

21. März 2024

## **Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in geräuchertem Paprikapulver**

### **Bundesinstitut für Risikobewertung bewertet den Gehalt**

---

In Rahmen der amtlichen Lebensmittelüberwachung wurden in drei Proben von geräuchertem Paprikapulver hohe Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) festgestellt. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat diese Funde toxikologisch bewertet.

PAK stellen eine große Gruppe organischer Verbindungen dar, die u.a. bei unvollständigen Verbrennungsprozessen von organischem Material entstehen können. Die vier in der Probe nachgewiesenen PAK sind als „*wahrscheinlich beim Menschen karzinogen*“ eingestuft, d. h. sie können krebserzeugend sein. Die Stoffe Chrysen und Benzo[*a*]pyren sind zudem hinsichtlich der Eigenschaft eingestuft, möglicherweise Mutationen in Keimzellen des Menschen auszulösen.

Um potenzielle Risiken von erbgutverändernden und krebserzeugenden Substanzen in Lebensmitteln zu charakterisieren, wird der Margin-of-Exposure-Ansatz, kurz MOE-Ansatz, genutzt. Der MOE ist der Quotient aus einem toxikologischen Referenzwert und der Höhe der Exposition des Menschen gegenüber einem Stoff. Jedoch ist dieser Wert nicht als gesundheitsbasierter Richtwert zu verstehen, sondern dient der Priorisierung von Risikomanagementmaßnahmen.

Aus dem ermittelten MOE lässt sich unter Berücksichtigung der bestehenden Unsicherheiten schlussfolgern, dass die PAK-Gehalte in den untersuchten Proben im Hinblick auf die öffentliche Gesundheit als wenig bedenklich angesehen werden können. Jedoch fehlen für eine belastbare Bewertung der Situation Daten zu Langzeitverzehrsmengen und Verzehrshäufigkeiten.

Grundsätzlich sollte die Exposition gegenüber erbgutverändernden und krebserzeugenden Stoffen in Lebensmitteln nach dem ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable) so weit wie möglich minimiert werden.

## PAK-Gehalte in geräuchertem Paprikapulver

A Betroffen sind [1]	Allgemeinbevölkerung					
B Wahrscheinlichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung unter Berücksichtigung der bestehenden Unsicherheiten, insbesondere hinsichtlich der Verzehrsmengen von PAK-haltigem Paprikapulver	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch	
C Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung bei dem Verzehr von PAK-haltigem Paprikapulver	Keine Beeinträchtigung	Leichte Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]	Mittelschwere Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]		Schwere Beeinträchtigung irreversibel	
D Aussagekraft der vorliegenden Daten	Hoch: Die wichtigsten Daten liegen vor und sind widerspruchsfrei		Mittel: Einige wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich		Gering: Zahlreiche wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	
E Kontrollierbarkeit durch Verbraucher	Kontrolle nicht notwendig	Kontrollierbar durch Vorsichtsmaßnahmen	Kontrollierbar durch Verzicht	Nicht kontrollierbar		

Dunkelgrau hinterlegte Felder kennzeichnen die Eigenschaften des in dieser Stellungnahme bewerteten Risikos.

### Erläuterungen

Das Risikoprofil soll das in der BfR-Stellungnahme beschriebene Risiko visualisieren. Es ist nicht dazu gedacht, Risikovergleiche anzustellen. Das Risikoprofil soll nur im Zusammenhang mit der Stellungnahme gelesen werden.

#### Zeile C – Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung:

Die vier in der Probe quantitativ bestimmten PAK (PAK4) können krebserzeugend sein. Die Stoffe Chrysen und Benzo[a]pyren (BaP) können darüber hinaus möglicherweise Mutationen in Keimzellen auslösen.

#### Zeile D – Aussagekraft der vorliegenden Daten:

Repräsentative Daten zu PAK-Gehalten in geräuchertem Paprikapulver auf dem deutschen Markt fehlen. Außerdem fehlen für eine belastbare Bewertung der Situation Daten zu Langzeitverzehrsmengen und Verzehrhäufigkeiten von geräuchertem Paprikapulver.

#### Zeile E - Kontrollierbarkeit durch Verbraucher

[1] – Die Angaben in der Zeile „Kontrollierbarkeit durch Verbraucher“ sollen keine Empfehlung des BfR sein, sondern haben beschreibenden Charakter.

