

## Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in geräucherten Fleischerzeugnissen nach den neuen EU-Anforderungen

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in smoked meat products following the new EU standards

W. JIRA und Katja ZIEGENHALS

### Zusammenfassung

Die neue Verordnung EG-Nr. 208/2005 sieht für geräucherte Fleischerzeugnisse einen Benzo[a]pyren-Höchstgehalt von 5 µg/kg vor. Ferner empfiehlt die EU den Mitgliedsstaaten, neben Benzo[a]pyren 14 weitere PAK zu untersuchen, um die Eignung von Benzo[a]pyren als Marker überprüfen zu können. An der BfEL Kulmbach wurde eine Analysenmethode zur Bestimmung dieser 15 SCF-PAK entwickelt, die zunächst anhand von Verdachtsproben überprüft wurde. Erste vorläufige Ergebnisse zeigen, dass Benzo[a]pyren unter den PAK mit höherem kanzerogenem Potential mengenmäßig dominiert. Derzeit laufen Untersuchungen der PAK-Gehalte möglichst repräsentativer Proben. Neben geräucherten Fleischerzeugnissen wurden auch Rauchwürzer und Räuchersalze untersucht. Diese wiesen im Median nur geringe PAK-Gehalte auf. Erste Ergebnisse zur Untersuchung der Eindringtiefe von PAK in konventionell geräucherte Fleischerzeugnisse deuten darauf hin, dass PAK kaum in das Innere eindringen können.

### Summary

The new Regulation (EC) No 208/2005 permits a maximum level of 5 µg benzo[a]pyrene/kg for smoked meat products. Furthermore the European Union recommends the member states to investigate the concentrations of 14 other PAH in addition to benzo[a]pyrene in order to check the suitability of benzo[a]pyrene as a marker. The BfEL Kulmbach developed an analytical method for the determination of these 15 SCF-PAH, which were examined first on the basis of suspicious samples. First preliminary results show that benzo[a]pyrene quantitatively dominates within the group of PAH with a higher carcinogenic potential. At present analytical studies of the PAH contents of representative samples are carried out. Beside smoked meat products also smoke flavourings and smoke salts were examined, which showed only low PAH contents in the median. First results of the investigation of the penetration of PAH into traditionally smoked meat products point to the fact that PAH can hardly penetrate into the inside.

---

<b>Schlüsselwörter</b>	SCF-PAK – GC/MS – geräucherte Fleischerzeugnisse – Verordnung (EG) Nr. 208/2005 – Rauchwürzer – Räuchersalze – Eindringtiefe
<b>Key Words</b>	SCF-PAH – GC/MS – smoked meat products – Commission Regulation (EC) No 208/2005 – smoke flavourings – smoke salts – penetration

---

### Einleitung

Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind ubiquitäre, in der Umwelt durch Pyrolyse von organischem Material gebildete organische Verbindungen. Verschiedene andere Quellen können zusätzlich für das Vorkommen von PAK in

Lebensmitteln verantwortlich sein. Verarbeitungsprozesse wie Räuchern, Trocknen oder Erhitzen können zur Bildung hoher Gehalte an PAK führen. Die PAK zeichnen sich durch zwei oder mehr kondensierte aromatische Kohlenstoffringe aus. Es gehören bis zu 250 verschiedene Substanzen der Gruppe der PAK an, von denen

einige krebserregende Eigenschaften besitzen. Die bekannteste karzinogene PAK-Verbindung ist das Benzo[a]pyren, welches bislang als Leitsubstanz verwendet wird. Bis April 2005 sah die gesetzliche Regelung für Benzo[a]pyren in Fleischerzeugnissen zwei unterschiedliche tolerierbare Höchstgehalte vor:

Für Fleischerzeugnisse, die mit frisch entwickeltem Rauch geräuchert wurden, galt nach Aromenverordnung § 3 (3) ein tolerierbarer Benzo[a]pyren-Höchstgehalt von 1 µg/kg. Für Fleischerzeugnisse, die mit Raucharomen behandelt wurden, galt die Regelung, dass dem Fleischerzeugnis durch den Zusatz von Raucharomen nicht mehr als 0,03 µg/kg Benzo[a]pyren zugeführt werden durften.

### EU-Benzo[a]pyren-Höchstgehalte

Seit dem 1. April 2005 ist die Verordnung EG-Nr. 208/2005 vom 4. Februar 2005 in Kraft, die folgende Benzo[a]pyren-Höchstgehalte für verschiedene Lebensmittelgruppen vorsieht (siehe Tab. 1).

