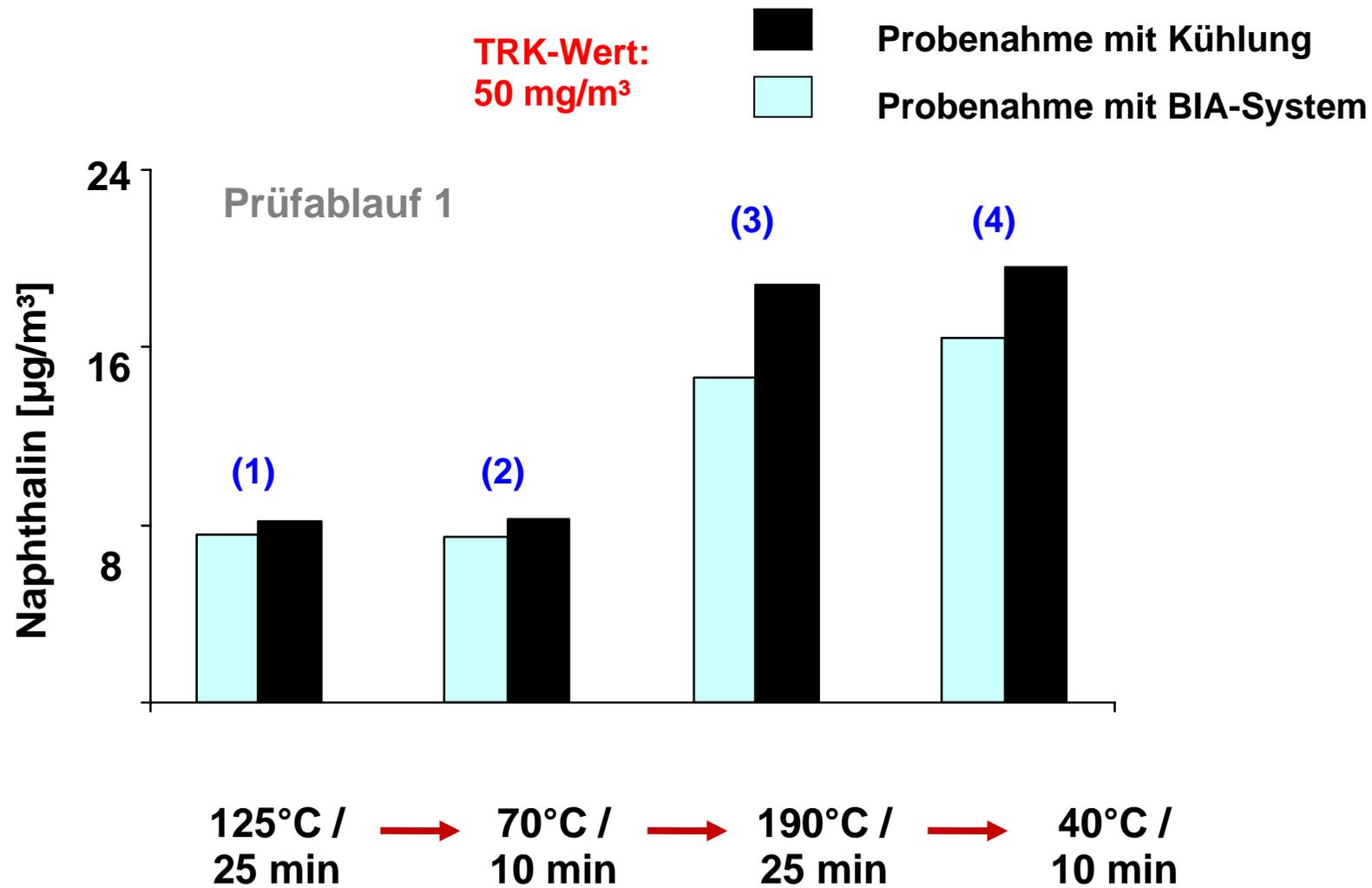


Abb. 3a: Naphthalin-Emissionen nach dem im Prüfablauf 1 vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

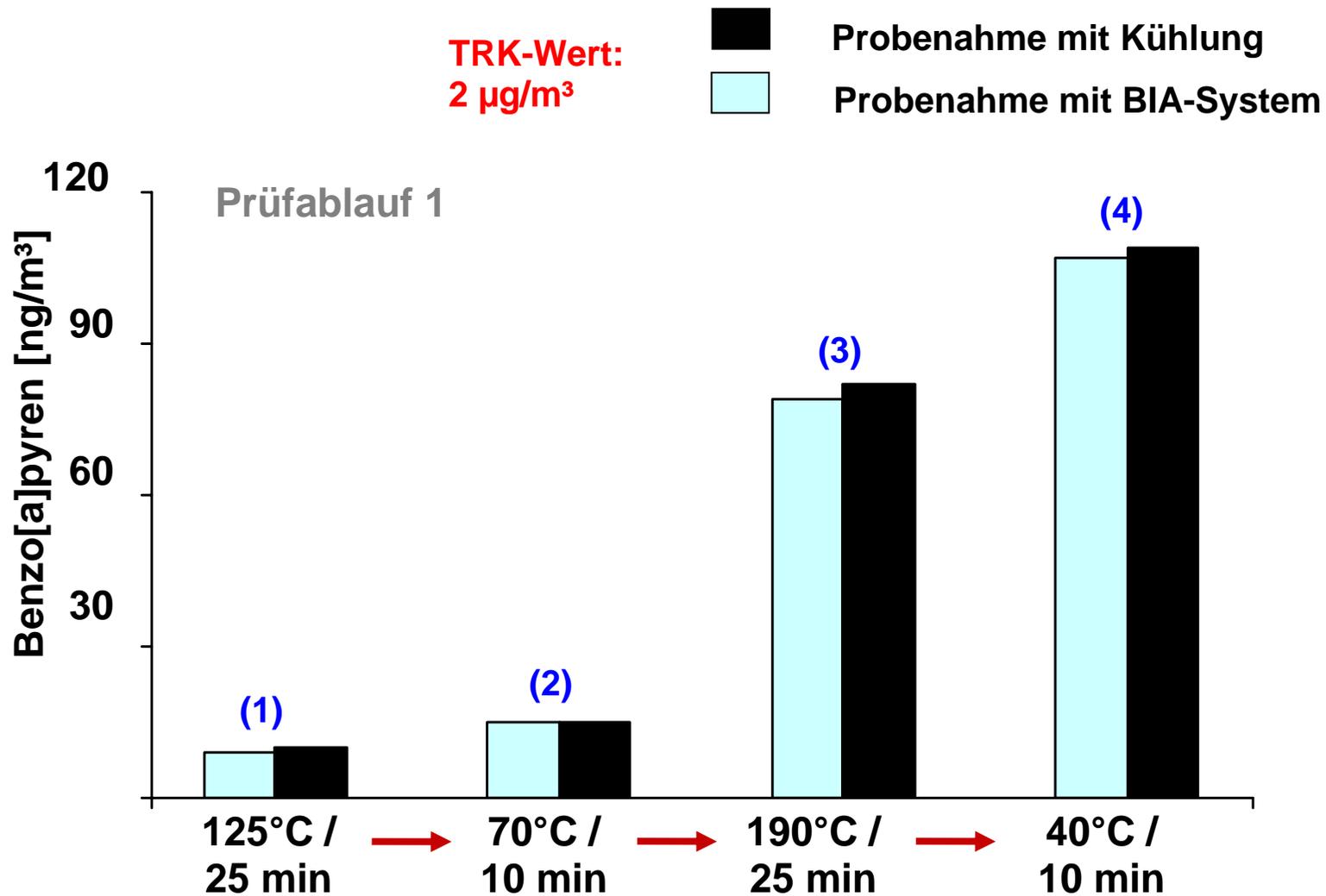


Abb. 3b: Benzo[a]pyren-Emissionen nach dem im Prüfablauf 1 vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

