



universität
wien

DISSERTATION

Titel der Dissertation

„Risikobewertung von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln unter Einbeziehung der Expositionsabschätzung der österreichischen Bevölkerung“

Verfasserin

Mag.rer.nat. Daniela Hofstädter

angestrebter akademischer Grad

Doktorin der Naturwissenschaften (Dr.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt.
Studienblatt:

A 091 474

Dissertationsgebiet lt.
Studienblatt:

Dr.-Studium der Naturwissenschaften
Ernährungswissenschaften

Betreuerin / Betreuer:

Em.O.Univ.Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa

DANKSAGUNGEN

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Betreuer, Herrn Univ. Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa, für die Überlassung des Themas und die hervorragende Betreuung und Unterstützung bedanken.

Ein besonderer Dank gebührt Herrn Dr. Johannes Hofrichter für seine Unterstützung bei der Anwendung der statistischen Methoden, für seine ständige Bereitschaft zur fachlichen Diskussion und für seine Freundschaft.

Bei Herrn Dr. Roland Grossgut möchte ich mich für seine Ratschläge und seine Hilfe, vor allem in der Planungsphase, bedanken.

Ein persönlicher Dank gilt weiters meinem Vorgesetzten, Herrn Univ.-Doz. DI Dr. Klemens Fuchs, der mir fortwährend den Rücken stärkt, mich fördert und fordert.

Ein ganz besonderes Dankeschön gilt meinen Eltern für ihre Unterstützung bei der Betreuung meiner kleinen Tochter Valentina, für die sie keine Mühen und Strapazen gescheut haben.

Von Herzen danken möchte ich meinem Mann Robert, der mir in all der Zeit sehr viel Verständnis und Geduld entgegengebracht hat, mich moralisch unterstützt hat und immer an mich geglaubt hat.

Und dir, Valentina, danke ich, dass es dich gibt!

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	8
1. Einleitung und Fragestellung.....	10
1.1. Hintergrund.....	10
1.2. Ziele.....	11
2. Literaturübersicht.....	13
2.1. Vier Stufen der Risikobewertung.....	13
2.2. Gefahrenidentifizierung.....	15
2.2.1. Struktur und physikalisch-chemische Eigenschaften.....	15
2.2.2. Vertreter der Substanzgruppe.....	16
2.2.3. Entstehung und Vorkommen.....	19
2.2.3.1. Umwelt.....	19
2.2.3.2. Lebensmittel.....	21
2.2.4. Gesetzliche Regelungen.....	26
2.2.4.1. Internationale Regelungen (EU, weltweit).....	26
2.2.4.2. Nationale Bestimmungen und Programme.....	28
2.3. Gefahrencharakterisierung.....	29
2.3.1. Toxikokinetik.....	29
2.3.1.1. Resorption.....	29
2.3.1.2. Verteilung.....	31
2.3.1.3. Metabolismus und Wirkung.....	31
2.3.1.4. Elimination und Ausscheidung.....	33
2.3.2. Toxizität.....	34
2.3.2.1. akute / subakute / subchronische Toxizität.....	34
2.3.2.2. chronische Toxizität / Kanzerogenität.....	34
2.3.2.3. Reproduktionstoxizität.....	36
2.3.2.4. Immunotoxizität.....	36
2.3.2.5. Ableitung toxikologischer Kennzahlen.....	36

3. Material und Methoden	38
3.1. Expositionsabschätzung	38
3.1.1. Einleitung.....	38
3.1.2. Datengrundlage.....	39
3.1.2.1. Auftretensdaten.....	39
3.1.2.2. Verzehrdaten.....	43
3.1.3. Expositionsmodelle.....	45
3.1.3.1. Deterministische Ansatz.....	45
3.1.3.2. Probabilistische Ansatz.....	48
3.2. Risikocharakterisierung	53
3.2.1. Einleitung.....	53
3.2.2. Margin of Exposure (MOE).....	54
4. Ergebnisse und Diskussion	57
4.1. Auftretensdaten	57
4.1.1. Deterministische Ansatz.....	63
4.1.1.1. PAK15.....	63
4.1.1.2. Benzo(a)pyren.....	64
4.1.1.3. Summe PAK4.....	69
4.1.2. Probabilistische Ansatz.....	73
4.1.2.1. Benzo(a)pyren und Summe der PAK4.....	73
4.2. Verzehrdaten	77
4.2.1. Deterministische Ansatz.....	78
4.2.2. Probabilistische Ansatz.....	82
4.3. Expositionsabschätzung	84
4.3.1. Deterministische Ansatz.....	84
4.3.1.1. Benzo(a)pyren.....	84
4.3.1.2. Summe der PAK4.....	91
4.3.2. Probabilistische Ansatz.....	98
4.3.2.1. Benzo(a)pyren.....	98
4.3.2.2. Summe der PAK4.....	103
4.3.3. Ergebnisse beider Ansätze.....	109

4.4. Risikocharakterisierung	110
4.4.1. MOE – Kalkulation basierend auf Ergebnissen der deterministischen Expositionsabschätzung	110
4.4.2. MOE – Kalkulation basierend auf Ergebnissen der probabilistischen Modellierung.....	114
4.5. Qualitative Beschreibung der Unsicherheiten	118
5. Schlussbetrachtung	122
6. Zusammenfassung / Summary	128
7. Literaturverzeichnis	130

ANHANG

CURRICULUM VITAE

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.1.	Strukturen der PAK16.....	17
Abb.2.	Metabolische Aktivierung des Benzo(a)pyren mit bay-region.....	32
Abb.3.	Metabolische Aktivierung des Benzo(c)phenanthren mit fjord-Region.....	33
Abb.4.	Konzept BMR, BMD und BMDL am Beispiel einer Dosis- Wirkungsbeziehung	55
Abb.5.	Missing data und beobachtete Werte in % pro Warengruppe.....	59
Abb.6.	Missing data und beobachtete Werte in % pro PAK.....	62
Abb.7.	Beobachtete Werte und Höchstgehaltsüberschreitungen pro Jahr in absoluten Zahlen (pflanzliche Öle).....	66
Abb.8.	Beobachtete Werte und Höchstgehaltsüberschreitungen pro Jahr in absoluten Zahlen (Pökel- und Räucherfleisch).....	67
Abb.9.	Relativer Anteil des Upper Bound Mittelwertes der Summe der PAK4.....	72
Abb.10.	Verteilungsanpassung für Benzo(a)pyren in Pökel- und Räucherfleisch anhand der χ^2 -Methode (blau) (ML-Methode in orange).....	75
Abb.11.	Häufigkeitsverteilung für Benzo(a)pyren mit angepasster Gammaverteilung (Pökel- und Räucherfleisch).....	75
Abb.12.	Detailausschnitt der Häufigkeitsverteilung für Benzo(a)pyren mit angepasster Gammaverteilung (Pökel- und Räucherfleisch).....	76
Abb.13.	Detailausschnitt der Häufigkeitsverteilungen für Benzo(a)pyren mit angepasster Gammaverteilung für zwei weitere Beispiele.....	76
Abb.14.	Verteilung der Verzehrdaten von Pökel- und Räucherfleisch bei Männern (Kollektiv).....	83
Abb.15.	Verteilung der Verzehrdaten von Pökel- und Räucherfleisch bei Männern (User).....	83
Abb.16.	Relativer Anteil der Warengruppen an BaP - Gesamtexposition (Frauen).....	86
Abb.17.	Relativer Anteil der Warengruppen an BaP- Gesamtexposition (Männer).....	87

Abb.18.	Relativer Anteil der Warengruppen an BaP – Gesamtexposition (Kinder).....	88
Abb.19.	Relativer Anteil der Warengruppen an BaP - Gesamtexposition (Jugendliche).....	89
Abb.20.	Relativer Anteil der Warengruppen an BaP - Gesamtexposition (SeniorInnen).....	90
Abb.21.	Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Frauen).....	92
Abb.22.	Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Männer).....	93
Abb.23.	Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Kinder).....	94
Abb.24.	Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Jugendliche).....	95
Abb.25.	Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (SeniorInnen).....	97
Abb.26.	Gesamtaufnahme (Median) von Benzo(a)pyren inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls.....	100
Abb.27.	Gesamtaufnahme (P95) von Benzo(a)pyren inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls.....	101
Abb.28.	Relativer Anteil der Warengruppen an der BaP – Gesamtexposition.....	103
Abb.29.	Gesamtaufnahme (Median) der PAK4 für die Bevölkerungsgruppen inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls.....	105
Abb.30.	Gesamtaufnahme (P95) der PAK4 für die Bevölkerungsgruppen inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls.....	106
Abb.31.	Relativer Anteil der Warengruppen an der PAK4 – Gesamtexposition.....	107

TABELLENVERZEICHNIS

Tab.1.	16 PAK-Verbindungen.....	18
Tab.2.	Höchstgehalte von Benzo(a)pyren in verschiedenen Lebensmittelgruppen.....	27
Tab.3.	Aufnahme von Benzo(a)pyren.....	30
Tab.4.	Analysenmethode.....	41
Tab.5.	Nachweisgrenzen und Bestimmungsgrenzen für verschiedene Matrices	42
Tab.6.	Anzahl der Untersuchungen pro Warengruppe.....	57
Tab.7.	Missing data und beobachtete Werte pro Warengruppe.....	60
Tab.8.	Missing Data pro PAK – Verbindung.....	61
Tab.9.	Vergleich Häufigkeiten missing data und beobachtete Werte.....	62
Tab.10.	Deskriptive Statistik der PAK15.....	63
Tab.11.	Deskriptive Statistik des Benzo(a)pyren.....	64
Tab.12.	Auswertung des Benzo(a)pyren in Warengruppen.....	69
Tab.13.	Deskriptive Statistik der PAK4.....	70
Tab.14.	Auswertung der PAK4 in Warengruppen.....	73
Tab.15.	Soziodemographische Daten befragter Personengruppen.....	78
Tab.16.	Verzehrdaten Frauen.....	79
Tab.17.	Verzehrdaten Männer.....	79
Tab.18.	Verzehrdaten Kinder.....	80
Tab.19.	Verzehrdaten Jugendliche.....	81
Tab.20.	Verzehrdaten SeniorInnen.....	82
Tab.21.	Gesamtaufnahme des Benzo(a)pyren in ng/Tag und ng/kg KG/Tag.....	85
Tab.22.	Gesamtaufnahme der Summe der PAK4 in ng/Tag und ng/kg KG/Tag.....	91
Tab.23.	Gesamtaufnahme des Benzo(a)pyren in ng/kg KG/Tag (Kollektiv).....	99
Tab.24.	Gesamtaufnahme der PAK4 in ng/kg KG/Tag (Kollektiv).....	104

Tab.25.	MOE-Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei durchschnittlichem Verzehr des Kollektivs.....	111
Tab.26.	MOE-Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei durchschnittlichem Verzehr der User.....	111
Tab.27.	MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei hohem Verzehr (P95 über alle Warengruppen).....	112
Tab.28.	MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei hohem Verzehr (EFSA-Ansatz).....	113
Tab.29.	MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei mittlerer Exposition.....	114
Tab.30.	MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P75 der Exposition.....	115
Tab.31.	MOE-Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P90 der Exposition.....	115
Tab.32.	MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P95 der Exposition.....	116
Tab.33.	MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P99 der Exposition.....	117

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

1.1. HINTERGRUND

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) zählen zu chemischen Schadstoffen und kommen als Kontaminanten unbeabsichtigt in Lebensmitteln vor respektive werden auf unterschiedlichen Wegen in Lebensmittel eingetragen. Im Zuge der industriellen Lebensmittelverarbeitung sowie der haushaltsmäßigen Lebensmittelzubereitung können Verfahren des Erhitzens, des Trocknens oder des Räucherns Lebensmittel verunreinigen. Eine Kontamination kann zudem durch Umweltbelastung verursacht werden. Der Mensch kann PAK jedoch nicht nur über Lebensmittel aufnehmen, sondern auch inhalativ aus der Umwelt bzw. über den Zigaretten- und Tabakrauch. Gerade bei Rauchern ist die Exposition aus Nicht - Lebensmittelquellen von Bedeutung.

PAK stellen eine Substanzgruppe dar, in der derzeit etwa 250 verschiedene Verbindungen bekannt sind. Meist kommen sie als Gemisch mehrerer Einzelkomponenten vor. Es handelt sich um organische Verbindungen, die nur aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut sind.

Ihre gesundheitliche Relevanz liegt in der Tatsache begründet, dass es sich um genotoxische Kanzerogene handelt. Aus toxikologischer Sicht kann für diese Substanzen kein Schwellenwert der gesundheitlichen Unbedenklichkeit abgeleitet werden.

Das Benzo(a)pyren gilt als einer der bekanntesten Vertreter der PAK in Lebensmitteln und ist EU-weit durch Höchstgehalte geregelt. Im Jahre 2002 wurden seitens des Wissenschaftlichen Lebensmittelausschusses der Europäischen Kommission (SCF, Scientific Committee on Food) und des Joint Expert Committees on Food Additives (JECFA) jedoch 15 weitere PAK-Verbindungen definiert, die als kanzerogen und genotoxisch eingestuft wurden.

Bis zum Jahre 2008 galt das Benzo(a)pyren als Marker für das Vorkommen und die Wirkung dieser PAK15 in Lebensmitteln. Basierend auf neuen Daten zu deren Hintergrundbelastung fand im Jahre 2008 eine Evaluation durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) statt. Die EFSA kam zu dem Schluss, dass sich das Benzo(a)pyren als alleiniger Marker nicht mehr eignet und empfiehlt stattdessen ein System von vier spezifischen PAK (Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Chrysen), die auch als Summe der PAK4 bezeichnet werden [EFSA, 2008].

1.2. ZIELE

Im Rahmen dieser Dissertation wird nun eine Risikobewertung von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln durchgeführt, die auf den vier Stufen der Gefahrenidentifizierung, Gefahrencharakterisierung, Expositionsabschätzung und Risikocharakterisierung aufbaut.

Nicht - Lebensmittelquellen werden nicht berücksichtigt. Das Hauptaugenmerk wird auf die Expositionsabschätzung und die Risikocharakterisierung des Benzo(a)pyren sowie oben genannter Summe der PAK4 gelegt.

Die Expositionsabschätzung und die darauf basierende Risikocharakterisierung sollen Aufschluss darüber geben, ob respektive welches Risiko vom langzeitigen Verzehr von mit PAK belasteten Lebensmitteln für die österreichische Bevölkerung respektive für einzelne Bevölkerungsgruppen ausgeht. Weiters sollen jene Warengruppen identifiziert werden, die den bedeutendsten Anteil an der Gesamtexposition über Lebensmittel zeigen.

In die Expositionsabschätzung fließen Ergebnisse aus der amtlichen Lebensmittelkontrolle in Österreich sowie Verzehrdaten, die vom Institut für Ernährungswissenschaften im Rahmen von Querschnittsstudien erhoben wurden, ein. Die Ergebnisse aus der amtlichen Lebensmittelkontrolle stellen

Belastungsdaten mit PAK dar und werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit als Auftretensdaten bezeichnet.

Durchgeführt wird die Expositionsabschätzung auf Basis zweier unterschiedlicher Ansätze. Sie beruht einerseits auf dem klassischen deterministischen Ansatz, der auf einer Punktschätzung basiert, der aber oftmals zu einer Überschätzung führt.

Zusätzlich kommt die probabilistische Modellierung zur Anwendung, die es ermöglicht, die Variabilität der Auftretensdaten sowie der Verzehrdaten innerhalb der Bevölkerung zu berücksichtigen. Die probabilistische Modellierung wird von internationalen Risikobewertungsinstitutionen bereits eingesetzt, doch nach wie vor gibt es nicht „Das probabilistische Modell“, sondern unterschiedliche Zugänge. In Österreich wird diese Methode für Risikobewertungen von chemischen Gefahren noch wenig eingesetzt.

Im Rahmen dieser Dissertation werden folglich auch die Ergebnisse beider Ansätze gegenübergestellt und Unsicherheiten qualitativ (im Sinne einer Aufzählung) beschrieben.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. VIER STUFEN DER RISIKOBEWERTUNG

Die vier Stufen der Risikobewertung werden im folgenden Kapitel kurz und abstrakt dargestellt, um das Prinzip der Durchführung einer Risikobewertung zu erläutern. Am Beispiel der PAK werden die einzelnen Stufen praxisnah beschrieben.

Mit der neuen Gemeinschaftsgesetzgebung, der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit, wurde die Grundlage für ein hohes Niveau des Gesundheitsschutzes des Menschen und damit eine harmonisierte Vorgehensweise innerhalb der Europäischen Gemeinschaft geschaffen.

Als Grundlage für sämtliche Maßnahmen in Bezug auf die Lebensmittelsicherheit schreibt die Verordnung die Risikoanalyse vor, um gesundheitliche Gefahren und potentiell davon ausgehende Risiken frühzeitig und rechtzeitig zu erkennen, zu bewerten und zu kommunizieren. Das Konzept der Risikoanalyse setzt sich aus drei Prozessen zusammen; der Risikobewertung, dem Risikomanagement sowie der Risikokommunikation. Die Risikobewertung ist als wissenschaftlich fundierter Vorgang mit den vier Stufen Gefahrenidentifizierung, Gefahrencharakterisierung, Expositionsabschätzung und Risikocharakterisierung definiert.

In der ersten Stufe, der Gefahrenidentifizierung, wird bestimmt, ob es sich bei der Gefahr um eine chemische (z. B. Kontaminanten, Rückstände), biologische (Mikroorganismen) oder physikalische Gefahr (Fremdkörper) handelt, welchen Ursprung diese hat, wo und wie sie gebildet und auf welchem Wege sie in das Lebensmittel eingetragen wird.

Ist die Gefahr identifiziert, wird sie in der zweiten Stufe, der Gefahrencharakterisierung, im Hinblick auf Toxikokinetik und Toxikodynamik näher beschrieben. Über das Erstellen von Dosis-Wirkungs-Beziehungen bekommt man Informationen darüber, welche toxischen Wirkungen durch die unerwünschte Substanz auftreten können. Weiters wird eruiert, ob toxikologische Schwellenwerte abgeleitet werden konnten.

Das alleinige Vorkommen einer Gefahr in Lebensmitteln sagt allerdings noch nichts über ein tatsächliches gesundheitliches Risiko für den Menschen durch den Verzehr dieser Lebensmittel aus. Dazu muss zunächst festgestellt werden, in welchen Konzentrationen diese Gefahr vorkommt und ob sie in unterschiedlichen Lebensmitteln auftritt. Zudem ist die Menge der verzehrten, belasteten Lebensmittel von Relevanz.

In Zuge der Expositionsabschätzung wird die aktuelle Exposition der Bevölkerung respektive bestimmter Bevölkerungsgruppen wie etwa Kinder betrachtet. Dabei wird bestimmt, wie viel von der Gefahr der Mensch über die Lebensmittel, die er pro Tag, auch über einen längeren Zeitraum verzehrt, aufnimmt.

Sämtliche Daten und Informationen aus den ersten drei Stufen werden nunmehr für die Risikocharakterisierung herangezogen, um das gesundheitliche Risiko für den Menschen zu quantifizieren. Soweit es der Stand des Wissens und das Datenmaterial erlauben, werden Aussagen zur Wahrscheinlichkeit, zur Häufigkeit und zur Schwere von bekannten oder potentiellen negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit unter Berücksichtigung aller aufgetretenen Unsicherheiten im Zuge der Risikobewertung getätigt.

Die erstellte Risikobewertung führt in vielen Fällen zu Vorschlägen für das Risikomanagement (Aktionswerte, Empfehlungen). Das Risikomanagement, das meist im Bereich der regulativen Ebene liegt, kann diese Vorschläge in seine Entscheidungen mit einbeziehen, muss jedoch auch gesellschaftliche, wirtschaftliche, ökologische oder ethische Gesichtspunkte berücksichtigen.

Auf jeder Stufe der Risikobewertung sollte es bereits zu einer intensiven Kommunikation zwischen allen im Prozess Beteiligten kommen. Ein wirksames

Risikomanagement erfordert einen permanenten Dialog und Informationsaustausch zwischen Risikobewertern und Entscheidungsträgern unter Einbeziehung wissenschaftlicher Gremien, betroffener Wirtschaftskreise, von Interessensvertretungen und VerbraucherInnen.

2.2. GEFAHRENIDENTIFIZIERUNG

2.2.1. Struktur und physikalisch-chemische Eigenschaften

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe stellen eine Substanzgruppe dar, die aus aromatischen Verbindungen mit kondensierten Ringsystemen bestehen. Derzeit sind etwa 250 verschiedene Verbindungen bekannt. Meist kommen sie als Gemisch mehrerer Einzelkomponenten vor. Es handelt sich um organische Verbindungen, die aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut sind [NAU et al., 2003].

Sie enthalten mehrere, mindestens jedoch zwei kondensierte Benzolringe, wobei auch Verbindungen hinzugezählt werden, die im Molekül einen oder mehrere Kohlenstoff-Fünfringe enthalten. Der einfachste Vertreter dieser Stoffgruppe ist das Naphtalin, das aus zwei aneinander kondensierten Ringen besteht und in seiner Struktur planar und von aromatischem Charakter ist [KOSS, 2004].

Einer der bekanntesten Vertreter der PAK in Lebensmitteln, das Benzo(a)pyren, besteht aus 5 aneinander kondensierten Benzolringen. Stellvertretend für eine ganze Reihe von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen hat es zudem eine Einbuchtung im Ringsystem, die sogenannte „bay-region“. Diese „bay-region“ ist charakteristisch für viele kanzerogene Stoffe und wird im Kapitel 2.3.1. ausführlicher behandelt (Abb.3.). Eine zweite, nicht unbedeutende Ringanordnung, ist die „fjord-Region“ (Abb.4.) [NAU et al., 2003]. Auch auf diese wird im Kapitel 2.3.1. näher eingegangen werden.

In reiner Form sind Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe bei Raumtemperatur farblose, kristalline Festkörper. Die Mehrzahl der PAK-Verbindungen hat einen hohen Siedepunkt, der sich zwischen 300-500 °C bewegt. Es handelt sich um stark lipophile Substanzen. In unpolaren, organischen Lösungsmitteln sind sie gut löslich. Die Wasserlöslichkeit ist durch das Fehlen von hydrophilen Gruppen gering und nimmt mit zunehmender Molmasse ab. So sind mehrfach kondensierte Verbindungen nur sehr wenig löslich. Ihre Flüchtigkeit ist gering [JUNGHANS, 2003].

2.2.2. Vertreter der Substanzgruppe

Bereits im Jahre 1982 wurden durch die United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) 16 Einzelsubstanzen der PAK formuliert, die als Leitsubstanzen für umweltanalytische Messungen herangezogen wurden (Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylen, Benzo(a)pyren, Chrysen, Dibenzo(a,h)anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Naphthalin, Phenanthren, Pyren) [U.S.EPA, 1986].

Weiters wurden Beurteilungen seitens des International Programme on Chemical Safety (IPCS), des Wissenschaftlichen Lebensmittelausschuss der Europäischen Kommission (SCF, Scientific Committee on Food) sowie des Joint FAO/WHO Expert Committees on Food Additives (JECFA) durchgeführt. Das SCF definierte im Jahre 2002 15 PAK – Verbindungen, die sich im Tierversuch als genotoxisch und bis auf das Benzo(g,h,i)perylen als kanzerogen erwiesen hatten. Folglich kam das SCF zu dem Schluss, dass diese PAK auch auf den Menschen potentiell genotoxisch und kanzerogen wirken können [SCF, 2002]. Mit dem Ziel, die Gehalte in verschiedenen Lebensmittelgruppen zu untersuchen und mehr Informationen zur Hintergrundbelastung zu erhalten, wurden sie in die Prioritätenliste der Bewertung von Langzeitrisiken über die alimentäre Aufnahme sowie in Verordnungen und Empfehlungen der Europäischen Kommission inkludiert.

Die JECFA bestätigte diese Ergebnisse, schlug jedoch vor, zusätzlich zu den PAK15 das Benzo(c)fluoren aufzunehmen [JECFA, 2005]. In Tabelle 1 sind diese 16 PAK aufgelistet, in Abbildung 1 die Strukturen dargestellt.

Als Indikator für das Vorkommen und die Wirkung der 16 PAK wurde das Benzo(a)pyren herangezogen, das von der International Agency for Resarch on Cancer (IARC) im Jahre 1987 als „probable human carcinogen“ eingestuft wurde [IARC, 1987].

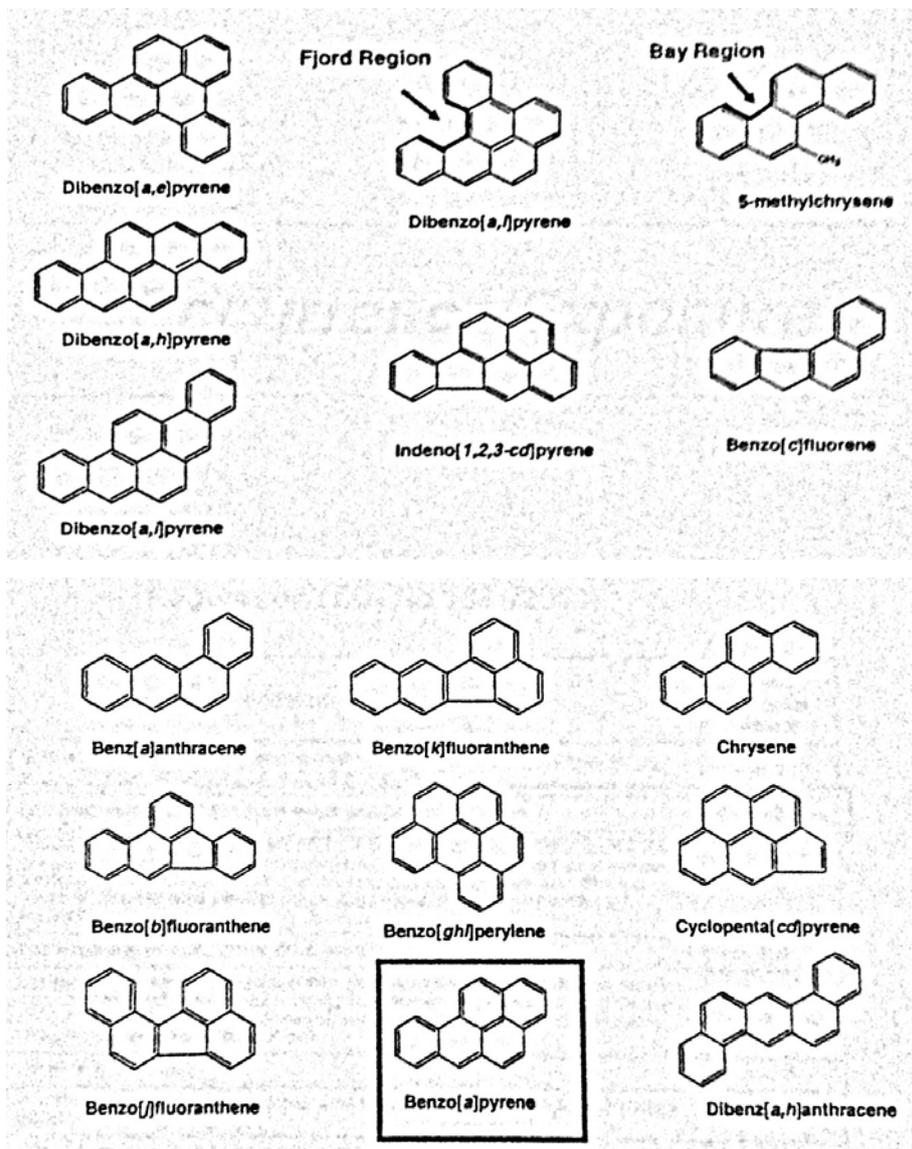


Abb.1.: Strukturen der PAK16 (EFSA, 2008)

Tab.1.: 16 PAK-Verbindungen (EFSA, 2008)

Benzo(a)anthracen	BaA
Benzo(c)fluoren	BcFL
Benzo(b)fluoranthen	BbFA
Benzo(j)fluoranthen	BjFA
Benzo(k)fluoranthen	BkFA
Benzo(g,h,i)perylen	BghiP
Benzo(a)pyren	BaP
Chrysen	CHR
Cyclopenta(c,d)pyren	CPP
Dibenzo(a,h)anthracen	DBahA
Dibenzo(a,e)pyren	DBaeP
Dibenzo(a,h)pyren	DBahP
Dibenzo(a,i)pyren	DBaiP
Dibenzo(a,l)pyren	DBalP
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	IP
5-Methylchrysen	MHC

In ihrer neuen Bewertung, in die aktuelle Daten von Überwachungsprogrammen der Mitgliedstaaten der letzten Jahre eingeflossen sind und die im Juni 2008 veröffentlicht wurde, kam die EFSA allerdings zu dem Schluss, dass das Benzo(a)pyren kein geeigneter Indikator für das Vorkommen und die Wirkung der kanzerogenen PAK mehr sei. Die EFSA schlägt die Summe der PAK4 (Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen, Chrysen) als neuen Indikator vor, um die Verbrauchergesundheit besser zu schützen. Weiters wurde der Europäischen Kommission empfohlen, die Überwachung auf die Summe der PAK4 auszudehnen [EFSA, 2008]. Auf Basis dieser neuen

Erkenntnisse werden die derzeit existierenden Höchstgehalte diskutiert. Im Kapitel 2.2.4. werden die gesetzlichen Regelungen näher behandelt.