Tab.1: BaP-Höchstgehalte für verschiedene Lebensmittelgruppen

Erzeugnis	BaP-Höchstgehalt [µg/kg Frischmasse]
Öle und Fette	2,0
Babynahrung	1,0
geräuchertes Fleisch/ Fleischerzeugnisse	5,0
geräucherter Fisch	5,0
ungeräucherter Fisch	2,0
Krebstiere und Kopffüßer, nicht geräuchert	5,0
Schalentiere	10,0

Diese neuen Höchstgehalte führen zu einer Erhöhung der Benzo[a]pyren-Höchstgehalte für geräucherte Fleischerzeugnisse um einen Faktor 5 für Produkte, die mit frisch entwickeltem Rauch geräuchert wurden. Für Erzeugnisse, die mit Raucharomen behandelt wurden, wurde der Höchstgehalt um einen Faktor von ca. 167 erhöht.

Die EFSA (Europäische Lebensmittelbehörde) fordert die Mitgliedstaaten auf, Benzo[a]pyren-Gehalte in den verschiedenen Lebensmittelgruppen zu ermitteln, um unter Zugrundelegung dieser Daten die neuen Höchstgehalte im April 2007 zu überprüfen.

Untersuchungen des Benzo[a]pyren-Gehaltes in geräucherten Fleischerzeugnissen haben gezeigt, dass die Gehalte in den letzten Jahren deutlich abgenommen haben (JIRA, 2005). Der Median der Benzo[a]pyren-Gehalte in geräucherten Fleischerzeugnissen lag in den Jahren 2003 bis 2005 unter 0,1 µg/kg und damit mehr als den Faktor 50 unter dem neuen Benzo[a]pyren-Höchstgehalt der EU.

Neben geräucherten Fleischerzeugnissen wurden an der BfEL Kulmbach im Jahr 2005 auch 20 Fischerzeugnisse (geräucherter Fisch und Fischkonserven) untersucht. Auch hier lagen die Benzo[a]pyren-Gehalte im Median unter 0,1 µg/kg.

Seit dem 16. Juni 2005 ist zudem keine Ausnahmegenehmigung für die Anwendung von Raucharomen bei Fleischerzeugnissen mehr erforderlich (Verordnung EG-Nr. 2065/2003). Die entsprechenden Primärrauchkondensate, aus denen die jeweiligen Raucharomen hergestellt werden, bedürfen jedoch einer Zulassung. Für diese Primärrauchkondensate existieren Höchstgehalte für Benzo[a]pyren (10 µg/kg) und Benzo[a]anthracen (20 µg/kg).

### EU-Empfehlung zur Untersuchung der 15 als prioritär eingestuftes PAK

Neben der Verordnung EG-Nr. 208/2005, die Benzo[a]pyren-Höchstgehalte für verschiedene Lebensmittelgruppen vorsieht, empfiehlt die Kommission eine genauere Ermittlung der Mengen von 15 als prioritär eingestuftes PAK-Verbindungen (15 SCF-PAK), um die Eignung von Benzo[a]pyren als Marker überprüfen zu können. Zu diesen Verbindungen zählen: Benzo[a]anthracen (BaA), Chrysen (CHR), Cyclopenta[c,d]pyren (CPP), 5-Methylchrysen (5MC), Benzo[b]fluoranthren (BbF), Benzo-

[k]fluoranthren (BkF), Benzo[j]fluoranthren (BjF), Benzo[a]pyren (BaP), Dibenz[a,h]-anthracen (DhA), Indeno[1,2,3-c,d]pyren (IcP), Benzo[g,h,i]perylen (BgP), Dibenz[a,i]pyren (DIP), Dibenz[a,e]pyren (DeP), Dibenz[a,i]pyren (DiP), Dibenz[a,h]pyren (DhP). Insbesondere das DIP steht in jüngster Zeit im Fokus des Interesses, da toxikologische Untersuchungen darauf hinweisen, dass Dibenz[a,i]pyren ein deutlich stärker ausgeprägtes kanzerogenes Potential aufweisen könnte als Benzo[a]pyren (HIGGINBOTHAM *et al.*, 1993). Die EFSA empfiehlt zudem, das vom Joint FAO/WHO Experts Committee on Food Additives (JECFA) als besonders relevant eingeschätzte Benzo[c]fluoren analytisch zu erfassen.