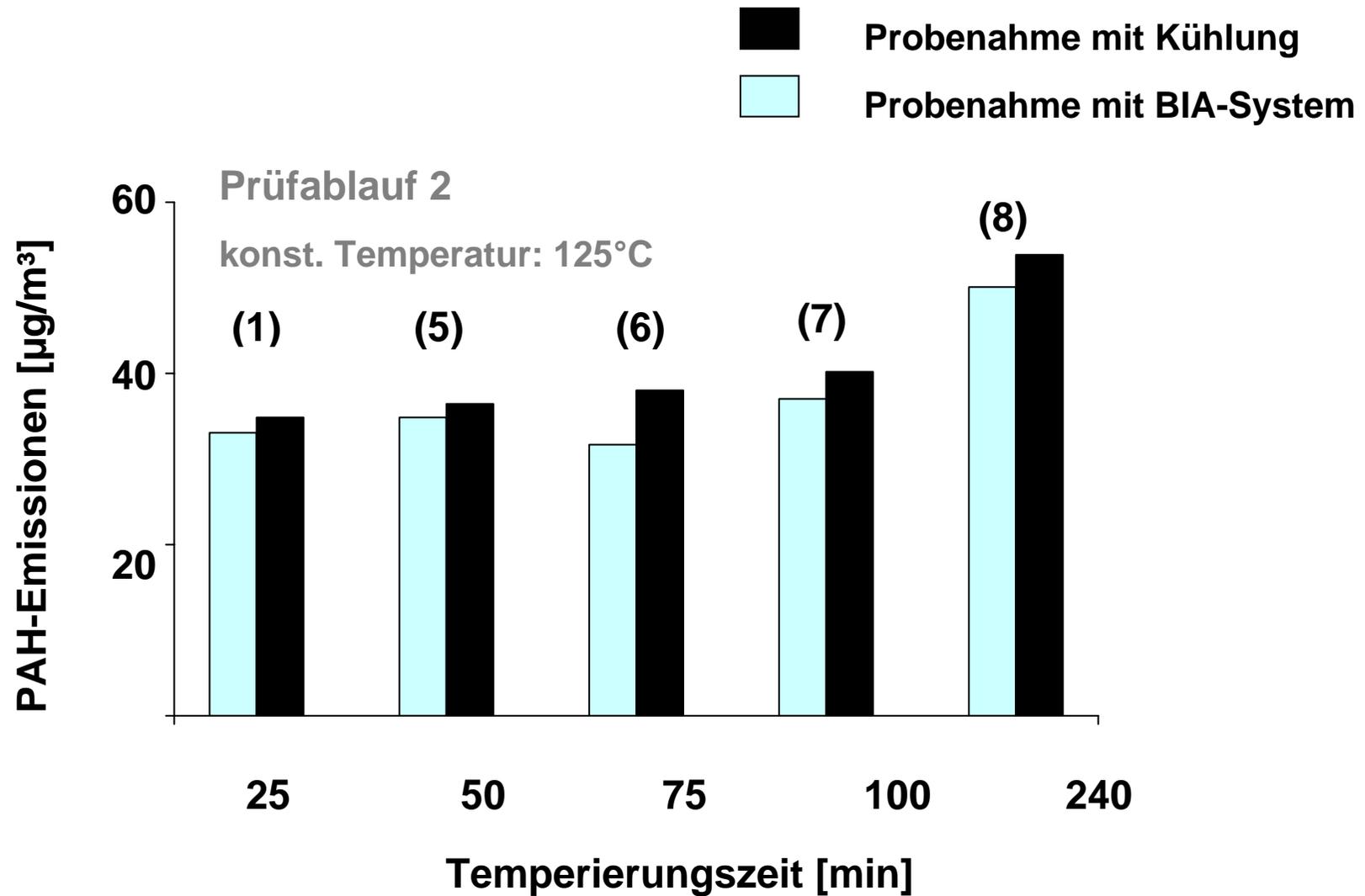


Abb. 4: PAH-Emissionen nach im Prüfablauf 2 und zusätzlich in der 1. Emissionsprobenahme vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