2.2.3. Entstehung und Vorkommen

2.2.3.1. Umwelt

Entstehung

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen durch natürliche Prozesse wie Waldbrände und Steppenbrände, die etwa durch Blitzschläge ausgelöst werden. Als eine weitere Quelle der Entstehung ist die Aktivität von Vulkanen zu nennen. Zudem entstehen auf natürlichem Wege sogenannte „biogene PAK“, die von Bakterien, Pilzen, Pflanzen und Tieren infolge von Stoffwechselfvorgängen gebildet werden [KOSS, 2004].

Höhere PAK - Gehalte im Boden sind jedoch größtenteils anthropogenen Ursprungs. Als Hauptemissionsquellen sind industrielle Prozesse der Mineralölverarbeitung, der Kohlechemie, der Metallverarbeitung oder der Energieerzeugung zu nennen. So tragen Verbrennungsvorgänge fossiler Energieträger im industriellen Bereich, aber auch in Hausfeuerungsanlagen und in Verbrennungsmotoren zu einem wesentlichen Teil zum Eintrag von PAK in die Umwelt bei [KOSS, 2004].

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen vor allem dann, wenn organische Stoffe wie Holz, Kohle oder Mineralöl Temperaturen von über 700 °C ausgesetzt sind bzw. wenn diese einer Pyrolyse (thermische Zersetzung organischer Stoffe unter Luftabschluss) oder einer unvollständigen Verbrennung unterliegen. Bedingt durch diese Vorgänge werden freie Radikale von Kohlenstoff, Wasserstoff oder Kohlenwasserstoff gebildet. Diese Kohlenwasserstoff-Radikale wie etwa die C-2-Einheiten Ethylen- oder Acetylen-Fragmente polymerisieren zu Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen. Eine wichtige Schlüsselsubstanz bei dieser PAK - Bildung

ist das Acetylen. Aus 2 C-2-Einheiten kann ein Butadienmolekül entstehen, das durch eine weitere C-2-Einheit Benzol und über weitere Aufbauschritte das Benzo(a)pyren bildet [EFSA, 2002].

Vorkommen

In der Umwelt sind Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe folglich ubiquitär vorhanden. Die aus Verbrennungsprozessen gebildeten PAK gelangen über die Emission von Abgasen und Flugaschen in die Atmosphäre und werden über die Luft verteilt. Verbindungen mit drei oder weniger aromatischen Ringen besitzen einen höheren Dampfdruck und einen niedrigeren Kondensationspunkt und liegen in der Luft gasförmig vor. Die meisten PAK sind jedoch an Staub-, Ruß- oder Pollenpartikel gebunden, da sie nur gering flüchtig sind. Die gemessenen Konzentrationen von Benzo(a)pyren als Leitsubstanz in der Luft sind unterschiedlich. So werden im städtischen Bereich Konzentrationen zwischen 1 und 10 ng/m³ Luft gemessen. Im ländlichen Bereich und in Reinluftgebieten werden Werte von 1 ng/m³ und weniger festgestellt [KOSS, 2004].

Durch Deposition gelangen die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe auf den Boden, auf Oberflächenwasser und auf Pflanzen. Die weitere Verteilung kann über Abwasser und Oberflächenwasser erfolgen. Auch hier sind sie an Partikel gebunden, da ihre Wasserlöslichkeit gering ist. Im Boden verbleiben sie meist in den Schichten, in die sie bei der Deposition gelangt sind. Bedingt auch durch den niedrigen Dampfdruck und die starke Adsorptionsfähigkeit an organische und anorganische Materialien, zeigen die PAK keine allzu hohe Mobilität. Eine weitere Verteilung bzw. ein Transport über den Boden erfolgt mit anderen Bodenverunreinigungen sowie an Partikel adsorbiert. Die Halbwertszeit der PAK liegt im Bereich von Monaten und Jahren [KOSS, 2004].

Von hoher toxikologischer Bedeutung ist das Vorkommen der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe im Haupt- und Nebenstrom des Tabakrauches [KOSS, 2004].

Abbau

PAK werden praktisch nicht oder nur sehr langsam abgebaut. So verläuft auch der Abbau höhermolekularer PAK im Boden sehr langsam, wobei die Wasserlöslichkeit der einzelnen PAK-Verbindungen eine nicht ganz unbeträchtliche Rolle spielt. Die Halbwertszeiten in den verschiedenen Böden sind in der Literatur unterschiedlich dokumentiert. Die Aufzeichnungen sprechen von 69-530 Tagen, wobei im Durchschnitt Halbwertszeiten zwischen 200-300 Tagen angegeben werden. Die Halbwertszeiten in der Luft liegen bei einigen Stunden bis Tagen [JUNGHANS, 2003].

In Gegenwart von Licht können PAK-Verbindungen Oxidationsvorgängen unterliegen. Es entstehen oxidierte Reaktionsprodukte, die mit unterschiedlichen biologischen Komponenten wie auch mit Inhaltsstoffen von Lebensmitteln reagieren können [SCF, 2002].

2.2.3.2. Lebensmittel

Eintrag von PAK über die Umwelt

Für den Eintrag von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmittel können zwei wesentliche Eintragspfade beschrieben werden, die Kontamination aus der Umwelt und die Entstehung der PAK im Zuge der Lebensmittelverarbeitung bzw. Lebensmittelzubereitung. Als dritte, jedoch weniger bedeutendere Eintragsquelle, wären kontaminierte Raucharomen sowie die Migration von kontaminiertem Verpackungsmaterial zu nennen.

Wie im vorherigen Kapitel angeführt, kommen PAK in der Umwelt ubiquitär vor (Luft, Oberflächenwasser, Boden) und tragen zur Kontamination von Lebensmitteln bei. Ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften spielen eine nicht unwesentliche Rolle bei der Aufnahme dieser Verbindungen in

Pflanzen. Da es sich um lipophile Verbindungen handelt und die Wasserlöslichkeit mit steigender Molekülmasse abnimmt, ist der Akkumulationsgrad in Pflanzen mit hohem Wasseranteil gering. So verbleiben sie meist in den Schichten, in die sie bei der Deposition gelangt sind und sickern nur bedingt in tiefere Bodenschichten und in das Grundwasser. Die Aufnahme über Pflanzenwurzeln ist somit auch limitiert [SCF, 2002].

Gehalte von PAK in pflanzlichen Lebensmitteln wie Obst und Gemüse resultieren vorwiegend aus der guten Oberflächenresorption. So finden sich auf der Oberfläche von großblättrigen Gemüsearten höhere Gehalte als im Inneren des pflanzlichen Gewebes. Das Waschen oder Schälen kann die PAK - Gehalte jedoch reduzieren. Bei Wiederkäuern und Geflügel spielt das Grasens bzw. das Picken im Boden eine nicht unbeträchtliche Rolle für die Aufnahme [SCF, 2002].

In Nahbereich von Industriegebieten können PAK - Gehalte in Obst, Gemüse und anderen landwirtschaftlichen Rohprodukten bis zu 10 Mal höher sein als in ländlicheren Gebieten. In diesen letztgenannten Bereichen spiegeln die Gehalte in unverarbeiteten Produkten die Hintergrundbelastung der Umwelt wieder [IPCS, 2006].

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe finden sich auch in Meeressedimenten wieder und stellen eine Kontaminationsquelle für Fische und Meeresfrüchte dar. Muscheln wie Miesmuscheln und Austern filtern große Mengen an Meerwasser und können dadurch PAK über Partikel bzw. Sedimente aufnehmen. Da die Kapazität zum Abbau begrenzt ist und auch die Reinigung kontaminierter Muscheln in reinem Wasser die Gehalte nicht signifikant reduziert, stellen diese eine Expositionsquelle für den Menschen dar. Im Gegensatz zu Muscheln sind die PAK - Gehalte in Fischen geringer, da Fische die Verbindungen zu wasserlöslichen Komponenten weiter verstoffwechseln [SCF, 2002].

PAK - Bildung als Folge der Lebensmittelverarbeitung

Als größte Kontaminationsquelle für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe werden Verfahren des Erhitzens und des Trocknens im Rahmen der industriellen Lebensmittelverarbeitung, jedoch auch im Zuge der haushaltsmäßigen Lebensmittelzubereitung angesehen. So finden sich die Verbindungen in gebratenen, gegrillten, getrockneten oder geräucherten Lebensmitteln sowie Fetten und Ölen wieder.

PAK entstehen durch Pyrolyse infolge hoher Temperaturen oder durch herabtropfendes Fett bzw. Öl auf die offene Feuer- oder Erhitzungsstelle mit anschließender Pyrolyse [SCF, 2002].

Das Räuchern zählt zu den chemischen Haltbarkeitsmethoden. Die Haltbarkeitsverbesserung war historisch bedeutungsvoll, heute stehen neben dem Schutz vor mikrobiellem Verderb auch zunehmend sensorische Aspekte (Farbe, Geruch, Geschmack) im Vordergrund [CAC/CCCF, 2009].

Rauch entsteht bei der thermischen Pyrolyse von Brennstoff mit limitierter Sauerstoffzufuhr. Als Brennstoff werden sowohl Weichholz- als auch Hartholzarten verwendet sowie anderes Pflanzenmaterial (Kräuter, Zweige).

Die chemische Struktur des Rauches ist komplex, und es konnten bislang an die 300 verschiedene Komponenten identifiziert werden. Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe zählen neben Dioxinen, Formaldehyd, Stickstoffoxiden oder Schwefeloxiden zu den unerwünschten Substanzen im Rauch, die sich am Produkt ablagern können. Die in der Literatur beschriebenen Gehalte in geräucherten Produkten schwanken sehr stark, was durch den Einsatz unterschiedlicher Räucherverfahren erklärbar ist. Entscheidend für die Schwankungen sind die Holzart, die Temperatur und die Dauer sowie die Art der verwendeten Räucherkamern bzw. Räucherschranke [CAC/CCCF, 2009].

Berichten der Literatur zufolge kann das direkte Räucherverfahren im Vergleich zum indirekten Räuchern zu höheren PAK - Gehalten im Endprodukt führen. Das direkte Räuchern ist das traditionelle Räucherverfahren, wo es in der Räucherammer, in der sich das Lebensmittel befindet, auch zur

Rauchentwicklung kommt, und das Lebensmittel somit direkt mit dem Rauch in Kontakt kommt [CAC/CCCF, 2009].

Im Gegensatz dazu wird beim indirekten Räucherverfahren der Rauch in einer externen Räucherammer gebildet, separiert vom Lebensmittel. Dieser Rauch wird dann noch durch Wasserfilter oder Kondensatoren gereinigt und kommt anschließend mit dem Lebensmittel in Kontakt [CAC/CCCF, 2009].

Der durchschnittliche Benzo(a)pyren - Gehalt in geräucherten Fischprodukten wird bei traditionellen Verfahren mit 1,2 µg/kg angegeben im Gegensatz zu 0,1 µg/kg bei moderneren Techniken [SCF, 2002].

Gerade im Sommer zählt das Grillen zu den beliebten Zubereitungsarten für Fleisch, Fisch oder Gemüse, kann jedoch zum Auftreten von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen führen. Die unerwünschten Substanzen entstehen durch herabtropfendes Fett. Mehrere Faktoren spielen hierfür eine Rolle: Fettgehalt, Erhitzungsdauer, Abtropfmöglichkeiten für das Fett, die Art des Grillgerätes sowie die Distanz von der Feuer- bzw. Erhitzungsstelle [SCF, 2002].

Untersuchungen an gegrilltem Fleisch zeigen, dass die mittleren PAK - Gehalte im Grillgut, das nur 15 cm von der Feuerstelle entfernt liegt, 3-10 Mal höher sind als bei einer Distanz von 40 cm [IPCS, 2006].

Produkte, die an vertikalen Grillgeräten zubereitet werden, enthalten um 10 bis 30-fach geringere Gehalte als bei Zubereitung auf horizontalen Grillgeräten, bei denen das Abtropfen des Fettes in die Feuerstelle möglich ist [SCF, 2002].

Mittlerweile werden jedes Jahr vor Beginn der Grillsaison von ExpertInnen und Fachgesellschaften Empfehlungen für das richtige Grillen ausgesprochen, um den Kontaminationsgrad der gegrillten Produkte so niedrig wie möglich zu halten.

Im Zuge der Herstellung von pflanzlichen Ölen kommen Verfahren der Trocknung und Erhitzung durch direktes Feuer zur Anwendung, die für einen hohen PAK - Gehalt verantwortlich sein können. Durch den Prozess der Raffinierung können niedermolekulare PAK - Verbindungen teilweise entfernt

werden, nicht jedoch die höhermolekularen Verbindungen. Um die Gehalte der letztgenannten Verbindungen zu reduzieren, wird vielfach Aktivkohle eingesetzt [SCF, 2002].

Im Zuge der Lebensmittelverarbeitung finden weitere technologische Verfahren wie das Trocknen und das Rösten Anwendung, die für eine PAK-Kontamination von Getreide oder Ölsaaten verantwortlich sein können. Das Trocknen und Rösten von Kaffeebohnen und Teeblättern kann somit ebenfalls zu hohen Gehalten führen (100-200 µg/kg bzw. 480-1400 µg/kg). Im fertig gebrühten Kaffee respektive im fertigen Teegetränk sind PAK jedoch nicht mehr nachweisbar oder liegen die Gehalte im Bereich von einigen ng/l [SCF, 2002].

Weitere Eintragspfade von PAK

Produkte, deren Räuchergeschmack aus dem Zusatz von Raucharomen resultiert, können durch eine etwaige Kontamination derselben ebenfalls PAK enthalten. Doch sind diese gesetzlich geregelt.

Laut der Richtlinie 88/388/EWG des Rates vom 22. Juni 1988 zur „Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aromen zur Verwendung in Lebensmitteln und über Ausgangsstoffe für ihre Herstellung“, die in Österreich im Rahmen der Aromenverordnung (BGBl II 1998/42) umgesetzt wurde, sind Raucharomen definiert als „Zubereitungen aus Rauch, die bei den herkömmlichen Verfahren zum Räuchern von Lebensmitteln verwendet werden“. Zudem ist festgelegt, dass der Gehalt von Benzo(a)pyren in Aromen, die Waren und Getränken zugesetzt werden, einen Höchstgehalt von 0,03 µg/kg nicht überschreitet.

Polyzyklische Aromatische Verbindungen können weiters aus Verpackungsmaterial in Lebensmittel migrieren, wie etwa aus recycelter Polyethylenbeschichtung in Öl. Zudem ist es gängige Praxis, dass Ölsaaten in Jutesäcken transportiert und gelagert werden, die im Vorfeld mit Mineralöl behandelt wurden. Eine Kontamination ist auf diese Weise möglich [CAC/CCCF, 2009].

2.2.4. Gesetzliche Regelungen

2.2.4.1. Internationale Regelungen (EU, weltweit)

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe in Lebensmitteln sind als Kontaminanten in der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung von Höchstgehalten für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln einheitlich geregelt. Sie gilt seit 1. März 2007. Diese Verordnung ist im Mai 2011 durch die Verordnung (EU) Nr. 420/2011 bezüglich der einheitlichen Auslegung und Wortwahl im Hinblick auf die zu analysierenden Teile von Krebstieren und Krabben ergänzt worden.

Die Regelung basiert auf der Festsetzung von Höchstgehalten, da es für den Schutz der öffentlichen Gesundheit erforderlich ist, Gehalte von Kontaminanten auf toxikologisch vertretbare Werte zu begrenzen. Lebensmittel dürfen demnach auch nur in Verkehr gebracht werden, wenn der Gehalt an Kontaminanten diese Höchstgehalten nicht übersteigt.

Im Falle der PAK sind nach dem ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable) die Höchstgehalten so niedrig festzulegen wie in vernünftiger Weise erreichbar ist [EFSA, 2005a]. Die Festsetzung von Höchstgehalten bezieht sich in der derzeit geltenden Fassung auf die Markersubstanz Benzo(a)pyren, stellvertretend für die übrigen kanzerogenen PAK (Tab.2.).

Nach Veröffentlichung der aktuellen EFSA - Stellungnahme (EFSA, 2008) wurde auf EU-Ebene die Einführung von zusätzlichen Höchstgehalten für die Summe der PAK4 diskutiert. Ergebnis dieser Diskussion ist die neue Verordnung (EU) Nr. 835/2011 im Hinblick auf Höchstgehalten von PAK in Lebensmitteln. Sie tritt mit 1. September 2012 in Kraft. Ab diesem Zeitpunkt gelten Höchstgehalten sowohl für das Benzo(a)pyren in Lebensmitteln als auch für die Summe der PAK4.

Tab.2.: Höchstgehalte von Benzo(a)pyren in verschiedenen Lebensmittelgruppen (VO 1881/2006, ergänzt durch VO 420/2011)

Erzeugnis	Höchstgehalt (µg/kg Frischgewicht)
Zum unmittelbaren menschlichen Verzehr oder zur Verwendung als Lebensmittelzutat bestimmte Öle und Fette (ausgenommen Kakaobutter)	2,0
Geräuchertes Fleisch und geräucherte Fleischerzeugnisse	5,0
Muskelfleisch von geräucherten Fischen und geräucherten Fischereierzeugnissen, außer Muscheln. Geräucherte Krebstiere: Höchstgehalt gilt für Muskelfleisch der Extremitäten und des Hinterleibes. Geräucherte Krabben und krabbenartige Krebstiere: Höchstgehalt gilt für das Muskelfleisch der Extremitäten	5,0
Muskelfleisch von anderen als geräucherten Fischen	2,0
Krebstiere und Kopffüßer, nicht geräuchert. Krebstiere: Höchstgehalt gilt für das Muskelfleisch der Extremitäten und des Hinterleibes. Krabben und krabbenartige Krebstiere: Höchstgehalt gilt für das Muskelfleisch der Extremitäten	5,0
Muscheln	10,0
Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder	1,0
Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung, auch Säuglingsmilchnahrung und Folgemilch	1,0
Diätetische Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke, die eigens für Säuglinge bestimmt sind	1,0

Parallel zur Verordnung zur Festsetzung von Höchstgehalten für PAK existiert auch die Verordnung (EG) Nr. 333/2007 vom 28. März 2007 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Kontrolle der Gehalte an Blei, Cadmium, Quecksilber, anorganischem Zinn, 3-MCPD und Benzo(a)pyren in Lebensmitteln. Demzufolge sollen die Behörden dieselben Kriterien hinsichtlich Probenahmeverfahren und Analysemethoden anwenden sowie die Analysenergebnisse einheitlich mitteilen und bewerten, um einen

einheitlichen Vollzug der Höchstgehalte in allen Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft zu gewährleisten.

Zusätzlich wurde von der Europäischen Kommission die Empfehlung „Ermittlung der Mengen von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in bestimmten Lebensmitteln“ (2005/108/EG) veröffentlicht, um mehr Informationen zur Hintergrundbelastung von PAK in Lebensmitteln zu erhalten bzw. um diese zu überwachen. Basierend auf dieser Empfehlung wurden in den Mitgliedstaaten in den letzten Jahren Monitoringprogramme durchgeführt und PAK in verschiedenen Lebensmitteln analysiert. Die Ergebnisse wurden an die Europäische Kommission (EK) übermittelt und dienen zudem der EFSA als Basis für Bewertungen bzw. als Grundlage für weitere Forschungsarbeiten zur Toxikologie.

Was die Regelung der PAK auf weltweiter Ebene anbelangt, wurden von der Codex Alimentarius Kommission bislang keine Höchstgehalte für PAK in Lebensmitteln festgelegt. Jedoch wurde im Rahmen der Expertengruppe “Codex Committee for Contaminants in Food” (CCCF) ein „Code of Practice for the reduction of contamination in food with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smoking and direct drying processes“ im Jahre 2010 verabschiedet. Das Ziel dieses Verhaltenscodex ist die Identifikation von Faktoren, die im Rahmen des Räucherns und des Trocknens eine Kontamination mit PAK hervorrufen. Desweiteren sollen Maßnahmen bzw. alternative Behandlungsverfahren identifiziert werden, die zu einer Verringerung des Kontaminationsniveaus führen [CAC/CCCF, 2009].

2.2.4.2. Nationale Bestimmungen und Programme

Verordnungen, die auf EU-Ebene veröffentlicht werden, sind auf Grund des Gemeinschaftsrechts unmittelbar geltendes Recht in allen Mitgliedstaaten. Nationale Regelungen, die PAK in anderen als auf EU-Ebene geregelten Lebensmitteln regeln, existieren nicht.

Das bereits erwähnte EU - Monitoringprogramm wird in Österreich in Form von Schwerpunktaktionen umgesetzt. Zusätzlich werden in Rahmen der amtlichen Kontrolle Routineuntersuchungen in verschiedenen Lebensmittelgruppen durchgeführt.

2.3. GEFAHRENCHARAKTERISIERUNG

2.3.1. Toxikokinetik

2.3.1.1. Resorption

Die folgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf die orale Aufnahme sowie auf das gut untersuchte Benzo(a)pyren. Daten und Informationen zu den übrigen PAK15 sind lückenhaft.

Der Mensch kann Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe inhalativ über die Atemluft (Außenluft, Innenluft, Rauchen), oral über die Nahrung oder dermal über die Haut aufnehmen. Im Falle der inhalativen Aufnahme sind PAK an Staub,- Ruß - oder Pollenpartikel gebunden. Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 5 µm können bei der Ausatmung wieder an die Außenluft abgegeben. Hingegen bleiben Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 5 µm meist in den oberen Atemwegen (Nasen-Rachenraum, Hauptbronchien). Innerhalb kurzer Zeit werden diese Partikel über das Nasensekret wieder ausgeschieden oder gelangen über den Bronchialschleim zurück in den Mund- und Rachenraum, wo sie verschluckt und in den Gastrointestinaltrakt aufgenommen werden [KOSS, 2004].

Das Auftragen von Benzo(a)pyren auf die Haut von Ratten zeigt, dass etwa die Hälfte resorbiert und rasch über Niere und Darm ausgeschieden wird. Etwa 1% der Dosis findet sich in der Darmwand und der Leber wieder [KOSS, 2004].

Was die orale Aufnahme anbelangt, so ist die Resorptionsrate abhängig von der Größe und Fettlöslichkeit des Moleküls, von der aufgenommenen Menge und vom Fettanteil in der Nahrung. In Ratten wurde für das Benzo(a)pyren eine Resorptionsrate von 35-99% innerhalb von 2-4 Stunden festgestellt und für das Chrysen von 75-87%. Untersuchungen von Phenanthren, einer PAK-Verbindung, die nicht zu den PAK16 zählt und nicht als kanzerogen eingestuft wurde sowie Benzo(a)pyren an Schweinen zeigten jeweilige Resorptionsraten von 86,1% für das Phenanthren und von 30,5% für das Benzo(a)pyren [EFSA, 2008].

Der Mensch resorbiert nur etwa 10% des mit der Nahrung aufgenommenen Benzo(a)pyren [KOSS, 2004].

Als Beispiel ist in Tabelle 3 die tägliche Aufnahme von Benzo(a)pyren mit der Atemluft, der Nahrung sowie über das Tabakrauchen dargestellt. Die inhalative Aufnahme bezieht sich auf ein Atemvolumen von 20 m³ Luft pro Tag und einer Aufenthaltsdauer von 10% des Tages im Freien und 90% im Innenraum [KOSS, 2004].

Tab.3.: Aufnahme von Benzo(a)pyren (KOSS, 2004)

Inhalative Aufnahme	
Außenluft (2 m³/d):	
Ländliche Gebiete	1–2 ng
Ballungsgebiete	2–12 ng
Emittentennahbereich	6–100 ng
Innenluft (18 m³/d):	
Ländliche Gebiete	5–10 ng
Ballungsgebiete	10–50 ng
Emittentennahbereich	30–450 ng
Raucherhaushalt	110 ng
Rauchen (20 Zigaretten/d);	400 ng
Orale Aufnahme	
Trinkwasser (2 l/d)	4 ng
Nahrung	200–500 ng

2.3.1.2. Verteilung

PAK lagern sich vorwiegend in Leber, Niere und Fettgewebe ein. Die Gehalte im Blut, Zentralen Nervensystem und Muskelgewebe sind geringer. Innerhalb von 3 - 4 Tagen kommt es zu einer Umverteilung, die zu erhöhten Gehalten in Nebennieren, Ovarien, mesenterialen Lymphknoten und Fettgewebe führt. Dort sind sie noch Monate lang nachweisbar. Tierexperimentelle Studien an Ratten haben gezeigt, dass für PAK eine Plazentaschranke existiert und ihre Aufnahme in den Fetus und die weitere Verteilung begrenzt ist. Ein Übergang in die Muttermilch ist jedoch möglich [NAU et al., 2003].

2.3.1.3. Metabolismus und Wirkung

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe können so gut wie in jedem menschlichen Gewebe metabolisiert werden. In der Phase - I des Fremdstoffmetabolismus werden auch reaktive Metaboliten gebildet, die durch Bindung an DNA- oder Proteinmoleküle kanzerogene Wirkung entfalten können [NAU et al., 2003].

Das Benzo(a)pyren, hier als Vertreter einer Reihe von weiteren PAK dargestellt, wird in Phase - I durch Cytochrom P450 - abhängige Monooxygenasen zum Epoxid umgesetzt, das dann von einer Epoxidhydrolase hydrolysiert wird. Das entstandene Benzo(a)pyren-7,8-dihydrodiol wird in einer zweiten Cytochrom P450 vermittelten Reaktion zum Benzo(a)pyren-7,8-dihydrodiol-9,10-epoxid (Abb.3.). Dieses Dihydrodirolepoxid kann seinen Epoxidring öffnen und kovalent an DNA-Basen binden, was für seine kanzerogene Wirkung verantwortlich ist [NAU et al., 2003].

Erwähnt werden sollte an dieser Stelle auch, dass PAK die Fähigkeit haben, ihre eigene Umsetzung zu toxischen Metaboliten zu stärken. Sie können Fremdstoff metabolisierende Enzyme induzieren, indem sie durch Bindung an den Ah-Rezeptor die Transkription von Genen, die etwa für das Cytochrom P450 oder die Epoxidhydrolase codieren, aktivieren [NAU et al., 2003]. Beim Benzo(a)pyren und zahlreichen weiteren Polyzyklischen Aromatischen

Kohlenwasserstoffen wurde in der Ringstruktur eine Einbuchtung identifiziert, die im Englischen als „bay-region“ bezeichnet wird. Dort entsteht das Epoxid, das letztlich die kovalente Bindung mit der DNA eingehen kann und somit für die kanzerogenen Eigenschaften vieler PAK entscheidend ist (Abb.2.) [KOSS, 2004].

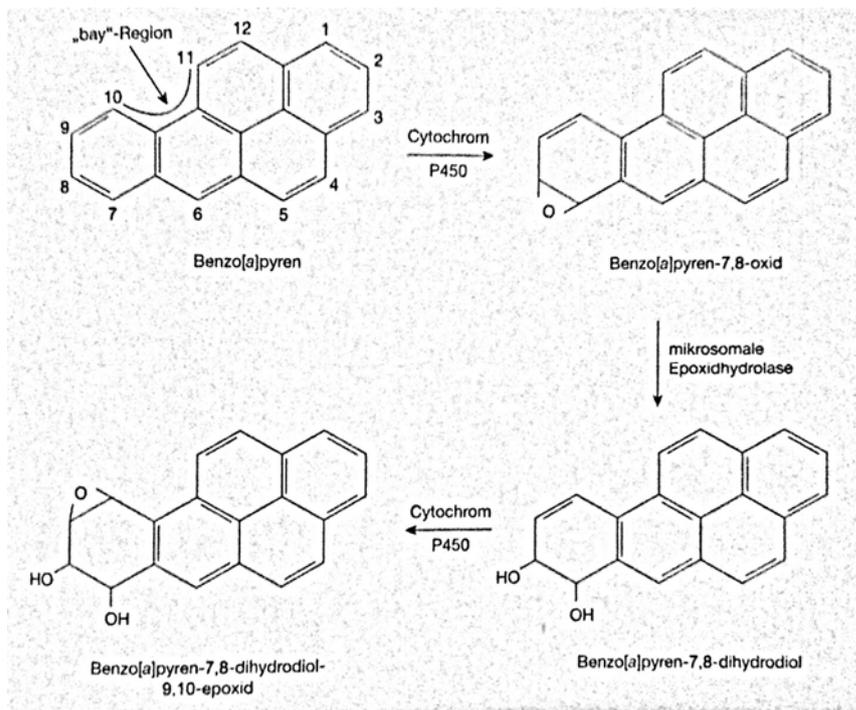


Abb. 2.: Metabolische Aktivierung des Benzo(a)pyren mit „bay-region (NAU et al., 2003)

Neben dieser „bay-region“ existiert auch eine „fjord-Region“. Das Benzo(c)phenanthren weist diese Region auf und wird ebenfalls in drei, durch Cytochrom P450 enzymatisch katalysierten Schritten, in ein toxisches Dihydrodirolepoxid umgesetzt (Abb.3.). Der Umkehrschluss, dass alle PAK, die eine der beiden genannten Ringanordnungen aufweisen, kanzerogen und mutagen sind, ist jedoch nicht zulässig. Das Benzo(e)pyren weist eine „bay-region“ auf, hat jedoch eine geringe Affinität zum Cytochrom P450 und ist nicht kanzerogen [NAU et al., 2003].

