

Markersubstanzen für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) zur Lebensmittelüberwachung

Stellungnahme Nr. 003/2010 des BfR vom 02. Oktober 2009

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind eine Stoffgruppe von organischen Verbindungen. Sie entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material (z. B. Kohle, Kraftstoffe, Tabak) und können über die Umwelt in Lebensmittel eingetragen werden. Zusätzlich können Nahrungsmittel bedingt durch gewisse Verarbeitungsmethoden PAK enthalten. Dies betrifft insbesondere geräucherte oder gegrillte Fleisch- und Fischprodukte. Einige Vertreter der PAK wirken mit großer Wahrscheinlichkeit beim Menschen erbgutverändernd und krebserregend und es besteht die Möglichkeit der Beeinträchtigung der Fortpflanzung und Entwicklung des Ungeborenen. Wegen ihrer Langlebigkeit, gesundheitsschädigenden Wirkungen und weltweiten Verbreitung haben PAK eine große Bedeutung als Schadstoffe.

Um Lebensmittel hinsichtlich ihrer Gehalte an PAK gesundheitlich bewerten zu können, wurde bisher als Leitsubstanz (Marker) der Stoffgruppe, d.h. stellvertretend für die gesamte Stoffgruppe, häufig Benzo[a]pyren analysiert. Auch Höchstgehalte in Lebensmitteln wurden nur für Benzo[a]pyren festgesetzt.

Auf europäischer Ebene wird diskutiert, ob nach dem derzeitigen Kenntnisstand vier Einzelsubstanzen, die Gruppe der sogenannten PAK4 (Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen und Benzo[b]fluoranthren), die gesamte Stoffgruppe der PAK besser repräsentieren, als Benzo[a]pyren alleine, da durch ihre Verwendung als Marker ein Großteil der Lebensmittelproben, die PAK enthalten, erfasst wird. Der Sachverständigenausschuss Industrie- und Umweltkontaminanten der Europäischen Kommission hat drei Varianten vorgeschlagen um den bisherigen Ansatz der Verwendung von Benzo[a]pyren als alleinige Markersubstanz für die Gruppe der PAK zu ersetzen: Einführung von Höchstgehalten 1) für jede Einzelsubstanz der PAK4-Gruppe, 2) für die Summe der PAK4 oder 3) für Benzo[a]pyren und die Summe der Gruppe PAK4. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat diese drei Vorschläge für Marker zur Überwachung von Lebensmitteln auf PAK hinsichtlich ihres Sicherheitsniveaus für den Verbraucherschutz und ihrer Praxistauglichkeit bewertet.

Aus Sicht des BfR sollte ein eigener Höchstwert für Benzo[a]pyren in Lebensmitteln aufrecht erhalten werden, weil für diese Verbindung bereits umfassendes Datenmaterial vorliegt und somit Vergleiche zu früheren Untersuchungen möglich sind. Gleichzeitig befürwortet das Institut, neben der Festsetzung eines Höchstgehalts für Benzo[a]pyren auch die Summe der PAK4 als Marker zur Regelungen von PAK in Lebensmitteln heranzuziehen (Variante 3).

Das BfR ist generell der Auffassung, dass die Höchstgehalte für PAK so gering wie nach aktuellem Stand der Technik erreichbar festgesetzt und die Auswahl der Markerverbindungen kontinuierlich an neue Erkenntnisse, insbesondere hinsichtlich krebserregender Effekte im Tierversuch, angepasst werden sollten.

1 Gegenstand der Bewertung

In ihrer Stellungnahme zu polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (EFSA 2008) kommt die European Food Safety Authority (EFSA) zu dem Schluss, dass Benzo[a]pyren allein kein geeigneter Indikator für das Vorkommen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Lebensmitteln ist. Ausgehend von den derzeit vorliegenden Daten zu Vorkommen und Toxizität wird in der Stellungnahme gefolgert, dass die Gruppen der

PAK4 (Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen und Benzo[b]fluoranthren) und PAK8 (Substanzen der PAK4 plus Benzo[k]fluoranthren, Benzo[ghi]perylen, Dibenzo[a,h]anthracen und Indeno[1,2,3-cd]pyren) die besser geeigneten Indikatoren für PAK in Lebensmitteln darstellen, wobei PAK8 gegenüber PAK4 keinen weiteren zusätzlichen Nutzen erbringt.