Um diese 16 EFSA-PAK (15 SCF-PAK + 1 JECFA-PAK) zu analysieren, wurde an der BfEL Kulmbach eine Analysenmethode erarbeitet, die auf beschleunigter Lösungsmittelextraktion (ASE), Gelpermeationschromatographie, Festphasenextraktion an Kieselgel und anschließender GC/MS-Detektion beruht. Als GC-Phase kommt hierbei eine mittelpolare GC-Säule mit einem Polyphenylsiloxan-Anteil von 50 % zum Einsatz, die eine chromatographische Trennung, Identifizierung und Quantifizierung aller 15 als prioritär eingestuft

PAK ermöglicht (ZIEGENHALS *et al.*, 2005).

### Untersuchung von PAK-Verdachtsproben

Um die an der BfEL Kulmbach entwickelte GC/MS-Methode auf ihre Anwendbarkeit zu testen, wurden Ende 2005 im Rahmen eines Qualitätswettbewerbs 22 geräucherte Rohwaren (v. a. geräucherter Rohschinken) gezogen, die rein optisch eine starke Räucherung vermuten ließen.

Diese Verdachtsproben wurden hinsichtlich ihrer Gehalte dieser 16 PAK-Verbindungen untersucht. Dabei konnten folgende Gehalte an Benzo[a]pyren ermittelt werden (siehe Abb. 1). Es zeigte sich, dass die Benzo[a]pyren-Gehalte dieser Produkte – obwohl es sich um Verdachtsproben handelte – im Median nur bei etwa 0,15 µg/kg und damit doch recht gering waren. Mit Ausnahme einer Probe, die einen Benzo[a]pyren-Gehalt von 18 µg/kg aufwies, lagen alle Proben unter dem neuen Höchstgehalt von 5 µg/kg. Bei der Probe mit 18 µg/kg handelte es sich um einen geräucherten Schweinebauch mit stark abfärbender, tief schwarzer Oberfläche.

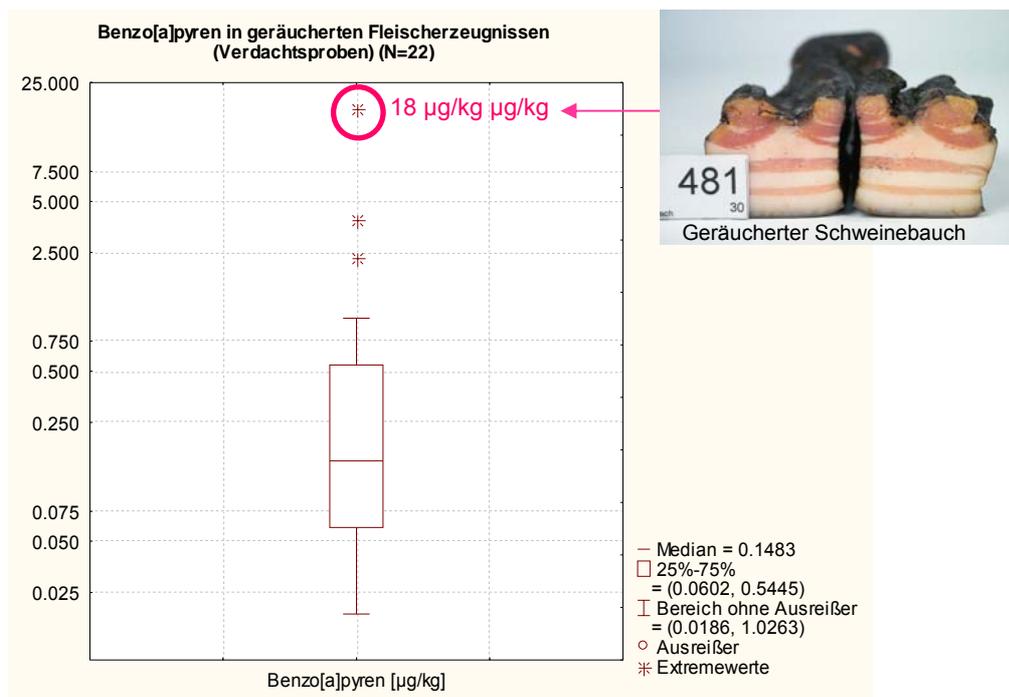


Abb. 1: BaP in geräucherten Fleischerzeugnissen (logarithmische Darstellung)