**TRK-Wert:
50 mg/m³**

■ Probenahme mit Kühlung
□ Probenahme mit BIA-System

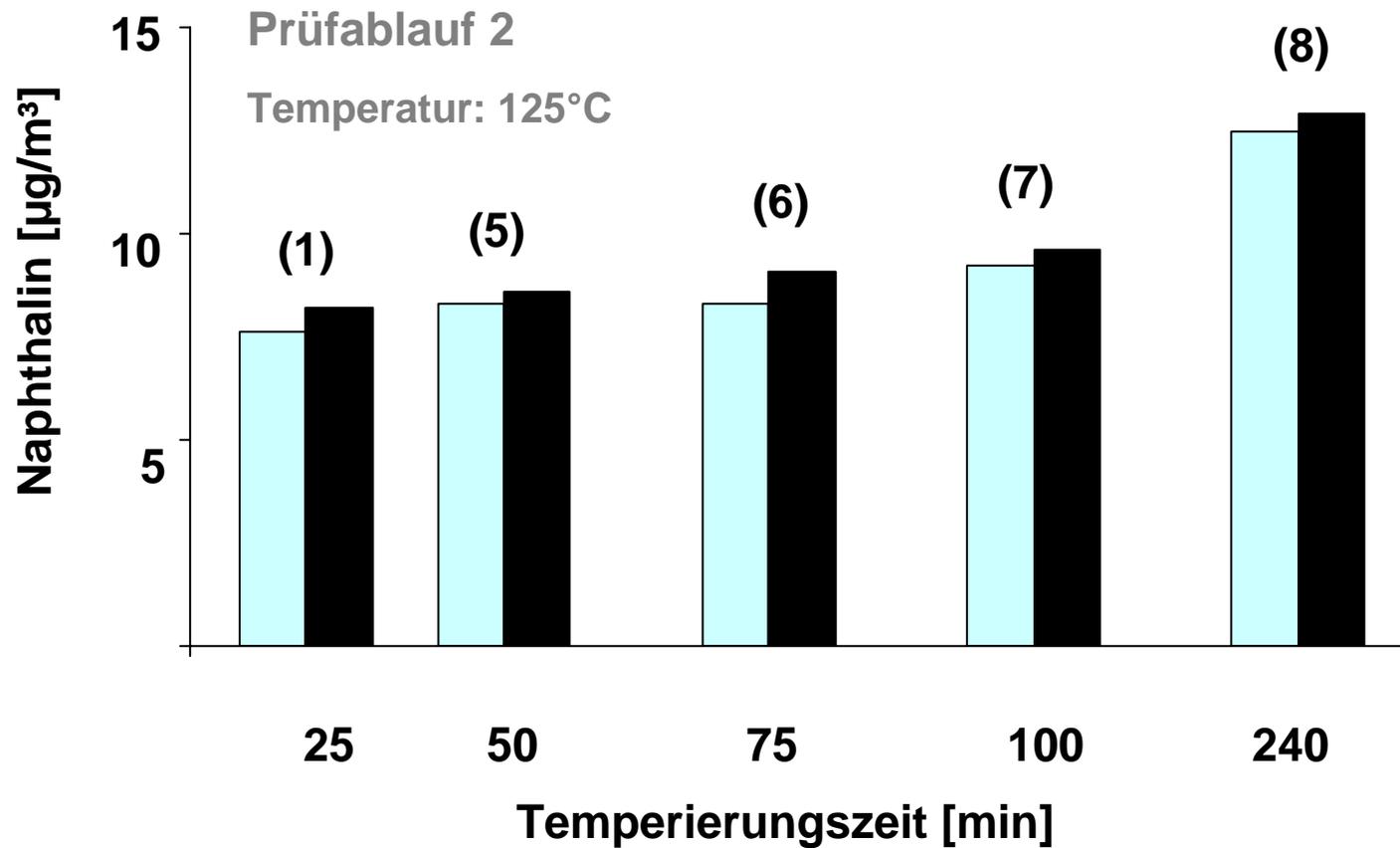


Abb. 4a: Naphthalin-Emissionen nach im Prüfablauf 2 und zusätzlich in der 1. Emissionsprobenahme vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

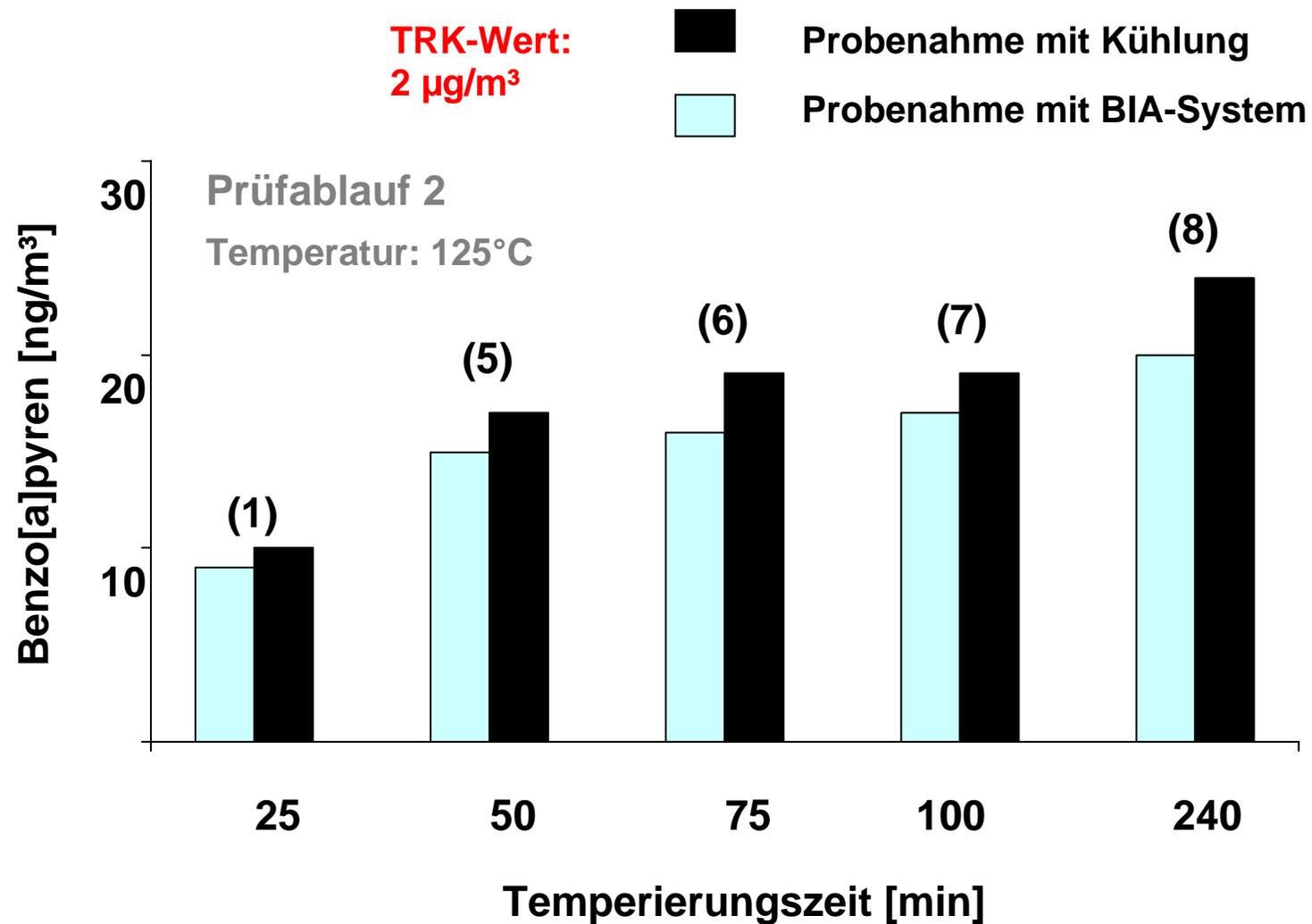


Abb. 4b: Benzo[a]pyren-Emissionen nach im Prüfablauf 2 und zusätzlich in der 1.Emissionsprobenahme vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