## 1 Gegenstand der Bewertung

Paprikapulver, das nach traditionellem Räucherverfahren hergestellt wurde, ist von der Höchstmengenbeschränkung ausgenommen, die gemäß Verordnung (EG) Nr. 2023/915<sup>1</sup> für

<sup>1</sup> Aktualisierung: Berücksichtigung der neuen Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission vom 23. April 2024 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006

getrocknete Gewürze gilt. Aufgrund des Räuchervorgangs kann Paprikapulver mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) belastet sein. Das Landeslabor der zur amtlichen Untersuchung von Lebens- und Futtermitteln (Instituts für Hygiene und Umwelt) der Freien und Hansestadt Hamburg hat bei einer Untersuchung von spanischem geräuchertem Paprikapulver in drei Proben hohe PAK-Gehalte festgestellt. Das BfR bewertet diese Befunde nun toxikologisch.

## 2 Ergebnis

Im Rahmen der Bewertung der Untersuchungsbefunde des Instituts für Hygiene und Umwelt sind aus Sicht des BfR folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- (1) Die Bewertung gesundheitlicher Risiken durch die Exposition gegenüber PAK orientiert sich insbesondere an der genotoxisch-kanzerogenen Wirkung von einigen PAK.

Die in der Probe quantitativ bestimmten vier PAK (PAK4) sind gemäß Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 als „wahrscheinlich beim Menschen karzinogen“ eingestuft. Chrysen und Benzo[a]pyren (BaP) sind zudem hinsichtlich der Eigenschaft eingestuft, möglicherweise Mutationen in Keimzellen auszulösen (BaP: carc. 1b/muta. 1b, Chrysen: carc. 1b/muta. 2, Benzo[b]fluoranthren: carc. 1b, Benzo[a]anthracen: carc. 1b).

Grundsätzlich sollte daher die Exposition gegenüber den PAK4 entsprechend dem ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable) soweit minimiert werden, wie dies vernünftigerweise (technisch) erreichbar ist.

- (2) Die Anwendung des MOE-Konzepts deutet aus Sicht der öffentlichen Gesundheit auf eine niedrige Priorität für Risikomanagementmaßnahmen hin.

Zur Priorisierung der Dringlichkeit von Risikomanagementmaßnahmen im Hinblick auf die langfristige Exposition gegenüber genotoxischen Kanzerogenen wurde das Margin-of-Exposure (MOE)-Konzept angewendet. Der MOE ist der Quotient aus einem geeigneten Referenzpunkt, d. h. einer Dosis, die in diesem Fall mit einem bestimmten Anstieg der Tumorrates assoziiert ist (oftmals  $BMDL_{10}$ ), und der Exposition des Menschen gegenüber dieser Substanz.

Aufgrund fehlender Daten zum Verzehr von geräuchertem Paprikapulver in Deutschland ist keine valide Schätzung der langfristigen Exposition gegenüber PAK durch den Verzehr von geräuchertem Paprikapulver möglich. Eine Internetrecherche hat jedoch gezeigt, dass die Mengenangaben für nicht-geräuchertes und geräuchertes Paprikapulver in verfügbaren Rezepten ähnlich sind. Deshalb wurde zur Berechnung des MOE die langfristige Aufnahme von Paprikapulver in der deutschen Bevölkerung basierend auf den Ergebnissen der Nationalen Verzehrstudie II herangezogen. Basierend auf den höchsten gemessenen Gehalten an BaP und PAK4 (70,4 bzw. 311,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in Probe 1 ergeben sich bei mittleren Verzehrsmengen MOE-Werte von 994.318 für BaP bzw. 1.090.792 für PAK4 und bei hohen Verzehrsmengen MOE-Werte von 248.580 für BaP bzw. 272.698 für PAK4.

Für genotoxisch-kanzerogene Substanzen wird ein MOE von 10.000 oder höher prinzipiell als niedrige Priorität für Risikomanagementmaßnahmen angesehen, sofern

ein BMDL<sub>10</sub> aus einer Tierstudie als Referenzpunkt verwendet wurde. Unter Beachtung der bestehenden Unsicherheiten, insbesondere bezüglich der Verzehrmenngen, erscheinen die Gehalte an PAK in den drei Proben von geräuchertem Paprikapulver bezogen auf den chronischen Verzehr von nicht geräuchertem Paprikapulver im Hinblick auf die öffentliche Gesundheit als wenig bedenklich.

- (3) Es bestehen Datenlücken in Bezug auf langfristige Verzehrmenngen und Verzehrhäufigkeiten von geräuchertem Paprikapulver sowie in Bezug auf repräsentative Daten zu PAK-Gehalten in geräuchertem Paprikapulver.