Der Sachverständigenausschuss Industrie- und Umweltkontaminanten der Europäischen Kommission hat drei Varianten zur Diskussion gestellt, um den bisherigen Ansatz der Verwendung von Benzo[a]pyren als Markersubstanz für die Gruppe der PAK zu ersetzen:

- (1) Festsetzung von zulässigen Höchstgehalten für die Gruppe der PAK4: Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen und Benzo[b]fluoranthren;
- (2) Festsetzung eines zulässigen Höchstwertes für die Summe dieser PAK4;
- (3) Festsetzung eines zulässigen Höchstwertes für Benzo[a]pyren sowie die Summe der PAK4

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat diese drei Vorschläge bezüglich Markersubstanzen für die Gruppe der PAK bewertet.

2 Ergebnis

Das BfR empfiehlt, einen eigenen Höchstwert für Benzo[a]pyren in Lebensmitteln aufrecht zu erhalten, weil für diese Verbindung bereits ein umfangreiches Datenmaterial existiert und so die Vergleichbarkeit zu früheren Untersuchungen garantiert ist.

Dies spricht gegen eine Entscheidung für Variante (2) „Festsetzung eines zulässigen Höchstwertes für die Summe der PAK4“.

Das BfR empfiehlt die Festsetzung eines Höchstwertes für Benzo[a]pyren sowie für die Summe der PAK4 (Variante 3).

Höchstgehalten für PAK sollten so gering wie nach aktuellem Stand der Technik erreichbar¹ geregelt werden. Dabei muss eine störungsfreie Analytik für die Verbindungen der Gruppe der PAK4 gewährleistet sein. Zur störungsfreien Analyse der PAK4 ist unter Umständen ein aufwendiges GC-Messverfahren notwendig, welches Analysezeiten von über einer Stunde erfordern kann.

Das BfR empfiehlt, bei Vorliegen neuer Informationen hinsichtlich kanzerogener Effekte weiterer Verbindungen nach oraler Verabreichung und ausreichenden Daten zu Gehalten in Lebensmitteln (z.B. für Benzo[c]fluoren), die Vorauswahl für Verbindungen, die als Marker für PAK in Lebensmitteln in Frage kommen, zu aktualisieren und gegebenenfalls an die zugehörige Lebensmittelkategorie anzupassen.

3 Begründung

In ihrer Stellungnahme zu polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Lebensmitteln (EFSA 2008) berücksichtigt die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) Daten zu Gehalten der 15 PAK in Lebensmitteln, die der Wissenschaftliche Lebensmittelausschuss (SCF) (2002) als genotoxisch und (mit der Ausnahme von Benzo[ghi]perylen) kanzerogen im Tierversuch bewertet hat (SCF 2002, PAK15 Tabelle 1). Außerdem werden Daten zu Gehalten von Benzo[c]fluoren in Lebensmitteln (PAK15 + 1, Tabel-

¹ Es gilt das ALARA Prinzip (As Low As Reasonably Achievable).

le 1) entsprechend der Empfehlung eines Gutachtens des Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (2005) berücksichtigt.

Zu Benzo[*c*]fluoren wurde keine ausreichende Anzahl von Untersuchungsergebnissen in Lebensmittelproben eingereicht, in denen auch die übrigen 15 Verbindungen der Gruppe der PAK15 analysiert wurden, sodass diese Verbindung nicht in detaillierte Auswertungen einbezogen werden konnte. Nach Aussage der EFSA (2008) sollte eine Risikocharakterisierung für PAK in Lebensmitteln auf Basis der 8 Verbindungen aus der Gruppe der PAK15 erstellt werden, für die belastbare Daten zur Kanzerogenität im Tierversuch nach oraler Aufnahme vorliegen (PAK8, Tabelle 1). Diese 8 PAK stellen nach der EFSA-Stellungnahme (2008) entweder einzeln oder in Kombination derzeit die einzigen möglichen Indikatoren für das kanzerogene Potenzial von PAK in Lebensmitteln dar.