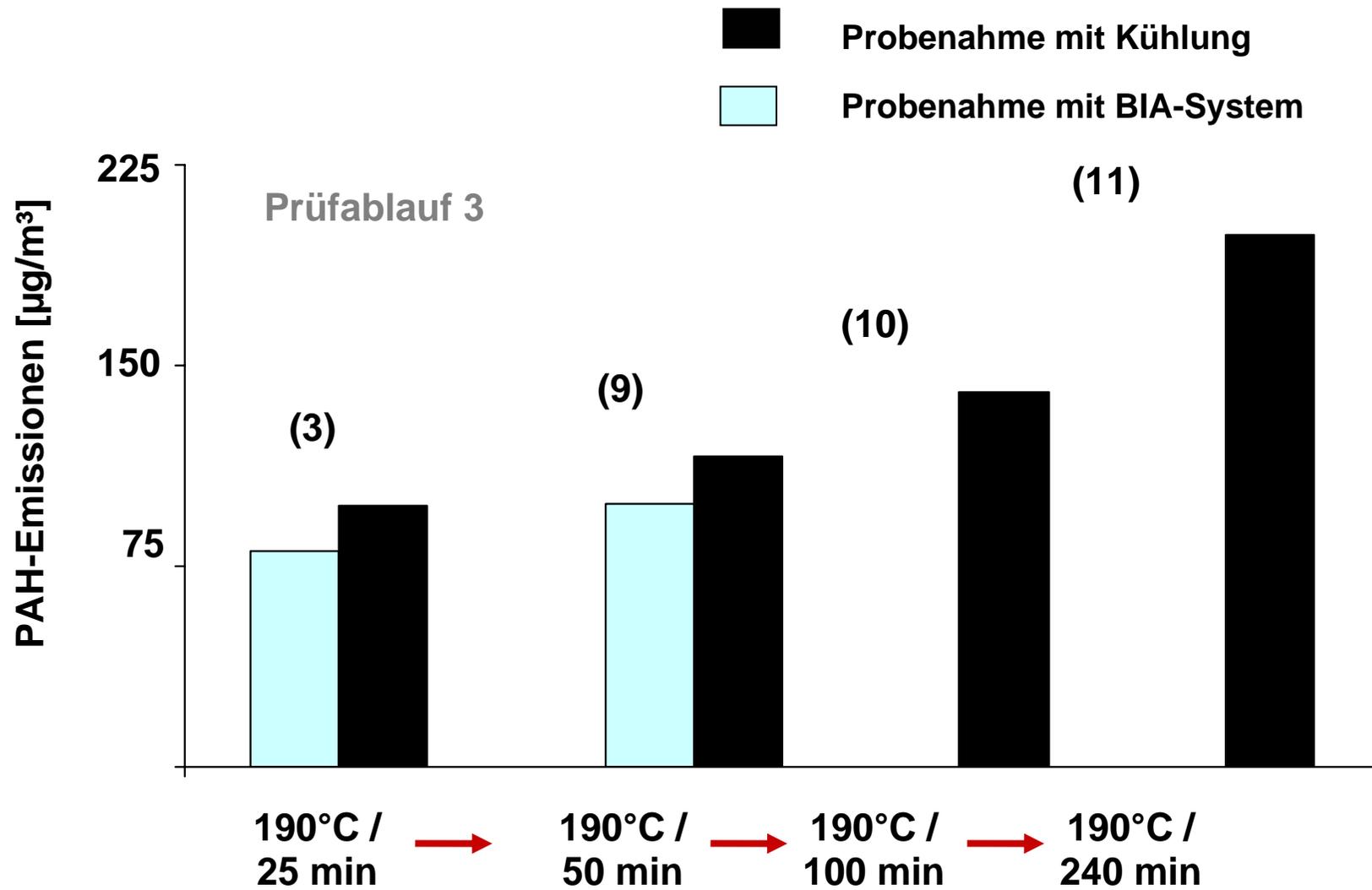


Abb. 5: PAH-Emissionen nach im Prüfablauf 3 und zusätzlich in der 3.Emissionsprobenahme vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

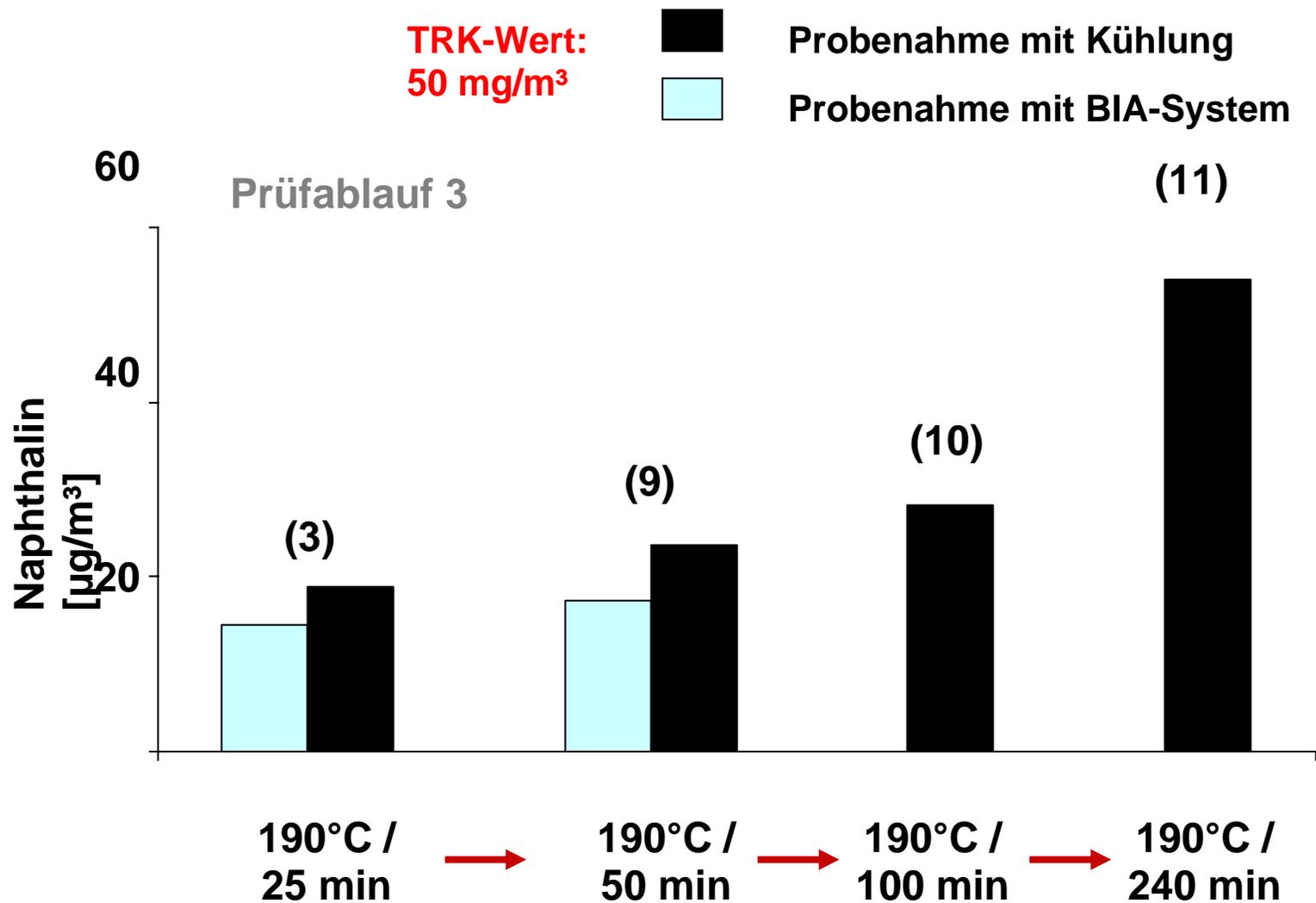


Abb. 5a: Naphthalin-Emissionen nach im Prüfablauf 3 und zusätzlich in der 3.Emissionsprobenahme vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