Außerdem lassen die Gehaltsdaten der Proben und der in der wissenschaftlichen Literatur genannten Gehaltsdaten den Schluss zu, dass die Spannbreite an PAK-Gehalten in geräuchertem Paprikapulver sehr groß sein kann. Repräsentative Daten zu PAK-Gehalten in geräuchertem Paprikapulver auf dem deutschen Markt fehlen jedoch. Deshalb wird empfohlen, geeignete Daten zum Beispiel im Rahmen des Projektmonitorings zu erheben.

## 3 Begründung

### 3.1 Risikobewertung

#### 3.1.1 Gefahrenidentifizierung

Sofern bei der Herstellung von geräuchertem Paprikapulver frisch entwickelter Rauch verwendet wird, können polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) als unerwünschte Nebenprodukte durch unvollständige Verbrennungsprozesse von organischem Material (Holz) entstehen, die möglicherweise auf die Paprikaschoten übergehen können. PAK stellen eine große Gruppe von organischen Verbindungen dar, die bei unvollständigen Verbrennungsprozessen organischen Materials (industrielle Prozesse, Waldbrände und auch Grillen) entstehen. Diese Substanzen sind aus zwei bis sieben kondensierten aromatischen Kohlenwasserstoffringen aufgebaut, wobei abhängig von der Verbrennungstemperatur auch PAK mit verschiedenen Seitenketten gebildet werden können.

In drei Proben von geräuchertem Paprikapulver wurden erhöhte Gehalte an PAK gemessen. Im Einzelnen wurden im Rahmen der amtlichen Untersuchung von Verdachtsproben mit einer GC-MS-MS-Methode nach DIN EN 16619 (06.2015) in der Probe 1 70,4 µg BaP, 94,7 µg Chrysen, 48,1 µg Ben-zo[b]fluoranthen, 98,5 µg Benzo[a]anthracen, in der Probe 2 43,8 µg BaP, 63,8 µg Chrysen, 33,1 µg Benzo[b]fluoranthen, 64,0 µg Benzo[a]anthracen und in Probe 3 40,1 µg BaP, 47,7 µg Chrysen, 25,3 µg Benzo[b]fluoranthen, 54,8 µg Benzo[a]anthracen pro kg Gewürz gemessen. Die in den Proben 1 bis 3 ermittelten PAK4-Summengehalte lagen somit bei  $311,7 \pm 62,3$ ;  $204,8 \pm 41,0$  bzw.  $167,9 \pm 33,6$  µg pro kg Gewürz. Die Messungen betreffen drei Proben, die am 02.06.2022 von einem Lebensmittelunternehmer als Verdachtsproben geliefert wurden.

Gemäß Artikel 1 der VO (EG) Nr. 2023/915 dürfen die im Anhang dieser Verordnung aufgeführten Lebensmittel nicht in den Verkehr gebracht werden, wenn sie eine der im Anhang aufgeführten Kontaminanten in einer Menge enthalten, die den dort festgelegten Höchstgehalt überschreitet. Gemäß Anhang 1 „Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten

in Lebensmitteln“, 5.1.10<sup>2</sup>, der VO (EG) Nr. 2023/915 darf BaP einen Wert von 10 µg pro kg und die Summe die PAK4 einen Gehalt von 50 µg pro kg getrocknete Gewürze und Kräuter nicht überschreiten. Ausgenommen von diesem Höchstgehalt sind jedoch Kardamom und geräucherter Capsicum spp. (Paprika).

### 3.1.2 Gefahrencharakterisierung

In der öffentlich verfügbaren Literatur findet sich eine Reihe umfassender toxikologischer Bewertungen von PAK, darunter von der Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR 1995), der Weltgesundheitsorganisation (WHO) (1998 und 2003) oder der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA 2008). Die Bewertungen gesundheitlicher Risiken orientieren sich dabei insbesondere an der genotoxisch-kanzerogenen Wirkung einiger PAK, die als der empfindlichste Endpunkt angesehen wird. Die in der Probe quantitativ bestimmten PAK4 sind nach Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 als „wahrscheinlich beim Menschen karzinogen“ eingestuft, Chrysen und BaP sind zudem hinsichtlich der Eigenschaft eingestuft, möglicherweise Mutationen in Keimzellen des Menschen auszulösen (BaP: carc. 1b/muta. 1b, Chrysen: carc. 1b/muta. 2, Benzo[b]fluoranthren: carc. 1b, Benzo[a]anthracen: carc. 1b).