Welche Auswahl aus den PAK8 sich als Indikator für das Vorkommen für genotoxische und kanzerogene PAK eignen könnte, wurde anhand der Häufigkeit des Nachweises der einzelnen Verbindungen in Lebensmittelproben ermittelt. Toxikologische Kriterien wurden bei diesem Auswahlverfahren dagegen nicht zugrunde gelegt. Verglichen wurde die Eignung der Gruppen folgender Verbindungen als Indikator: Benzo[*a*]pyren und Chrysen (PAK2); Benzo[*a*]pyren, Chrysen, Benzo[*a*]anthracen und Benzo[*b*]fluoranthen (PAK4) und die Gruppe der PAK8.

Tabelle 1: PAK Verbindungen der Gruppen der PAK15 + 1, PAK8, PAK4 und PAK2

PAK15 + 1 SCF 2002 /JECFA 2005	PAK8 EFSA 2008	PAK4 EFSA 2008	PAK2 EFSA 2008
Benzo[<i>a</i>]pyren	Benzo[<i>a</i>]pyren	Benzo[<i>a</i>]pyren	Benzo[<i>a</i>]pyren
Chrysen	Chrysen	Chrysen	Chrysen
Benzo[<i>a</i>]anthracen	Benzo[<i>a</i>]anthracen	Benzo[<i>a</i>]anthracen	
Benzo[<i>b</i>]fluoranthen	Benzo[<i>b</i>]fluoranthen	Benzo[<i>b</i>]fluoranthen	
Benzo[<i>k</i>]fluoranthen	Benzo[<i>k</i>]fluoranthen		
Benzo[<i>ghi</i>]perylen	Benzo[<i>ghi</i>]perylen		
Dibenzo[<i>a,h</i>]anthracen	Dibenzo[<i>a,h</i>]anthracen		
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren	Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren		
Benzo[<i>j</i>]fluoranthen			
Cyclopenta[<i>cd</i>]pyren			
Dibenzo[<i>a,e</i>]pyren			
Dibenzo[<i>a,h</i>]pyren			
Dibenzo[<i>a,l</i>]pyren			
Dibenzo[<i>a,l</i>]pyren			
5-Methylchrysen			
Benzo[<i>c</i>]fluoren			

In etwa 30 % der Lebensmittelproben, die auf PAK 15 analysiert wurden, wurde kein Benzo[*a*]pyren aber mindestens eine der übrigen Verbindungen aus der Gruppe der PAK15 nachgewiesen. In 26 % der Lebensmittelproben, die negativ für PAK2 waren, und in 14 % der Proben, die negativ für PAK4 waren, wurde mindestens eine der PAK15 Verbindungen nachgewiesen, die nicht zu den PAK8 gehören. Für die Detektion von denjenigen PAK15,

die nicht zu den PAK8 gehören, brachte die Untersuchung von PAK8 im Vergleich zu der Untersuchung von PAK4 keinen Vorteil (in beiden Fällen wurden in 12 Proben Verbindungen der Gruppe der PAK15 nachgewiesen, die nicht zu den PAK8 gehören). Auch von den einzelnen Verbindungen der PAK8 wurden bei Begrenzung der Untersuchung auf die Gruppe der PAK4 lediglich maximal 3 % der positiven Proben nicht erfasst. Die EFSA schlussfolgerte hieraus, dass Benzo[a]pyren allein kein geeigneter Marker für das Vorkommen von PAK in Lebensmitteln ist und dass PAK4 und PAK8 am besten als Indikatoren für PAK in Lebensmitteln geeignet sind, wobei die Untersuchung auf PAK8 gegenüber PAK4 keinen wesentlichen zusätzlichen Nutzen erbringt.