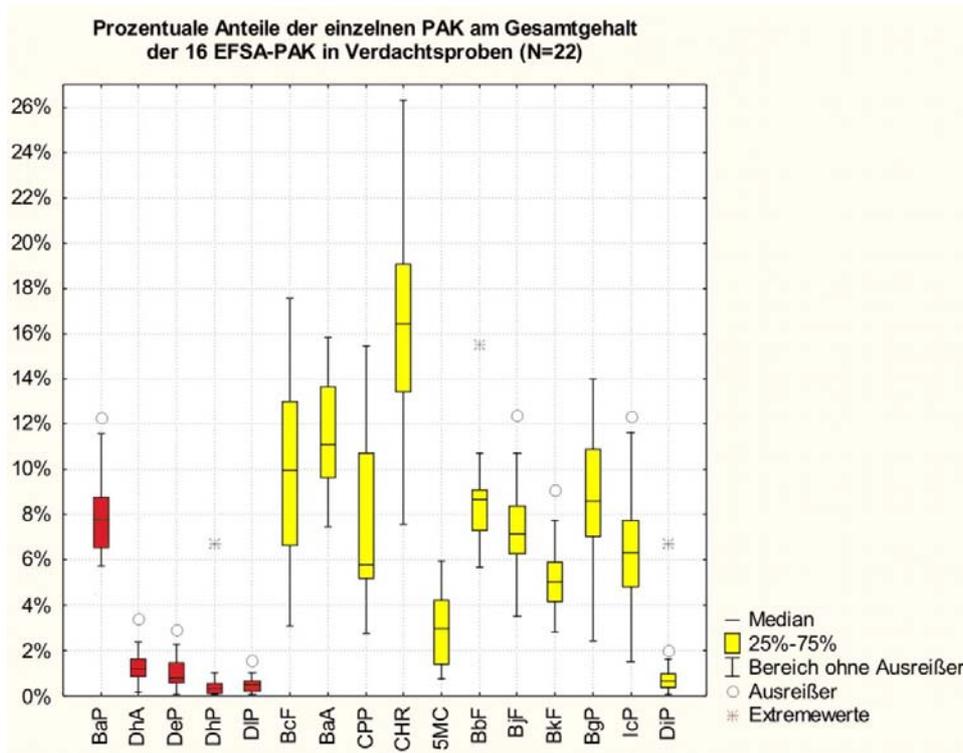


Abb. 2: Prozentuale Anteile der einzelnen PAK am Gesamtgehalt der 16 EFSA-PAK in Verdachtsproben (N=22)

Zur Klärung der Frage, in welchem mengenmäßigen Verhältnis die bisherige Leitsubstanz Benzo[a]pyren zu den anderen untersuchten PAK-Verbindungen steht, wurden die ermittelten Gehalte der 15 als prioritär eingestuft PAK-Verbindungen und dem JECFA-PAK Benzo[c]fluoren aufsummiert und die prozentualen Anteile der einzelnen PAK-Verbindungen am Gesamtgehalt der 16 PAK-Verbindungen errechnet. Das Ergebnis dieser Berechnungen ist in Abbildung 2 graphisch dargestellt. Dabei wurde zwischen PAK mit höherem (rot markiert) und geringerem (gelb markiert) kanzerogenen Potential unterschieden. Die Unterteilung in diese zwei Gruppen wurde nach den Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) der Literatur (MÜLLER *et al.*, 1995) getroffen, wobei ein höheres kanzerogenes Potential bei  $TEF \geq 0,89$  und ein geringeres kanzerogenes Potential bei  $TEF \leq 0,11$  angenommen wurde. Es zeigt sich deutlich, dass bei den PAK-Verbindungen mit einem höheren kanzerogenen Potential das Benzo[a]pyren (BaP) eindeutig den größten prozentualen Anteil am Gesamtgehalt der 16 untersuchten PAK-Verbindungen aufweist.