PAK sind eine mehrere hundert Verbindungen umfassende Gruppe von organischen Verbindungen, die aus zwei bis sieben kondensierten aromatischen Kohlenwasserstoffringen aufgebaut sind. Zusätzlich können die Moleküle verschiedene Seitenketten tragen. BaP, das lange Zeit als Leitsubstanz zur Bewertung der Kanzerogenität von PAK nach oraler Aufnahme herangezogen wurde, wird zu hochreaktiven genotoxischen Metaboliten umgewandelt. Ein Initialschritt der Metabolisierung von BaP ist beispielsweise die durch Cytochrom P450-Monooxygenasen katalysierte Bildung von Dihydrodiolepoxiden, die einer weiteren Metabolisierung durch Enzyme der Phase II des Fremdstoffmetabolismus unterliegen können. Für die genotoxische Wirkung wird insbesondere die Fähigkeit der dabei entstehenden elektrophilen Produkte angesehen, kovalent an DNA unter Bildung von DNA-Addukten zu binden (EFSA 2008).

In ihrer Stellungnahme kam die EFSA allerdings zu dem Schluss, dass BaP allein kein geeigneter Indikator für das Vorkommen von PAK in Lebensmitteln ist. Nach einer Auswertung zum Vorkommen von PAK in Lebensmitteln wurde stattdessen eine Gruppe bestehend aus Chrysen, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren und BaP identifiziert („PAK4“), die sich als geeignete Indikatoren für das Vorkommen von PAK in Lebensmitteln erwiesen hatten (EFSA 2008). Sie gehören zu einer Gruppe von 16 potentiell genotoxischen und kanzerogenen PAK, wobei allerdings nur für 8 dieser PAK Daten zur Kanzerogenität nach oraler Aufnahme vorliegen. Aus einer Studie zur Kanzerogenität von PAK nach oraler Aufnahme bei Mäusen leitete die EFSA für BaP eine Dosis, die mit der unteren Grenze des zum BMD zugehörigen Konfidenzlimits assoziiert ist (BMDL<sub>10</sub>), von 0,07 mg/kg Körpergewicht (KG) bzw. von 0,34 mg/kg KG und Tag für die Gruppe der PAK4 als Referenzpunkte ab (EFSA 2008).

Für genotoxische Kanzerogene lässt sich nach derzeitigem Kenntnisstand keine gesundheitlich unbedenkliche Aufnahmemenge und insofern auch kein gesundheitsbasierter Richtwert ableiten. Zur Priorisierung der Dringlichkeit von Risikomanagementmaßnahmen empfiehlt die EFSA das margin of exposure (MOE)-Konzept (EFSA, 2005). Laut EFSA wird

<sup>2</sup> Vgl. Fußnote 1

dabei ein MOE von 10.000 oder höher, sofern auf Basis eines BMDL<sub>10</sub> aus einer tierexperimentellen Kanzerogenitätsstudie abgeleitet, mit Blick auf die öffentliche Gesundheit als wenig bedenklich, jedoch nicht unbedenklich, angesehen und somit als Kriterium für eine niedrige Priorität für Risikomanagementmaßnahmen angesehen.

### 3.1.3 Expositionsschätzung und -bewertung

Um den Einsatz des geräucherten Paprikapulvers besonders im Vergleich zu üblichem Paprikapulver in der deutschen Bevölkerung abschätzen zu können, wurde eine Recherche im Internet zu Rezepten durchgeführt, die geräuchertes Paprikapulver als Zutat enthalten. Dabei hat sich gezeigt, dass bei Gerichten mit oder ohne Fleisch für 4 Personen zwischen einem Teelöffel und zwei Esslöffel geräuchertes Paprikapulver als Zugabe aufgeführt waren. Häufig wurde geräuchertes Paprikapulver auch bei der Zubereitung von Soßen mit einem halben bis zwei Teelöffel pro 4 Portionen angegeben. In selbst zubereiteten Brotaufstrichen wurde ein halber bis ganzer Teelöffel geräuchertes Paprikapulver pro 2 Portionen verwendet. Dies entspricht den Angaben für vergleichbare Gerichte, die mit nicht-geräuchertem Paprikapulver zubereitet werden. Basierend auf dieser Recherche wurden für die chronische Expositionsschätzung Verzehrdaten von nicht-geräuchertem Paprikapulver zur Berechnung herangezogen. Die Recherche hat zudem gezeigt, dass geräuchertes Paprikapulver besonders bei der Herstellung von Chorizowurst zum Einsatz kommt.