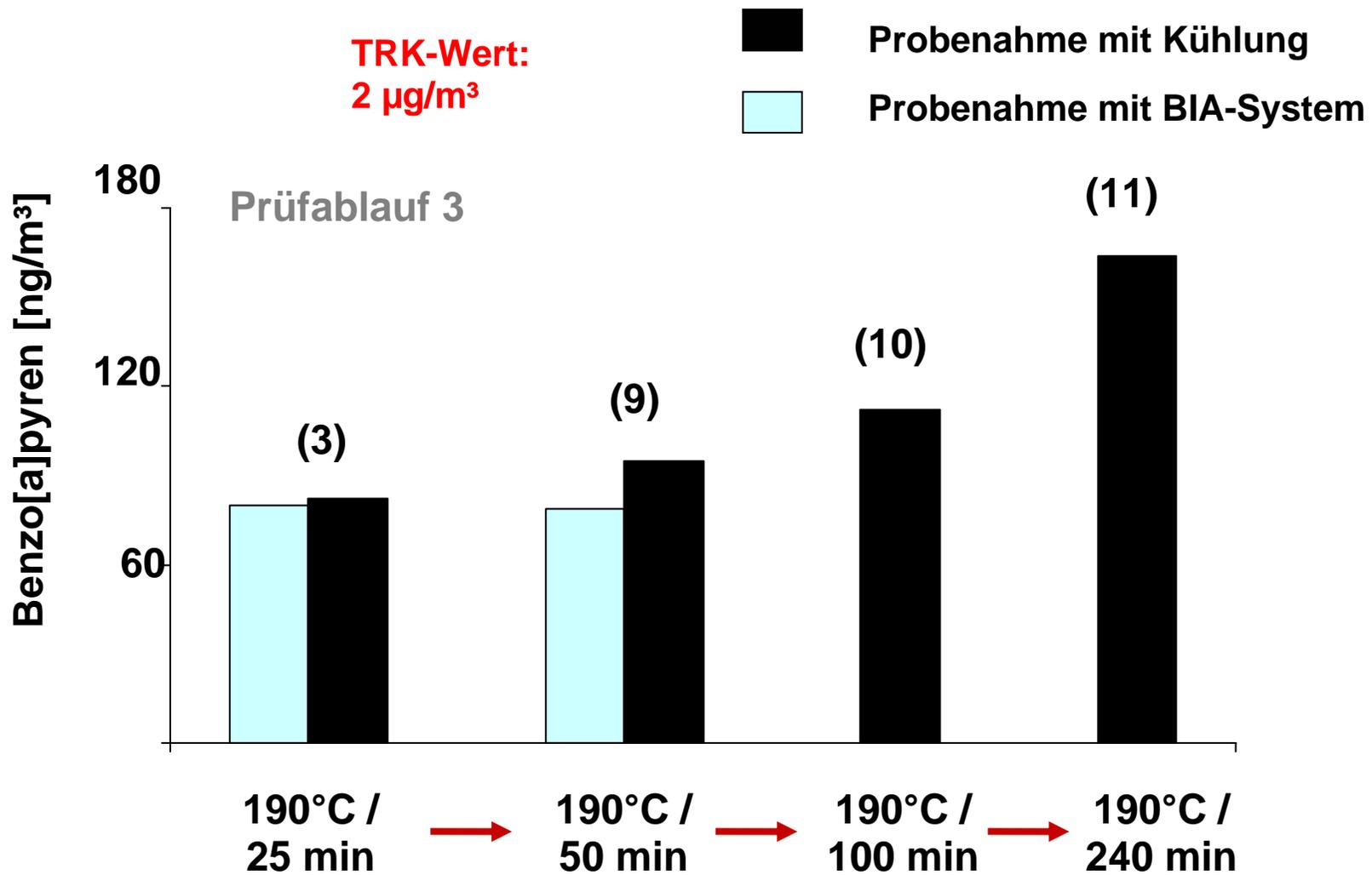


Abb. 5b: Benzo[a]pyren-Emissionen nach im Prüfablauf 3 und zusätzlich in der 3.Emissionsprobenahme vorgegebenen Temperatur- und Zeitprogramm.

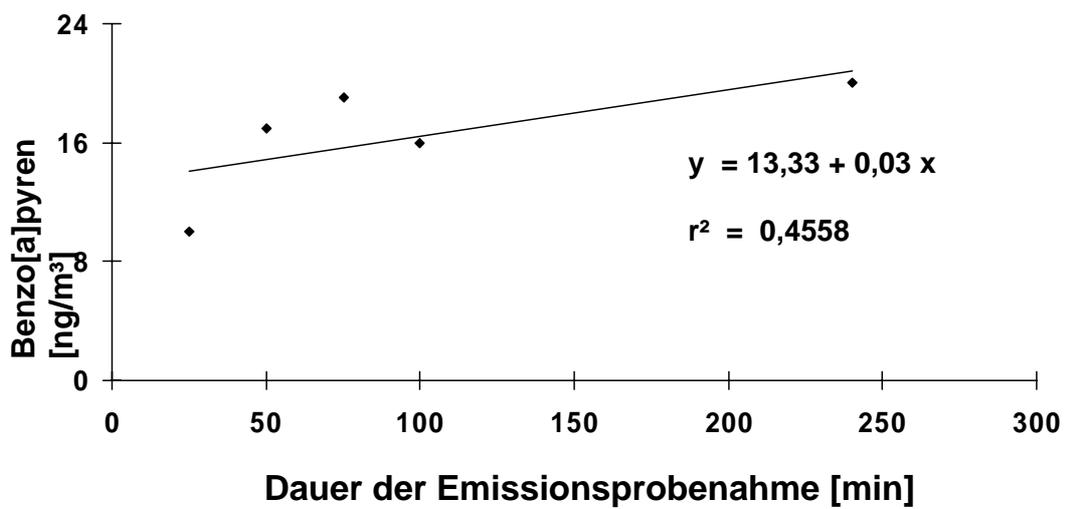
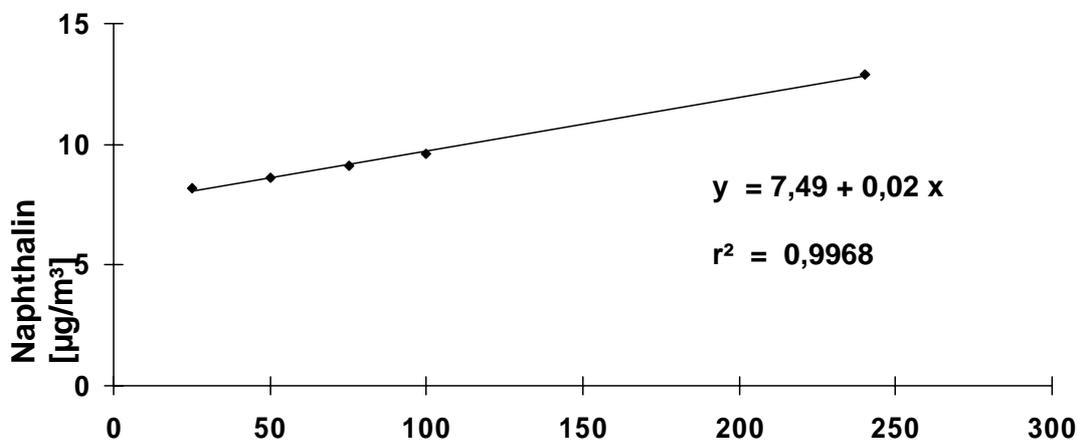
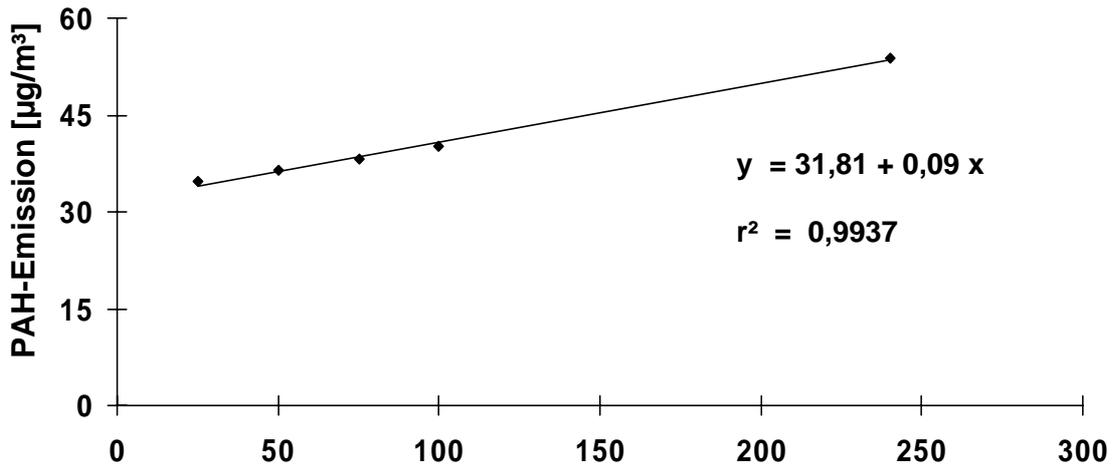