Der Anteil von BaP in diesen Verdachtsproben liegt im Median bei etwa 8 % und variiert zwischen ca. 6 und 12 %. Die Anteile der anderen PAK mit höherem kanzerogenen Potential (Dibenzo(a,h)-anthracen (DhA), Dibenzo[a,e]pyren (DeP), Dibenzo[a,h]pyren (DhP) und Dibenzo[a,l]pyren (DIP)) waren deutlich geringer und lagen im Median bei etwa 1 % und darunter. Benzo[a]pyren stellt folglich bei diesen Verdachtsproben die mengenmäßig dominierende Verbindung bei PAK mit höherem kanzerogenen Potential dar und scheint daher tatsächlich zu Recht als Leitsubstanz in geräucherten Fleischerzeugnissen zu dienen. Dies muss jedoch noch anhand der Untersuchungen von repräsentativem Probenmaterial untersucht werden. In diesem Zusammenhang muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass vermutet wird (McCLURE *et al.*, 1995, MÜLLER *et al.*, 1995), dass Dibenzo[a,l]pyren (DIP) möglicherweise eine 100fache Toxizität im Vergleich zu BaP besitzt. Bei Berücksichtigung dieser extrem hohen Toxizität wäre DIP trotz der sehr geringen Gehalte in geräucherten Fleischerzeugnissen nicht mehr vernach-

lässigbar. Die prozentualen Anteile der anderen PAK mit einem geringen kanzerogenen Potential schwanken relativ stark.

### Ermittlung von repräsentativen PAK-Daten in geräucherten Fleisch-erzeugnissen

Um ein möglichst repräsentatives Bild über die Belastungssituation mit PAK in geräucherten Fleischerzeugnissen zu bekommen, soll nun eine repräsentative Untersuchung für die folgenden Produktgruppen durchgeführt werden:

- Wiener
- Salami
- Schinkenspeck
- Leberwurst
- Kochschinken

Dafür wurden bereits im Februar 2006 jeweils ca. 25 Proben von jeder Produktgruppe gezogen. Diese Probenziehung erfolgte verteilt über die Bundesländer. Die ermittelten PAK-Daten sollen einen ersten Überblick über die deutschen Gegebenheiten ermöglichen, der an die EU weitergegeben wird.

### Untersuchung von Räuchersalzen und Rauchwürzern

Das traditionelle Räuchern beschreibt eine Oberflächenbehandlung, die aus folgenden Gründen bei Fleischwaren durchgeführt wird: Haltbarkeit, Farbe, Geruch, Geschmack und Aushärtung des Darms. In neuerer Zeit geht jedoch die Tendenz hin zum Einsatz von Raucharomen, Rauchsalzen und Rauchwürzern im Brät (Abb. 3). Dabei handelt es sich um mit natürlichem Rauch oder Flüssigrauch behandelte Trägerstoffe. Diese Trägerstoffe können Salze, Zucker oder Gewürze sein. Da die Akzeptanz solcher Produkte ansteigt, haben wir in bisherigen Studien 24 Proben auf ihre PAK-Gehalte untersucht. Zu diesen Proben gehörten Räuchersalze und Rauchwürzer.