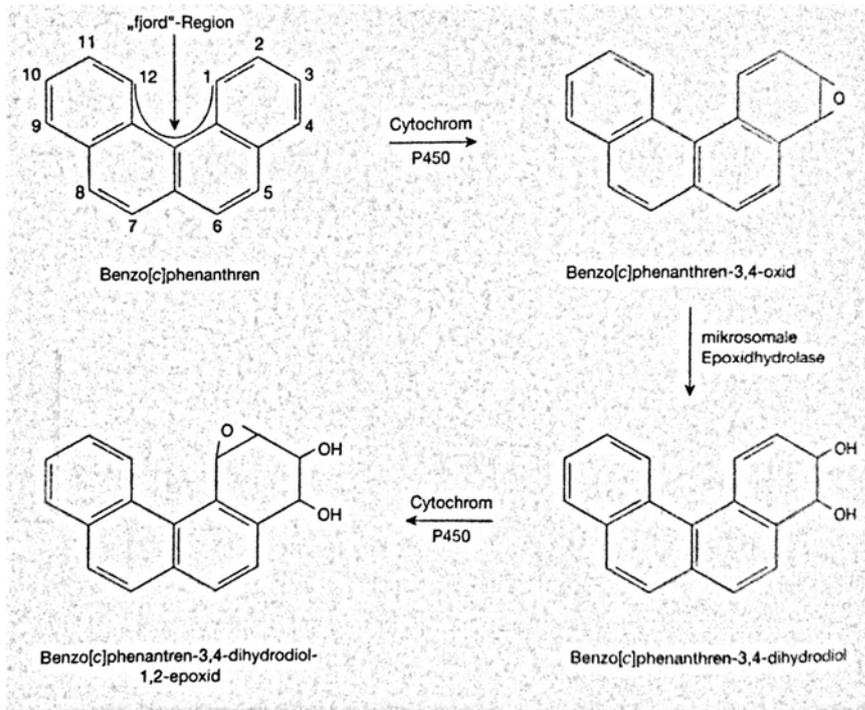


Abb.3.: Metabolische Aktivierung des Benzo(c)phenanthren mit fjord-Region (NAU et al., 2003)

Der Vollständigkeit halber sei auch angemerkt, dass die Bioaktivierung der PAK nicht nur über das Cytochrom P450 erfolgen kann, sondern auch über Lipidperoxide. Diese entstehen bei der Oxidation von ungesättigten Fettsäuren und können das Benzo(a)pyren-7,8-dihydrodiol in das Benzo(a)pyren-7,8-dihydrodiol-9,10-epoxid umsetzen [NAU et al., 2003].

Im Zuge der Metabolisierung der PAK entstehen jedoch auch zahlreiche Zwischenprodukte wie Epoxide, Dihydrodiole und Chinone. Chinone sind weitere toxische Metaboliten, die auch mit DNA, RNA oder Proteinen reagieren können [NAU et al., 2003].

2.3.1.4. Elimination und Ausscheidung

Die eben genannten Zwischenprodukte des Fremdstoffmetabolismus werden in der Phase-II wasserlöslich und ausscheidbar gemacht.

Epoxide können mit Glutathion konjugiert, in Phenole umgelagert sowie durch die Epoxidhydrilase zu Dihydrodiolen umgesetzt werden. Die Phenole werden

entweder glucuronidiert oder sulfoniert und gemeinsam mit den Glutathionkonjugaten ausgeschieden. Dihydrodirole können neben der Umsetzung zu Dihydrodirolepoxiden in Tetrole umgewandelt werden, die ebenfalls als Glucuronide oder Sulfatester ausgeschieden werden [KOSS, 2004].

Die Ausscheidung erfolgt entweder renal oder biliär. Biliär sezernierte Glucuronide, Sulfatester oder Glutathionkonjugate können im Darm wieder gespalten und resorbiert werden. Man nennt dies den enterohepatischen Kreislauf der PAK-Metabolite [KOSS, 2004].

2.3.2. Toxizität

2.3.2.1. akute / subakute / subchronische Toxizität

Über die akute und kurzzeitige Toxizität der PAK existieren relativ wenige Daten. Diese wenigen weisen jedoch auf eine geringe akute Toxizität hin. Für das Benzo(a)pyren wurde an Mäusen und Ratten ein LD₅₀ von mehr als 1600 mg/kg Tiergewicht (TG) beschrieben [WHO, 1998].

Der NOEL für das Benzo(a)pyren wurde in einer 90-Tage-Studie an Ratten mit 3 mg/kg TG am Tag festgemacht [EFSA, 2008].

2.3.2.2. chronische Toxizität / Kanzerogenität

Die kanzerogene Wirkung der PAK beim Menschen wurde im 18. Jahrhundert (1775) von Sir Percival Pott beobachtet, indem er ein gehäuftes Auftreten von Hodensackkrebs bei Rauchfangkehrern feststellte. Die Ursache sah er in der Exposition gegenüber Ruß und Asche. 1875 wurde bei Arbeitern der Teerindustrie ein vermehrtes Auftreten von Hautkrebs beschrieben. In einer Studie an Kaninchen im Jahre 1915, deren Ohren mit unverdünntem Teer bestrichen wurden, traten Tumore auf der Haut auf. Polyzyklische Aromatische

Kohlenwasserstoffe wurden als krebsauslösende Inhaltsstoffe identifiziert [KOSS, 2004].

Im Tierversuch im Hauttest zeigt das Benzo(a)pyren die gleiche kanzerogene Wirkung wie das Dibenzo(a,h)anthracen, jedoch eine höhere Wirkung als das Benzo(a)anthracen. Nach oraler Zufuhr führt das Benzo(a)anthracen zur Entstehung von Tumoren in Leber und Lunge. 7,12-Dimethylbenzo(a)anthracen induziert nach oraler Aufnahme Mammakarzinome in der Ratte, Dibenzo(a,h)anthracen in der Maus Karzinome der Lunge, der Mamma sowie des Vormagens [KOSS, 2004].

In einer Zwei-Jahres-Studie an Mäusen wurden nach oraler Verabreichung von Benzo(a)pyren über das Futter Karzinome des Vormagens, der Speiseröhre und der Zunge beobachtet [Culp et al., 1998]. In der gleichen Studie wurde den Mäusen weiters ein Kohle-Asche-Gemisch mit unterschiedlicher Benzo(a)pyren - Konzentration verabreicht. Im Vergleich zum ersten Versuchsansatz, wo nur Benzo(a)pyren allein dosiert wurde, zeigte sich, dass sich in Leber und Lunge ebenfalls Tumore entwickelt hatten [Culp et al., 1998].

Im Mehrstufenmodell der Kanzerogenese haben Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe die Bedeutung von genotoxisch initiiierenden Substanzen. Bestimmend für diese kanzerogene, initiiierende Potenz ist die Aktivität des Cytochrom P450-Systems. Das im Zuge der metabolischen Aktivierung entstehende Dihydrodiolepoxid kann kovalent an DNA - Basen binden. Diese Basenmodifikation bleibt nach der Zellteilung erhalten [NAU et al., 2003].

Tierexperimentelle Studien zeigen, dass sich DNA - Addukte verschiedener PAK in allen Organen sowie in der Haut nachweisen lassen. Beim Menschen werden DNA - Addukte in der Lunge, in Lymphozyten, in der Plazenta und im fetalen Gewebe nachgewiesen. Die letztgenannten lassen sich jedoch nicht auf den Tabakkonsum von Müttern zurückführen [KOSS, 2004].

2.3.2.3. Reproduktionstoxizität

Im Hinblick auf das Benzo(a)pyren zeigte ein Ein-Generations-Versuch an Mäusen, die eine Dosis von bis zu 133 mg/kg Tiergewicht am Tag erhalten haben, keine Effekte. Eine Beeinträchtigung der Fertilität (Untergang der Eizellen) wurde an Jungtieren von Mäusen festgestellt, die mehr 10 mg/kg Tiergewicht pro Tag an Benzo(a)pyren erhalten haben [EFSA, 2008].

2.3.2.4. Immunotoxizität

Immunotoxische Wirkungen können im Tierversuch beobachtet werden. Eine einmalige Gabe von 7,12-Dimethyl-benzo(a)anthracen hemmt im Tierversuch an Mäusen die Aktivität der T-Helferzellen. Die subakute Zufuhr (insgesamt 100 µg/g Maus) beeinträchtigt die Entwicklung von cytotoxischen T-Zellen, was einige Wochen lang andauern kann. Die Wirkung des Benzo(a)pyren auf genannte Parameter ist hingegen schwächer. Die subakute Zufuhr von Benzo(a)pyren (bis 40 mg/kg Maus pro Tag) hemmt die IgG-Konzentration im Serum. Ein Gewicht auf Thymus und Milz konnte nicht beobachtet werden [KOSS, 2004].

2.3.2.5. Ableitung toxikologischer Kennzahlen

Im Falle von genotoxischen Kanzerogenen, wie vielen PAK, genügt ein Molekül, um eine Zelle zu initiieren, die weiters durch Promotion und Progression zu Krebs führen kann. Eine Ableitung eines Schwellenwertes (NOEL, ADI) ist aus toxikologischer Sicht somit nicht möglich [NAU et al., 2003].

Um auch für derartige Substanzen Tierversuchsdaten und Humandaten evaluieren zu können, empfiehlt die EFSA in ihrer „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“ die BMD-Methode. Die Benchmark Dose (BMD) ist der standardisierte Referenzpunkt auf der Dosis-Wirkungs-Kurve, der durch mathematische

Modellierung aus den Ergebnissen von Tierversuchsstudien oder Humandaten abgeleitet wird. Sie schätzt jene Dosis ab, die eine niedrige, jedoch messbare Reaktion (Benchmark Response, BMR) zeigt, in den meisten Fällen 10% Krebsinzidenz über der Kontrolle (BMD_{10}). Auf Basis dieses Referenzpunktes erfolgt die weitere Risikocharakterisierung [EFSA, 2005a]. Im Kapitel 3.2. wird diese Methode näher beschrieben und erläutert.

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG

3.1.1. Einleitung

Die Expositionsabschätzung ist die dritte Stufe des wissenschaftlich fundierten Vorgangs der Risikobewertung und spielt eine entscheidende Rolle im Risikobewertungsprozess.

In Zuge der Expositionsabschätzung wird die akute oder chronische Exposition der Gesamtbevölkerung bzw. der tatsächlichen Verzehrer betrachtet. Oftmals ist es notwendig, bestimmte Bevölkerungsgruppen wie etwa Kinder gesondert auszuwerten, da diese eine besonders sensible Gruppe darstellen und aufgrund ihres geringeren Körpergewichtes gegenüber bestimmten Substanzen eine höhere Exposition je Kilogramm Körpergewicht aufweisen.

Für die Durchführung einer Expositionsabschätzung sind zwei Arten von Daten notwendig, die Auftretensdaten und die Verzehrdaten. Auftretensdaten beschreiben das qualitative und/oder quantitative Vorhandensein einer Substanz in Lebensmitteln. Verzehrdaten beschreiben die Häufigkeit und Menge von Lebensmitteln, die verzehrt werden. Diese beiden Datensätze werden durch Multiplikation miteinander verknüpft.

Die Qualität der Daten ist ein zentraler Aspekt bei der Erstellung von Risikobewertungen und kann bedeutende Auswirkungen auf deren Ergebnis haben. Gerade Auftretens- und Verzehrdaten sind oft lückenhaft und in Abhängigkeit von der Art der Datenerhebung, der Aufbereitung, der Analytik, der Auswertung oder der unterschiedlichen Zusammenfassung von Lebensmitteln zu Warengruppen mit Unsicherheiten behaftet.

3.1.2. Datengrundlage

3.1.2.1. Auftretensdaten

Datenerhebung und amtliche Kontrolle

Das Vorkommen der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe und damit deren Hintergrundbelastung in Lebensmitteln werden neben zahlreichen weiteren Schadstoffen und Krankheitserregern im Rahmen der amtlichen Kontrolle von Lebensmitteln, kosmetischen Mitteln und Gebrauchsgegenständen ermittelt.

Durch das Zusammenwirken einer Reihe von Institutionen unter der Koordination des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) wird überwacht und überprüft, ob der Unternehmer seiner Verantwortung, die er gemäß den europäischen und österreichischen Rechtsvorschriften gegenüber dem Verbraucher hat, auch nachkommt.

Die Probenahme erfolgt nach einem erstellten Probenplan (Plan, welche Produkte mit welcher Häufigkeit zu beproben und zu untersuchen sind), der auf statistisch biometrischen Methoden und Überlegungen sowie einer risikobasierten Herangehensweise beruht. Demnach werden spezifische Warengruppen bzw. Gefahren, die etwa durch erhöhte Beanstandungsraten identifiziert werden und die zu einer potentiellen gesundheitlichen Beeinträchtigung für den Konsumenten führen können, verstärkt betrachtet.

Der Probenplan setzt sich einerseits aus Routineproben und andererseits aus Verdachtsproben zusammen. Routineproben werden dem Zufallsprinzip entsprechend oder aufgrund von koordinierten Probenziehungen (Schwerpunktaktionen) entnommen. Verdachtsproben werden anlassbezogen gezogen und sind somit nicht für repräsentative Datenauswertungen geeignet. Expositionsabschätzungen mit diesen Daten würden zu einer weitgehenden Überschätzung der Exposition führen.

Die Durchführung der Kontrolle ist Aufgabe der Bundesländer. Lebensmittelaufsichtsorgane ziehen Proben etwa im Einzelhandel, im

Großhandel oder in der Gastronomie und übermitteln diese an die zuständigen Untersuchungslabors.

Der Vollständigkeit halber sei auch anzumerken, dass die Lebensmittelaufsichtsbehörden basierend auf einem Revisionsplan Betriebe auf die Durchführung von Eigenkontrollen prüfen.

Die gezogenen Proben werden von Expertinnen und Experten der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) sowie der Lebensmitteluntersuchungsanstalten der Länder Kärnten, Vorarlberg und Wien untersucht und begutachtet.

Die erstellten Gutachten werden an die zuständigen Lebensmittelaufsichtsbehörden der Länder retourniert und dienen als Grundlage für allfällige Maßnahmen. Dies können etwa die Einschränkung oder das Verbot des Inverkehrbringens der Ware sein. Bei gesundheitsschädlichen Waren muss der Unternehmer diese vom Markt nehmen oder die Bevölkerung warnen.

Probenahmeverfahren und Analysenmethode

Für die Analyse der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe sind in der Verordnung (EG) Nr. 333/2007 der Kommission vom 28. März 2007 zahlreiche Bestimmungen für die Probenahmeverfahren und Analysemethoden für Blei, Cadmium, Quecksilber, anorganisches Zinn, 3-MCPD und Benzo(a)pyren festgelegt.

Analysiert werden die in der Empfehlung der Europäischen Kommission 2005/108/EG festgelegten PAK15 inklusive das von der JECFA zusätzlich zur Analyse empfohlene Benzo(c)fluoren (Tab.1.).

Zur Bestimmung werden akkreditierte Spezialanalyseverfahren angewendet. Die Art der Extraktionsmethode ist hierbei abhängig von der Art der Matrix. In nachfolgender Tabelle sind für einzelne Matrices (auch für Nicht-Lebensmittel) jene Methoden hinsichtlich des Extraktionsverfahrens, der Reinigung, des Trennverfahrens und der Detektion im Überblick angeführt, die von der

Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit angewendet werden (Tab.4.).

Tab. 4. Analysenmethode (AGES, Homepage)

Matrix	Aufarbeitung/Extraktion	Reinigung	Trenn- verfahren	Detektion
Lebensmittel, pflanzliches Material, etc.	Verseifung mit methanolischer Kalilauge (KOH); Extraktion mit Cyclohexan	SPE (2x)	HPLC	FL / PDA
Öle, Fette	GPC (Cyclohexan/Ethylacetat)		HPLC	FL / PDA
Boden, Komposte, Klärschlamm, Körner, etc.	Extraktion mit Dichlormethan	SPE (2x)	HPLC	FL / PDA

GPC = Gelpermeationschromatographie

SPE = Solid Phase Extraktion

HPLC = Hochleistungsflüssigkeitschromatographie

FL/PDA = Fluoreszenzdetektor bzw. Photodiodenarray

Die Nachweisgrenzen und Bestimmungsgrenzen sind ebenfalls von der Art der Verbindung, der Matrix und den Analysenmethoden abhängig. In Tabelle 5 sind die jeweiligen Grenzen angeführt, die von den Labors der AGES erreicht werden.

Die Nachweisgrenzen für die einzelnen PAK liegen für Fette und Öle im Bereich von 0,04 -1,0 µg/kg, die Bestimmungsgrenzen zwischen 0,12 -3,0 µg/kg. Die Nachweisgrenzen für andere Lebensmittel als für Fette und Öle werden mit einem Bereich von 0,004 -0,1 angegeben, die Bestimmungsgrenzen mit 0,012 - 0,3 µg/kg. Die Bestimmungsgrenze für das Benzo(a)pyren liegt zwischen 0,024 und 0,5 µg/kg, da dieser Parameter in unterschiedlichen Labors analysiert

wurde. Für das Cyclopenta(c,d)pyren wird für Fette und Öle eine Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze von 10,0 bzw. 35,0 µg/kg erreicht, für andere Lebensmittel von 1,0 bzw. 35,0 µg/kg.

Tab.5.: Nachweisgrenzen und Bestimmungsgrenzen für verschiedene Matrices (AGES)

PAK	NG für Warengruppen	NG für Pflanzliche Öle, Fette, Margarine	BG für Warengruppen	BG für Pflanzliche Öle, Fette, Margarine
Benzo(a)pyren	0,008	0,08	0,024 - 0,5	0,24
Benzo(a)anthracen	0,01	0,07	0,03	0,21
Benzo(b)fluoranthen	0,015	0,15	0,045	0,45
Chrysen	0,004	0,04	0,012	0,21
Benzo(j)fluoranthen	0,09	0,9	0,27	2,7
Benzo(c)fluoren	0,1	1	0,3	3
Benzo(k)fluoranthen	0,004	0,04	0,012	0,12
Benzo(g,h,i)perylene	0,02	0,2	0,06	0,6
Dibenzo(a,h)pyren	0,045	0,45	0,14	1,4
Dibenzo(a,i)pyren	0,015	0,15	0,045	0,45
Dibenzo(a,e)pyren	0,01	0,1	0,03	0,3
Dibenzo(a,l)pyren	0,014	0,14	0,046	0,46
Dibenzo(a,h)anthracen	0,015	0,15	0,049	0,49
5-Methylchrysen	0,025	0,25	0,075	0,75
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,035	0,35	0,11	1,1

Datenbeschreibung

Diese Doktorarbeit basiert auf Untersuchungsergebnissen der AGES aus den Jahren 2007 bis 2011. Berücksichtigt werden ausschließlich Routineproben, die im Handel von verschiedenen Warengruppen gezogen wurden. Proben, die aus einem Verdachtsmoment heraus gezogen wurden, werden nicht mitefasset.

Basierend auf diesen Untersuchungsdaten wird das Vorkommen der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe beschrieben. Die Beschreibung und Auswertung der Ergebnisse erfolgt sowohl auf Basis der Warengruppen als auch auf Basis der PAK – Verbindungen. Der Fokus liegt hier auf dem Benzo(a)pyren sowie auf der Summe der PAK4 (Benzo(a)anthracen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen und Chrysen).

Faktoren wie beispielsweise die verwendete Holzart beim Räuchern, die Dauer und die Temperatur des Räucherns werden nicht berücksichtigt, da diese Informationen im Zuge der Datenerhebung nicht miterhoben wurden.

Um eine rechnerisch bedingte Beeinflussung der Expositionsabschätzung zu vermeiden, wird das Cyclopenta(c,d)pyren aus der Darstellung der Analysenergebnisse und den nachfolgenden Berechnungen jedoch wieder entfernt. Wie bereits erwähnt, sind die Nachweisgrenze und die Bestimmungsgrenze zu hoch und erreichen die im Anhang der Verordnung (EG) Nr. 333/2007 geforderten Leistungskriterien nicht. So beziehen sich alle weiteren Ergebnisdarstellungen und Berechnungen auf PAK15.

3.1.2.2. Verzehrdaten

Datenerhebung

In Österreich werden Ernährungsgewohnheiten und Verzehrdaten vom Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien erhoben. Diese Erhebungen werden in Form von Querschnittsstudien durchgeführt.

Verzehrdaten, die im Rahmen dieser Doktorarbeit verwendet werden und auf Basis derer die Expositionsabschätzungen beruhen, wurden im Zuge der Erstellung des Österreichischen Ernährungsberichtes 2008 [Elmadfa et al., 2009] erhoben.

Mit dem Ziel, unterschiedliches Verzehrverhalten von einzelnen Personengruppen zu berücksichtigen und besonders gefährdete Personengruppen identifizieren zu können, wurden Ernährungserhebungen bei Kindern, Jugendlichen, Erwachsenen (Frauen und Männer), SeniorInnen und Schwangeren durchgeführt. An Erwachsenen wurden zusätzlich je eine Studie zum Essverhalten, zum Trinkverhalten und Trinkwasserkonsum, zur „Physical Activity“ sowie zur Nährstoffzufuhr aus Vitamin- und Mineralstoffpräparaten und Fischölkapseln geplant und durchgeführt [Elmadfa et al., 2009].

Die Erhebungsmethode der Wahl für Männer, Frauen, Jugendliche und Schwangere war ein 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll (24-h-Recall). Bei

Kindern und SeniorInnen wurde ein 3-Tage-Schätzprotokoll durchgeführt [Elmadfa et al., 2009].

Datenbeschreibung

Für die Auswertung der Ernährungserhebungen und die Berechnung der Energie- und Nährstoffzufuhr auf individueller Ebene bedarf es der Codierung der konsumierten Lebensmittel und Getränke auf Basis von Lebensmitteldatenbanken. Dafür wurde der „Deutsche Bundeslebenschlüssel“ (BLS) II.3.1 verwendet, der durch etwa 3000 österreichische Speisen ergänzt wurde. Die im Ernährungsprotokoll notierten Lebensmittel, Getränke und Gerichte sowie deren Verzehrsmengen wurden mittels Ernährungswissenschaftlichem Programm erfasst und den Datensätzen des Bundeslebensmittelschlüssels zugeordnet [Elmadfa et al., 2009].

Bei Erwachsenen erfolgte eine separate Auswertung von Männern und Frauen. Bei Kindern und Jugendlichen wurde auf eine geschlechtsspezifische Auswertung verzichtet, da sich die Verzehrsgewohnheiten von Mädchen und Jungen in diesem Alter noch nicht gravierend unterscheiden. Ähnliches gilt für die Bevölkerungsgruppe der SeniorInnen. Aufgrund der geringen Probandenzahl des männlichen Kollektivs wurde auch bei den SeniorInnen auf eine geschlechtsspezifische Unterteilung verzichtet. Vor allem bei weniger häufig verzehrten Lebensmitteln wären die Ergebnisse nicht aussagekräftig gewesen.

Zusätzlich wurden von den Probanden soziodemographische Daten erhoben, die Informationen hinsichtlich des Alters, des Körpergewichts, der Körpergröße und des Body Mass Index wiedergeben.

Im Sinne der Verwendung einheitlicher Systeme der Lebensmittelkategorisierung war es im Vorfeld dieser Doktorarbeit notwendig, die von der Universität Wien übermittelten Verzehrdaten auf individueller Ebene jenen Lebensmittelkategorien bzw. Warengruppen der Auftretensdaten

anzupassen, um sowohl eine deterministische als auch eine probabilistische Expositionsabschätzung durchführen zu können.

Weiters sind die individuellen Verzehrsmengen getrennt nach der Gesamtbevölkerung („per capita“) und nach den „USERN“ angegeben. Unter „USERN“ versteht man diejenigen Personen, die ein bestimmtes Lebensmittel im Untersuchungszeitraum überhaupt konsumieren – also die tatsächlichen KonsumentInnen (= User) dieser Lebensmittel.

3.1.3. Expositionsmodelle

3.1.3.1. Deterministische Ansatz

Die Durchführung der Expositionsabschätzung wird auf Basis zweier Ansätze durchgeführt: dem klassischen deterministischen Ansatz und der probabilistischen Modellierung.

Der deterministische Ansatz wird auch als „point-estimate“ bezeichnet. Wie der Name schon sagt, werden fixe Werte/Punkte der Variable Auftretensdaten mit fixen Werten/Punkten der Variable Verzehrdaten verknüpft. Das Ergebnis dieser Berechnungsgrundlage spiegelt einen einzelnen Expositionswert wieder. Dieser Expositionswert wird anschließend durch ein Standardkörpergewicht dividiert, um die Exposition auf Kilogramm Körpergewicht beziehen zu können. Gearbeitet wird mit den Kennzahlen der tatsächlich vorliegenden Auftretensdaten der einzelnen Warengruppen, sprich mit den Kennzahlen der Stichprobe. Die weitere Verknüpfung auf Verzehrsebene erfolgt mit den Kennzahlen der tatsächlichen Verzehrswerte [IGHRC, 2004].

Um zu ermitteln, ob eine chemische Substanz hinsichtlich gesundheitlicher Risiken prioritär ist, wird als erste Screening-Methode oft das „Worst-Case-Szenario“ durchgespielt, wo hohe Perzentile, vielfach die 95%- Perzentile, der Verzehrdaten verwendet werden. In der vierten Stufe der Risikobewertung, der Risikocharakterisierung, wird der ermittelte Expositionswert einer toxikologischen Kennzahl gegenübergestellt. Wird dieser Schwellenwert

überschritten, wird üblicherweise die durchschnittliche Aufnahme geschätzt. Dabei werden das arithmetische Mittel/Median der Auftretensdaten mit dem arithmetischen Mittel/Median der Verzehrdaten verknüpft, um eine realistischere Exposition zu erreichen [IGHRC, 2004].

Die Durchführung einer deterministischen Expositionsabschätzung ist einfach und schnell und ermöglicht eine obere Abschätzung, um auch einen „High Consumer“ zu schützen. Die Methode eignet sich als Screening-Methode, ist akzeptiert und bekannt. Doch zieht diese Punktschätzung auch Informationsverluste nach sich respektive liefert zu wenig Information. Die Variabilität, die innerhalb der Bevölkerung oder bestimmter Bevölkerungsgruppen existiert, wird nicht berücksichtigt. Zudem sind die fixen Werte/Punkte der Auftretensdaten und der Verzehrdaten mit Unsicherheiten behaftet, die bei einer Punktschätzung nicht berücksichtigt werden. Dies kann bei ungünstigen Annahmen zu unrealistisch hohen Expositionen und Überschätzungen führen [IGHRC, 2004].

In dieser Arbeit wird die deterministische Expositionsabschätzung für Kinder, Jugendliche, Erwachsene (Frauen, Männer) sowie SeniorInnen über alle untersuchten Warengruppen sowohl für das Benzo(a)pyren als auch für die Summe der PAK4 durchgeführt. Dies geschieht in Anlehnung an das „EFSA Guidance Document for the Use of the Concise European Food Consumption Database in Exposure Assessment“ (EFSA, 2008a) und die „Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food“ (EFSA, 2008), wie nachstehend erläutert wird.

Der erste Schritt ist die Ermittlung der durchschnittlichen PAK - Aufnahme der einzelnen Bevölkerungsgruppen (Gesamtkollektiv). Dabei wird seitens der Auftretensdaten der Median verwendet, da diese in der Regel sehr schief verteilt sind. Bei den Verzehrdaten wird das arithmetische Mittel des Gesamtkollektivs verwendet.

Im nächsten Schritt werden anhand der Berechnung der durchschnittlichen Exposition der User jene beiden Warengruppen identifiziert, die den größten Beitrag zur Gesamtexposition leisten.

Die Abschätzung der Exposition des High Consumer erfolgt in Schritt drei. Dabei wird für die beiden identifizierten Warengruppen die 95%- Perzentile der User herangezogen und für die verbleibenden Warengruppen das arithmetische Mittel des Gesamtkollektivs. Dieser Ansatz wird in weiterer Folge als „EFSA – Ansatz“ bezeichnet. Die Anwendung der 95%- Perzentile auf alle Warengruppen erscheint unrealistisch [EFSA, 2008a]. Zum Vergleich sind im Ergebnisteil (Kapitel 4) jedoch auch Abschätzungen für den High Consumer (95%- Perzentile der User für alle Warengruppen) angeführt.

Zur Charakterisierung der empirischen Verteilung der Auftretensdaten und der anschließenden Expositionsabschätzung kommen im Falle von nicht nachweisbaren ($< NG$) bzw. nicht bestimmaren ($< BG$) Ergebnissen, wie im „EFSA Scientific Report Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances“ (EFSA, 2010b) empfohlen, der Lower Bound - und der Upper Bound - Ansatz zur Anwendung. Im Falle des Lower Bound - Ansatzes wird für nicht nachweisbare bzw. nicht bestimmare Ergebnisse der Wert Null gesetzt. Im Gegensatz dazu werden beim Upper Bound - Ansatz die jeweilige Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze gleichgesetzt. Dies kann jedoch unter Umständen zu einer rechnerisch bedingten Überschätzung der Exposition führen.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden Werte, die unterhalb der Nachweisgrenze ($< NG$) oder zwischen der Nachweisgrenze und der Bestimmungsgrenze ($< BG$) liegen als missing data oder links zensierte Daten bezeichnet. Trotz dieser Bezeichnung werden die missing data in der Expositionsabschätzung berücksichtigt. Werte, die quantitativ bestimmt werden können, werden als observed oder beobachtete Werte bezeichnet.

Die deskriptive Statistik zur Beschreibung der tatsächlich vorliegenden Auftretensdaten wird auf Basis beider Ansätze durchgeführt. Sie umfasst die

Ermittlung der 5%- Perzentile, des arithmetischen Mittels, des Medians, der 90%-Perzentile, der 95%- Perzentile sowie des Maximalwertes. Da die Auftretensdaten der PAK schief verteilt sind, sind die Angaben des arithmetischen Mittels und der Standardabweichung wenig aussagekräftig und durch hohe Ausreißerwerte bedingt höher, was zu einer Überschätzung der Exposition führen könnte. Die Expositionsabschätzung wird somit primär auf Basis des Medians durchgeführt.