Abb. 6: Zeitabhängiger Verlauf der PAH-Emissionen der Probenahmen 1 und 5 - 8 (Prüfablauf 2) bei konstanter Ofentemperatur von 125°C

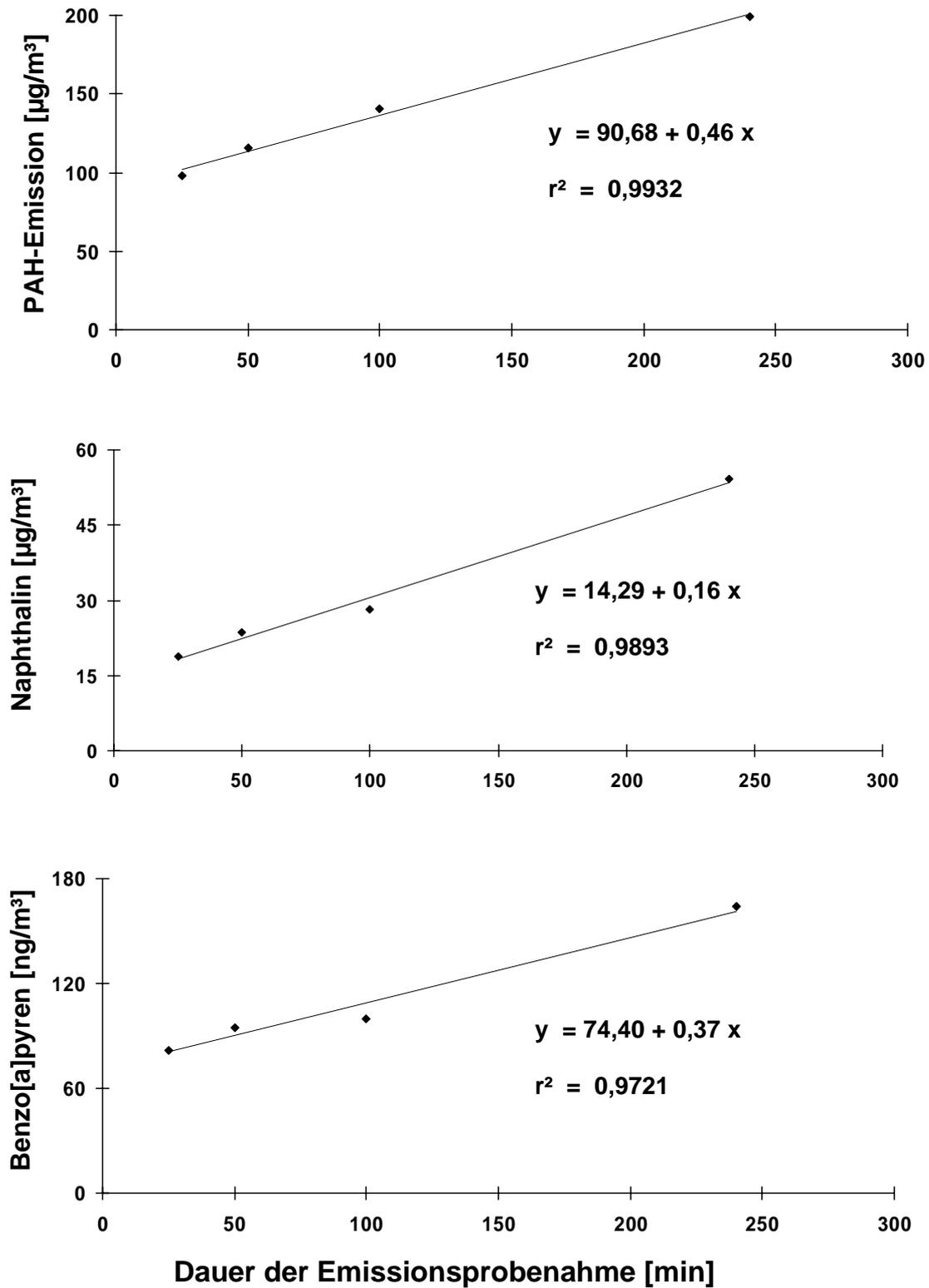


Abb. 7: Zeitabhängiger Verlauf der PAH-Emissionen der Probenahmen 3 und 9 - 11 (Prüfablauf 3) bei konstanter Ofentemperatur von 190°C