Abb. 3: Rauchwürzer

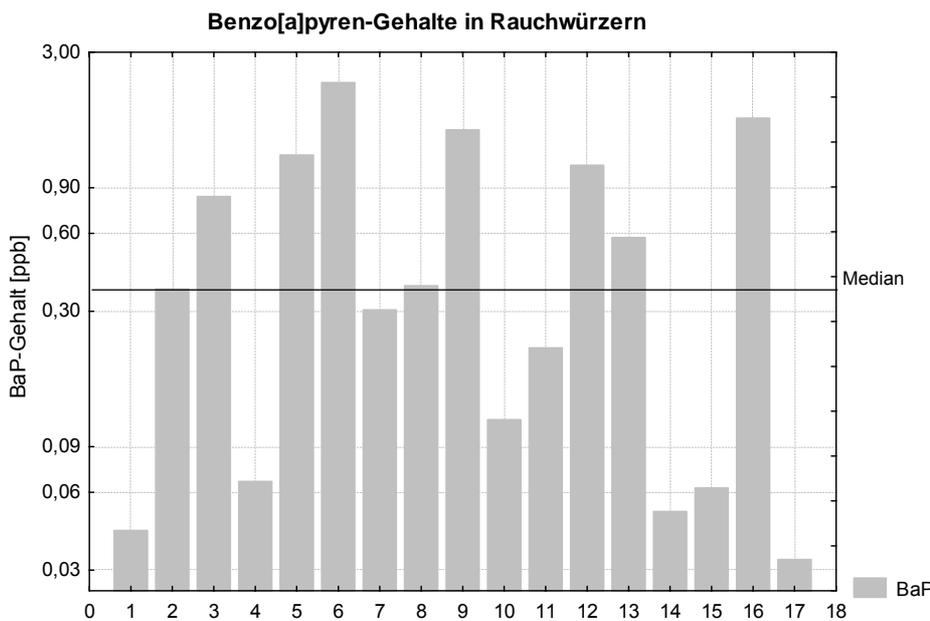
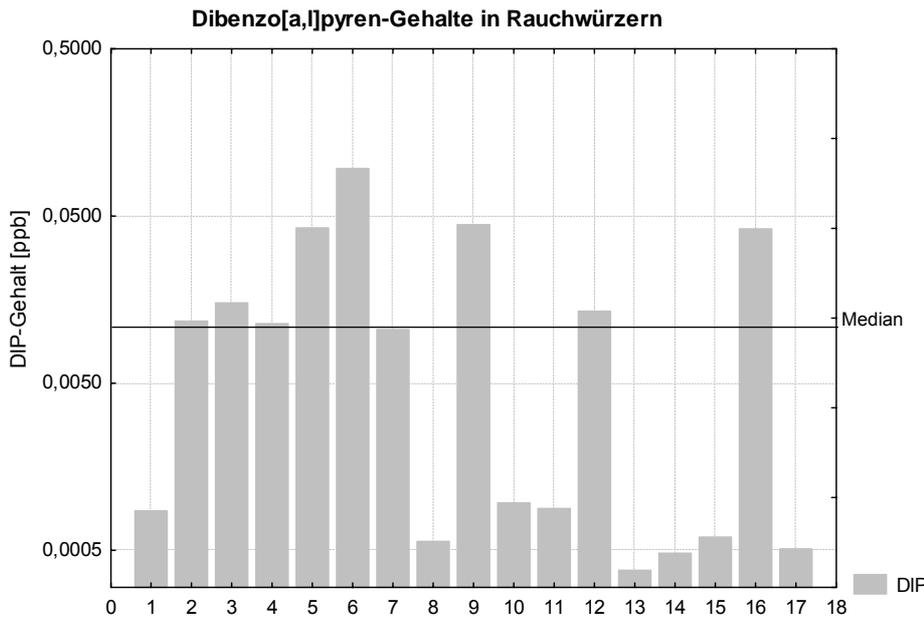


Abb. 4: BaP-Gehalte in Rauchwürzern (logarithmische Darstellung)

Sechs der 24 Proben wurden natürlich geräuchert, die anderen enthielten Rauchbestandteile, Raucharomen oder Rauchextrakte. Die Trägermaterialien der Rauchwürzer waren dabei unterschiedlich. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigten, dass alle Proben BaP-Gehalte unter 3 µg/kg (ppb) aufwiesen, die Gehalte jedoch sehr stark schwanken (Abb. 4). Die untersuchten Rauchwürzer hatten im Median eine Konzentration von 0,37 µg/kg BaP.



Mit der an der BfEL Kulmbach entwickelten PAK-Bestimmungsmethode war es weiterhin möglich, die Gehalte an Dibenzo[a,l]pyren (DIP) zu bestimmen (Abb. 5). Bei 8 von 17 Rauchwürzern lag der DIP-Gehalt (Median 0,02 µg/kg) unterhalb der Nachweisgrenze. Die Konzentrationen der DIP-Werte liegen um einen Faktor von 10-20 niedriger als die BaP-Werte.

Abb. 5: DIP-Gehalte in Rauchwürzern (logarithmische Darstellung)

Die 7 untersuchten Räuchersalze enthielten die in Tabelle 2 aufgeführten Konzentrationen der einzelnen PAK. Es konnte ein Median der BaP-Konzentration von 0,27 µg/kg ermittelt werden, bei DIP lag der Median bei 0,02 µg/kg.

### Untersuchung der Eindringtiefe von PAK in Abhängigkeit vom Räucherverfahren

Ein weiterer bedeutender Aspekt der PAK-Problematik ist die Frage, wie weit die einzelnen PAK bei oberflächlicher Behandlung in das Innere der Fleischerzeugnisse eindringen können. Hierbei wurden zwei unterschiedliche Räuchertechnologien getestet:

- Glimmrauch (60 min)
- Dampfrauch (60 min)