Nach Aussage der EFSA (2008) ist die Möglichkeit der Verwendung von Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) aus folgenden Gründen nicht gegeben:

- Es besteht ein Mangel an Daten zum kanzerogenen Potenzial von PAK nach oraler Aufnahme.
- Unterschiedliche Mechanismen (mode of action) führen zu kanzerogenen Effekten (unterschiedliche metabolische Aktivierungsreaktionen, z.T. Beteiligung des Ah-Rezeptors, DNA-Bindung an unterschiedlichen Positionen, unterschiedliche Tumorlokalisationen).
- Eine Vorhersage des kanzerogenen Potenzials eines oral aufgenommenen PAK-Gemisches (Culp et al., 1998) durch existierende TEF-Modelle basierend auf Studien zu anderen Aufnahmepfaden ist nicht möglich.

Das BfR begrüßt das Vorhaben, neben Benzo[a]pyren weitere PAK als Markersubstanzen zur Regelung von PAK in Lebensmitteln heranzuziehen.

Bei bestimmten Lebensmitteln wird zwar ein relativ konstantes Verhältnis der PAK4 zueinander beobachtet (z.B. bei geräuchertem Fleisch (Djinovic et al., 2008), bei Olivenölen (Rodriguez-Acuna et al., 2008) oder bei Tee (Ziegenhals et al., 2008)). Durch umweltbedingte Kontamination und unterschiedliche Herstellungsverfahren kann dieses Verhältnis jedoch beeinflusst werden. Außerdem liegen zu dem Verhältnis der PAK4 zueinander nicht für alle Lebensmittelkategorien, die in der EFSA Stellungnahme (2008) berücksichtigt wurden, Erkenntnisse vor.

Durch Untersuchung auf die Verbindungen der Gruppe der PAK4 werden die Lebensmittelproben, die Verbindungen der Gruppe der PAK15 enthalten, in den von der EFSA (2008) ausgewerteten Analyseergebnissen von Lebensmittelproben größtenteils erfasst.

Allerdings besitzen die mit diesen PAK4 neben Benzo[a]pyren untersuchten Verbindungen in Tierstudien mit zumeist dermalen, inhalativen, intratrachealen oder intrapulmonalen Applikation ein deutlich geringeres kanzerogenes Potenzial als Benzo[a]pyren selbst.

Andere Verbindungen der PAK15, die zum Teil ein stärkeres kanzerogenes Potenzial als Benzo[a]pyren besitzen, werden hierbei nicht berücksichtigt. Hierzu gehören Dibenz[a,h]pyren, Dibenz[a,i]pyren und Dibenz[a,j]pyren, denen nach Ergebnissen aus Tierstudien ein zehnfach stärkeres kanzerogenes Potenzial im Vergleich zu Benzo[a]pyren zugesprochen wird (Collins et al., 1998). Die International Agency for Cancer Research (IARC) hat inzwischen bei einer Neubewertung von PAK Benzo[a]pyren als Kanzerogen der Gruppe 1² und Dibenz[a,i]pyren als Kanzerogen der Gruppe 2A³ klassifiziert (Straif et al., 2005).

² IARC Gruppe 1: Der Stoff ist kanzerogen für den Menschen.

³ IARC Gruppe 2: Der Stoff ist wahrscheinlich kanzerogen für den Menschen.

In dem von der EFSA (2008) bewerteten Datenpool⁴ lagen bei den 1375 Lebensmittelproben, die auf alle PAK15 untersucht wurden bei 2,2 % die Gehalte an Dibenzo[*a,h*]pyren, bei 4,9 % die Gehalte an Dibenzo[*a,i*]pyren und bei 8,1 % die Gehalte an Dibenzo[*a,l*]pyren (upper bound der Maximalgehalte 3, 4 und 14 µg/kg) oberhalb der Nachweisgrenze. Bei Verwendung der PAK4 als Marker für die Untersuchung auf PAK werden Proben, die eine dieser drei Verbindungen enthalten, nicht gut repräsentiert (EFSA 2008, Tab. 14: niedrige Korrelationsfaktoren).