Ebenfalls angegeben werden der Anteil der Werte, die kleiner NG ($< NG$) bzw. zwischen NG und BG ($< BG$) liegen sowie jener Anteil der Werte, der quantitativ bestimmt werden konnte.

Die Summe aus den vier spezifischen PAK (Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Chrysen) wird sowohl auf Basis des Lower Bound - Ansatzes als auch auf Basis des Upper Bound - Ansatzes gebildet.

Die eigentliche Expositionsabschätzung wird lediglich mit den Upper Bound - Kennzahlen durchgeführt. Die Unterschiede zu den Lower Bound - Kennzahlen sind vernachlässigbar. Hinsichtlich der Verzehrdaten werden die User sowie das Gesamtkollektiv berücksichtigt.

3.1.3.2. Probabilistische Ansatz

Eine alternative respektive zusätzliche Methode der Expositionsabschätzung ist der probabilistische Ansatz, der als Ergebnis eine verteilungsbasierte Expositionsabschätzung wiedergibt. Das Schließen aus der Stichprobe auf die Grundgesamtheit wird auf Basis der Verteilung der Stichprobe durchgeführt [CASELLA und BERGER, 2002].

Vereinfachte probabilistische Modelle kombinieren etwa die Verteilung der Verzehrdaten mit einem fixen Wert/Punkt der Auftretensdaten.

In dieser Arbeit wird jedoch die Verteilung der Auftretensdaten mit der Verteilung der Verzehrdaten verknüpft. Berücksichtigt werden die unterschiedlichen PAK - Gehalte innerhalb einer Warengruppe sowie die

unterschiedlichen, täglichen Verzehrsmengen eines jeden Einzelnen der jeweiligen Bevölkerungsgruppe. Statt der Verwendung eines durchschnittlichen Körpergewichts fließt zusätzlich das individuelle Körpergewicht in das Modell ein. Das Einbeziehen der individuellen Ebene kann eine genauere und realistischere Expositionsabschätzung ermöglichen.

In der Durchführung sind probabilistische Methoden jedoch komplizierter und zeitaufwendiger. Die Überprüfung und Nachvollziehbarkeit der Berechnung erweist sich zudem als schwieriger. Was die Datenlage anbelangt, sind qualitativ hochwertige Daten auf individueller Ebene erforderlich [IGHRC, 2004].

Anpassung der Verteilung

Bevor die Expositionsabschätzung durchgeführt werden kann, ist es vorerst notwendig, die Verteilung der Auftretensdaten hinreichend gut beschreiben zu können.

Dies kann, wie bereits beim deterministischen Ansatz beschrieben, durch Angabe der Lagekennzahlen erfolgen. Der Nachteil dabei ist jedoch, dass bei einer geringen Anzahl an beobachteten Werten diese Kennzahlen mit einer großen Unsicherheit behaftet sind.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, „Bootstrap samples“ aus den empirischen Werten zu ziehen, um so zu einer Verteilung zu gelangen [EFRON und TIBSHIRANI, 1994]. Nachteilig ist auch hier, dass nur tatsächlich beobachtete Werte gezogen werden und gerade an den Verteilungsenden zu wenig Information über den Verteilungsverlauf besteht. Zusätzlich existiert die Problematik des Umgangs mit den missing data [HELSEL, 2005].

Die dritte Option, in dieser Arbeit auch die Methode der Wahl, ist die Anpassung einer geeigneten Verteilung an die Auftretensdaten. Im Rahmen der Arbeit wurden vier verschiedene Verteilungen (Gamma, log-Normal, Weibull und Exponential) an die Auftretensdaten angepasst und geprüft, welche dieser Verteilungen sich am besten eignet. Durch Anpassung einer geeigneten Verteilung wird es möglich, aus dieser theoretischen Verteilung der

Auftretensdaten Zufallszahlen zu ziehen. Diese Zufallszahlen sind wiederum Ausgangsbasis für die probabilistische Expositionsabschätzung [EFSA, 2010]. Durch die Verteilungsanpassung wird weiters die Berücksichtigung der links zensierten Daten ermöglicht. Das bedeutet, dass für diese Ergebnisse weder Null noch die jeweiligen Nachweis - bzw. Bestimmungsgrenzen eingesetzt werden, sondern mit der Information gerechnet wird, dass eben diese Werte irgendwo zwischen 0 und NG bzw. zwischen NG und BG liegen. Auf Grund der Problematik der missing data kann dies nicht mit herkömmlichen Schätzmethoden erfolgen, sondern Bedarf adaptierter Methoden [EFSA, 2010].

Zwei Methoden werden näher in Betracht gezogen.

Die Maximum Likelihood - Methode (ML) maximiert, wie der Name schon sagt, die Wahrscheinlichkeit. In der Regel werden die beobachteten Werte für diese Schätzung herangezogen. Im Fall von linkszensierten Daten gibt es, wie schon oben beschrieben, einen Anteil von missing data, also Daten, von denen man nur weiß, dass sie in einem Intervall liegen ([0; NG] oder [NG;BG]). Um diese Art von Daten geeignet verwenden zu können, muss ein spezieller Schätzalgorithmus verwendet werden, der EM-Algorithmus [McLACHLAN und KRISHNAN, 2008]. Bei dieser Methode ist es nicht notwendig, die missing data in disjunkte Intervalle zusammen zu fassen, sondern es kann auch mit unterschiedlichen NG und BG gearbeitet werden. Der Nachteil dieser Methode ist, dass auf Grund der geringen Datendichte am oberen Ende der Verteilung (ab der 90% - Perzentile) die Anpassung in diesem Bereich eher schlechter ausfällt. Bei den PAK4 wird diese Methode angewendet [EFSA, 2010].

Die zweite Methode teilt alle Werte (missing data und observed) in geeignete Klassen ein und vergleicht die Anzahl der beobachteten Werte mit den theoretischen Werten einer Verteilung innerhalb der Klasse. Die Klassen können entsprechend bestimmt werden, und die Einteilung wird so gewählt, dass pro Klasse eine bestimmte Anzahl an Beobachtungen liegen muss. Wie gut sich die theoretische Verteilung an die Daten anpasst kann über den χ^2 -Wert ausgedrückt werden. Die Parameter der theoretischen Verteilung werden so lange verändert, bis dieser χ^2 -Wert minimal ist. Diese Methode, die beim

Benzo(a)pyren angewendet wird, wird als Minimum χ^2 -Methode (MCM) bezeichnet [HARRIS und KANI, 1983].

Um die Güte der Anpassung bewerten zu können und die Anpassung unterschiedlicher Verteilungen mit diesen beiden Methoden zu vergleichen, werden anhand der Bootstrap – Methode punktweise Konfidenzintervalle für verschiedene Quantile berechnet. Bei dieser Methode werden aus den Originaldaten Bootstrap - Stichproben mit gleichem Stichprobenumfang mit Zurücklegen gezogen. Folglich können aus der Original - Stichprobe Werte entweder mehrfach gezogen werden oder überhaupt nicht vorkommen. Aus diesen Bootstrap – Stichproben werden anschließend die Quantile berechnet. Um punktweise Konfidenzintervalle für diese Quantile zu bekommen, wird dieser Vorgang B mal wiederholt. Um stabile Ergebnisse zu erhalten, ist es notwendig, dass B hinreichend groß ist. In dieser Arbeit wurde B = 2000 gewählt, das bedeutet, dass 2000 Replikationen durchgeführt wurden. Man erhält für jedes Quantil B – Werte, aus denen mittels der Perzentilmethode Konfidenzintervalle für die jeweiligen Quantile bestimmt werden. Eine Anpassung einer Verteilung an die Daten wird für gut empfunden, wenn die angepasste Verteilung innerhalb dieser Konfidenzintervalle liegt. Wie oben bereits erwähnt, wird bei Anwendung der χ^2 -Methode jene Verteilung mit dem kleinsten χ^2 -Wert bevorzugt [EFRON und TIBSHIRANI, 1994].

Prozess der Expositionsabschätzung

Nachdem die geeignete Verteilung für die Auftretensdaten gefunden wurde, wird die Expositionsabschätzung durchgeführt.

In dieser Arbeit wird die probabilistische Expositionsabschätzung mit dem statistischen Programm R (Version 2.14.1.) auf Basis eines mathematisch statistischen Modells durchgeführt, das als Monte Carlo Simulation bezeichnet wird [ROBERT und CASELLA, 2004].

Dabei wird ein Zufallswert aus der an die Auftretensdaten einer Substanz angepassten theoretischen Verteilung mit einem Zufallswert aus der Verteilung der tatsächlichen Verzehrdaten einer bestimmten Warengruppe verknüpft. Anschließend wird das Produkt daraus durch ein Standardkörpergewicht

dividiert, um einen Wert für die Aufnahme der Substanz pro Kilogramm Körpergewicht zu erhalten. Dieser erste Schritt wird in der Monte Carlo Simulation als erste Wiederholung (Replikation) bezeichnet. Der Prozess wird in weiterer Folge jedoch oftmals wiederholt (z. B. 10.000 Mal), sodass man als Ergebnis eine Expositionsverteilung von 10.000 Werten für die Aufnahme der Substanz pro Kilogramm Körpergewicht erhält [IGHRC, 2004].

Die Aufnahme von Benzo(a)pyren sowie der Summe der PAK4 wurde in dieser Doktorarbeit für die einzelne Warengruppe und für jede Bevölkerungsgruppe simuliert.

Es wurden auch hier, wie oben beschrieben, 10.000 Replikationen durchgeführt - dies entspricht einem Lauf -, um die höheren Quantile gut bestimmen zu können. Da neben den individuellen Verzehrdaten, die vom Institut für Ernährungswissenschaften zur Verfügung gestellt wurden, auch das jeweilige Körpergewicht der ProbandInnen übermittelt wurde, war es zudem möglich, das Körpergewicht in die Modellierung einfließen zu lassen. Für jede einzelne befragte Person wurde die verzehrte Menge des Lebensmittels auf das individuelle Körpergewicht bezogen. Diese Daten wurden anschließend in der Monte Carlo Simulation mit den Auftretensdaten verknüpft. Die Ausnahme bildeten die SeniorInnen. Bei ihnen wurde ein Standardkörpergewicht von 75 Kilogramm angenommen, da auf individueller Ebene keine Angaben vorlagen.

Für die Simulation der Gesamtexposition wurden sämtliche Auftretensdaten der Warengruppen sowie sämtliche Verzehrdaten in einen Topf geworfen. Daraus wurden wiederum 10.000 Auftretensdaten mit 10.000 Verzehrswerten simuliert und ergaben als Ergebnis die Expositionsverteilung über alle Warengruppen.

Für die Angabe des unteren und oberen 95% - Konfidenzintervalls wurden sowohl bei den einzelnen Warengruppen als auch bei der Gesamtexposition 1000 Läufe durchgeführt.

In den Ergebnistabellen in Kapitel 4 sind der Median und einige weitere Perzentile inklusive des unteren und oberen Vertrauensbereiches dargestellt.

Zusätzlich veranschaulicht ist der Anteil der einzelnen Warengruppen an der Gesamtexposition.

3.2. RISIKOCHARAKTERISIERUNG

3.2.1. Einleitung

Die Ergebnisse der Expositionsabschätzung sowie auch sämtliche Daten und Informationen aus den ersten beiden Stufen der Risikobewertung werden nunmehr für die Risikocharakterisierung herangezogen, um das gesundheitliche Risiko für den Menschen beschreiben respektive quantifizieren zu können.

Für Substanzen, die nicht genotoxisch und kanzerogen sind, dient meist der aus Tierversuchsstudien abgeleitete NOAEL-Wert (No-Observed-Adverse-Effect-Level) bzw. LOAEL-Wert (Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level) als Referenzpunkt für die Ableitung von gesundheitlichen Richtwerten wie etwa einer akzeptierten täglichen Aufnahmemenge (ADI-Wert = acceptable daily intake). Die geschätzte Exposition gegenüber einer Substanz wird diesem Richtwert gegenübergestellt und das potentielle Risiko für den Menschen geschätzt [NAU et al., 2003].

Für genotoxische Kanzerogene ist hingegen eine Ableitung eines Schwellenwertes (NOEL, ADI) aus toxikologischer Sicht nicht möglich [NAU et al., 2003]. Eine „klassische“ Risikocharakterisierung, bei der die Exposition gegenüber einer Substanz dem Schwellenwert gegenübergestellt wird, kann nicht durchgeführt werden. Somit wurde von Risikomanagern das ALARA - Prinzip herangezogen, wonach der Gehalt einer Substanz in einem Produkt so weit minimiert wird, wie dies vernünftigerweise und mit vertretbarem (technologischen) Aufwand möglich ist. Risiken bzw. Maßnahmen zu deren Minimierung können dadurch jedoch nicht priorisiert werden.

Zur Durchführung der Risikobewertung von genotoxischen Kanzerogenen empfiehlt die EFSA in ihrer „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“ den Margin of Exposure - Ansatz (MOE-Ansatz) (EFSA, 2005a). Dass dies die am besten geeignete Methode für die Bewertung von genotoxischen Kanzerogenen ist, wird auch von anderen Institutionen wie JECFA bestätigt [Barlow et al., 2006].

3.2.2. Margin of Exposure (MOE)

Der Margin of Exposure wird als Abstand zwischen zwei Größen kalkuliert und stellt das Verhältnis zwischen einer kanzerogenen Effektdosis und der geschätzten Exposition des Menschen gegenüber der Substanz dar. Die kanzerogene Effektdosis wird durch mathematische Modellierung und angepasst an die experimentellen Daten und Ergebnisse aus Tierversuchen bzw., falls vorhanden, von Humandaten abgeleitet und dient als Referenzpunkt. Als Referenzpunkt empfiehlt die EFSA in ihrer Stellungnahme die BMD, die sogenannte Benchmark Dose bzw. die BMDL₁₀ (Benchmark Dose Lower Confidence Limit 10%). Sie schätzt jene Dosis ab, die eine niedrige, jedoch messbare Reaktion (Benchmark Response, BMR) zeigt, in den meisten Fällen 10% Krebsinzidenz über der Kontrolle (BMD₁₀). Die BMDL₁₀ bezieht sich auf die entsprechende untere Grenze des 95% - Vertrauensbereiches der BMD₁₀ unter Sicherstellung, dass die Benchmark Dose Response nicht überschritten wird [EFSA, 2005a].

Der Margin of Exposure kann stark variieren. Das Ausmaß eines Risikos verhält sich umgekehrt proportional zum MOE. Liegt der MOE bei einem Wert von 10.000 oder höher liegt laut EFSA ein „Risk of Low Concern“ vor. Liegt der kalkulierte MOE unter 10.000, so wird das Risiko größer und können potentielle gesundheitliche Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden. Basierend auf

diesen Informationen obliegt es dem Risikomanagement, eine Priorisierung vorzunehmen und Minimierungsmaßnahmen einleiten [EFSA, 2005a].

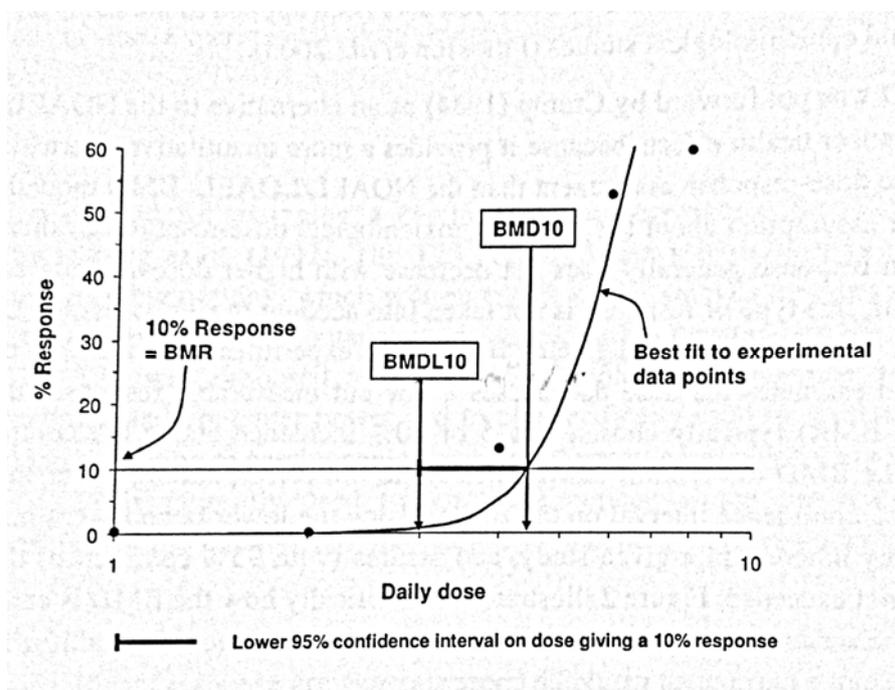


Abb.4.: Konzept BMR, BMD und BMDL am Beispiel einer Dosis-Wirkungsbeziehung (EFSA, 2005a)

Der MOE - Wert von 10.000 resultiert aus der Berücksichtigung von Unsicherheitsfaktoren. Ein Faktor 10 wird für den Unterschied zwischen Tier und Mensch (Interspeziesunterschied) angenommen, ein weiterer Faktor 10 für den Unterschied zwischen verschiedenen Menschen (Intraspeziesunterschied). Das individuelle Krebsrisiko stellt zudem eine besondere Variabilität dar, wofür noch ein weiterer Faktor 10 angenommen wird. Für die Tatsache, dass die $BMDL_{10}$ einem NOAEL nicht gleichgesetzt werden kann, da auch bei einer geringen Dosis Effekte auftreten können und die Dosis, unterhalb der die Krebsinzidenz nicht weiter ansteigt, unbekannt ist, wird ein vierter Faktor 10 angenommen [EFSA, 2005a].

Der BMD -Ansatz wurde bereits 1984 von Crump K.S. als Alternative zum NOAEL und LOAEL vorgeschlagen [Crump, 1984].

Die U.S. Environmental Protection Agency empfiehlt in ihren „Proposed Guidelines for Carcinogen Risk Assessment“ ebenfalls den BMD - Ansatz, um Tumordaten und nicht kanzerogene Effekte zu modellieren [U.S. EPA, 1996]. Im Jahre 2004 wurde von der U.S. EPA eine BMD - Software entwickelt. Für Kanzerogenitätsdaten enthält diese Software eine Reihe von mathematischen Modellen für die Anpassung der experimentellen Daten sowie für den Vergleich einzelner Modelle, um zu entscheiden, welches von diesen das am besten geeignete ist, um die BMD_{10} bzw. die $BMDL_{10}$ zu erhalten [U.S. EPA, 2004]. Vergleichbare Ansätze wurden zudem in anderen Ländern und von anderen Institutionen angewendet wie beispielsweise von „Health Canada for Priority Substances under the Canadian Environmental Protection Act“ [Health Canada, 1994] oder vom „National Health and Medical Research Council in Australia for the Toxicity Assessment for Carcinogenic Soil Contaminants“ [NHMRC, 1999]. Die JECFA hat in ihrer Bewertung der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe ebenfalls BMD - Modellierungen und MOE - Kalkulationen zum Benzo(a)pyren durchgeführt [JECFA, 2005]. Neben der Studie von Kroese et al. (2001) an Ratten wurde auch die 2-jährige Kanzerogenitätsstudie von Culp et al. (1998) herangezogen. Endpunkt war die Gesamtheit der Tumor-Tragenden weiblichen Mäuse.

Seitens der EFSA wird die Kanzerogenitätsstudie von Culp et al. (1998) als die am besten geeignete Studie für Dosis-Wirkungs-Modellierungen angesehen. Mittels der aktualisierten Version 1.4.1. der U.S. EPA BMD - Software aus dem Jahre 2007 wurden im Zuge der Erstellung der „Scientific Opinion on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food“ anhand mehrerer mathematischer Modelle BMD_{10} - und $BMDL_{10}$ -Werte für das Benzo(a)pyren sowie für die PAK4 kalkuliert. Für die weitere Ableitung des Margin of Exposure wurde für das Benzo(a)pyren die $BMDL_{10}$ von 0,07 mg/kg KG/Tag (BMD_{10} 0,14 mg/kg KG/Tag) und für die PAK4 eine $BMDL_{10}$ von 0,34 mg/kg KG/Tag (BMD_{10} 0,69 mg/kg KG/Tag) herangezogen [EFSA, 2008].

Im Rahmen dieser Doktorarbeit wurden die MOE - Werte ebenfalls auf Basis der oben genannten $BMDL_{10}$ - Werte kalkuliert.

4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

4.1. AUFTRETENSDATEN

Im besagten Zeitraum (Jänner 2007 bis August 2011) wurden insgesamt 21578 Untersuchungen auf PAK durchgeführt (Tab.6.).

In den letzten 5 Jahren wurde die Warengruppe „Pflanzliche Öle“ am großzügigsten beprobt. 67% des gesamten Untersuchungsumfangs entfallen auf diese Warengruppe, davon 96% auf die Beprobung und Untersuchung der sortenreinen Speiseöle, vor allem des Olivenöls und des Kürbiskernöls. In den Jahren 2009, überwiegend jedoch 2010 wurde ein Schwerpunkt auf „Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus“ gelegt (6,2%). Weiters wurden die PAK15 in den Warengruppen „Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse“ (5,6%) sowie „Pökel- und Räucherfleisch“ (4,9%) analysiert. Letztgenannte Warengruppe wurde jedoch zu einem beträchtlichen Teil auf das Benzo(a)pyren allein untersucht, da Kontrollen in der Vergangenheit höhere Belastungen zeigten. Rund 16% des gesamten Untersuchungsumfangs verteilen sich auf die in Tabelle 4 dargestellten restlichen Warengruppen.

Ein Mangel an Daten existiert im Hinblick auf Gemüse und Obst sowie auf Getreide - und Getreideprodukte. Die Belastung dieser Warengruppen ist auf die Umweltbelastung zurückzuführen und weniger auf Prozesse während der Lebensmittelverarbeitung und der Zubereitung/Fertigung im Haushalt.

Tab.6.: Anzahl der Untersuchungen pro Warengruppe

Warengruppe	Warenuntergruppe	Anzahl Untersuchungen
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	Fertiggerichte auf Fischbasis	45
	Fertiggerichte auf Fleischbasis	180
	Fertiggerichte auf Gemüsebasis	105
	Geflügelgerichte	30
	Getreidezubereitungen	223
	Knödel mit Fleisch	31
		614
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Sojaerzeugnisse	346
Kaffee und Kaffee-Ersatz	Gerösteter Kaffee	1335

und Erzeugnisse daraus		
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Schokolade, Bitterschokolade	375
Kerne und Samen	Ölsaaten	376
	Sonstige Kerne und Samen, Paste, Misch.	15
		391
Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Heringe in Konserven	2
	Konserven von Meeresfrüchten	106
	Muschelkonserven	256
	Sardinenkonserven	15
	sonst. Fischvollkonserven	5
	Thunfischkonserven	30
	414	
Meeresfischerzeugnisse	Räucherfischwaren	266
	Sonstige Meeresfischerzeugnisse	1
		267
Nahrungsergänzungsmittel	Kapseln, Komprimat, Kau-Lutsch-Brausetabletten	180
Obsterzeugnisse	Trockenobst	156
Pflanzliche Öle	Sonstige Speiseöle	240
	Speiseöle (Mischungen)	331
	Speiseöle Sortenrein	13866
		14437
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kochpökelwaren	605
	Rohpökelwaren	445
		1050
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	marine Krebse, Krabben, Hummer	90
	Muscheln	271
	Salzwassergarnelen	568
	Schnecken	75
	sonstige Schalen- Krusten- u. Weichtiere	165
	Süßwasserkrebse, Süßwassergarnelen	30
		1199
Süßwasserfischerzeugnisse	Lachs, geräuchert	109
	Räucherfischwaren Süßwasserfische	426
		535
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Tee	165
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	Brätwürste	3
	Fleischwürste	98
	Rohwürste	13
		114
GESAMT		21578

Bei einer Vielzahl an Proben ist der Kontaminationsgrad gering (Tab.7.). Dies ist in Abbildung 5 zusätzlich veranschaulicht.

Vom gesamten Untersuchungsumfang (n=21578) konnten lediglich 39% (n=8418) quantifiziert werden. 47,7% (n=10288) aller Ergebnisse waren nicht nachweisbar und 13,3% (n=2872) lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Der geringste Anteil an beobachteten Werten (27,3%) wird bei der Warengruppe „Tee und teeähnliche Erzeugnisse“ beschrieben. In den Warengruppen „Pflanzliche Öle“, „Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse“ sowie „Schalen-, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse“ liegen die beobachteten Werte ebenfalls unter 40%. Der Anteil der Ergebnisse, die unterhalb der Nachweisgrenze liegt, beträgt bei diesen Warengruppen rund 50% und mehr.

Die größten Anteile quantifizierbarer Ergebnisse werden in den Warengruppen „Würste“ (69,3%), „Süßwasserfischerzeugnisse“ (66,5%), „Konserven Fische, Schalen,-Krusten,-Weichtiere“ (65,7%) sowie „Obsterzeugnisse“ (65,4%) beobachtet. Auch bei den Meeresfischerzeugnissen und dem Pökel- und Räucherfleisch liegen die beobachteten Werte bei knapp über 60%.

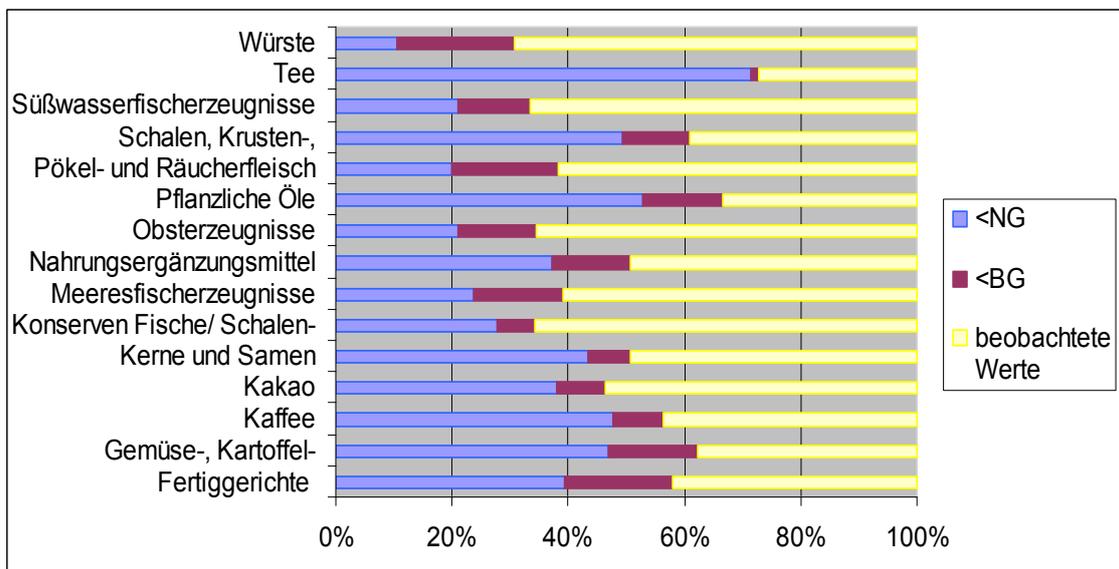


Abb.5.: Missing data und beobachtete Werte in % pro Warengruppe

Tab.7.: Missing data und beobachtete Werte pro Warengruppe

Warengruppe	Anzahl Untersuchungen	Ergebnisse <NG	Ergebnisse <BG	beobachtete Werte	Anteil beobachtete Werte in %
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	614	241	114	259	42,2
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	346	162	53	131	37,9
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	1335	638	114	583	43,7
Kakao und Kakaoerzeugnisse	375	143	31	201	53,6
Kerne und Samen	391	170	28	193	49,4
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	414	115	27	272	65,7
Meeresfischerzeugnisse	267	63	41	163	61,0
Nahrungsergänzungsmittel	180	67	24	89	49,4
Obsterzeugnisse	156	33	21	102	65,4
Pflanzliche Öle	14437	7615	1994	4828	33,4
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	1050	209	194	647	61,6
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	1199	590	139	470	39,2
Süßwasserfischerzeugnisse	535	112	67	356	66,5
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	165	118	2	45	27,3
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	114	12	23	79	69,3
GESAMT	21578	10288	2872	8418	39,0

Bezogen auf die PAK15 stellt sich folgende Situation (Tab.8.). Im Beobachtungszeitraum (Jänner 2007 bis August 2011) wurden 2000 Proben auf Benzo(a)pyren und 1399 Proben auf alle PAK15 untersucht. Beim Benzo(k)fluoranthen standen lediglich 1398 Analysenergebnisse zur Verfügung, beim Benzo(b)fluoranthen sowie Dibenzo(a,h)pyren 1397 Analysenergebnisse und beim Benzo(j)fluoranthen 1396.