Tab. 1: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 1. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 1. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 7464 | 8155 | 7827 | 8273 | 8214 | 7646 |
| 1-Benzothiophen | 5291 | 5546 | 5646 | 5864 | 5705 | 5468 |
| Acenaphthylen | 1273 | 1409 | 1364 | 1482 | 1445 | 1318 |
| Acenaphthen | 3109 | 3291 | 3036 | 3209 | 3250 | 3073 |
| Fluoren | 7136 | 7309 | 7264 | 7464 | 7386 | 7200 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 5100 | 5218 | 5355 | 5446 | 5332 | 5227 |
| Pyren | 1718 | 1864 | 1809 | 1918 | 1891 | 1764 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 754 | 900 | 864 | 955 | 927 | 809 |
| Benz[a]anthracen | 73 | 91 | 56 | 100 | 95 | 65 |
| Chrysen | 536 | 573 | 445 | 491 | 532 | 491 |
| Benzo[b]fluoranthen | 15 | 18 | 18 | 18 | 18 | 17 |
| Benzo[k]fluoranthen | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Benzo[e]pyren | 14 | 18 | 16 | 27 | 23 | 15 |
| Benzo[a]pyren | 10 | 10 | 7 | 9 | 10 | 9 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 32504 | 34411 | 33715 | 35264 | 34837 | 33109 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 2: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 2. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 2. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 7459 | 8952 | 7504 | 7641 | 8296 | 7481 |
| 1-Benzothiophen | 5541 | 5844 | 5640 | 5632 | 5738 | 5590 |
| Acenaphthylen | 1213 | 1387 | 1380 | 1584 | 1486 | 1296 |
| Acenaphthen | 3191 | 3366 | 3153 | 3297 | 3331 | 3172 |
| Fluoren | 7156 | 7398 | 7292 | 7497 | 7447 | 7224 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 5298 | 5473 | 5450 | 5647 | 5560 | 5374 |
| Pyren | 1759 | 1827 | 1933 | 2107 | 1967 | 1846 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 910 | 993 | 993 | 1076 | 1035 | 951 |
| Benz[a]anthracen | 76 | 91 | 83 | 121 | 106 | 80 |
| Chrysen | 523 | 629 | 447 | 531 | 580 | 485 |
| Benzo[b]fluoranthen | 18 | 15 | 23 | 23 | 19 | 20 |
| Benzo[k]fluoranthen | 7 | 15 | 5 | 6 | 10 | 6 |
| Benzo[e]pyren | 18 | 23 | 23 | 23 | 23 | 20 |
| Benzo[a]pyren | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 33183 | 36027 | 33941 | 35200 | 35614 | 33562 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 3: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 3. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 3. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 14884 | 18596 | 14218 | 19017 | 18806 | 14551 |
| 1-Benzothiophen | 6982 | 10736 | 7253 | 11153 | 10944 | 7118 |
| Acenaphthylen | 5338 | 5762 | 5253 | 6164 | 5963 | 5295 |
| Acenaphthen | 5539 | 6979 | 6208 | 7559 | 7269 | 5873 |
| Fluoren | 15163 | 16829 | 15289 | 17190 | 17010 | 15226 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 14430 | 16074 | 13518 | 14925 | 15499 | 13974 |
| Pyren | 8723 | 10252 | 8921 | 10583 | 10418 | 8822 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 6432 | 7433 | 6331 | 7459 | 7446 | 6382 |
| Benz[a]anthracen | 580 | 774 | 696 | 878 | 826 | 638 |
| Chrysen | 2608 | 3008 | 2928 | 3301 | 3155 | 2768 |
| Benzo[b]fluoranthen | 123 | 182 | 115 | 201 | 192 | 119 |
| Benzo[k]fluoranthen | 19 | 105 | 36 | 113 | 109 | 28 |
| Benzo[e]pyren | 82 | 104 | 104 | 115 | 110 | 93 |
| Benzo[a]pyren | 78 | 78 | 82 | 86 | 82 | 80 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | 9 | 11 | 4 | 7 | 9 | 6 |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 80990 | 96924 | 80952 | 98750 | 97837 | 80971 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 4: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 4. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 4. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|---------------|--------------|---------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 15259 | 18576 | 17540 | 20552 | 19564 | 16400 |
| 1-Benzothiophen | 8355 | 11491 | 9155 | 11931 | 11711 | 8755 |
| Acenaphthylen | 4275 | 5967 | 5609 | 6907 | 6437 | 4942 |
| Acenaphthen | 6400 | 7922 | 6988 | 8143 | 8033 | 6694 |
| Fluoren | 15528 | 17603 | 16182 | 17886 | 17744 | 15855 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 14886 | 15883 | 14958 | 16319 | 16101 | 14922 |
| Pyren | 9621 | 11627 | 10907 | 12074 | 11850 | 10264 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 6931 | 7725 | 6964 | 7764 | 7745 | 6948 |
| Benz[a]anthracen | 722 | 893 | 746 | 931 | 912 | 734 |
| Chrysen | 3579 | 3794 | 3582 | 3848 | 3821 | 3581 |
| Benzo[b]fluoranthen | 203 | 209 | 218 | 227 | 218 | 210 |
| Benzo[k]fluoranthen | 119 | 146 | 131 | 152 | 149 | 125 |
| Benzo[e]pyren | 278 | 313 | 301 | 334 | 324 | 290 |
| Benzo[a]pyren | 107 | 107 | 107 | 110 | 109 | 107 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | 9 | 9 | 9 | 12 | 10 | 9 |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 86272 | 102264 | 93398 | 107191 | 104728 | 89835 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 5: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 5. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 5. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | | |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | Kühler | BIA |
| Naphthalin | 8019 | 8250 | 8646 | 8890 | 8570 | 8333 |
| 1-Benzothiophen | 5549 | 5754 | 5715 | 5894 | 5824 | 5632 |
| Acenaphthylen | 1350 | 1485 | 1414 | 1562 | 1523 | 1382 |
| Acenaphthen | 3206 | 3418 | 3130 | 3347 | 3382 | 3168 |
| Fluoren | 7373 | 7571 | 7546 | 7699 | 7635 | 7459 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 5254 | 5562 | 5542 | 5766 | 5664 | 5398 |
| Pyren | 1839 | 1926 | 1952 | 2125 | 2026 | 1896 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 979 | 1146 | 934 | 1050 | 1098 | 957 |
| Benzo[a]anthracen | 71 | 109 | 66 | 115 | 112 | 69 |
| Chrysen | 531 | 634 | 480 | 570 | 602 | 506 |
| Benzo[b]fluoranthen | 19 | 19 | 19 | 26 | 22 | 19 |
| Benzo[k]fluoranthen | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Benzo[e]pyren | 24 | 26 | 20 | 26 | 26 | 22 |
| Benzo[a]pyren | 14 | 16 | 15 | 17 | 17 | 15 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 34242 | 35927 | 35491 | 37100 | 36514 | 34866 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 6: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 6. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 6. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 8563 | 8915 | 9044 | 9363 | 9139 | 8804 |
| 1-Benzothiophen | 5707 | 5964 | 5764 | 6136 | 6050 | 5736 |
| Acenaphthylen | 1471 | 1623 | 1537 | 1695 | 1659 | 1504 |
| Acenaphthen | 3327 | 3480 | 3441 | 3575 | 3527 | 3384 |
| Fluoren | 7564 | 7773 | 7673 | 7830 | 7802 | 7618 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthren | 5241 | 5802 | 5555 | 5812 | 5807 | 5398 |
| Pyren | 1771 | 1956 | 1956 | 2194 | 2075 | 1864 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 952 | 1209 | 890 | 1157 | 1183 | 921 |
| Benz[a]anthracen | 81 | 135 | 95 | 137 | 136 | 88 |
| Chrysen | 514 | 633 | 528 | 676 | 655 | 521 |
| Benzo[b]fluoranthren | 29 | 24 | 19 | 25 | 24 | 24 |
| Benzo[k]fluoranthren | 10 | 19 | 11 | 14 | 17 | 10 |
| Benzo[e]pyren | 19 | 24 | 24 | 29 | 26 | 21 |
| Benzo[a]pyren | 14 | 19 | 14 | 19 | 19 | 14 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 26700 | 37577 | 36553 | 38661 | 38119 | 31627 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 7: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 7. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 7. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 9140 | 9498 | 9282 | 9752 | 9625 | 9211 |
| 1-Benzothiophen | 5513 | 6206 | 5944 | 6545 | 6376 | 5729 |
| Acenaphthylen | 1582 | 1756 | 1675 | 1833 | 1794 | 1629 |
| Acenaphthen | 3469 | 3638 | 3596 | 3846 | 3742 | 3532 |
| Fluoren | 7303 | 7831 | 7735 | 8389 | 8110 | 7519 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 5821 | 6160 | 5559 | 6060 | 6110 | 5690 |
| Pyren | 2040 | 2165 | 1967 | 2264 | 2214 | 2004 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 1018 | 1159 | 1113 | 1244 | 1201 | 1065 |
| Benz[a]anthracen | 108 | 142 | 131 | 177 | 160 | 119 |
| Chrysen | 534 | 689 | 678 | 770 | 730 | 606 |
| Benzo[b]fluoranthen | 18 | 23 | 23 | 27 | 25 | 21 |
| Benzo[k]fluoranthen | 12 | 15 | 11 | 15 | 15 | 11 |
| Benzo[e]pyren | 25 | 35 | 36 | 35 | 35 | 31 |
| Benzo[a]pyren | 8 | 12 | 15 | 19 | 16 | 12 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 36591 | 39330 | 37766 | 40976 | 40153 | 37178 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 8: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 8. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 8. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 12218 | 12633 | 12798 | 13069 | 12851 | 12508 |
| 1-Benzothiophen | 6841 | 7861 | 7428 | 8528 | 8194 | 7135 |
| Acenaphthylen | 2334 | 2666 | 2321 | 2584 | 2625 | 2327 |
| Acenaphthen | 4127 | 4292 | 4114 | 4435 | 4364 | 4120 |
| Fluoren | 10033 | 10570 | 10115 | 10745 | 10657 | 10074 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 8547 | 9102 | 8731 | 9353 | 9228 | 8639 |
| Pyren | 2334 | 2521 | 2529 | 2741 | 2631 | 2432 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 1672 | 1897 | 1652 | 1834 | 1865 | 1662 |
| Benz[a]anthracen | 165 | 206 | 196 | 227 | 216 | 181 |
| Chrysen | 966 | 1024 | 1050 | 1094 | 1059 | 1008 |
| Benzo[b]fluoranthen | 22 | 28 | 24 | 30 | 29 | 23 |
| Benzo[k]fluoranthen | 11 | 15 | 6 | 11 | 13 | 8 |
| Benzo[e]pyren | 52 | 56 | 48 | 50 | 53 | 50 |
| Benzo[a]pyren | 25 | 17 | 22 | 24 | 20 | 24 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 49348 | 52888 | 51033 | 54724 | 53806 | 50191 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 9: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 9. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 9. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | | | Mittelwert [ng/m ³] | |
|--|--|---------------|---------------|---------------|---------------------------------|--------------|
| | 1. Messung | | 2. Messung | | Kühler | BIA |
| | BIA | Kühler | BIA | Kühler | | |
| Naphthalin | 16108 | 23337 | 18340 | 24093 | 23715 | 17224 |
| 1-Benzothiophen | 13001 | 14499 | 13605 | 14571 | 14535 | 13303 |
| Acenaphthylen | 5406 | 6134 | 5176 | 6240 | 6187 | 5291 |
| Acenaphthen | 7206 | 8966 | 7852 | 8944 | 8955 | 7529 |
| Fluoren | 16063 | 18343 | 16221 | 18731 | 18537 | 16142 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 14926 | 16166 | 15540 | 16841 | 16504 | 15233 |
| Pyren | 11945 | 12988 | 11373 | 13602 | 13295 | 11659 |
| Benzo[b]naphtho[2,1d]thiophen | 7051 | 8217 | 7484 | 9008 | 8613 | 7268 |
| Benz[a]anthracen | 662 | 901 | 717 | 966 | 933 | 690 |
| Chrysen | 3543 | 3876 | 3404 | 3902 | 3889 | 3474 |
| Benzo[b]fluoranthren | 197 | 287 | 242 | 326 | 307 | 220 |
| Benzo[k]fluoranthren | 136 | 168 | 181 | 197 | 182 | 158 |
| Benzo[e]pyren | 129 | 149 | 149 | 155 | 152 | 139 |
| Benzo[a]pyren | 68 | 90 | 90 | 100 | 95 | 79 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | 10 | 13 | 10 | 13 | 13 | 10 |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 96450 | 114135 | 100383 | 117688 | 115912 | 98417 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 10: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 10. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 10. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | Mittelwert [ng/m ³] |
|---|--|----------------------|---------------------------------|
| | 1. Messung Kühler | 2. Messung Kühler | |
| Naphthalin | 28136 | 28326 | 28231 |
| 1-Benzothiophen | 18678 | 18799 | 18739 |
| Acenaphthylen | 8865 | 9072 | 8969 |
| Acenaphthen | 11594 | 11829 | 11712 |
| Fluoren | 21116 | 21650 | 21383 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 18031 | 18276 | 18153 |
| Pyren | 15065 | 15260 | 15162 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 10162 | 10401 | 10281 |
| Benz[a]anthracen | 1292 | 1371 | 1331 |
| Chrysen | 5187 | 5432 | 5309 |
| Benzo[b]fluoranthen | 412 | 467 | 440 |
| Benzo[k]fluoranthen | 247 | 277 | 262 |
| Benzo[e]pyren | 168 | 173 | 170 |
| Benzo[a]pyren | 109 | 116 | 112 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | 15 | 17 | 16 |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 139076 | 141464 | 140270 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 11: Konzentrationen mit den resultierenden Mittelwerten [ng/m³] der im Verlauf der 11. Emissionsprobenahme an den beiden Sammelsystemen gemessene einzelnen PAH-Komponenten