Auch Benzo[*c*]fluoren, für das aus Tierstudien an Ratten mit oraler Exposition Hinweise auf Lungenkarzinogenität vorliegen (JECFA 2005), wird durch die Verwendung von PAK4 als Marker nicht gut repräsentiert (Korrelationskoeffizient 0,28, Tab. 14; 46,5 % der Werte oberhalb der Nachweisgrenze bei Untersuchung von 1148 Lebensmittelproben auf Benzo[*c*]fluoren (EFSA 2008)).

Die EFSA (2008) bezieht ihre Risikocharakterisierung auf diejenigen PAK, die in dem Steinkohlenteergemisch, das Culp et al. (1998) auf Karzinogenität nach oraler Applikation prüften, enthalten waren (PAK8). Die Grundlage der Gehaltsuntersuchung von Culp et al. im Steinkohlenteergemisch bildete jedoch die Liste der 16 PAK der EPA (Environmental Protection Agency), in der 8 von der EFSA als kanzerogen bewerteten PAK, insbesondere das Benzo[*c*]fluoren und die drei genannten stark kanzerogenen Dibenzopyrene, nicht enthalten sind. Für die übrigen PAK der Gruppe der PAK15 wurde ein kanzerogenes Potenzial nur nach Aufnahme über andere Expositionspfade gezeigt. Allerdings existieren für diese Verbindungen auch keine Anhaltspunkte dafür, dass sie bei oraler Aufnahme nicht als genotoxische Kanzerogene wirken.

Laut der Stellungnahme der EFSA (2008) waren in einem relativ großen Prozentsatz der Lebensmittelproben Gehalte an Benzo[*j*]fluoranthen (38,8 %), Cyclopenta[*cd*]pyren (40,0 %) und Benzo[*c*]fluoren (46,5 %) (die nicht zu der Gruppe der PAK8 gehören) nachzuweisen. Aus der Stellungnahme geht jedoch nicht hervor, in welchen Lebensmittelkategorien diese Verbindungen zu finden waren. Unter Umständen wäre es sinnvoll, in Abhängigkeit von Vorkommen und Höhe der Gehalte der einzelnen PAK unterschiedliche Marker bei verschiedenen Lebensmittelkategorien zu verwenden.

Das BfR empfiehlt, bei Vorliegen neuer Informationen hinsichtlich kanzerogener Effekte weiterer Verbindungen nach oraler Verabreichung und ausreichenden Daten zu Gehalten in Lebensmitteln (z.B. für Benzo[*c*]fluoren), die Vorauswahl für Verbindungen, die als Marker für PAK in Lebensmitteln in Frage kommen, zu aktualisieren und gegebenenfalls an die zu regelnde Lebensmittelkategorie anzupassen.

Bisher wurde Benzo[*a*]pyren als alleiniger Marker zur Messung von PAK in Lebensmitteln verwendet. Da deswegen zu Gehalten von Benzo[*a*]pyren in Lebensmitteln bereits ein umfangreiches Datenmaterial existiert, sollte ein einzelner Höchstwert für diese Verbindung aufrecht erhalten werden, um die Vergleichbarkeit zu früheren Untersuchungen zu gewährleisten. Dies spricht gegen eine Entscheidung für Variante (2), die lediglich die Festsetzung eines zulässigen Höchstgehaltes für die Summe der PAK4 vorsieht.

⁴ Insgesamt wurden 9714 PAK-Analysen in 33 Lebensmittelkategorien / Subkategorien ausgewertet.

4 Handlungsrahmen/Maßnahmen

Das BfR empfiehlt auf der Basis des derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstandes die Festsetzung eines Höchstgehaltes für Benzo[a]pyren sowie für die Summe der vier PAK Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen und Benzo[b]fluoranthen (Variante 3).