Tab.8.: Missing Data pro PAK - Verbindung

PAK	Anzahl der Untersuchungen	Ergebnisse <NG	Ergebnisse <NG in %	Ergebnisse <BG	Ergebnisse <BG in %
Benzo(a)pyren	2000	369	18,45	389	19,45
Benzo(a)anthracen	1399	260	18,58	107	7,65
Benzo(b)fluoranthen	1397	358	25,63	293	20,97
Chrysen	1399	141	10,08	55	3,93
Benzo(j)fluoranthen	1396	912	65,33	265	18,98
Benzo(c)fluoren	1399	985	70,41	146	10,44
Benzo(k)fluoranthen	1398	301	21,53	166	11,87
Benzo(g,h,i)perylen	1399	417	29,81	341	24,37
Dibenzo(a,h)pyren	1397	1340	95,92	26	1,86
Dibenzo(a,i)pyren	1399	933	66,69	109	7,79
Dibenzo(a,e)pyren	1399	707	50,54	184	13,15
Dibenzo(a,l)pyren	1399	984	70,34	156	11,15
Dibenzo(a,h)anthracen	1399	974	69,62	192	13,72
5-Methylchrysen	1399	844	60,33	197	14,08
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1399	763	54,54	246	17,58
Gesamt	21578	10288	47,68	2872	13,31

13,3% der Ergebnisse (n=2872) liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze und rund 47,7% (n=10288) sind nicht nachweisbar. Beim Benzo(j)fluoranthen, Dibenzo(a,i)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen und 5-Methylchrysen liegt der Anteil der Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze über 60%, beim Benzo(c)fluoren und Dibenzo(a,l)pyren sogar über 70% (Abb.6.). Unter Berücksichtigung der jeweiligen Ergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt der Anteil der beobachteten Werte zwischen 15,7 % und 25,6%. Die meisten nicht nachweisbaren Ergebnisse findet man beim Dibenzo(a,h)pyren mit rund 96% (n=1340).

Bei Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen sowie Chrysen ist der Anteil der beobachteten Werte deutlich höher. Beim Benzo(a)pyren konnten 62,1% (n=1242) quantifiziert werden, beim Benzo(a)anthracen rund 73,8% (n=1032) und beim Benzo(b)fluoranthen 53,4% (n=746), Das Chrysen wurde in 86% aller Untersuchungen (n=1203) nachgewiesen und quantifiziert (Abb.6.).

In Tabelle 9 sind die Häufigkeiten der nicht nachweisbaren, der nicht bestimmbaren sowie der beobachteten Ergebnisse von Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen sowie Chrysen den Häufigkeiten der Ergebnisse des

Benzo(a)pyren gegenübergestellt. Betrachtet man das Benzo(a)pyren und das Benzo(a)anthracen, ist deutlich ersichtlich, dass in 67,57% (n=696) der Ergebnisse sowohl Benzo(a)pyren als auch Benzo(a)anthracen quantifiziert werden konnten. Im Vergleich mit dem Benzo(b)fluoranthren sind es sogar 78,39% (n=584) und bei Chrysen 60,08% (n=721). Demgegenüber stehen 32,42% (n=334) der Ergebnisse, bei denen das Benzo(a)pyren weder nachgewiesen noch quantifiziert werden konnte, das Benzo(a)anthracen jedoch gemessen wurde. Im Hinblick auf das Benzo(b)fluoranthren bzw. das Chrysen sind es 21,61% (n=161) bzw. 39,91% (n=479) der Ergebnisse.

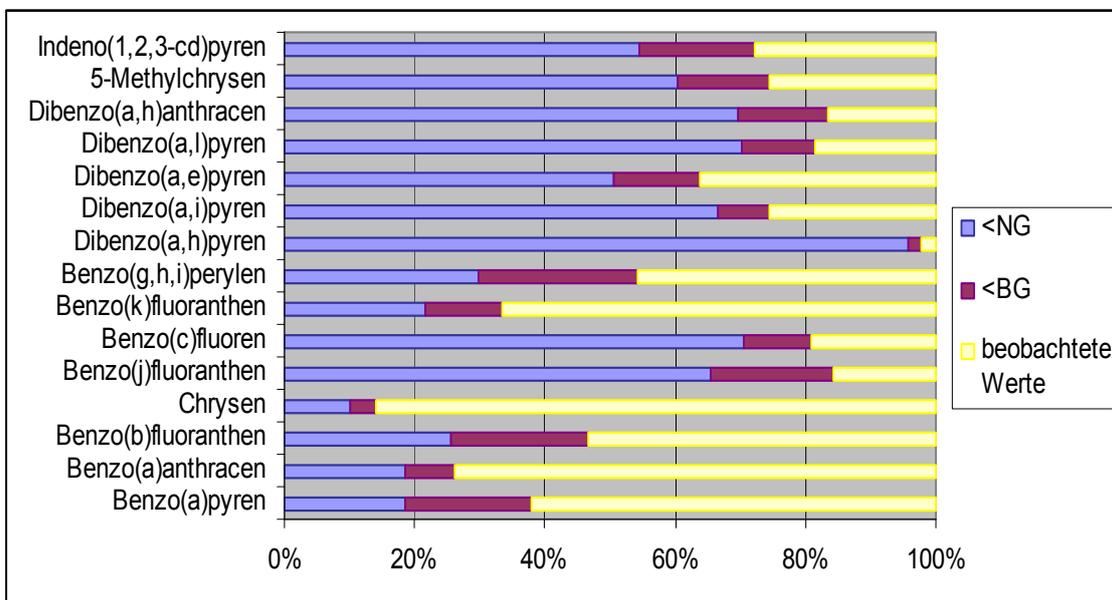


Abb.6.: Missing data und beobachtete Werte in % pro PAK

Tab.9.: Vergleich Häufigkeiten missing data und beobachtete Werte

		Benzo(a)pyren					
		absolute Häufigkeiten			relative Häufigkeiten		
		< NG	< BG	obs	< NG	< BG	obs
Benzo(a)anthracen	< NG	128	65	67	49,23%	25,00%	25,77%
	< BG	37	33	36	34,91%	31,13%	33,96%
	obs	191	143	696	18,54%	13,88%	67,57%
Benzo(b)fluoranthren	< NG	175	78	105	48,88%	21,79%	29,33%
	< BG	86	97	110	29,35%	33,11%	37,54%
	obs	95	66	584	12,75%	8,86%	78,39%
Chrysen	< NG	49	26	66	34,75%	18,44%	46,81%
	< BG	27	16	12	49,09%	29,09%	21,82%
	obs	280	199	721	23,33%	16,58%	60,08%

4.1.1. Deterministische Ansatz

4.1.1.1. PAK15

In Tabelle 10 ist die deskriptive Statistik für die PAK15 dargestellt. Kalkuliert sind sowohl die Lower Bound - Gehalte (LB) als auch die Upper Bound – Gehalte (UB). Bei den PAK4 sind die Unterschiede zwischen den Lower Bound - und den Upper Bound Gehalten vernachlässigbar. Beim Benzo(j)fluoranthren und Benzo(c)fluoren verhält es sich dagegen anders.

Tab.10.: Deskriptive Statistik der PAK15

PAK	P05		mean		median		P90		P95		maximum	
	LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
BaP	<NG	0,0080	0,93	0,98	0,24	0,26	2,00	2,00	3,58	3,58	49,85	49,85
BaA	<NG	0,01	1,65	1,68	0,50	0,50	3,56	3,56	5,16	5,16	82,36	82,36
BbFA	<NG	0,015	0,94	1,04	0,07	0,45	2,17	2,17	3,68	3,68	49,34	49,34
CHR	<NG	0,04	2,38	2,40	0,96	0,96	5,36	5,36	8,88	8,88	77,99	77,99
BjFA	<NG	0,09	0,34	1,16	<NG	0,90	0,60	2,70	2,70	2,70	26,33	26,33
BcFL	<NG	0,10	0,58	1,39	<NG	1,00	1,48	3,00	3,66	3,66	39,43	39,43
BkFA	<NG	0,004	0,43	0,45	0,12	0,12	0,90	0,90	1,54	1,54	25,46	25,46
BghiP	<NG	0,02	0,58	0,73	<BG	0,60	1,00	1,50	2,23	2,23	22,13	22,13
DBahP	<NG	0,045	0,02	0,35	<NG	0,45	<NG	0,45	<NG	0,45	6,92	6,92
DBaiP	<NG	0,015	0,24	0,34	<NG	0,15	0,89	0,89	1,68	1,68	6,43	6,43
DBaeP	<NG	0,01	0,26	0,33	<NG	0,10	0,80	0,80	1,30	1,30	14,72	14,72
DBalP	<NG	0,014	0,11	0,22	<NG	0,14	0,25	0,46	0,78	0,78	4,22	4,22
DBahA	<NG	0,015	0,14	0,26	<NG	0,15	0,24	0,49	0,79	0,79	19,99	19,99
MHC	<NG	0,025	0,31	0,51	<NG	0,25	1,00	1,00	1,91	1,91	16,07	16,07
IP	<NG	0,035	0,64	0,94	<NG	0,35	2,14	2,14	3,42	3,42	32,40	32,40

Das höchste arithmetische Mittel wird für das Chrysen beobachtet und liegt bei 2,38 µg/kg (LB) bzw. 2,40 µg/kg (UB). In 64 von 1399 Chrysenuntersuchungen (4,6%) wurden Gehalte von über 10 µg/kg gemessen. Der Maximalgehalt beträgt 77,99 µg/kg und wurde in einer Probe getrockneter Datteln analysiert. Die zweit höchsten Mittelwerte finden sich beim Benzo(a)anthracen (LB 1,65 µg/kg bzw. UB 1,68 µg/kg), gefolgt vom Benzo(b)fluoranthren (LB 0,94 µg/kg bzw. UB 1,04 µg/kg) und Benzo(a)pyren (LB 0,93 µg/kg bzw. UB 0,98µg/kg). Der niedrigste Lower Bound Mittelwert findet sich mit 0,02 µg/kg beim Dibenzo(a,h)pyren, das auch die meisten nicht nachweisbaren Ergebnisse

aufweist. Der höchste gemessene Wert wurde für das Benzo(a)anthracen in einer Probe Kürbiskernöl gefunden und beträgt 82,36 µg/kg.

4.1.1.2. Benzo(a)pyren

Besonderes Augenmerk wird in dieser Arbeit auf das Benzo(a)pyren in den einzelnen Warengruppen gelegt. In Tabelle 11 sind wiederum die Lower Bound - Gehalte und die Upper Bound - Gehalte kalkuliert und dargestellt. Unterschiedliche Ergebnisse zwischen den beiden Szenarien sind hier als Wertebereich (LB – UB) angegeben.

Tab. 11: Deskriptive Statistik des Benzo(a)pyren

Warengruppe	P05	mean	median	P90	P95	maximum
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	<NG - 0,008	0,12 - 0,13	<BG - 0,024	0,04	0,05	4,54
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	<BG - 0,024	0,10 - 0,11	0,04	0,28	0,38	0,53
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	<NG - 0,008	0,07	<NG - 0,008	0,19	0,41	1,70
Kakao und Kakaoerzeugnisse	0,05	0,16	0,12	0,31	0,37	0,60
Kerne und Samen	<NG - 0,008	0,08	0,04	0,22	0,27	0,42
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	<NG - 0,008	0,57 - 0,63	0,08 - 0,24	1,66	2,34	4,80
Meeresfischerzeugnisse	<NG - 0,008	0,54 - 0,55	0,05	1,14	1,91	8,73
Nahrungsergänzungsmittel	<NG - 0,008	0,09	<NG - 0,008	0,05	0,47	0,97
Obsterzeugnisse	<BG - 0,02	3,40 - 3,53	0,05 - 0,42	1,97	14,25	48,94
Pflanzliche Öle	<NG - 0,08	1,08 - 1,13	0,39	2,12	3,25	49,85
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	<BG - 0,01	0,95 - 1,00	0,13 - 0,20	2,70	4,98	23,72
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	<NG - 0,008	0,07 - 0,08	<NG - 0,008	0,16	0,29	1,52
Süßwasserfischerzeugnisse	<BG - 0,024	1,36 - 1,37	0,40	2,25	3,46	27,46
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	0,21	0,73	0,73	1,09	1,23	1,38
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	<BG - 0,024	1,59 - 1,66	0,60	4,62	6,44	8,40

In der Warengruppe „Obsterzeugnisse“ wurde für das Benzo(a)pyren der höchste Upper Bound Mittelwert mit einem Gehalt von 3,53 µg/kg Lebensmittel beobachtet (Tab.10.). Der Maximalwert liegt bei 48,94 µg/kg und wurde in einer Probe Knabberobst (Äpfel, Birnen, Zwetschken) gemessen. Dies ist jedoch auch das einzige Ergebnis über 10 µg/kg (Tab.12.). Der entsprechende Median liegt bei 0,42 µg/kg. Obwohl in Trockenobst aufgrund der Trocknungsverfahren immer wieder Gehalte gefunden werden, wird diese Warengruppe auf EU-Ebene nicht geregelt, da aufgrund der derzeitigen Datenlage nicht festgelegt werden kann, welche Gehalte vernünftigerweise erreicht werden können.

Die nächst höheren Mittelwerte wurden in den Warengruppen „Würste“ und „Süßwasserfischerzeugnisse“ gefunden. Wie in Tabelle 12 ersichtlich wurde in 39 von 58 Untersuchungen der Warengruppe „Würste“ Benzo(a)pyren analysiert und quantifiziert. Davon liegen 24 Werte über 1 µg/kg und 6 Werte über 5 µg/kg, was dem auf EU - Ebene festgelegten Höchstgehalt entspricht. Der Upper Bound Mittelwert beträgt 1,66 µg/kg, der Median 0,60 µg/kg.

Bei den „Süßwasserfischerzeugnissen“ konnten 64 von 73 Untersuchungsergebnissen quantifiziert werden (Tab.12.). Davon liegen wiederum 18 Werte über 1 µg/kg. 3 Werte liegen sogar über 10 µg/kg, und überschreiten somit den EU - Höchstgehalt von 5 µg/kg. Der Mittelwert liegt bei 1,37 µg/kg, der Median bei 0,40 µg/kg. Der Maximalwert beträgt 27,46 µg/kg und wurde in einer Probe geräucherter Saiblinge analysiert.

Der SCOOP - Bericht „Collection of Occurrence Data on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food“ (SCOOP, 2004) ergab, dass hohe PAK - Gehalte in geräuchertem Fleisch und Fleischerzeugnissen, in geräuchertem Fisch und Fischerzeugnissen und im Oliventresteröl vorliegen. Aus diesem Blickwinkel heraus wurden jene Warengruppen in den letzten Jahren verstärkt untersucht.

Der Upper Bound Mittelwert bei „Pflanzlichen Ölen“ beträgt 1,13 µg/kg, der Median wird mit 0,39 µg/kg festgemacht. Insgesamt wurden in den letzten Jahren 1113 Proben auf Benzo(a)pyren untersucht. 64,5 % (n=718) aller

Untersuchungsergebnisse konnten quantifiziert werden. In rund 17% (n=122) dieser Proben wurden Benzo(a)pyren -Gehalte von über 2 µg/kg gemessen, was dem derzeit gültigen EU - Höchstgehalt entspricht. 17 Proben weisen einen Gehalt von über 10 µg/kg mit einem Maximalwert von 49,85 µg/kg auf. Dieser wurde in einer Probe Kürbiskernöl gemessen. In Abbildung 7 sind die Höchstgehaltsüberschreitungen pro Jahr dargestellt.

Bei der Warengruppe „Pökel- und Räucherfleisch“ beträgt der Mittelwert des Upper Bound Ansatzes 1,0 µg/kg und der Median 0,20 µg/kg. Der Anteil der beobachteten Werte liegt bei 67,3 % (n=245). 7,8 % (n=19) dieser bestimmaren Ergebnisse liegen über dem EU - Höchstgehalt von 5 µg/kg (Abb.8.) mit einem Maximalwert von 23,72 µg/kg.

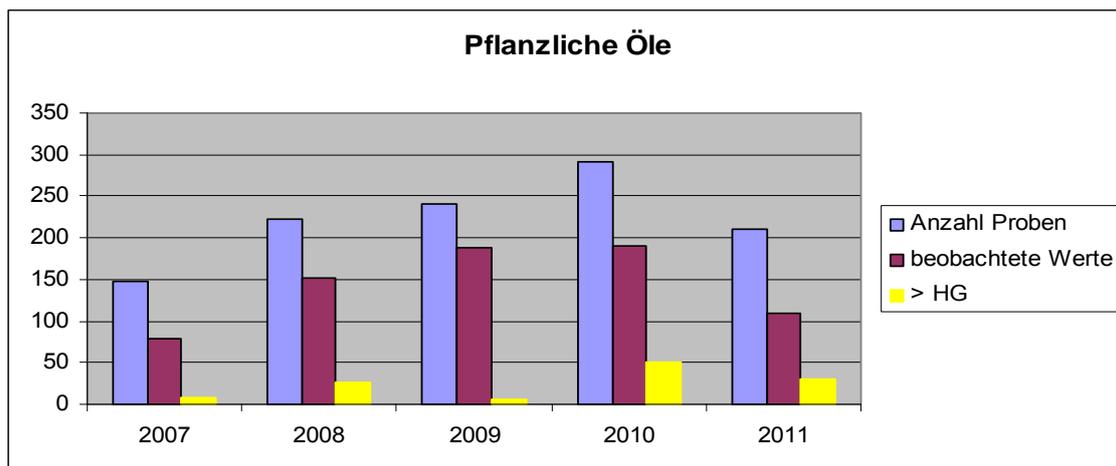


Abb.7.: Beobachtete Werte und Höchstgehaltsüberschreitungen pro Jahr in absoluten Zahlen (pflanzliche Öle)

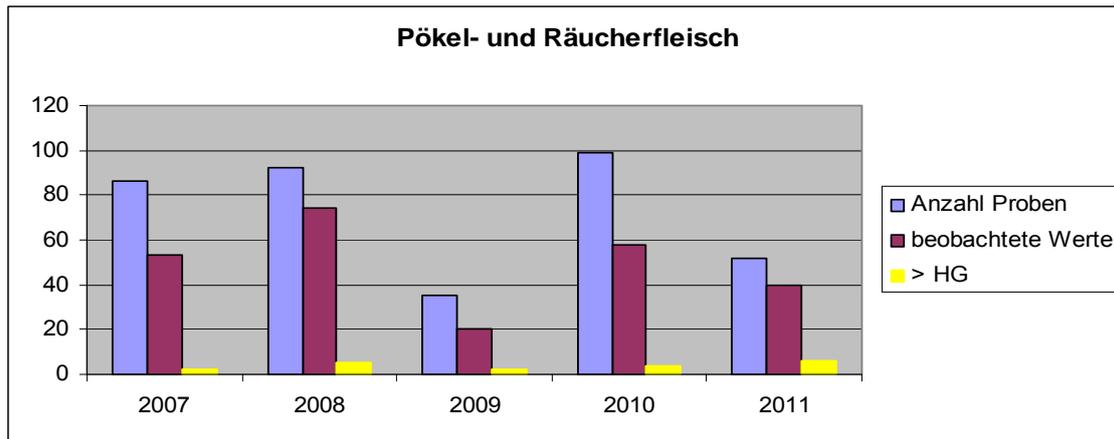


Abb.8.: Beobachtete Werte und Höchstgehaltsüberschreitungen pro Jahr in absoluten Zahlen (Pökel- und Räucherfleisch)

Die Upper Bound Mittelwerte und Mediane für „Konserven Fische/Schalen-/Krusten-/Weich-/sonstige Tiere“, „Meeresfischerzeugnisse“ und „Tee, teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus“ liegen im mittleren Bereich. Bei den „Meeresfischerzeugnissen“ wurden ausschließlich geräucherte Makrelen untersucht. Lediglich in einer Probe wurde eine Überschreitung des EU -Höchstgehaltes von 5 µg/kg beobachtet.

Auch bei der Warengruppe „Konserven Fische/Schalen-/Krusten-/Weich-/sonstige Tiere“ wurden teils geräucherte Produkte untersucht. Auch hier zeigen sich geringe Gehalte an Benzo(a)pyren.

In der Warengruppe „Tee, teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus“ wurde ausschließlich geräucherter Tee untersucht. Dieser großblättrige Schwarztee wird über harzreichem Edelholz geräuchert, um ein kräftiges Aroma und einen intensiven Duft zu erreichen. Der Median und das arithmetische Mittel werden mit je 0,73 µg/kg Teeblättern festgemacht. Das fertige Tee-Aufgussgetränk wurde nicht mehr auf PAK untersucht, doch kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der Lipophilie der PAK der Übergang in die wässrige Phase gering ist. In der Literatur werden Werte von 0,03 –max. 4,4% beschrieben [EFSA, 2008].

In den pflanzlichen Warengruppen „Gemüse,- Kartoffel- und Hülsenfrüchtlernerzeugnisse“, „Kerne und Samen“ sowie „Kakao und Kakaoerzeugnisse“ wurden geringe Gehalte gemessen. Derzeit existieren keine EU - Höchstgehalte für Gemüse und Getreide und sind in der neuen Verordnung (EU) Nr. 835/2011 der Kommission auch nicht vorgesehen. Die EFSA hat in ihrer Stellungnahme festgestellt, dass Gemüse und Getreide aufgrund ihres hohen Verzehrs einen nicht unbedeutenden Beitrag zur Exposition leisten [EFSA, 2008]. Somit sollten diese Warengruppen auch weiterhin im Auge behalten werden

Wie in Tabelle 12 ersichtlich, sind in den Warengruppen „Fertiggerichte“, „Kaffee, Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse“, „Nahrungsergänzungsmittel“, „Schalen,-Krusten,-Weichtiere und Erzeugnisse“ im Falle von bestimmaren Werten die gemessenen Gehalte an Benzo(a)pyren ebenfalls gering. In der Verordnung (EU) Nr. 835/2011 der Kommission ist beschrieben, dass in Nahrungsergänzungsmitteln immer wieder hohe Gehalte an PAK gemessen werden. Dies kann bei den vorliegenden Proben an untersuchten Fischölkapseln nicht bestätigt werden. Für „Schalen,-Krusten,-Weichtiere und Erzeugnisse“ gibt es EU - Höchstgehalte, die aber in den untersuchten Proben nicht annähernd erreicht werden. Was den PAK - Gehalt in geröstetem, gemahlenem Kaffee und den Übergang in das fertige Aufgussgetränk anbelangt, ist diese Warengruppe genauso wie der Tee hinsichtlich der PAK - Belastung als nicht prioritär anzusehen.

Tab.12.: Auswertung des Benzo(a)pyren in Warengruppen

Warengruppe	Anzahl Proben	Anzahl Proben < NG	Anzahl Proben < BG	Anzahl Proben über definierten Gehalten					
				BG - 0,5	> 0,5	> 1	> 2	> 5	> 10
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	42	11	14	16	-	-	1	-	-
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	24	1	6	16	1	-	-	-	-
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	89	64	7	16	1	1	-	-	-
Kakao und Kakaoerzeugnisse	25	-	-	24	1	-	-	-	-
Kerne und Samen	27	6	3	18	-	-	-	-	-
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	36	7	9	10	3	5	2	-	-
Meeresfischerzeugnisse	29	5	5	14	1	2	1	1	-
Nahrungsergänzungsmittel	12	8	2	1	1	-	-	-	-
Obsterzeugnisse	16	1	6	6	-	1	1	-	1
Pflanzliche Öle	1113	198	197	243	206	147	84	21	17
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	364	19	100	144	27	28	27	14	5
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	81	45	15	18	1	2	-	-	-
Süßwasserfischerzeugnisse	73	3	6	37	9	8	7	-	3
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	11	1	-	2	5	3	-	-	-
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	58	-	19	10	5	9	9	6	-
Gesamt	2000	369	389	575	261	206	132	42	26

4.1.1.3. Summe PAK4

Die deskriptive Statistik der Summe der PAK4 in Warengruppen ist ebenfalls auf Basis des Lower Bound - Ansatzes sowie des Upper Bound - Ansatzes

kalkuliert. Unterschiedliche Ergebnisse zwischen den beiden Szenarien sind auch hier wiederum als Wertebereich (LB – UB) dargestellt (Tab.13).

Die Auswertung der PAK4 in Tabelle 14 erfolgte auf Basis des Lower Bound. Laut der Verordnung (EU) Nr. 835/2011 soll die Entscheidungsgrundlage, ob die Vorschriften, sprich die EU-Höchstgehalte, eingehalten werden, auf Basis des Lower Bound erfolgen.

Tab.13.: Deskriptive Statistik der PAK4

Warengruppen	P05	mean	median	P90	P95	maximum
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,15-0,21	0,57-0,61	0,38-0,39	0,87-0,94	1,04-1,05	4,31
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	0,14-0,17	1,30-1,33	0,31-0,32	3,72	4,80	5,09
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	0,34-0,36	1,56-1,58	1,29-1,32	3,14	4,07	5,94
Kakao und Kakaoerzeugnisse	0,31-0,34	1,12-1,13	0,70	2,21	2,97	4,37
Kerne und Samen	0,06 - 0,10	0,77 - 0,78	0,53 - 0,55	1,72	1,85	2,07-2,08
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	0,21-0,24	8,29-8,30	4,19	18,75	31,86	42,31
Meeresfischerzeugnisse	0,13-0,19	1,16-1,19	0,30-0,34	2,00	5,19	10,68
Nahrungsergänzungsmittel	0,20-0,25	1,93-1,96	0,58-0,63	3,78	8,02	12,87
Obsterzeugnisse	0,83-0,89	15,04-15,06	2,62	22,35-22,37	72,20-72,21	122,05
Pflanzliche Öle	0,00-0,64	7,26-7,52	3,35-3,60	15,17-15,34	20,33	235,85
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	0,18-0,23	2,51-2,53	0,97-1,00	6,23	7,28-7,29	19,57
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,00-0,04	0,87-0,90	0,18-0,20	1,42	5,26	12,47
Süßwasserfischerzeugnisse	0,40-0,44	4,64-4,65	1,44-1,45	11,73	13,53	55,74-55,75
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	0,40-0,42	1,26-1,28	1,13-1,15	1,80-1,81	2,02-2,04	2,25-2,26
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	0,9	13,74	11,66	27,93	29,51	31,10

Der höchste Upper Bound Mittelwert wird mit einem Gehalt von 15,06 µg/kg in der Warengruppe „Obsterzeugnisse“ beobachtet (LB 15,04 µg/kg) (Tab.13.). Der Median liegt mit 2,62 µg/kg deutlich niedriger. Der Maximalwert von 122,05 µg/kg ist der zweithöchst gemessene Wert der PAK4 und wurde in einer Probe

roter Datteln analysiert. Diese Ergebnisse liegen deutlich höher als die Gehalte des Benzo(a)pyren in Obsterzeugnissen, was daran liegt, dass das Benzo(a)anthracen, das Benzo(b)fluoranthren und das Chrysen häufig und in höherer Konzentration in Trockenfrüchten vorkommen. Vor allem der Anteil des Chrysens ist beträchtlich. In Abbildung 9 ist der relative Anteil des Mittelwertes der Summe der PAK4 auch für alle anderen Warengruppen dargestellt.

Die nächst höheren Mittelwerte werden mit einem Gehalt von 13,74 µg/kg in der Warengruppe „Würste“ und mit 8,30 µg/kg (UB) bzw. 8,29 µg/kg (LB) in der Warengruppe „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ beobachtet.

Der Median bei den Würsten ist ebenfalls sehr hoch (11,66 µg/kg), wobei diese Aussagekraft im Hinblick auf nur vier untersuchte Proben relativiert werden muss. Der Maximalwert liegt bei 31,10 µg/kg. Dieses Ergebnis überschreitet den in der neuen Verordnung (EU) Nr. 835/2011 festgelegten Höchstgehalt für die Summe der PAK4 von 30 µg/kg. Diese Verordnung tritt jedoch erst mit 1. September 2012 in Kraft.

Von den 27 Proben der Warengruppe „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ liegen bei 17 Proben die Ergebnisse über 1 µg/kg, davon 9 Proben über 10 µg/kg und 2 Proben über 35 µg/kg (Tab.14.). Der Median beträgt 4,19 µg/kg, der Maximalwert 42,31 µg/kg.

Der höchste Maximalwert (235,85 µg/kg) wird in der Warengruppe „Pflanzliche Öle“ beobachtet. Dabei handelt es sich um eine Probe Kürbiskernöl. Das Benzo(a)anthracen wurde mit einer Konzentration von 82,36 µg/kg gemessen, gefolgt vom Chrysen (54,30 µg/kg), Benzo(a)pyren (49,85 µg/kg) und Benzo(b)fluoranthren (49,34 µg/kg). Der Upper Bound des arithmetischen Mittels beträgt 7,52 µg/kg (LB 7,26 µg/kg), der entsprechende Median 3,60 µg/kg (LB 3,35 µg/kg). 950 Proben wurden in den letzten Jahren auf die Summe der PAK4 untersucht. Rund 80% (n=762) aller Untersuchungsergebnisse liegen über 1 µg/kg (Tab.14.). Von diesen überschreiten etwa 21% (n=162) den Gehalt von

10 µg/kg, was dem zukünftig geltenden Höchstgehalt für die Summe der PAK4 entspricht.

In den Warengruppen „Süßwasserfischerzeugnisse“ und „Pökel- und Räucherfleisch“ liegen die Untersuchungsergebnisse im unteren Bereich. Der Upper Bound des arithmetischen Mittels beträgt bei Süßwasserfischerzeugnissen 4,65 µg/kg (LB 4,64 µg/kg) und bei Pökel- und Räucherfleisch 2,53 µg/kg (LB 2,51 µg/kg). Die entsprechenden Mediane liegen bei 1,45 µg/kg (LB 1,44 µg/kg) bzw. bei 1,00 µg/kg (LB 0,97 µg/kg). Wie aus Tabelle 14 ersichtlich ist, gibt es bei beiden Warengruppen nur wenige Proben, die den Gehalt von 10 µg/kg überschreiten. Bei den Süßwasserfischerzeugnissen ist es lediglich eine von 33 Proben, die den zukünftig geltenden EU-Höchstgehalt von 30 µg/kg überschreiten würde.