Um die beiden Räuchertechnologien miteinander vergleichen zu können, wurde bei beiden Methoden 60 min geräuchert. Für diese Untersuchungen wurde gleiches Brätmaterial verwendet. Dieses Brät wurde ohne Gewürze und mit einem Fettanteil von 14 % hergestellt. Auf Gewürze wurde bewusst verzichtet, um einen Ein-

trag von PAK durch Gewürze auszuschließen. Ein Fettanteil von nur 14 % gewährleistete optimale Bedingungen für die Aufarbeitung und Analytik der Brühwürste. Die Brühwürste besaßen Kaliber 75 und wurden mit Hilfe verschiedener Ausstechformen in separate Ringe geteilt (siehe Abb. 6). Die dabei entstandenen Ringe entsprechen unterschiedlichen Eindringtiefen und wurden im Anschluss einzeln untersucht. Der Darm wurde von den Brühwürsten vor der Probenaufarbeitung entfernt. Es wurde der PAK-Gehalt des gesamten Produktes, ohne Darm, und der jeweiligen Ringe bestimmt (Tabelle 3). Aus den berechneten Daten konnte der Anteil der PAK der einzelnen Ringe am Gesamtgehalt bestimmt werden.



Abb. 6: Separat ausgestochene Ringe

Tab. 2: PAK-Gehalte in Räuchersalzen (µg/kg)

	BcF	BaA	CHR	CPP	5MC	BbF	BkF	BjF	BaP	IcP	DhA	BgP	DIP	DeP	DiP	DhP
1	0,22	0,50	0,50	0,38	0,03	0,14	0,08	0,10	0,22	0,05	0,01	0,07	0,02	0,02	< 0,01	< 0,01
2	0,11	0,24	0,42	0,08	0,03	0,21	0,13	0,17	0,14	0,11	0,02	0,17	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
3	5,85	17,30	17,78	0,19	1,73	5,19	2,17	3,07	6,84	2,18	0,53	1,85	0,20	0,22	0,18	0,05
4	5,76	22,43	27,16	0,21	4,06	5,52	2,16	3,23	7,00	1,89	0,51	1,68	0,23	0,21	0,11	0,03
5	0,21	0,48	0,62	< 0,09	0,06	0,11	0,04	0,08	0,16	0,09	0,04	< 0,38	0,03	0,01	0,02	< 0,01
6	0,004	0,03	0,08	0,004	0,002	0,01	0,004	0,002	< 0,24	< 0,18	< 0,03	< 0,28	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01
7	0,58	1,03	1,02	0,39	0,11	0,22	0,08	0,12	0,32	0,05	0,01	0,04	0,002	0,002	< 0,01	< 0,01

Tab. 3: PAK-Gehalte in den verschiedenen Ringen (ng/kg; n = 3)

	1. Ring (22 Gewichts-%)				2. Ring (35 Gewichts-%)				gesamt			
	Glimmrauch		Dampfrauch		Glimmrauch		Dampfrauch		Glimmrauch		Dampfrauch	
Benzo[a]anthracen	978,2	± 22,1	525,3	± 7,5	5,9	± 1,0	3,5	± 2,1	211,8	± 9,9	116,3	± 12,6
Chrysen	1164,7	± 11,1	721,1	± 7,9	12,4	± 3,3	5,2	± 5,2	257,2	± 18,6	164,9	± 15,5
Cyclopenta[c,d]pyren	1420,6	± 42,3	521,3	± 11,8	4,3	± 1,4	5,9	± 0,3	316,2	± 35,4	122,7	± 13,1
5-Methylchrysen	28,4	± 1,4	19,4	± 1,6	1,1	± 0,8	0,3	± 0,3	7,1	± 0,4	5,9	± 1,7
Benzo[b]fluoranthen	305,4	± 14,8	127,9	± 19,5	8,3	± 1,4	4,8	± 2,1	63,1	± 5,2	29,2	± 2,5
Benzo[k]fluoranthen	173,0	± 10,6	60,3	± 1,7	5,0	± 0,5	1,8	± 1,1	35,0	± 1,8	12,0	± 1,6
Benzo[j]fluoranthen	318,4	± 6,8	103,7	± 0,9	6,9	± 1,2	3,1	± 0,8	65,4	± 5,5	22,1	± 2,5
Benzo[a]pyren	380,2	± 11,7	135,2	± 3,6	11,3	± 1,1	4,4	± 0,9	74,8	± 2,8	27,1	± 2,1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	52,2	± 1,6	26,3	± 4,2	12,8	± 1,5	2,8	± 0,6	13,6	± 1,9	6,3	± 0,9
Dibenzo[a,h]anthracen	11,2	± 0,3	4,8	± 1,0	3,1	± 0,3	2,3	± 1,1	3,0	± 0,7	1,8	± 1,1
Benzo[ghi]perylen	82,6	± 5,1	43,0	± 8,3	22,2	± 2,1	2,4	± 2,0	24,9	± 2,4	10,2	± 6,2
Benzo[c]fluoren	582,8	± 15,9	529,0	± 35,0	3,3	± 1,1	2,4	± 0,4	139,5	± 11,1	129,7	± 14,5