Verzehrdaten zu Paprikapulver bei Jugendlichen und Erwachsenen wurden der Nationalen Verzehrstudie II (NVS II) des Max Rubner-Instituts (MRI) entnommen. Die NVS II ist die aktuelle repräsentative Studie zum Verzehr der deutschen Bevölkerung. Die Studie, bei der etwa 20.000 Personen im Alter zwischen 14 und 80 Jahren mittels drei verschiedener Erhebungsmethoden (Dietary History, 24h-Recall und Wiegeprotokoll) zu ihrem Ernährungsverhalten befragt wurden, fand zwischen 2005 und 2006 in ganz Deutschland statt (Krems et al. 2006; MRI 2008). Die Verzehrsauswertungen beruhen auf den Daten der „Dietary History“-Interviews der NVS II, die mithilfe des Programms „DISHES 05“ erhoben wurden. Mit der „Dietary History“-Methode wurden 15.371 Personen befragt und retrospektiv ihr üblicher Verzehr der letzten vier Wochen erfasst. Im Rahmen des Forschungsprojektes LExUKon (Lebensmittelbedingte Aufnahme von Umweltkontaminanten – Datenaufbereitung zur Unterstützung und Standardisierung von Expositionsschätzungen auf Basis der Nationalen Verzehrstudie II) (BfR 2010) mit Laufzeit Herbst 2008 bis Ende 2010 wurden Verzehrsmengen diverser Lebensmittelgruppen von Jugendlichen und Erwachsenen auf Basis der DISHES-Daten der NVS II ermittelt, darunter die von Paprikapulver. Die Ermittlung der Verzehrsmengen von Paprikapulver beinhalten Paprika getrocknet, Paprika edelsüß sowie Rosenpaprika und beruht auf dem Datenstand, bei dem nahezu alle zusammengesetzten Lebensmittel orientierend an den Höchstgehaltsgruppen für Umweltkontaminanten in die jeweiligen Einzelkomponenten aufgeschlüsselt wurden. Die Auswertungen wurden mittels SPSS Version 21 durchgeführt.

**Tabelle 1:** Langfristige Verzehrmenge von Paprikapulver im Vergleich zu Gewürzen gesamt, bezogen auf das Körpergewicht (Basis: NVSII, nur Verzehrer).

	Verzehrer*	Mittlere Verzehrmenge**	
		Median	Perzentil 95
Paprikapulver	14.537 (94,6 %)	0,001	0,004

Gewürze gesamt	15.335 (99,8 %)	0,009	0,030
----------------	-----------------	-------	-------

\* absolute Anzahl (Angabe in %);

\*\* Monatsmittel in g/kg KG und Tag.

In Tabelle 1 sind die täglichen Verzehrsmengen der Verzehrer von Paprikapulver in Gramm pro kg Körpergewicht abgebildet. Der Median ist der Wert, der von 50 Prozent der betrachteten Population unterschritten bzw. überschritten wird. Das 95. Perzentil bildet das Verzehrverhalten der Vielverzehrer ab. Die mittlere Aufnahmemenge von nicht-geräuchertem Paprikapulver beträgt 0,001 g/kg Körpergewicht (KG), bei hohem Verzehr (Vielverzehrer) werden 0,004 g/kg KG und Tag aufgenommen.

Im Rahmen einer spanischen Studie zur Bestimmung des mittleren Gesamtverzehrs von geräuchertem Paprika über ein Jahr wurde für die spanische Bevölkerung eine mittlere Aufnahmemenge von 139 g pro Person und Jahr bestimmt. Dies entspricht einer mittleren Aufnahme von 0,005 g/kg KG und Tag (Coletto et al., 2021). Da geräuchertes Paprikapulver ein traditionelles spanisches Gewürz darstellt, erscheint es plausibel, dass die darin für die spanische Bevölkerung ermittelte chronische tägliche Aufnahmemenge oberhalb der Verzehrmenge für Paprikapulver in Deutschland liegt.