Die gemessenen Gehalte in den übrigen Warengruppen sind gering und liegen deutlich unter den Mittelwerten bzw. Medianen der bereits genannten Warengruppen.

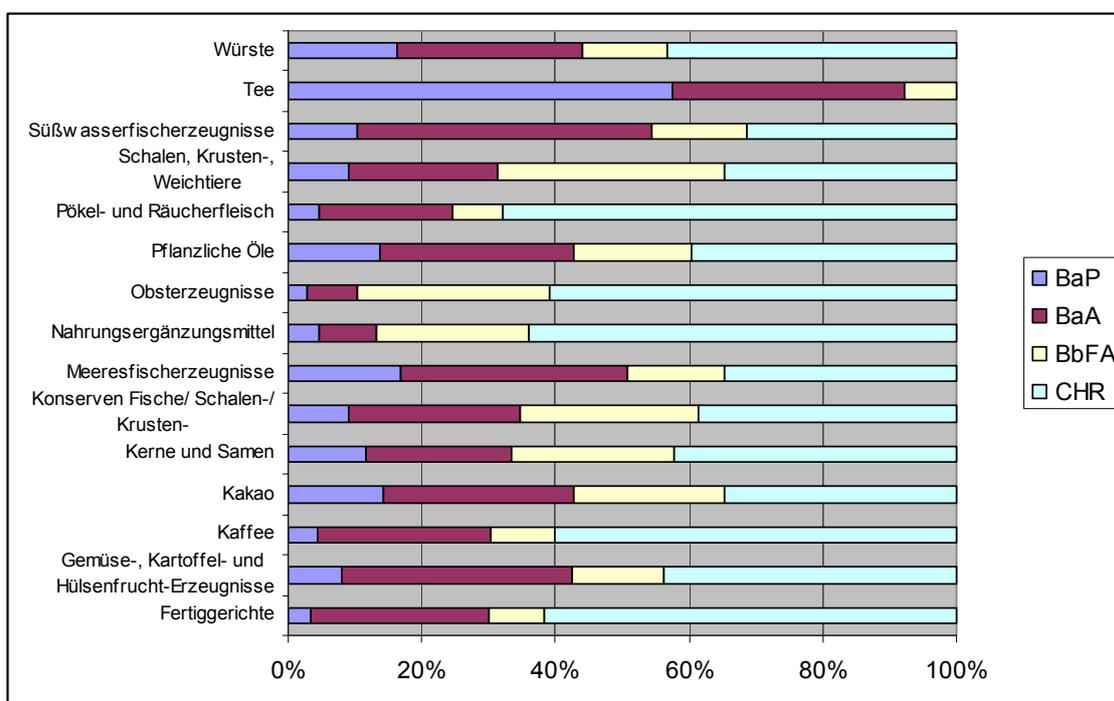


Abb.9.: Relativer Anteil des Upper Bound Mittelwertes der Summe der PAK4

Tab.14.: Auswertung der PAK4 in Warengruppen

Warengruppen	Anzahl Proben	Anzahl Proben über definierten Gehalten								
		bis 0,5	> 0,5	> 1	> 2	> 5	> 10	> 20	> 30	> 35
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	41	23	15	2	1	-	-	-	-	-
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	23	13	1	3	5	1	-	-	-	-
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	89	14	18	36	18	3	-	-	-	-
Kakao und Kakaoerzeugnisse	25	4	12	6	3	-	-	-	-	-
Kerne und Samen	26	12	7	6	1	-	-	-	-	-
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	27	6	4	2	3	3	6	1	-	2
Meeresfischerzeugnisse	17	11	4	-	1	-	1	-	-	-
Nahrungsergänzungsmittel	12	2	7	1	1	-	1	-	-	-
Obsterzeugnisse	10	1	□	2	5	□	1	□	□	1
Pflanzliche Öle	950	117	71	123	305	172	110	27	3	22
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	49	13	12	10	6	6	2	□	□	□
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	80	60	6	7	2	3	2	□	□	□
Süßwasserfischerzeugnisse	33	3	8	9	7	1	4	□	□	1
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	11	1	1	8	1	□	□	□	□	□
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	4	□	1	□	1	□	□	1	1	□
Gesamt	1397	280	167	215	360	189	127	29	4	26

4.1.2. Probabilistische Ansatz

4.1.2.1. Benzo(a)pyren und Summe PAK4

Bei der probabilistischen Expositionsabschätzung wird an die tatsächlichen Auftretensdaten eine geeignete Verteilung angepasst. Aus der angepassten

Verteilung werden Zufallsvariablen gezogen, die für die Expositionsabschätzung herangezogen werden.

Für die Anpassung der vier verschiedenen Verteilungen (Gamma, log-Normal, Weibull und Exponential) wurde, wie bereits im Kapitel 3 beschrieben, für das Benzo(a)pyren die χ^2 -Methode verwendet. Um die Güte der Anpassung bewerten zu können, wurden mittels der Bootstrap Methode für die Quantile der Verteilungen Konfidenzintervalle geschätzt.

Aus den Kennzahlen der Anpassung der Verteilungen an die Daten ergibt sich, dass in den meisten Fällen die Gammaverteilung die Daten am besten beschreibt. In Abbildung 10 ist dies am Beispiel der Warengruppe „Pökel- und Räucherfleisch“ zu erkennen. Bei der Gammaverteilung liegt die blaue Linie fast genau über der grünen Linie, die die beobachteten Werte beschreibt. Zusätzlich liegt die blaue Linie immer innerhalb der punktweisen Konfidenzintervalle (schwarze Linie). Die Abbildung veranschaulicht zusätzlich noch die Verteilungsanpassung anhand der ML-Methode (orange Linie), wobei dies nur als Vergleich dient.

Die Anpassung der Verteilung an die Daten ist weiters in Form eines Histogramms mit angepasster Dichte der Gammaverteilung dargestellt (Abb.11). Da die Verteilung sehr schief ist, wird zusätzlich in Abbildung 12 ein Detailausschnitt der Verteilung mit gekennzeichnete Bestimmungsgrenze und Median abgebildet. Dies wird wiederum am Beispiel der Warengruppe „Pökel- und Räucherfleisch“ demonstriert. In Abbildung 13 sind mit den Warengruppen „Kakao und Kakaoerzeugnisse“ sowie „Kernen und Samen“ noch zwei weitere Beispiele angeführt.

Für bestimmte Warengruppen ist eine Verteilungsanpassung nur schlecht bzw. gar nicht möglich gewesen. Die Anzahl der untersuchten Proben ist zu gering, zum Teil auch die Anzahl der beobachteten Werte. Dies ist bei Fertiggerichten und bei Nahrungsergänzungsmitteln der Fall. Folglich wurden diese Warengruppen auch nicht in die Expositionsabschätzung miteinbezogen.

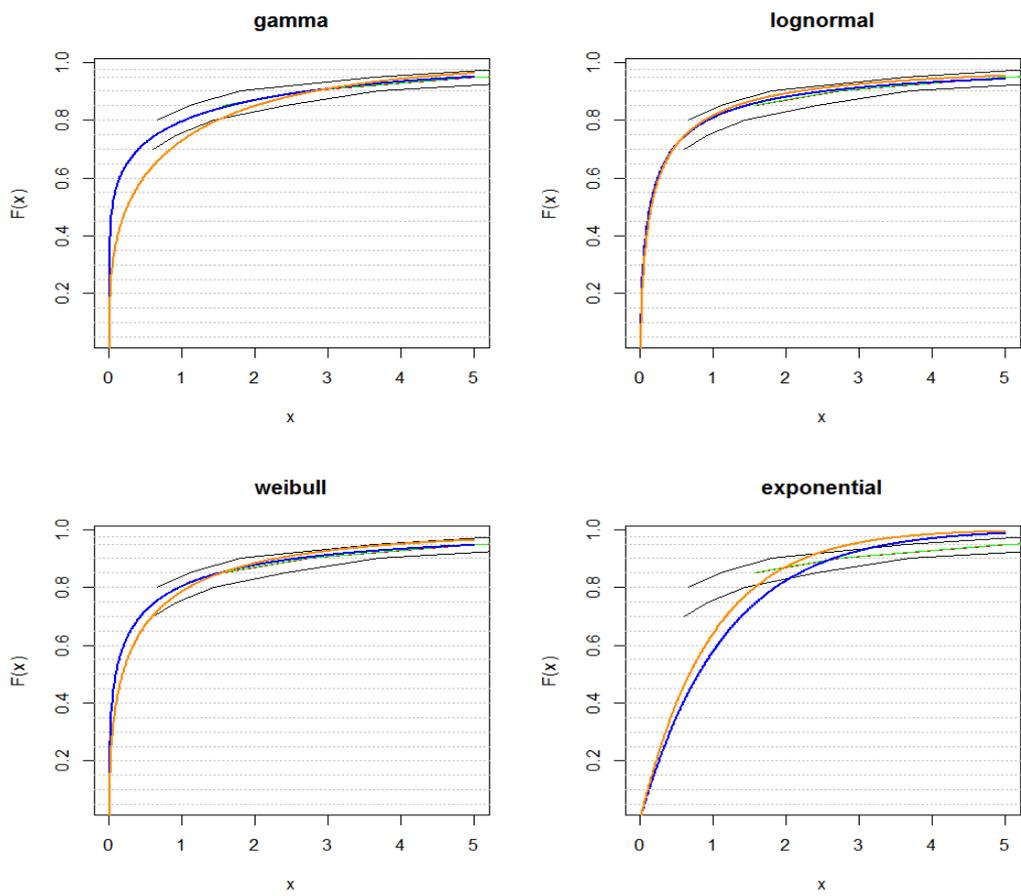


Abb.10.: Verteilungsanpassung für Benzo(a)pyren in Pökel- und Räucherfleisch anhand der χ^2 -Methode (blau) (ML-Methode in orange)

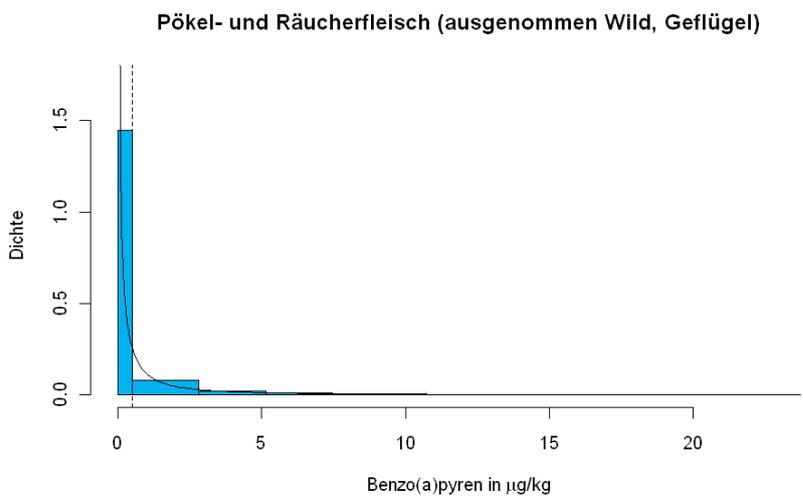


Abb.11.: Häufigkeitsverteilung für Benzo(a)pyren mit angepasster Gammaverteilung (Pökel- und Räucherfleisch)

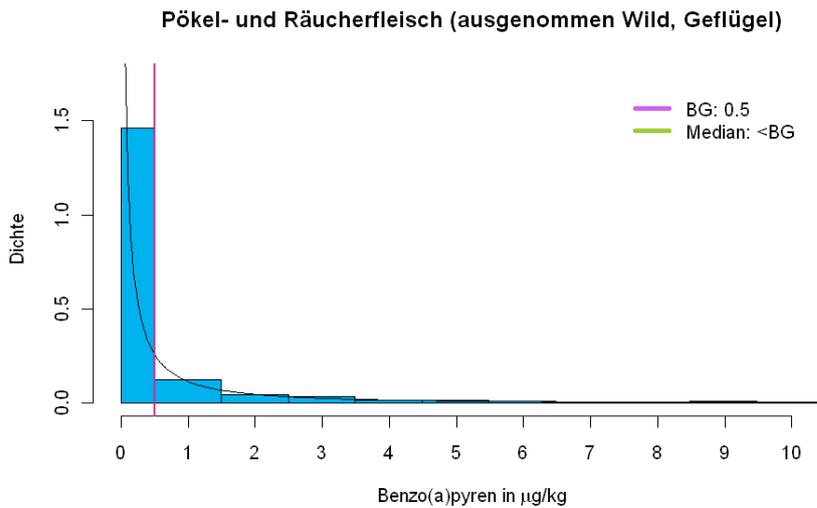


Abb.12.: Detailausschnitt der Häufigkeitsverteilung für Benzo(a)pyren mit angepasster Gammaverteilung (Pökel- und Räucherfleisch)

Im Falle der PAK4 ist die log normale Verteilung jene, die die Daten am besten beschreibt. Dies wurde mit der Maximum Likelihood - Methode geschätzt. Aufgrund von mangelndem bzw. ungeeignetem Datenmaterial sind neben den Fertiggerichten und Nahrungsergänzungsmitteln auch die Obsterzeugnisse und Würste nicht in die Expositionsabschätzung eingeflossen.

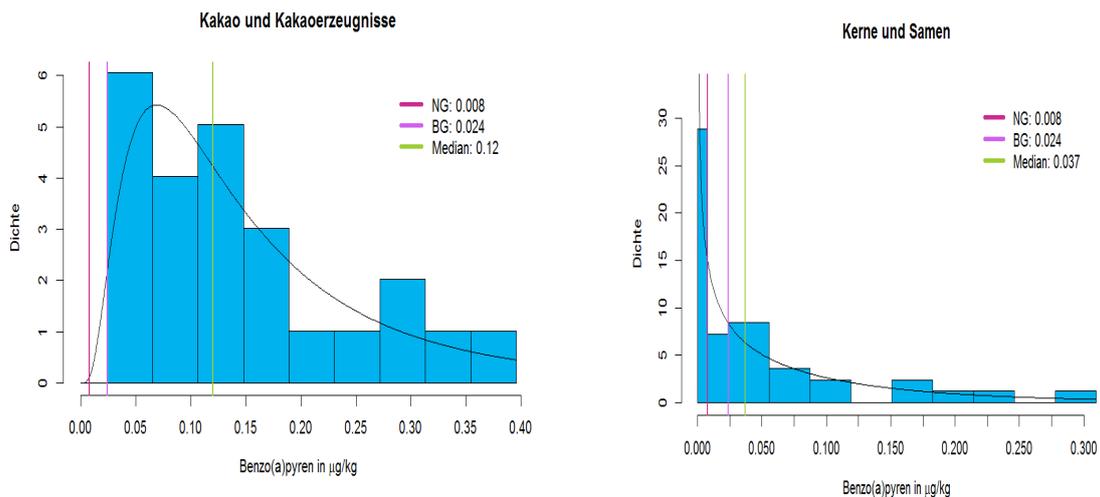


Abb.13.: Detailausschnitt der Häufigkeitsverteilungen für Benzo(a)pyren mit angepasster Gammaverteilung für zwei weitere Beispiele

4.2. VERZEHRSDATEN

Ingesamt wurden 1345 Frauen, 778 Männer, 757 Kinder, 454 Senioren sowie 2015 Jugendliche zu ihren Ernährungsgewohnheiten befragt. Die Methodik der Ernährungserhebung bei Kindern und Senioren war ein Schätzprotokoll über 3 Tage. Jeder dieser 3 Tage wurde als ein Proband gezählt. So besteht das Kollektiv bei Kindern nicht aus 757 bzw. bei Senioren nicht aus 454 Probanden, sondern aus 2220 bzw. 1359. Zusätzlich wurden im Zuge der Querschnittsstudien soziodemographische Daten wie Alter, Körpergröße, Körpergewicht und Body Mass Index (BMI) erhoben, die in Tabelle 15 dargestellt sind.

Die erhobenen und an die Warengruppen der Auftretensdaten angepassten Verzehrdaten werden für die deterministische Expositionsabschätzung in Form von statistischen Kennzahlen und für die probabilistische Expositionsabschätzung in Form ihrer Verteilung herangezogen.

Bei der Warengruppe „Kaffee, Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus“ sind die Verzehrdaten auf ml Kaffee - Aufgussgetränk/Tag bezogen. Die Kontamination bezieht sich jedoch auf Gramm pro Kilogramm Produkt, in dem Fall auf Kilogramm Kaffeepulver. Im Hinblick auf die Exposition wird folgende Annahme getroffen: pro Tasse Kaffeegetränk (Filterkaffee) á 200 ml werden 6 Gramm Kaffee (geröstet und gemahlen) verwendet und PAK werden vollständig extrahiert.

Bei der Warengruppe „Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus“ verhält es sich wie beim Kaffee. Da es sich bei allen Proben um geräucherten Tee handelt, wurde folgender Ansatz gewählt: pro Liter Tee - Aufgussgetränk werden 13 Gramm Teeblätter verwendet.

Tab.15.: Soziodemographische Daten befragter Personengruppen

Frauen								
Variable	n	missing	min	P25	median	mean	P75	max
Alter	1345	0	19	30	39	38,49	47	64
Körpergröße	1345	0	1,47	1,62	1,66	1,66	1,70	1,87
Körpergewicht	1345	0	32,00	56,00	62,00	63,56	69,00	150,00
BMI	1345	0	12,50	20,45	22,27	22,99	24,68	56,46

Männer								
Variable	n	missing	min	P25	median	mean	P75	max
Alter	778	0	19	30	40	39,21	48	62
Körpergröße	778	0	1,58	1,74	1,79	1,79	1,83	2,00
Körpergewicht	778	0	53,00	72,00	80,00	81,48	88,00	160,00
BMI	778	0	17,09	23,09	24,85	25,50	27,44	54,08

Kinder								
Variable	n	missing	min	P25	median	mean	P75	max
Alter	757	0	7	9	11	10,73	13	15
Körpergröße	757	0	1,00	1,35	1,44	1,45	1,54	1,88
Körpergewicht	757	0	18,50	30,80	36,60	39,66	46,40	108,80
BMI	757	0	12,68	16,32	17,74	18,50	20,06	54,59

Senioren								
Variable	n	missing	min	P25	median	mean	P75	max
Alter	454	6	56	67	74	74,69	82	100
Körpergröße	454	29	1,41	1,55	1,61	1,62	1,68	1,92
Körpergewicht	454	28	38,00	64,80	75,00	75,55	85,10	120,70
BMI	454	31	15,61	25,62	28,38	28,79	31,41	46,19

Jugendliche								
Variable	n	missing	min	P25	median	mean	P75	max
Alter	2015	11	14	16	17	17,25	18	34
Körpergröße	2015	28	1,48	1,65	1,71	1,72	1,79	2,00
Körpergewicht	2015	66	37,00	54,00	61,00	63,70	71,00	130,00
BMI	2015	78	14,20	19,26	20,98	21,52	23,08	43,60

4.2.1. Deterministische Ansatz

Die Kennzahlen der Verzehrsmengen jener relevanten Warengruppen, die in der Expositionsabschätzung berücksichtigt werden, sind in den Tabellen 16 – 20 zusammengefasst. Im Hinblick auf Kaffee bzw. Tee sind die

entsprechenden Mengen in Gramm Kaffeepulver bzw. in Gramm Teeblätter in Klammern angeführt.

Tab.16.: Verzehrdaten Frauen

FRAUEN	Verzehr in g/Tag				Verzehr in g/Tag			
	USER				KOLLEKTIV			
Warengruppe	Anzahl USER	mean	median	P95	Anzahl KOLLEKTIV	mean	median	P95
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	19	207,07	250	350	1345	2,92	0	0
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	353	52,18	18	250	1345	13,72	0	88,19
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	1031	335,27 (10,06)	300 (9)	700 (21)	1345	257,34 (7,72)	220 (6,6)	650 (19,5)
Kakao und Kakaoerzeugnisse	432	37,38	20,44	111,36	1345	11,99	0	75
Kerne und Samen	103	11,16	7,25	31,69	1345	0,86	0	4,57
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/sonstige Tiere	41	50,45	36,68	150	1345	1,53	0	0
Meeresfischerzeugnisse	24	10,82	3,06	7,67	1345	0,19	0	0
Nahrungsergänzungsmittel	11	5,75	4,10	18,30	1345	0,05	0	0
Obsterzeugnisse	344	22,40	9,98	96,20	1345	5,74	0	28,34
Pflanzliche Öle	248	11,39	9,92	25,20	1345	2,10	0	13,13
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	266	38,92	30	100	1345	7,68	0	50
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	10	79,54	100	140,08	1345	0,60	0	0
Süßwasserfischerzeugnisse	6	63,33	62,50	103,75	1345	0,29	0	0
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	534	544,42 (7,08)	400 (5,2)	1500 (19,5)	1345	216,61 (2,82)	0	1000 (13)
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	525	70,89	50,03	172,57	1345	27,67	0	120

Tab.17.: Verzehrdaten Männer

MÄNNER	Verzehr in g/Tag				Verzehr in g/Tag			
	USER				KOLLEKTIV			
Warengruppe	Anzahl USER	mean	median	P95	Anzahl KOLLEKTIV	mean	median	P95
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	10	197,10	200	291	778	2,53	0	0
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	250	44,46	18	181,45	778	14,33	0	90

Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	590	356,75 (10,7)	300 (9)	800 (24)	778	270,17 (8,1)	200 (6)	750 (22,5)
Kakao und Kakaoerzeugnisse	184	47,23	25	150	778	11,18	0	60,67
Kerne und Samen	40	16,39	12,71	40,60	778	0,84	0	2
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich- /sonstige Tiere	21	93,14	65	265	778	2,51	0	0
Meeresfischerzeugnisse	8	2,74	3,06	4,26	778	0,03	0	0
Nahrungsergänzungsmittel	5	7,12	5	14,80	778	0,04	0	0
Obsterzeugnisse	158	18,74	6,14	65,90	778	3,79	0	19,03
Pflanzliche Öle	127	11,94	8,14	25,20	778	1,94	0	12
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	170	70,88	50	200	778	15,44	0	100
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	2	72,50	72,50	74,75	778	0,19	0	0
Süßwasserfischerzeugnisse	3	183,33	200	290	778	0,71	0	0
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	207	480,09 (6,24)	300 (3,9)	1500 (19,5)	778	128,12 (1,67)	0	750 (9,75)
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	474	114,41	100	297,40	778	69,66	30	250

Tab.18.: Verzehrdaten Kinder

KINDER	Verzehr in g/Tag				Verzehr in g/Tag			
	USER				KOLLEKTIV			
Warengruppe	Anzahl USER	mean	median	P95	Anzahl KOLLEKTIV	mean	median	P95
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	17	104,51	135	170	2220	0,8	0	0
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht- Erzeugnisse	370	23,80	8,38	95,47	2220	3,96	0	15
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	65	102,02 (3,06)	66,67 (2)	206,67 (6,2)	2220	2,96 (0,09)	0	0
Kakao und Kakaoerzeugnisse	1259	165,25	190	440	2220	93,70	16	381,28
Kerne und Samen	114	9,76	10	24,73	2220	0,50	0	0,46
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich- /sonstige Tiere	49	26,10	10,2	122	2220	0,58	0	0
Meeresfischerzeugnisse	16	6,07	1,22	21,50	2220	0,05	0	0
Nahrungsergänzungsmittel	2	5,10	5,10	6	2220	0	0	0
Obsterzeugnisse	663	20,36	17,48	51,97	2220	6,07	0	32,07
Pflanzliche Öle	358	7,14	5,39	14,08	2220	1,15	0	9,28
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	408	30,68	27	75,06	2220	5,65	0	30

Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	3	111,43	100	188,20	2220	0,15	0	0
Süßwasserfischerzeugnisse	4	60	62,50	100	2220	0,11	0	0
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	734	367,24 (4,77)	250 (3,25)	920 (11,96)	2220	121,33 (1,58)	0	530 (6,89)
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	1188	58,37	40,91	159,07	2220	31,27	15	132,07

Tab.19.: Verzehrsdaten Jugendliche

JUGENDLICHE	Verzehr in g/Tag				Verzehr in g/Tag			
	USER				KOLLEKTIV			
Warengruppe	Anzahl USER	mean	median	P95	Anzahl KOLLEKTIV	mean	median	P95
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	1037	3,32	0	0	2015	1,72	0	0
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	1152	32,26	10,15	150	2015	18,36	0	90
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	551	248 (7,44)	150 (4,5)	600 (18)	2015	67,67 (2,03)	0	300
Kakao und Kakaoerzeugnisse	796	143,71	90	500	2015	56,84	0	261
Kerne und Samen	61	13,47	10	25	2015	0,40	0	0
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/sonstige Tiere	70	40,02	37,26	65	2015	1,40	0	0
Meeresfischerzeugnisse	48	1,15	0	10	2015	0,03	0	0
Nahrungsergänzungsmittel	6	6	5	10	2015	0,02	0	0
Obsterzeugnisse	194	48,63	30	170,75	2015	4,67	0	25,15
Pflanzliche Öle	522	7,12	5	15,74	2015	1,85	0	11,46
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	164	45,58	24,95	150	2015	3,72	0	18,59
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	3	38,33	20	69,5	2015	0,06	0	0
Süßwasserfischerzeugnisse	17	90,70	80	150	2015	0,78	0	0
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	1003	773,02 (10,05)	500 (6,5)	2000 (26)	2015	386,17 (5,02)	0	1600 (20,8)
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	1175	102,47	80	256	2015	59,80	30	219,34

Tab.20.: Verzehrsdaten SeniorInnen

SENIOREN	Verzehr in g/Tag				Verzehr in g/Tag			
	USER				KOLLEKTIV			
Warengruppe	Anzahl USER	mean	median	P95	Anzahl KOLLEKTIV	mean	median	P95
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	–	–	–	–	–	–	–	–
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	311	80,32	50	250	1359	18,28	0	171
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	1189	384,89 (11,55)	380 (11,4)	800(24)	1359	336,59 (10,1)	300 (9)	750 (22,5)
Kakao und Kakaoerzeugnisse	335	63,87	20	250	1359	15,73	0	100,72
Kerne und Samen	97	12,84	10	30	1359	0,91	0	5
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/sonstige Tiere	30	60,45	60	125	1359	1,34	0	0
Meeresfischerzeugnisse	34	16,27	4,33	83,75	1359	0,40	0	0
Nahrungsergänzungsmittel	53	5,14	6,10	6,10	1359	0,20	0	0
Obsterzeugnisse	946	28,75	25	60	1359	20	20	54,87
Pflanzliche Öle	94	11,41	12	18,52	1359	0,78	0	9,80
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	365	32,84	27	90	1359	8,81	0	49
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	5	81	100	100	1359	0,30	0	0
Süßwasserfischerzeugnisse	12	66,73	75	86,25	1359	0,59	0	0
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	575	481,74 (6,26)	400 (5,2)	1200 (15,6)	1359	204,49 (2,66)	0	800 (10,4)
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	587	72,24	50	173,64	1359	31,18	0	133,50

4.2.2. Probabilistische Ansatz

Für die probabilistische Expositionsabschätzung werden die täglichen individuellen Verzehrsmengen der befragten Personen der jeweiligen Bevölkerungsgruppe berücksichtigt. Im Gegensatz zur deterministischen Expositionsabschätzung, wo für jede einzelne Bevölkerungsgruppe ein mittleres Körpergewicht angenommen wird, fließt beim probabilistischen Modell - bis auf die SeniorInnen – auch das individuelle Körpergewicht ein.

In den Abbildungen 14 und 15 sind die Verteilungen der Verzehrsdaten für das Kollektiv und die User bezogen auf das individuelle Körpergewicht dargestellt.

Aus Gründen des Umfangs bezieht sich diese Darstellung exemplarisch auf den Verzehr von Pökel- und Räucherfleisch bei Männern. Wie aus Tabelle 15 zu entnehmen ist, sind bei Männern für das Körpergewicht Werte von 53 – 160 Kilogramm eingeflossen.