Dabei muss zwingend eine störungsfreie Analytik für die Verbindungen der Gruppe der PAK4 gewährleistet sein. Die routinemäßige PAK-Analytik erfolgt meist mittels Gaschromatographie (GC) bzw. Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (GC/MS). Die Analyse von Benzo[a]pyren und Benzo[a]anthracen ist dabei unproblematisch. Jedoch wird die Bestimmung von Chrysen mit GC-Methoden oft durch Triphenylen gestört, und die Bestimmung von Benzo[b]fluoranthen kann durch zusätzlich vorhandenes Benzo[k]fluoranthen oder Benzo[j]fluoranthen gestört werden. Zur störungsfreien Analyse der PAK4 ist demzufolge unter Umständen ein aufwendiges GC-Messverfahren notwendig, welches Analysezeiten von über einer Stunde erfordern könnte (Jira et al., 2008).

Bei Mischungen von PAK ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand mit einer additiven Wirkung in Bezug auf die Kanzerogenität zu rechnen. Bei Festsetzung eines Summenhöchstgehaltes für die vier Verbindungen sollte aus toxikologischer Sicht berücksichtigt werden, dass Hinweise darauf bestehen, dass die kanzerogene Potenz eines PAK-Gemisches bei reiner Aufsummierung der Wirkstärke der Einzelverbindungen in Studien mit anderen Aufnahmewegen als dem oralen unterschätzt werden kann (Schneider et al., 2002). Bezüglich der kanzerogenen Wirkung von PAK nach oraler Aufnahme besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Da es sich bei PAK um genotoxische Kanzerogene handelt, gilt das Minimierungsgebot. Höchstwerte sollten so gering wie vernünftigerweise erreichbar festgesetzt werden. Aufgrund des unterschiedlichen kanzerogenen Potenzials der einzelnen Verbindungen wäre aus toxikologischer Sicht für die Ableitung eines Summenhöchstgehaltes nach Möglichkeit die Zugrundelegung eines Modells, das das toxische Potenzial der jeweiligen Verbindungen berücksichtigt, gegenüber einer reinen Dosisaddition zu bevorzugen. Aus Sicht des BfR ist daher die Prüfung der Möglichkeit einer Weiterentwicklung eines TEF-Modells für PAK empfehlenswert.

5 Referenzen

Collins, J. F., Brown, J. P., Alexeeff, G. V., Salmon, A. G. (1998) Potency equivalency factors for some polycyclic aromatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbon derivatives. *Reg. Tox. and Pharmacol.* 28, 45-54. et al., 1998.

Culp, S. J., Gaylor, D. W., Sheldon, W.G., Goldstein, L. S., Beland, F. A. (1998) A comparison of the tumours induced by coal tar and benzo[a]pyrene in a 2-year bioassay. *Carcinogenesis* 19, 117-124.

Djinovic, J., Popovic, A., Jira, W. (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAK) in traditional and industrial smoked beef and pork ham from Serbia. *Eur. Food. Res. Technol.* 227, 1191-1198.

EFSA (2008) Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. *The EFSA Journal* (2008) 724, 1-114.

JECFA (2005) Sixty-fourth meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Rome, 8-17 February 2005. Summary and Conclusions. Online verfügbar unter http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary_report_64_final.pdf

Jira, W., Ziegenhals, K., Speer, K. (2008) Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method for the determination of 16 European priority polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and edible oils. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 25, 704-13.

Rodriguez-Acuna, R., Perez-Camino, M., Cert, A., Moreda, W. (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons in Spanish olive oils: relationship between benzo[a]pyrene and total polycyclic aromatic hydrocarbon content. *J. Agric. Food. Chem.* 56, 10428-10432.

Schneider, K., Roller, M., Kalberlah, F., Schuhmacher-Wolz, U. (2002) Cancer risk assessment for oral exposure to PAH mixtures. *J. Appl. Toxicol.* 22, 73-83.

SCF (2002) Opinion of the Scientific Committee on Food (SCF) on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out153_en.pdf.

Straif, K., Baan, R., Grosse, Y., Secretan, B., El Ghissassi, F., Coglianò, V. (2005) Carcinogenicity of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Lancet Oncol.* 6, 931-932.

Ziegenhals K., Jira, W., Speer, K. (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in various types of tea. *Eur. Food res. Technol.* 228, 83-91.