### 3.1.4 Risikocharakterisierung

In der wissenschaftlichen Risikobewertung besteht weitgehend Konsens, dass sich nach derzeitigem Kenntnisstand für DNA-reaktive Kanzerogene<sup>3</sup> kein Schwellenwert ableiten lässt, bei dessen Unterschreitung mit hinreichender Gewissheit davon ausgegangen werden kann, dass kein gesundheitliches Risiko besteht. Die Risikobewertung basiert dann auf der Annahme, dass es nicht möglich ist, ein Expositions-niveau zu bestimmen, das gänzlich ohne zusätzliches Risiko ist. Zur Charakterisierung des potenziellen Risikos von genotoxisch und kanzerogen wirkenden Substanzen in Lebensmitteln wird in der Europäischen Union üblicherweise der margin of exposure (MOE)-Ansatz zugrunde gelegt. Der MOE ist der Quotient aus einem geeigneten Referenzpunkt, d. h. einer Dosis, die in diesem Fall mit einem bestimmten Anstieg der Tumorraten assoziiert ist (oftmals BMDL<sub>10</sub>), und der Exposition des Menschen gegenüber dieser Substanz. Der MOE ist kein gesundheitsbasierter Richtwert, sondern dient der Priorisierung von Risikomanagementmaßnahmen. Für genotoxisch-kanzerogene Substanzen wird ein MOE von 10.000 oder höher prinzipiell als niedrige Priorität für Risikomanagementmaßnahmen angesehen, sofern ein BMDL<sub>10</sub> aus einer Tierstudie als Referenzpunkt verwendet wurde (EFSA 2005).

Bezogen auf die BMDL<sub>10</sub>-Werte für BaP bzw. die Gruppe der PAK4 (0,07 bzw. 0,34 mg/kg KG und Tag) ermittelte die EFSA (2008) MOE-Werte für die Gesamtaufnahme über alle Lebensmittel von 17.900 für BaP bzw. 17.500<sup>4</sup> für PAK4 bei mittleren Verzehrsmengen. Bei hohem Verzehr (Vielverzehrer: Perzentil 97,5 für Getreide und Meeresfrüchte, mittlere Aufnahmemengen für alle anderen Lebensmittelgruppen) ergeben sich MOE-Werte von 10.800 bezogen auf BaP und 9.900<sup>5</sup> bezogen auf PAK4. Aus diesen MOE-Werten schlussfolgerte die EFSA, dass bei mittleren Verzehrsmengen die Exposition gegenüber PAK

<sup>4</sup> Anpassung der MOE-Werte für die Gesamtaufnahme

<sup>5</sup> Anpassung der MOE-Werte für Vielverzehrer

im Hinblick auf die öffentliche Gesundheit als wenig bedenklich angesehen werden kann, bei höheren Verzehrsmengen ein mögliches Risiko für die öffentliche Gesundheit besteht und Risikomanagementmaßnahmen zur Reduktion der PAK-Exposition erforderlich sind (EFSA 2005).

Die Bestimmung der langfristigen Verzehrmenge an Gewürzen ist mit einigen Unsicherheiten behaftet (siehe Kapitel 3.2). Im hier zu beurteilenden Fall wurde der MOE basierend auf den BaP/PAK4-Gehalten der Probe 1 des geräucherten Paprikapulvers unter Annahme gleicher Verzehrhäufigkeit und -mengen von nicht-geräuchertem Paprikapulver (70,4 µg BaP/kg; 311,7 µg PAK4/kg) bestimmt. Zusätzlich wurde der MOE für die tägliche Aufnahmemenge in Spanien basierend auf den Daten von Coletto et al. (2021) berechnet. Für alle Expositionsszenarien wurde ein MOE-Wert größer als 10.000 berechnet (Tabelle 2). Unter Annahme eines mittleren Verzehrs berechnet sich ein MOE-Wert für BaP von 994.318 und von 1.090.792 für PAK4, für einen hohen Verzehr 248.580 für BaP bzw. 272.698 für PAK4. Auf Basis der Verzehrdaten für den mittleren Verzehr aus der Studie von Coletto et al. und den aus Hamburg berichteten Gehaltsdaten wurden MOE-Werte von 182.779 für BaP bzw. 200.513 für PAK4 berechnet. Aus diesen MOE-Werten lässt sich schlussfolgern, dass die Exposition gegenüber PAK aus geräuchertem Paprikapulver im Hinblick auf die öffentliche Gesundheit als wenig bedenklich angesehen werden kann.

**Tabelle 2:** Berechnung des MOE basierend auf den bestimmten maximalen Gehaltsdaten von geräuchertem Paprika und der langfristigen Verzehrmenge von Paprikapulver (siehe Tabelle 1).

Quelle	Paprikapulver <sup>a</sup>	BaP <sup>b</sup>	PAK4 <sup>b</sup>	MOE*	
				BaP	PAK4
NSVII Mittlerer Verzehr	1	0,07	0,31	994.318	1.090.792
	4	0,28	1,25	248.580	272.698
Coletto et al. (2021) Mittlerer Verzehr	5,44	0,35	1,57	182.779	200.513

<sup>a</sup> Angabe in mg/kg KG und Tag;

<sup>b</sup> Aufnahme PAK in ng/kg KG und Tag auf Basis der Gehalte in der Probe 1 (70,4 µg BaP/kg geräuchertes Paprikapulver, 311,7 µg PAK4/kg geräuchertes Paprikapulver);

\* Referenzpunkt BaP (BMDL10): 0,07 mg/kg Körpergewicht (KG);  
Referenzpunkt PAK4 (BMDL10): 0,34 mg/kg KG und Tag (EFSA 2008).