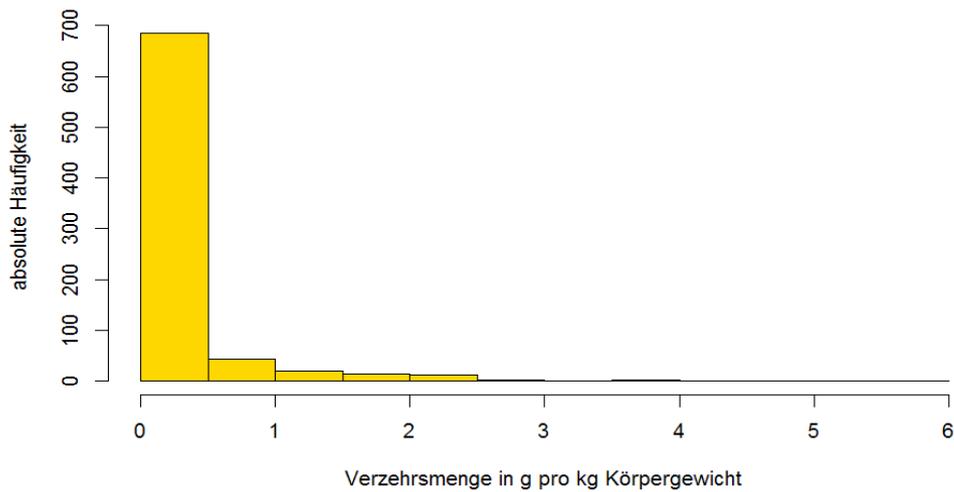


Abb.14.: Verteilung der Verzehrdaten von Pökel- und Räucherfleisch bei Männern (Kollektiv)

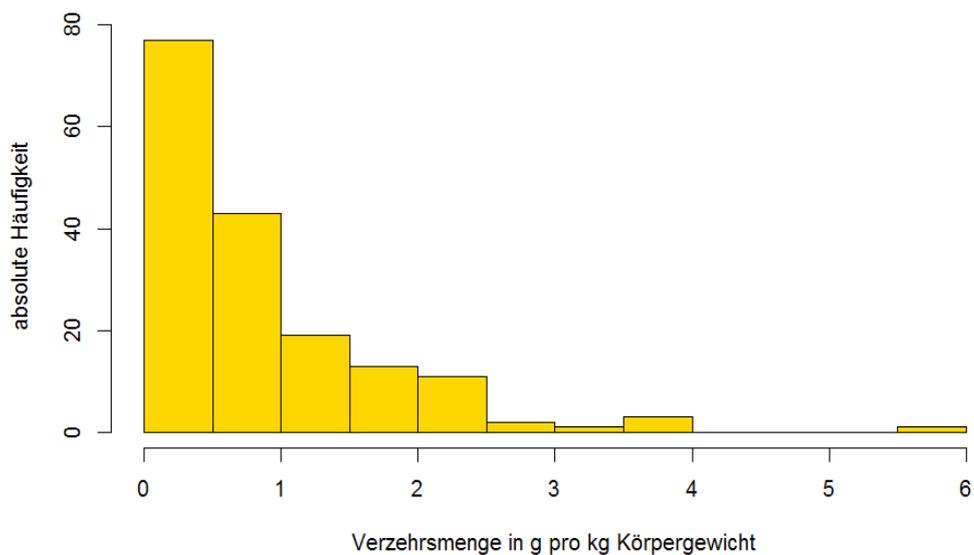


Abb.15.: Verteilung der Verzehrdaten von Pökel- und Räucherfleisch bei Männern (User)

4.3. EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG

4.3.1. Deterministische Ansatz

4.3.1.1. Benzo(a)pyren

Die Expositionsabschätzung wurde über alle Warengruppen für jede einzelne Personengruppe durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 zusammengefasst. Für die Angabe der Benzo(a)pyren - Aufnahme in ng/kg Körpergewicht (KG)/Tag wurden folgende Werte für das Körpergewicht verwendet: 60 Kilogramm für Frauen, 80 Kilogramm für Männer, 40 Kilogramm für Kinder, 60 Kilogramm für Jugendliche und 75 Kilogramm für SeniorInnen. Eine detaillierte Darstellung der Benzo(a)pyren - Aufnahme über die einzelnen Warengruppen findet sich im Anhang wieder (Tab.I – V).

Für Frauen beträgt die mittlere Gesamtaufnahme 26,08 ng/Tag, was 0,43 ng/kg KG/Tag bei Annahme eines Körpergewichts von 60 Kilogramm entspricht (Tab.21.). Betrachtet man nur die User, liegt die durchschnittliche Gesamtaufnahme bei 120,08 ng/Tag bzw. 2 ng/kg KG/Tag.

Die durchschnittliche Aufnahme von Usern ist Basis für die Identifikation der beiden Warengruppen, die den größten Beitrag zur Gesamtexposition über Lebensmittel leisten. Bei Frauen können die Würste und Süßwasserfischerzeugnisse als jene beiden Warengruppen identifiziert werden (Abb.16.). Ihr relativer Anteil beträgt 36% bzw. 21%.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass es vom gesamten Kollektiv (n=1345) nur 6 Frauen gibt, die Süßwasserfischerzeugnisse auch tatsächlich verzehrt haben (Tab.16.). Im Vergleich dazu sind es 525 Frauen, die Würste konsumierten. Die größte Verzehrsmenge bei den Usern entfällt auf Fertiggerichte. Diese tragen jedoch nur mäßig zur Gesamtaufnahme von Benzo(a)pyren bei (ca. 4%), da der Kontaminationsgrad sehr gering ist und viele Untersuchungsergebnisse nicht quantifiziert werden konnten.

Die Benzo(a)pyren - Aufnahme des High Consumers (geschätzt nach dem EFSA - Ansatz) liegt bei 154,40 ng/Tag bzw. 2,57 ng/kg KG/Tag. Wird für einen High Consumer die 95%- Perzentile für alle Warengruppen angenommen, entspricht dies einer Exposition von 300,36 ng/Tag bzw. 5,01 ng/kg KG/Tag.

Tab.21.: Gesamtaufnahme von Benzo(a)pyren in ng/Tag und ng/kg KG/Tag

Aufnahme pro Bevölkerungsgruppe		Benzo(a)pyren			
		Kollektiv	User		EFSA Ansatz
			mittel	mittel	hoch
Frauen	ng/Tag	26,08	120,08	300,36	154,40
	ng/kg KG/Tag	0,43	2,00	5,01	2,57
Männer	ng/Tag	51,42	209,31	484,77	303,78
	ng/kg KG/Tag	0,64	2,62	6,06	3,80
Kinder	ng/Tag	35,66	111,16	280,16	152,31
	ng/kg KG/Tag	0,89	2,78	7,00	3,81
Jugendliche	ng/Tag	51,24	166,66	424,32	228,65
	ng/kg KG/Tag	0,85	2,78	7,07	3,81
SeniorInnen	ng/Tag	34,43	125,18	276,92	154,16
	ng/kg KG/Tag	0,46	1,67	3,69	2,06

Bei Männern liegt die mittlere Aufnahme mit 51,42 ng/Tag etwa doppelt so hoch wie die von Frauen, was vor allem durch den weitaus höheren Verzehr von Pökel- und Räucherfleisch sowie Würsten erklärt werden kann. Die durchschnittliche Gesamtaufnahme bei Usern beträgt 209,31 ng/Tag (2,62 ng/kg KG/Tag). Auch hier können wieder markante Unterschiede in der Verzehrsmenge, gerade bei den tierischen Warengruppen, beobachtet werden. Der High Consumer nimmt am Tag 303,78 ng Benzo(a)pyren auf (3,80 ng/kg KG/Tag) bzw. im Falle, dass er High Consumer von allen Warengruppen ist 484,77 ng/Tag (6,06 ng/kg KG/Tag).

Wie auch bei den Frauen entfällt die größte Verzehrsmenge auf Fertiggerichte. Ihr Beitrag zur Gesamtaufnahme liegt jedoch lediglich bei 2,3 %. Den größten Beitrag zur Gesamtexposition leisten die Süßwasserfischerzeugnisse (35%)

und Würste (33%) (Abb.17). Jedoch muss auch hier der Umstand berücksichtigt werden, dass es bei den Süßwasserfischerzeugnissen nur 3 User gibt (Tab.17.).

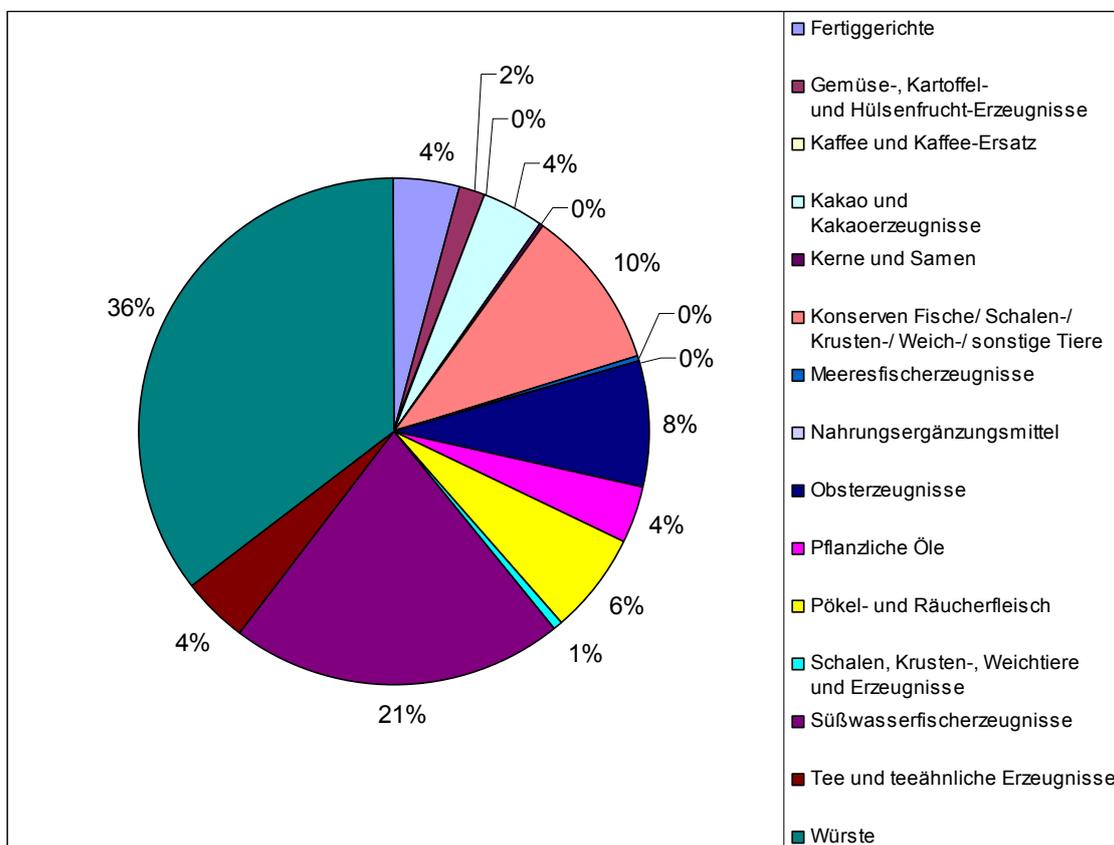


Abb.16.: Relativer Anteil der Warengruppen an BaP - Gesamtexposition (Frauen)

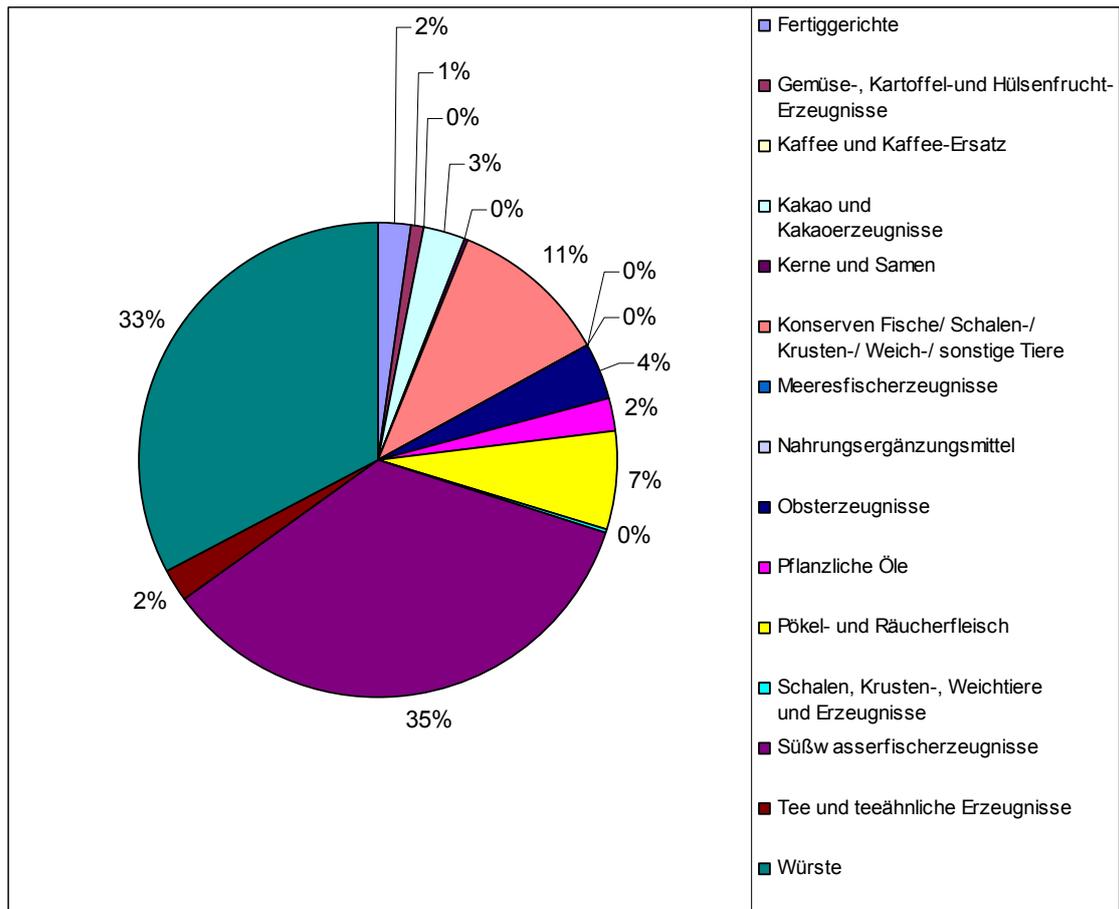


Abb.17.: Relativer Anteil der Warengruppen an BaP- Gesamtexposition (Männer)

Bezogen auf das Kilogramm Körpergewicht haben Kinder und Jugendliche eine ähnlich hohe Benzo(a)pyren - Aufnahme zu verzeichnen. Sie stellen von allen Personengruppen jene dar, deren Exposition im Mittel und beim High Consumer am höchsten liegt, gefolgt von Männern, Frauen und SeniorInnen (Tab.21.).

Die mittlere Aufnahme von Kindern liegt bei 35,66 ng/Tag (0,89 ng/kg KG/Tag), die von Jugendlichen bei 51,24 ng/Tag (0,85 ng/kg KG/Tag). Die durchschnittliche Gesamtaufnahme der User beträgt 111,16 ng/Tag für Kinder (2,78 ng/kg KG/Tag), für Jugendliche 166,66 ng/Tag (2,78 ng/kg KG/Tag). Der High Consumer in der Personengruppe der Kinder nimmt am Tag 152,31 ng Benzo(a)pyren auf (3,81 ng/kg KG/Tag) bzw. im Falle, dass er High Consumer von allen Warengruppen ist 280,16 ng/Tag (7,00 ng/kg KG/Tag). Bei

Jugendlichen beträgt der hohe Verzehr 228,65 ng/Tag (3,81 ng/kg KG/Tag) bzw. 424,32 ng/Tag (7,07 ng/kg KG/Tag). Die Würste und Süßwasserfischerzeugnisse sind es auch wiederum bei diesen Personengruppen, die am meisten zur Gesamtaufnahme von Benzo(a)pyren beitragen (Abb.18 und Abb.19).

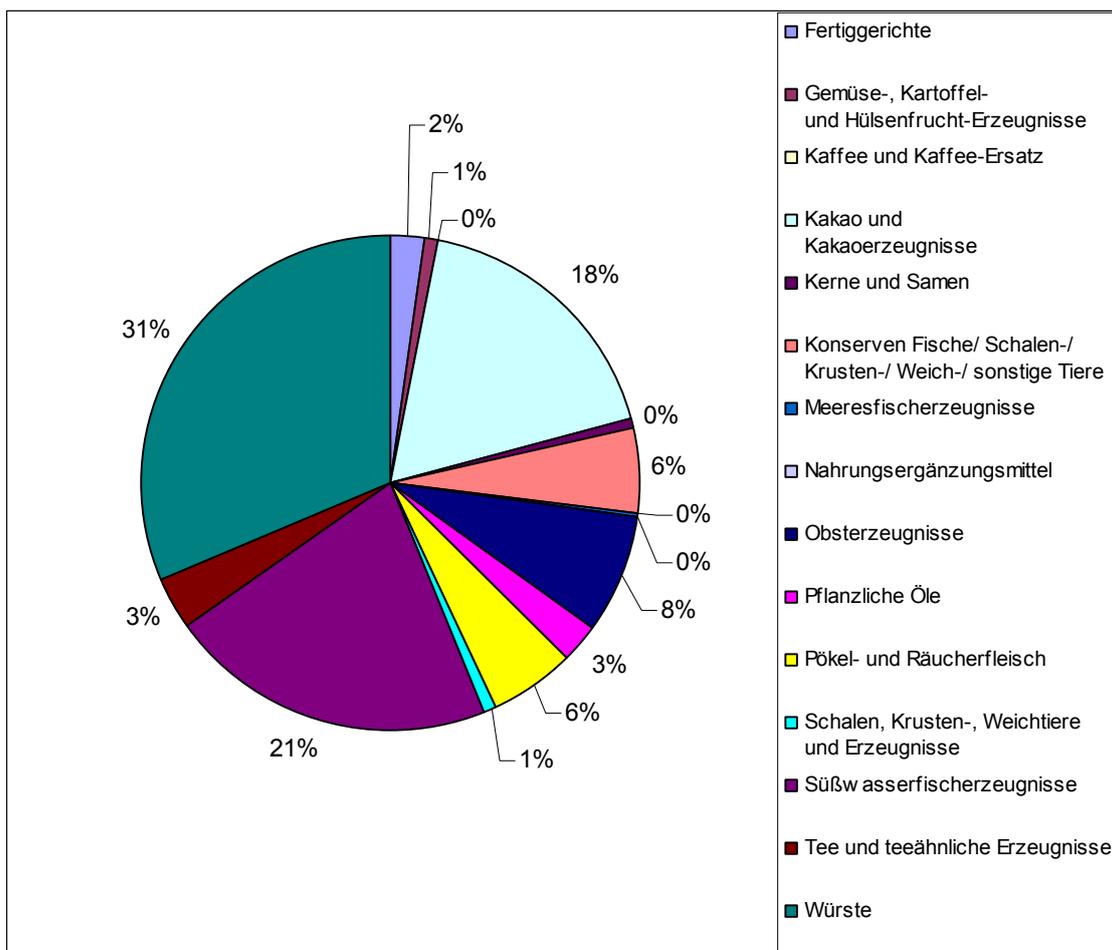


Abb.18.: Relativer Anteil der Warengruppen an BaP - Gesamtexposition (Kinder)

Bei Kindern fällt auf, dass auch die Warengruppe „Kakao und Kakaoerzeugnisse“ einen nicht unbedeutenden Beitrag zur Gesamtexposition leistet (18%), was weniger durch den Kontaminationsgrad zu erklären ist als vielmehr durch den hohen Verzehr. In höheren Mengen verzehrt wird weiters die Warengruppe „Schalen,-Krusten,-Weichtiere und Erzeugnisse“ sowie die

Fertiggerichte, doch sind auch hier viele Untersuchungsergebnisse nicht nachweisbar bzw. nicht quantifizierbar und tragen somit nicht maßgeblich zur Gesamtaufnahme bei.

Hinsichtlich der Kakao und Kakaoerzeugnisse kann eine ähnliche Situation bei den Jugendlichen beobachtet werden. Obsterzeugnisse tragen mit 12 % zur Gesamtexposition bei.

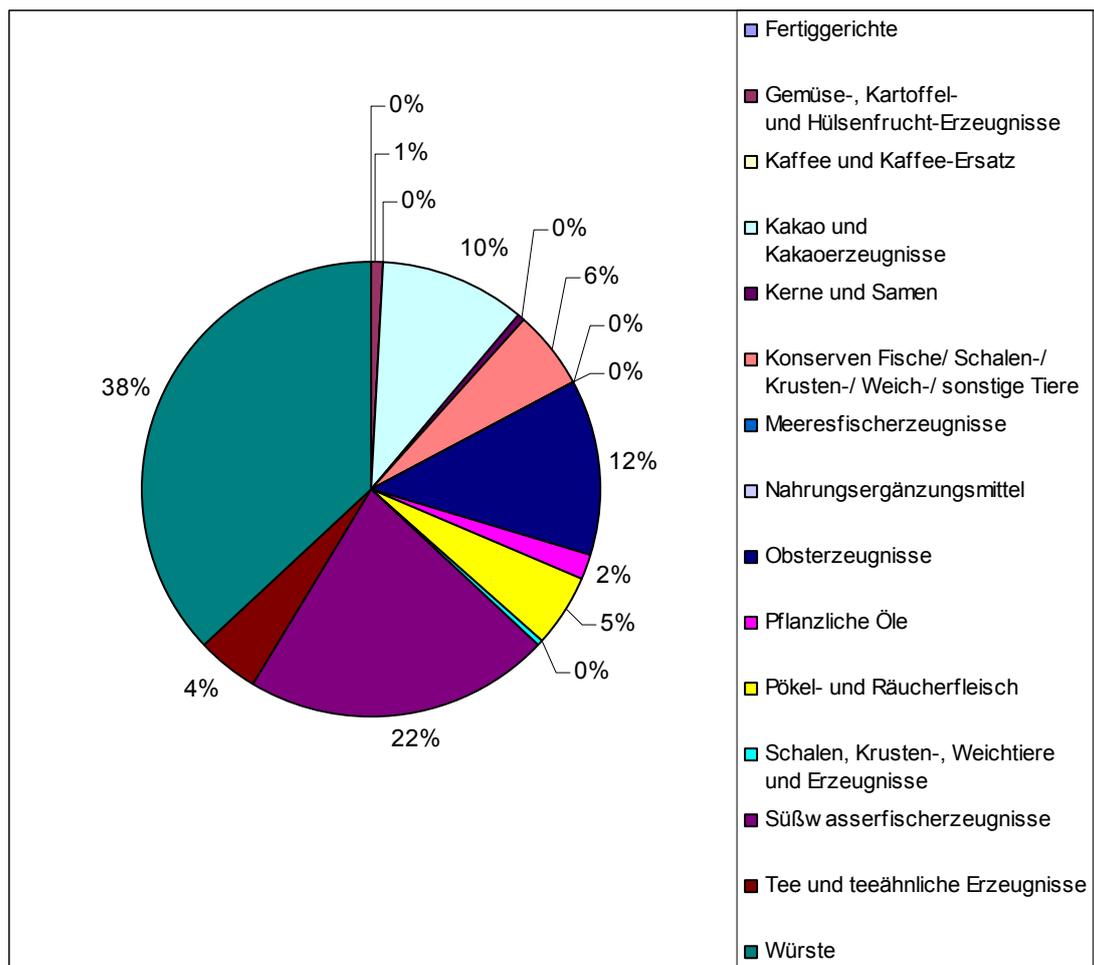


Abb.19.: Relativer Anteil der Warengruppen an BaP - Gesamtexposition (Jugendliche)

Bei den SeniorInnen tragen neben den beiden vorherrschenden Warengruppen „Würste“ (34%) und „Süßwasserfischererzeugnisse“ (20%) auch die Warengruppen „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ sowie „Obsterzeugnisse“ zur Gesamtaufnahme bei (Abb.20.). Mengemäßig

am meisten verzehrt wird die Warengruppe „Gemüse-, -Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse“. Ihr Anteil an der Gesamtaufnahme ist jedoch gering, da die Benzo(a)pyren - Gehalte im unteren Bereich liegen. Fertiggerichte werden von den im Untersuchungszeitraum befragten SeniorInnen nicht verzehrt.

Die mittlere Aufnahme von Benzo(a)pyren liegt bei 34,43 ng/Tag (0,46 ng/kg KG/Tag), die durchschnittliche Gesamtaufnahme der User bei 125,18 ng/Tag (1,67 ng/kg KG/Tag) (Tab.21.). Der High Consumer nimmt über die Warengruppen am Tag 154,16 ng Benzo(a)pyren auf (2,06 ng/kg KG/Tag) bzw. im Falle, dass er High Consumer von allen Warengruppen ist 276,92 ng/Tag (3,69 ng/kg KG/Tag).

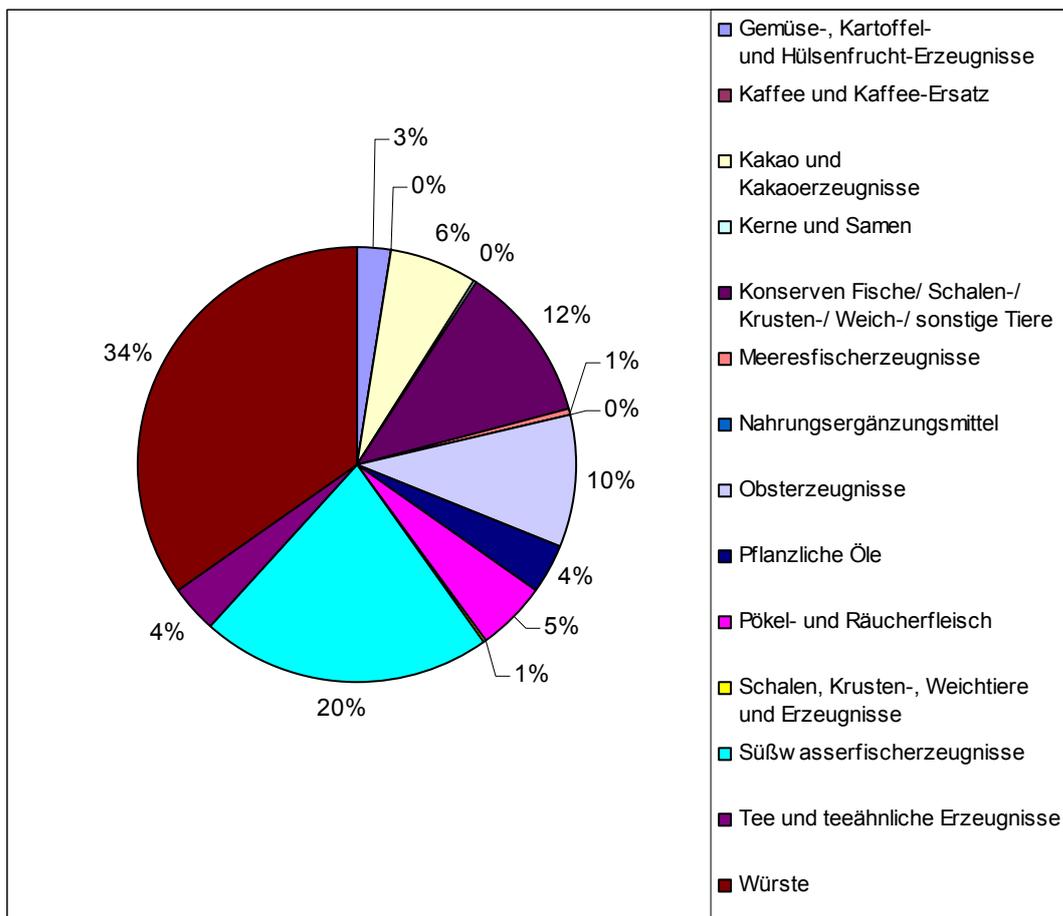


Abb.20.: Relativer Anteil der Warengruppen an BaP - Gesamtexposition (SeniorInnen)

4.3.1.2. Summe der PAK4

Die Expositionsabschätzung wurde bis auf die Würste über alle Warengruppen durchgeführt. In dieser Warengruppe wurden lediglich 4 Proben auf PAK4 untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 zusammengefasst dargestellt. Eine detaillierte Darstellung der Aufnahme über die einzelnen Warengruppen findet sich im Anhang wieder (Tab.VI – X).

Tab.22.: Gesamtaufnahme der Summe der PAK4 in ng/Tag und ng/kg KG/Tag

Aufnahme pro Bevölkerungsgruppe		PAK4			
		Kollektiv	User		EFSA Ansatz
			mittel	mittel	hoch
Frauen	ng/Tag	65,15	615,98	1625,08	836,67
	ng/kg KG/Tag	1,09	10,27	27,08	13,94
Männer	ng/Tag	70,52	993,20	2372,40	1588,75
	ng/kg KG/Tag	0,88	12,42	29,66	19,86
Kinder	ng/Tag	97,79	512,47	1406,86	848,81
	ng/kg KG/Tag	2,44	12,81	35,17	21,22
Jugendliche	ng/Tag	84,67	650,51	1632,74	567,27
	ng/kg KG/Tag	1,41	10,84	27,21	9,45
SeniorInnen	ng/Tag	104,54	623,86	1335,91	746,38
	ng/kg KG/Tag	1,39	8,32	17,81	9,95

Bei den Frauen liegt die mittlere Aufnahme der Summe der PAK4 bei 65,15 ng/Tag, was bei dem angenommenen Körpergewicht von 60 Kilogramm 1,09 ng/kg KG/Tag entspricht (Tab.22.). Betrachtet man nur die User, dann beträgt die mittlere Aufnahme mit 615,98 ng/Tag (10,27 ng/kg KG/Tag) fast das 10 - Fache der mittleren Aufnahme der Gesamtbevölkerung. Der High Consumer, geschätzt nach dem EFSA-Ansatz, nimmt über die Warengruppen 836,67 ng PAK4 am Tag auf (13,94 ng/kg KG/Tag). Wird für alle Warengruppen mit der 95%- Perzentile gerechnet, beträgt die Aufnahme des High Consumers 1625,08 ng/Tag (27,08 ng/kg KG/Tag), was fast dem Doppelten entspricht.