Diese Untersuchungen zeigten, dass sich nahezu 99 % aller PAK in den äußeren 22 Gewichts-% der Brühwurst befinden. Dieses Ergebnis war unabhängig von den beiden Räuchertechnologien (Dampf-, Glimmrauch). Des Weiteren konnte eine Tendenz festgestellt werden, dass höhermolekulare PAK weiter eindringen als PAK mit niedrigerem Molekulargewicht. Diese Ergebnisse müssen jedoch noch in weiteren Untersuchungen abgesichert werden.

### Ausblick

Die Benzo[a]pyren-Gehalte in geräucherten Fleischerzeugnissen und geräuchertem Fisch liegen im Median unter 0,1 µg/kg. Auch die Analyse von Verdachtsproben erbrachte BaP-Gehalte im Median von 0,15 µg/kg. Daher sind die neuen EU-Höchstgehalte als deutlich zu hoch angesetzt anzusehen.

Es konnte weiterhin festgestellt werden, dass BaP den größten prozentualen Anteil der PAK-Verbindungen mit einem höheren kanzerogenen Potential am Gesamtgehalt der 16 untersuchten PAK-Verbindungen (15 SCF-PAK + 1 JECFA-PAK) aufweist. Dies deutet darauf hin, dass BaP durchaus als Leitsubstanz der kanzerogenen PAK in geräucherten Fleischerzeugnissen geeignet ist. Dies muss allerdings noch anhand der Untersuchungen von repräsentativem Probenmaterial bestätigt werden.

Auch Räuchersalze und Rauchwürzer weisen nur geringe Benzo[a]pyren-Gehalte auf (Median: 0,3 bis 0,4 µg/kg). Betrachtet man den mengenmäßigen Anteil dieser Stoffe am fertigen Produkt (abhängig vom jeweiligen Rauchwürzer bzw. Räuchersalz 0,03-3 %), ist der PAK-Eintrag dieser Zutaten in das fertige Fleischerzeugnis relativ gering.

Erste Untersuchungen zur Eindringtiefe der PAK in geräucherte Fleischerzeugnisse deuten darauf hin, dass die PAK kaum in das Innere der Fleischwaren eindringen.

Zuverlässige analytische Verfahren zur Bestimmung der EFSA-PAK in den verschiedenen Lebensmittelgruppen werden derzeit erst entwickelt und in EU-weiten Ringversuchen getestet. Die hierzu erforderlichen PAK-Standardreferenzmaterialien für Fleischerzeugnisse werden an der BfEL Kulmbach hergestellt.

### Literatur

Empfehlung der Kommission vom 4. Februar 2005 über die genauere Ermittlung der Mengen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in bestimmten Lebensmitteln.

Higginbotham, S., Ramakrishna, N., Johanson, S., Rogan, E., Cavalieri, E., 1993: Tumor-initiating activity and carcinogenicity of dibenzo[a,l]pyrene versus 7,12-dimethylbenzo[a]anthracene and benzo[a]pyrene at low-doses in mouse skin. *Carcinogenesis* 14, 875-878.

Jira, W. (2005): Benzo[a]pyren in geräucherten Fleischerzeugnissen – Leitsubstanz für das durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe bedingte kanzerogene Potential. *Fleischwirtschaft* 85 (9), 112-116.

McClure, P., Scheny, R. (1995): Fifteenth International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds, Belgirate, Italy, 19-22 Sept, S. 161.

Müller, P., Leece, B., Raha, D. (1995): Fifteenth International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds, Belgirate, Italy, 19-22 Sept, S. 159-160.

Summary and Conclusion of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Sixty-Fourth meeting, Rome, 8-17 February 2005, JECFA/64/SC.

Verordnung (EG) Nr. 2065/2003 über Raucharomen zur tatsächlichen oder beabsichtigten Anwendung in oder auf Lebensmitteln.

Verordnung (EG) Nr. 208/2005 der Kommission vom 4. Februar 2005 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 im Hinblick auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.

Ziegenhals, K., Jira, W., Speer, K. (2005): Entwicklung einer GC/MS-Methode zur Bestimmung der 15 von der EU als prioritär eingestuft Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) in verschiedenen Lebensmittelgruppen. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 44, Nr. 170, 311-317.