Grundsätzlich sollte entsprechend dem ALARA (as low as reasonably achievable)-Prinzip die Exposition gegenüber den PAK4 aufgrund ihrer genotoxisch-kanzerogenen Eigenschaften soweit minimiert werden, wie dies vernünftigerweise (technisch) erreichbar ist.

### 3.2 Unsicherheiten

Angaben zum Verzehr von Gewürzen sind generell mit Unsicherheiten behaftet, da ihr Verzehr häufig nicht dokumentiert wird und so von einer Unterschätzung der Verzehrmenge auszugehen ist. Ferner gestaltet sich die Schätzung der Portionsgrößen aufgrund des sehr geringen Gewichts von Gewürzen und der Zugabe beim Zubereiten oder dem Nachwürzen aus der Streudose in Ernährungserhebungen sehr schwierig. Zudem stammen die meisten Angaben zu Gewürzen aus Standardrezepturen des Bundeslebensmittelschlüssels und spiegeln damit nicht notwendigerweise die individuell verzehrte Menge wider. Die in Tabelle 1 dargestellten Werte liegen teilweise deutlich unter den mittleren Verzehrsmengen einer

einzelnen Person beim Verzehr von Gerichten mit geräuchertem Paprikapulver (bis 2 EL pro 4 Portionen, Internetrecherche). Dies kann sowohl auf den nicht täglichen Verzehr von Paprikapulver, als auch auf die o. g. Unsicherheiten bei der Erfassung von Gewürzen zurückzuführen sein. Außerdem liegen momentan keine Informationen über die Häufigkeit zum Verzehr von Gerichten vor, die geräuchertes Paprikapulver enthalten. Bei täglichem Verzehr entsprechender Gerichte mit einem Teelöffel Paprikapulver (1,5 g nach EAT-Erfassungssoftware der Universität Paderborn) oder mehr würde die Verzehrmenge somit ein Vielfaches über den Werten der in Tabelle 1 angegebenen Werte liegen. Ebenso ist von höheren Aufnahmemengen auszugehen, wenn auch in Chorizowurst, die auf dem deutschen Markt erhältlich ist, geräuchertes Paprikapulver eingesetzt wird. In der Regel erfolgt in der Zutatenliste die Angabe der Verwendung von Paprikapulver ohne eine weitere Spezifizierung nach der genauen Sorte. Sofern der Anteil eines Lebensmittels, wie geräuchertes Paprikapulver, nicht mehr als zwei Gewichtsprozent des Lebensmittels ausmacht, darf laut Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 die allgemeine Bezeichnung "Gewürze" verwendet werden.

Die Daten der NVS II sind die derzeit aktuellsten, repräsentativen Daten zum Verzehr der deutschen Bevölkerung. Sie wurden jedoch bereits in den Jahren 2005/2006 erhoben. Etwaige Veränderungen bezüglich Verzehrgewohnheiten wurden in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt. Selten verzehrte Lebensmittel, wie geräuchertes Paprikapulver sind zudem durch allgemeine Ernährungserhebungen schwer zu erfassen (Nischenprodukte). Inwiefern hiervon neben den im Haushalt zubereiteten Lebensmitteln auch die im Handel angebotenen veganen Lebensmittel betroffen sind, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht bekannt. Des Weiteren kann keine Aussage zum Verzehr von Paprikapulver bei Kindern erfolgen. Verzehrsmengen von geräuchertem Paprikapulver sind in der KiESEL-Studie (Nowak et al. 2022) für Kinder im Alter von 6 Monaten bis zu 5 Jahren nicht angegeben.