| 11. Emissionsprobenahme PAH-Komponente | PAH-Konzentrationen [ng/m ³] | | Mittelwert [ng/m ³] |
|---|--|----------------------|------------------------------------|
| | 1. Messung Kühler | 2. Messung Kühler | |
| Naphthalin | 53742 | 54533 | 54137 |
| 1-Benzothiophen | 24864 | 25202 | 25033 |
| Acenaphthylen | 10042 | 10204 | 10123 |
| Acenaphthen | 14207 | 14380 | 14294 |
| Fluoren | 31287 | 31500 | 31394 |
| Dibenzothiophen | n. n. | n. n. | n. n. |
| Phenanthren | n. n. | n. n. | n. n. |
| Anthracen | n. n. | n. n. | n. n. |
| Fluoranthen | 23877 | 24378 | 24128 |
| Pyren | 17289 | 17448 | 17368 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 12785 | 13073 | 12929 |
| Benz[a]anthracen | 1944 | 1986 | 1965 |
| Chrysen | 6537 | 6585 | 6561 |
| Benzo[b]fluoranthen | 549 | 583 | 566 |
| Benzo[k]fluoranthen | 321 | 340 | 331 |
| Benzo[e]pyren | 257 | 275 | 266 |
| Benzo[a]pyren | 160 | 169 | 164 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | 19 | 20 | 20 |
| Dibenz[a,h]anthracen | u. N. | u. N. | u. N. |
| Benzo[g,h,i]perylen | u. N. | u. N. | u. N. |
| Summe der PAH | 197881 | 200675 | 199278 |

n. n. = nicht nachweisbar; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Tab. 12: PAH-Massengehalt von Bitumen-Schmelzfolien der Spezifikation Hotmelt-Leichtfolie 115.1; der Fa. Aksys.

| PAH-Komponente [ng/g] | 1. Messung | 2. Messung | Mittelwert |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Naphthalin | 1961 | 1930 | 1946 |
| 1-Benzothiophen | 105 | 122 | 114 |
| Acenaphthylen | 39 | 60 | 49 |
| Acenaphthen | 110 | 85 | 97 |
| Fluoren | 667 | 631 | 649 |
| Dibenzothiophen | 1301 | 1248 | 1293 |
| Phenanthren | 4523 | 4684 | 4604 |
| Anthracen | 133 | 113 | 123 |
| Fluoranthen | 886 | 974 | 930 |
| Pyren | 697 | 722 | 709 |
| Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen | 2652 | 2656 | 2654 |
| Benz[a]anthracen | 280 | 305 | 293 |
| Chrysen | 2067 | 2071 | 2069 |
| Benzo[b]fluoranthen | 233 | 234 | 234 |
| Benzo[k]fluoranthen | 24 | 27 | 25 |
| Benzo[e]pyren | 515 | 543 | 529 |
| Benzo[a]pyren | 178 | 183 | 181 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyren | 90 | 102 | 96 |
| Dibenz[a,h]anthracen | 135 | 132 | 134 |
| Benzo[ghi]perylen | 507 | 525 | 516 |
| Summe der PAH | 17105 | 17385 | 17245 |