Weitere Unsicherheiten betreffen neben den Verzehrsmengen und -häufigkeiten die Gehalte an PAK in geräuchertem Paprikapulver auf dem deutschen Markt. Momentan liegen dem BfR nur wenige Messwerte vor. Bei den Proben des Instituts für Hygiene und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg wurden nur drei Proben eines Lebensmittelunternehmers gemessen. In der Studie von Coletto et al. (2021) wurden 144 spanische geräucherte Paprikapulver gemessen und mittlere BaP- bzw. PAK4-Gehalte von 49 bzw. 780 µg pro kg Gewürz gemessen. Die Spannbreite der Gehalte innerhalb der analysierten 144 Proben aus dieser Studie ließ sich in einer Internetrecherche nicht bestätigen. Die Daten der Studie von Coletto et al. (2021) zeigen jedoch, dass wesentlich höhere Gehalte an PAK in geräuchertem Paprikapulver vorkommen können als das für die Berechnung des MOE hier angenommen wurde. Dies könnte zu entsprechend erhöhten Aufnahmemengen führen.

### **3.3 Handlungsrahmen, Empfehlung von Maßnahmen**

Die Bewertung gesundheitlicher Risiken durch die Exposition gegenüber polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen orientiert sich insbesondere an der genotoxisch-karzinogenen Wirkung einiger PAK. In der Europäischen Union gilt generell die Empfehlung, die Exposition gegenüber genotoxisch und karzinogen wirkenden Substanzen so weit zu minimieren, wie dies vernünftigerweise erreichbar ist (ALARA-Prinzip: as low as reasonably achievable), da selbst geringe Aufnahmemengen, insbesondere bei regelmäßigem Verzehr, mit einer Erhöhung gesundheitlicher Risiken verbunden sein können. Die vorliegenden Gehaltsdaten der drei Proben von geräuchertem Paprika weisen in ihrer Spannbreite darauf

hin, dass die Gehalte durch das Herstellungsverfahren beeinflussbar sind und eine Minimierung der PAK-Gehalte durch Optimierung des Herstellungsverfahrens möglich ist.

Auf der Basis der hier vorgenommenen Berechnungen und unter Berücksichtigung der bestehenden Unsicherheiten erscheinen die PAK-Gehalte in den drei geräucherten Paprikapulvern im Hinblick auf den chronischen Verzehr wenig besorgniserregend. Allerdings wäre für eine belastbarere Risikobewertung eine Reduktion der Unsicherheiten bezüglich chronischer Verzehrsmengen von geräuchertem Paprikapulver in Deutschland unter Berücksichtigung der potenziellen Änderung von Ernährungsgewohnheiten in Richtung vegetarischer und veganer Ernährung erforderlich. Repräsentative Gehaltsdaten von PAK in geräuchertem Paprikapulver könnten zum Beispiel im Rahmen des Projektmonitorings erhoben werden.

#### **Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**

Fragen und Antworten zu  
Raucharomen [https://www.bfr.bund.de/de/fragen\\_und\\_antworten\\_zu\\_raucharomen-200385.html](https://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_raucharomen-200385.html)

A-Z Index Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK),  
[https://www.bfr.bund.de/de/a-z\\_index/polycyclische\\_aromatische\\_kohlenwasserstoffe\\_\\_pak\\_-5110.html](https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/polycyclische_aromatische_kohlenwasserstoffe__pak_-5110.html)

## **4 Referenzen**

**ATSDR (U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry)** (1995). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. Toxicological Profile.

**Coletto J. M., Martin A., Horrillo A., Mesias F. J., Velazquez R.** (2021). An approach to the consumption of smoked paprika in Spain and its impact on the intake of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Foods* 10: 1-13.

**EFSA (European Food Safety Authority: EFSA Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM))** (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in food - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *The EFSA Journal* 724: 1-114.

**EFSA (European Food Safety Authority: Scientific Committee)** (2005). Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances, which are both genotoxic and carcinogenic (Request No EFSA-Q-2004-020) (adopted on 18 October 2005). *The EFSA Journal* 282: 1-31.

**WHO (World Health Organization: International Programme on Chemical Safety (IPCS))** (1998). Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. World Health Organization. Environmental Health Criteria 202: 1-883.

**WHO (World Health Organization)** (2003). Polynuclear aromatic hydrocarbons in Drinking water: Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality. WHO Background Document WHO/SDE/WSH/03.04/59

### Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebensmittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.

## Impressum

Herausgeber:

**Bundesinstitut für Risikobewertung**

Max-Dohrn-Straße 8-10

10589 Berlin

T +49 30 18412-0

F +49 30 18412-99099

bfr@bfr.bund.de

bfr.bund.de

Anstalt des öffentlichen Rechts

Vertreten durch den Präsidenten Professor Dr. Dr. Andreas Hensel

Aufsichtsbehörde: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

USt-IdNr: DE 165 893 448

V.i.S.d.P: Dr. Suzan Fiack



CC-BY-ND

**BfR** | Risiken erkennen –  
Gesundheit schützen