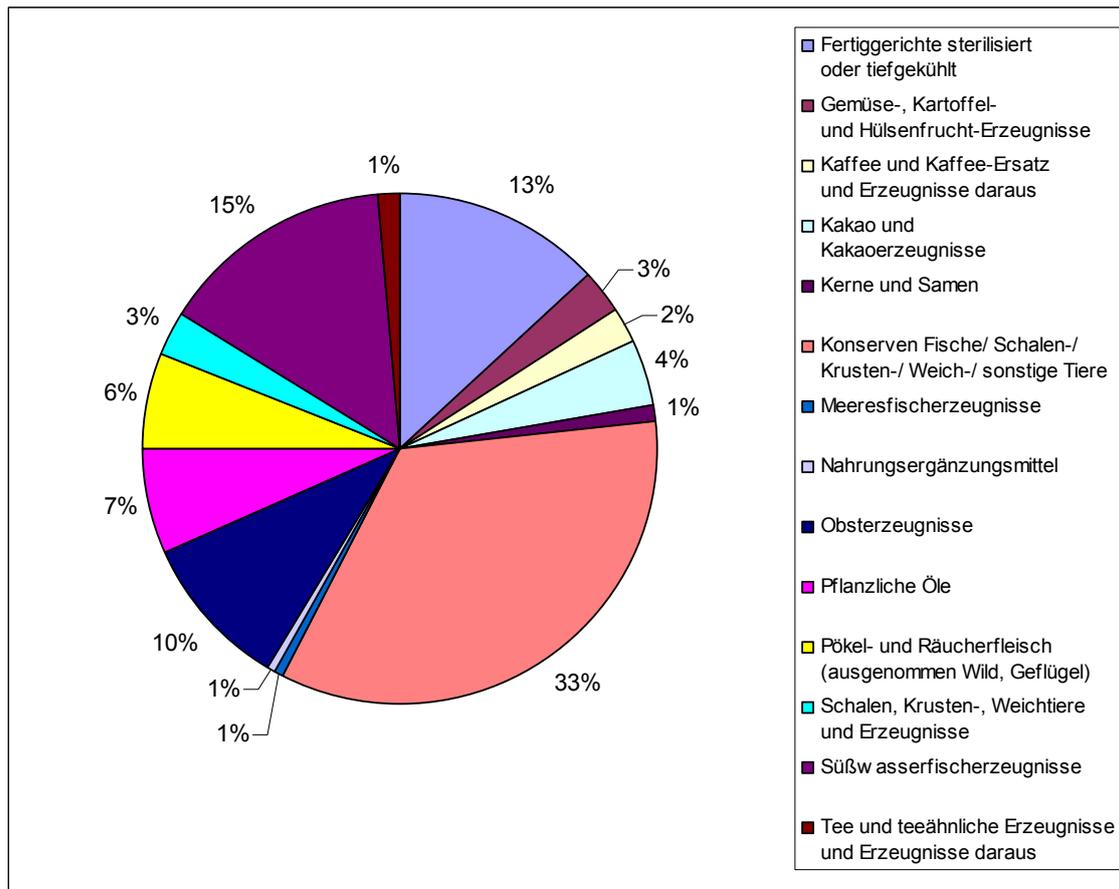


Abb.21.: Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Frauen)

Als jene Warengruppen, die den größten Beitrag an der PAK4 – Gesamtexposition leisten, konnten die beiden Warengruppen „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ (33%) sowie „Süßwasserfischerzeugnisse“ (15%) identifiziert werden. Fertiggerichte und Obsterzeugnisse tragen mit 13% bzw. 10% ebenfalls nicht unbedeutend zur Gesamtexposition bei (Abb.21.).

Die mittlere Aufnahme der Summe der PAK4 liegt bei den Männern bei 70,52 ng/Tag (0,88 ng/kg KG/Tag), die durchschnittliche Aufnahme der User bei 993,20 ng/Tag (12,42 ng/kg KG/Tag) (Tab.22.). Der High Consumer nimmt am Tag 1588,75 ng PAK4 auf (19,86 ng/kg KG/Tag) bzw. im Falle, dass er High Consumer aller Warengruppen ist 2372,40 ng/Tag (29,66 ng/kg KG/Tag).

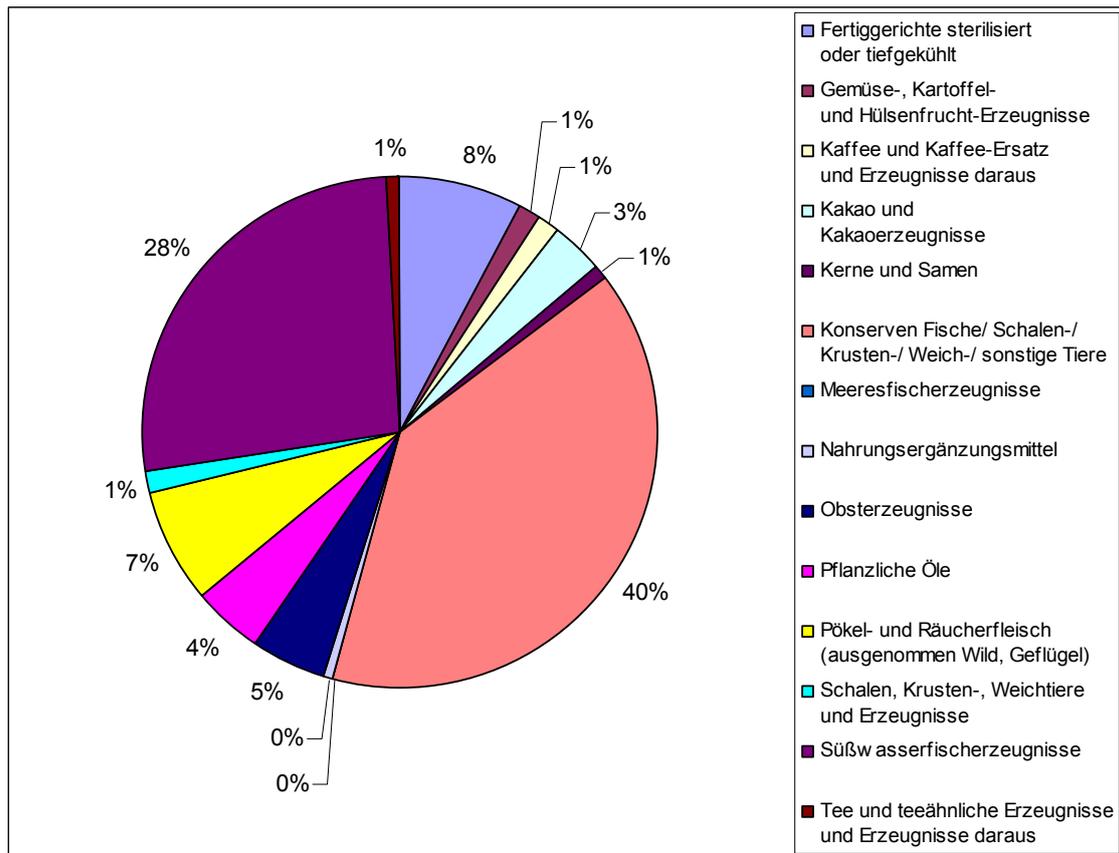


Abb.22.: Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Männer)

Wie bei den Frauen tragen die Warengruppen „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ (40%) und „Süßwasserfischerzeugnisse“ (28%) hauptsächlich zur Gesamtaufnahme der PAK4 bei. Daneben sind auch noch die Beiträge der Warengruppen „Fertiggerichte“ und „Pökel- und Räucherfleisch“ zu erwähnen, wobei deren Anteile mit 8% bzw. 7% deutlich niedriger liegen (Abb.22.).

Bezogen auf ihr Kilogramm Körpergewicht weisen Kinder sowohl im Mittel als auch im hohen Konsum die höchste Aufnahme der PAK4 auf (Tab.22.). Die mittlere Aufnahme des Kollektivs beträgt 97,79 ng/Tag, was bei einem angenommenen Körpergewicht von 40 Kilogramm 2,44 ng/kg KG/Tag entspricht. Die mittlere Aufnahme der User liegt bei 512,47 ng/Tag (12,81 ng/kg KG/Tag). Im Falle des hohen Konsums werden 848,81 ng/Tag (21,22 ng/kg KG/Tag) bzw. 1406,86 ng/Tag (35,17 ng/kg KG/Tag) aufgenommen.

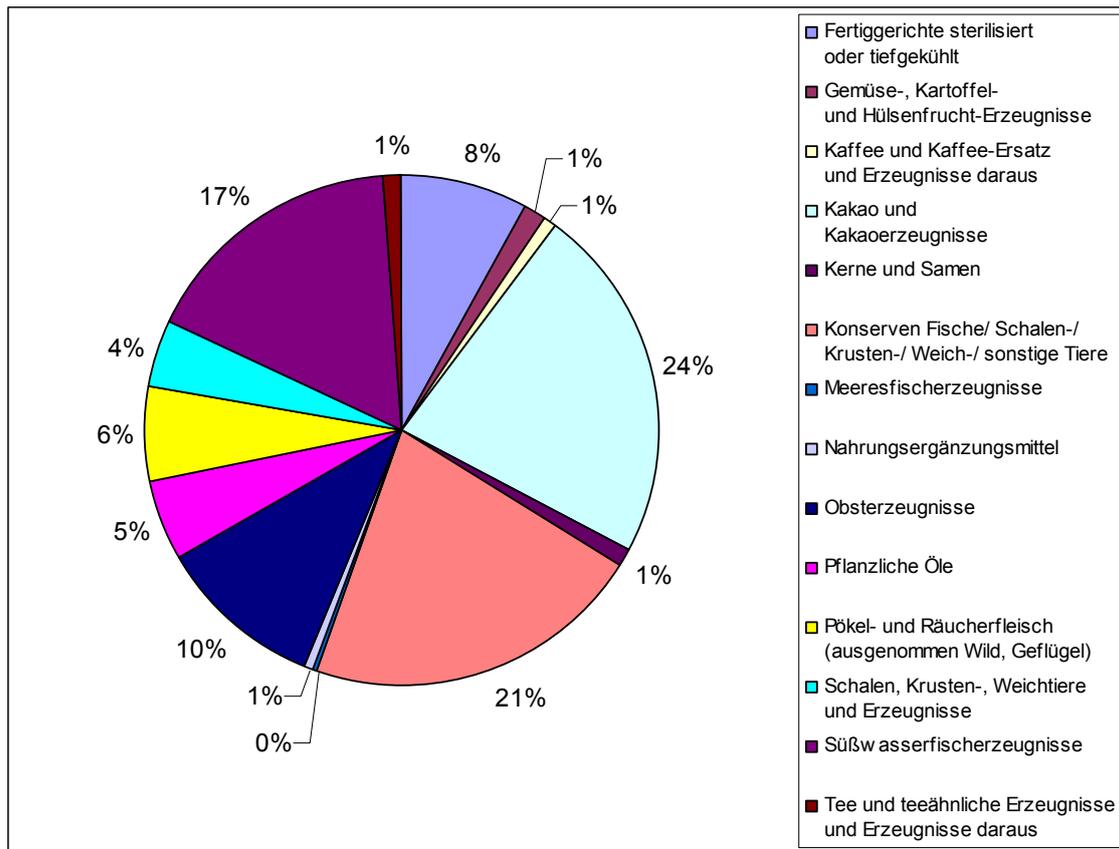


Abb.23.: Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Kinder)

Den höchsten Beitrag an der Gesamtexposition leisten mit 24% die Kakao und Kakaoerzeugnisse. Die Warengruppe „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ stellt mit einem Anteil von 21% die zweite bedeutende Warengruppe an der Gesamtexposition dar, gefolgt von den Süßwasserfischerzeugnissen (17%) und Obsterzeugnissen (10%) (Abb.23.).

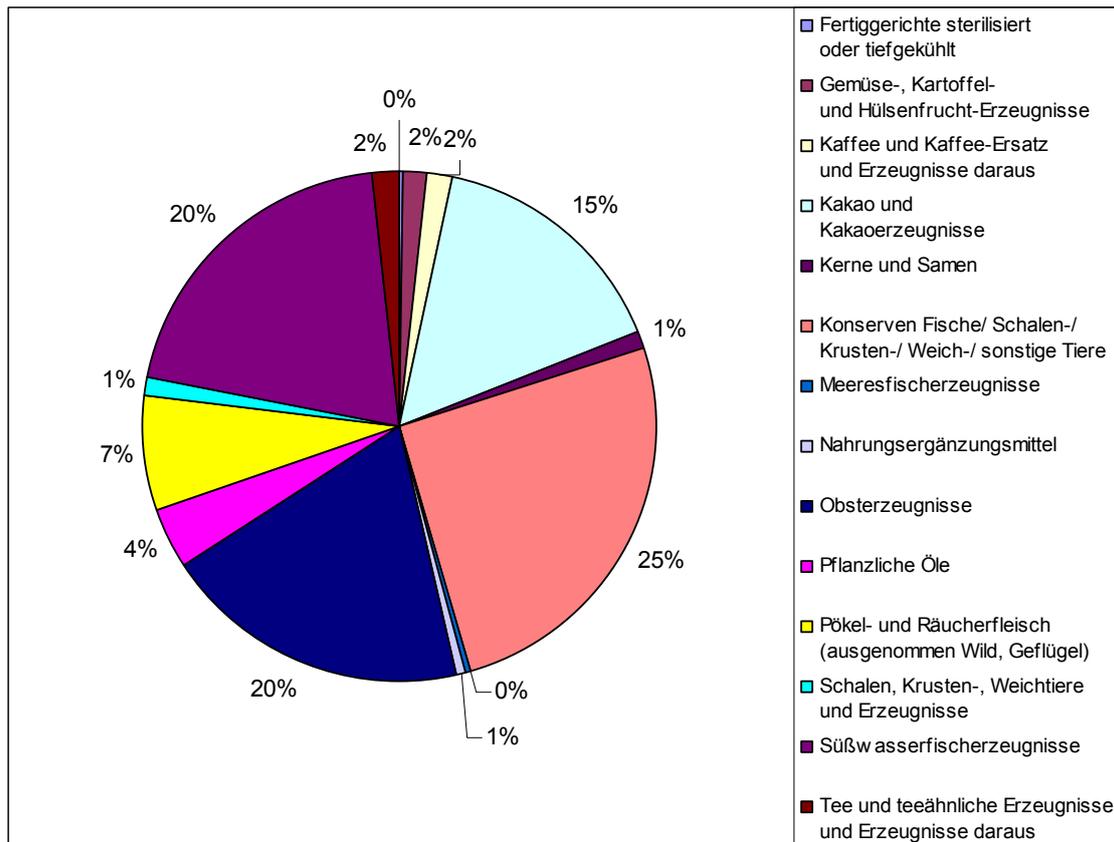


Abb.24.: Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (Jugendliche)

Bei den Jugendlichen liegt die mittlere Aufnahme der PAK4 bei 84,67 ng/Tag, was bei einem angenommenen Körpergewicht von 60 Kilogramm 1,41 ng/kg KG/Tag entspricht (Tab.22.). Betrachtet man nur die User, dann beträgt die mittlere Aufnahme 650,51 ng/Tag (10,84 ng/kg KG/Tag). Der High Consumer, geschätzt nach dem EFSA-Ansatz, nimmt über die Warengruppen 567,27 ng PAK4 auf (9,45 ng/kg KG/Tag). Wird für alle Warengruppen mit der 95%-Perzentile gerechnet, beträgt die Aufnahme des High Consumers 1632,74 ng/Tag (27,21 ng/kg KG/Tag), was beinahe dem Dreifachen gleichkommt.

Bedingt durch den Kontaminationsgrad trägt die Warengruppe „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ mit einem relativen Anteil von 25% primär zur Gesamtexposition bei. Je 20% entfallen auf die

Süßwasserfischerzeugnisse und Obsterzeugnisse, weitere 15% auf Kakao und Kakaoerzeugnisse (Abb.24.).

SeniorInnen nehmen im Vergleich zu den anderen Personengruppen am Tag am meisten PAK4 über die Nahrung auf (104,54 ng/Tag), wenn man sich das Kollektiv im Mittel ansieht (Tab.22.). Bei Annahme des Körpergewichtes von 75 Kilogramm entspricht diese tägliche Aufnahme 1,39 ng/kg KG/Tag. Die mittlere Aufnahme bei Usern liegt bei 623,86 ng/Tag (8,32 ng/kg KG/Tag). Der High Consumer nimmt 746,38 ng PAK4 am Tag auf (9,95 ng/kg KG/Tag) bzw. 1335,91 ng/Tag (17,81 ng/kg KG/Tag), wenn man davon ausgeht, dass sämtliche Warengruppen hoch konsumiert werden.

Die Warengruppen „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ sowie die „Süßwasserfischerzeugnisse“ werden mit einem Anteil von 40% bzw. von 16% als diejenigen identifiziert, die den größten Beitrag an der Gesamtaufnahme leisten. Auf Obsterzeugnisse entfallen rund 12% und auf Kakao und Kakaoerzeugnisse sowie auf pflanzliche Öle je 7% (Abb.25.).

Werden pro Warengruppe Vergleiche der Benzo(a)pyren - Aufnahme mit der Aufnahme der PAK4 angestellt, ergibt sich folgendes Bild. Die PAK4 -Aufnahme ist etwa im Hinblick auf pflanzliche Öle um das 9 -Fache höher als die Benzo(a)pyrenaufnahme. Bei den Warengruppen „Pökel- und Räucherfleisch“ beträgt der Unterschied das 5 - Fache, bei den „Süßwasserfischerzeugnissen“ etwa das 3,6- Fache und bei „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ das 17- Fache.

Direkte Vergleiche der Ergebnisse der durchgeführten Expositionsabschätzung mit internationalen Bewertungen erweisen sich als schwierig. Unterschiede bestehen nicht nur im Umfang und in der Art des verwendeten Datenmaterials, sondern etwa auch in der Auswahl des Expositionsszenarios, des Expositionsmodells sowie der Modell Input-Parameter.

Dennoch seien an dieser Stelle einige Ergebnisse aus Bewertungen auf internationaler Ebene dargestellt.

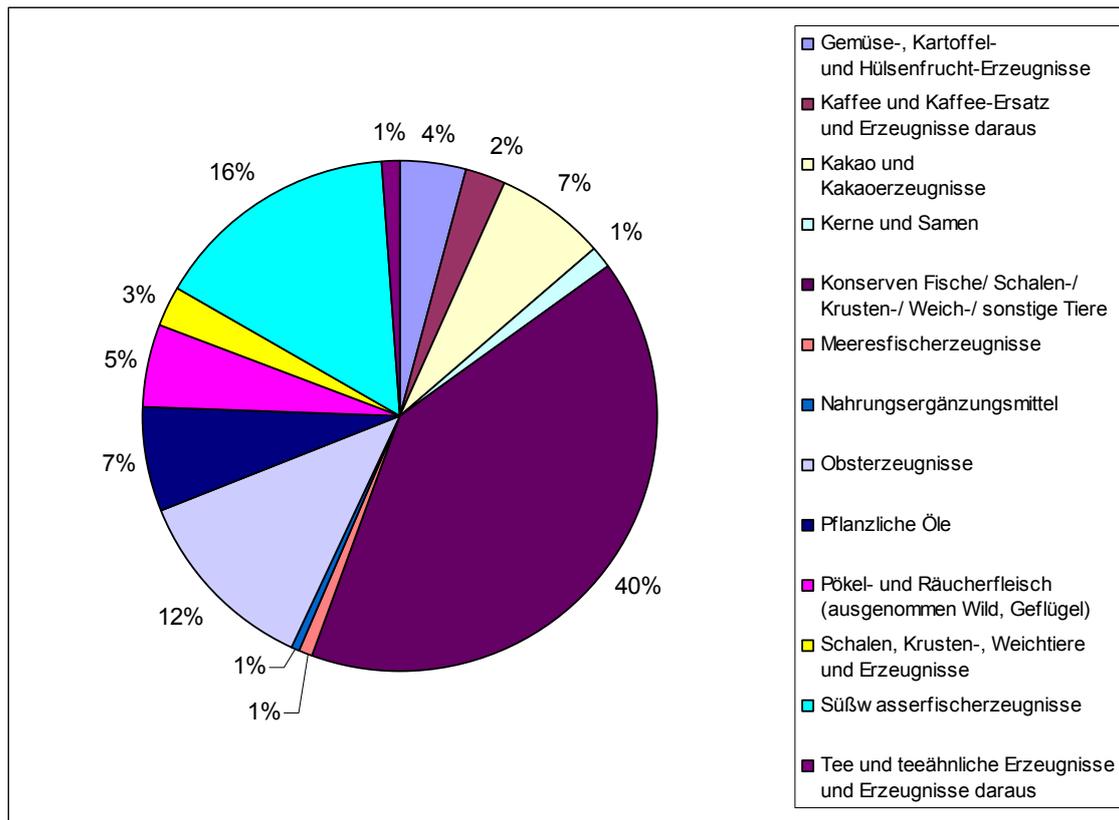


Abb.25.: Relativer Anteil der Warengruppen an PAK4 - Gesamtexposition (SeniorInnen)

Die aktuelle Bewertung der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK15) durch die EFSA aus dem Jahre 2008, in die Verzehrsdaten und Auftretensdaten von 16 Mitgliedstaaten der Europäischen Union eingeflossen sind, zeigt im europäischen Vergleich ein differenzierteres Bild.

Jedoch sei an dieser Stelle anzumerken, dass die EFSA das arithmetische Mittel der Auftretensdaten für die Abschätzung herangezogen hat, im Wissen, dass dies zu einer Überschätzung der Langzeit - Exposition führen könnte [EFSA, 2008].

Im Mittel beträgt die Benzo(a)pyren - Aufnahme der europäischen Bevölkerung (Erwachsene) 235 ng/Tag (3,9 ng/kg KG/Tag bei Annahme eines Körpergewichts von 60 Kilogramm). Bezogen auf die einzelnen Mitgliedstaaten liegt die Spannweite zwischen 185 – 255 ng/Tag. Die PAK4 - Aufnahme liegt im Mittel bei 1168 ng/Tag (19,5 ng/kg KG/Tag) mit einer Spannweite von 936 – 1449 ng/Tag [EFSA, 2008].

Die Exposition der High Consumer (entspricht dem EFSA-Ansatz in dieser Arbeit) liegt für das Benzo(a)pyren im europäischen Mittel bei 389 ng/Tag (6,5 ng/kg KG/Tag) mit einer Spannweite von 231 – 709 ng/Tag. Die Aufnahme der PAK4 beträgt 2068 ng/Tag (34,5 ng/kg KG/Tag) mit einer Spannweite von 1155 – 4486 ng/Tag [EFSA, 2008].

Getreide und Getreideprodukte sowie Meeresfrüchte und Erzeugnisse daraus wurden von der EFSA als diejenigen Warengruppen identifiziert, die den größten Beitrag zur Gesamtexposition leisten [EFSA, 2008].

Die Bewertung der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe auf weltweiter Ebene erfolgte durch die JECFA.

Die Expositionsabschätzung von PAK10 [Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(j)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Chrysen, Dibenzo(a,h)anthracen, Dibenzo(a,e)pyren, Indeno(1,2,3-cd-pyren) und Methylchrysen] führte zu folgenden Ergebnissen. Die Aufnahme von Benzo(a)pyren liegt in einem Bereich von 1000 – 2000 ng/Tag, die Aufnahme der restlichen PAK9 in einem Bereich von 1000 – 12000 ng/Tag [JECFA, 2005]. Getreide- und Getreideprodukte sowie pflanzliche Öle und Fette sind jene Warengruppen, die am meisten zur Gesamtexposition beitragen. Nach Ausschluss der Kakaobutter aus der Warengruppe der pflanzlichen Öle und Fette konnten Meeresfrüchte und Erzeugnisse daraus als bedeutendere Warengruppe an der Gesamtexposition identifiziert werden [JECFA, 2005].

4.3.2. Probabilistische Ansatz

4.3.2.1. Benzo(a)pyren

In die probabilistische Expositionsabschätzung sind bis auf die Nahrungsergänzungsmittel und die Fertiggerichte alle Warengruppen eingeflossen. Eine Anpassung der Verteilung war bei diesen Warengruppen nur bedingt respektive nicht möglich.

In Tabelle 23 ist die Gesamtaufnahme des Benzo(a)pyren über alle Warengruppen für das Kollektiv der Bevölkerungsgruppen dargestellt. Angegeben sind das arithmetische Mittel des Median der Simulation sowie weitere Perzentile inklusive der unteren und oberen Vertrauensbereiche.

Tab.23.: Gesamtaufnahme des Benzo(a)pyren in ng/kg KG/Tag (Kollektiv)

Bevölkerung	Aufnahme von Benzo(a)pyren					
	Wert	median	P75	P90	P95	P99
Frauen	mean	0,195	0,824	3,037	5,949	17,571
	KI lower	0,185	0,777	2,841	5,508	15,702
	KI upper	0,205	0,873	3,244	6,380	19,598
Männer	mean	0,311	1,556	5,154	9,358	24,447
	KI lower	0,293	1,468	4,867	8,764	22,257
	KI upper	0,331	1,644	5,457	9,940	26,813
Kinder	mean	1,020	2,649	6,141	10,068	24,944
	KI lower	0,985	2,550	5,858	9,515	22,645
	KI upper	1,057	2,751	6,428	10,640	27,618
Jugendliche	mean	0,419	1,745	5,401	9,795	25,841
	KI lower	0,395	1,664	5,101	9,198	23,461
	KI upper	0,442	1,834	5,729	10,394	28,253
SeniorInnen	mean	0,507	1,480	3,696	6,199	17,115
	KI lower	0,486	1,418	3,510	5,843	15,210
	KI upper	0,527	1,543	3,878	6,577	19,272

Der höchste Wert für die mittlere Gesamtaufnahme wird mit 1,02 ng/kg KG/Tag für die Kinder geschätzt. Der untere Vertrauensbereich liegt bei 0,985, der obere Vertrauensbereich bei 1,057. Dieses 95% - Konfidenzintervall wird in Form der eckigen Klammer angegeben [0,985; 1,057]. Die Bevölkerungsgruppe der SeniorInnen nimmt mit 0,507 ng/kg KG/Tag [0,486; 0,527] nur rund die Hälfte an Benzo(a)pyren auf, gefolgt von den Männern (0,311 ng/kg KG/Tag) und den Jugendlichen (0,419 ng/kg KG/Tag). Bei Frauen beträgt die Benzo(a)pyren -Aufnahme im Vergleich zu den Kindern lediglich 0,195 ng/kg KG/Tag [0,185; 0,205]. Die Abbildung 26 macht die Unterschiede des Ausmaßes der Benzo(a)pyren - Aufnahme zwischen den einzelnen Bevölkerungsgruppen nochmals deutlich.

Die 95%- Perzentile spiegelt die hohe Benzo(a)pyren – Aufnahme aufgrund des hohen Verzehr hoch kontaminierter Ware wieder. Die geschätzten

Expositionswerte liegen zudem für die einzelnen Personengruppen näher beieinander als bei der mittleren Aufnahme (Abb.27.). Die höchste Aufnahme pro Kilogramm Körpergewicht zeigen wiederholt die Kinder mit 10,068 ng/kg KG/Tag [9,515; 10,640] (Tab.23.). Die zweit höchste Exposition wird bereits mit 9,795 ng/kg KG/Tag [9,198; 10,394] für Jugendliche beschrieben, gefolgt von den Männern mit 9,358 ng/kg KG/Tag [8,764; 9,940]. SeniorInnen zeigen mit 6,199 ng/kg KG/Tag [5,843; 6,577] eine um das etwa 1,5 - fache geringere Benzo(a)pyren - Aufnahme als Kinder. Bei Frauen kann wiederum mit 5,949 ng/kg KG/Tag [5,508; 6,380] die geringste Exposition beschrieben werden.

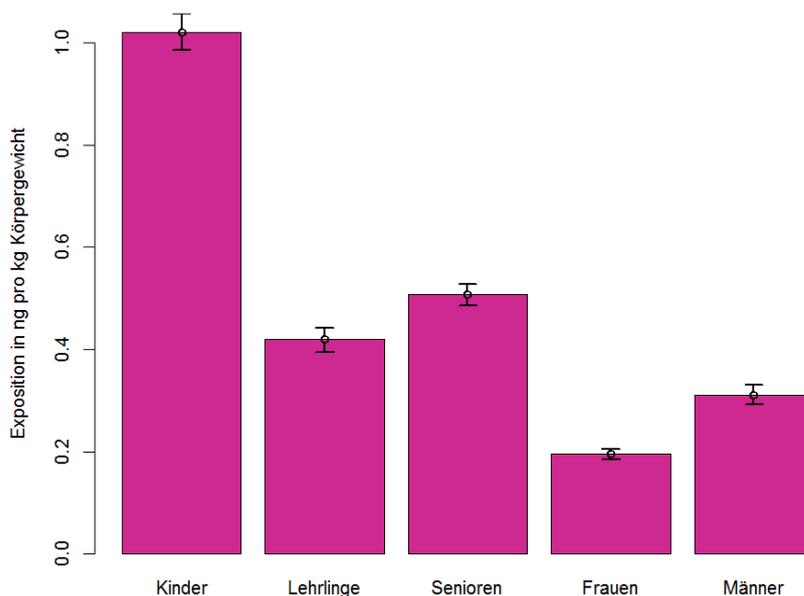


Abb.26.: Gesamtaufnahme (Median) von Benzo(a)pyren inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls

Die Aufnahme von Benzo(a)pyren der fünf Bevölkerungsgruppen über die einzelnen Warengruppen ist in den Tabellen XI - XV des Anhangs dargestellt. Angegeben sind der Median und die 95%- Perzentile der Simulation inklusive des unteren und oberen Vertrauensbereiches. Da die Exposition über die einzelnen Warengruppen teilweise sehr gering ist, werden die Ergebnisse auf vier Kommastellen gerundet dargestellt.

Null - Werte beim Kollektiv sind als tatsächliche Null - Werte anzusehen und bedeuten, dass von einer entsprechenden Warengruppe überhaupt nichts gegessen wurde. Null - Werte bei Usern bedeuten hingegen, dass entweder wenige User vorhanden sind und/oder dass wenig gegessen wurde bzw. dass zusätzlich auch noch eine geringe Kontamination vorliegt. Diese Null - Werte sind jedoch keine tatsächlichen Null - Werte, sondern entsprechen einem Wert von $< 0,0001$.

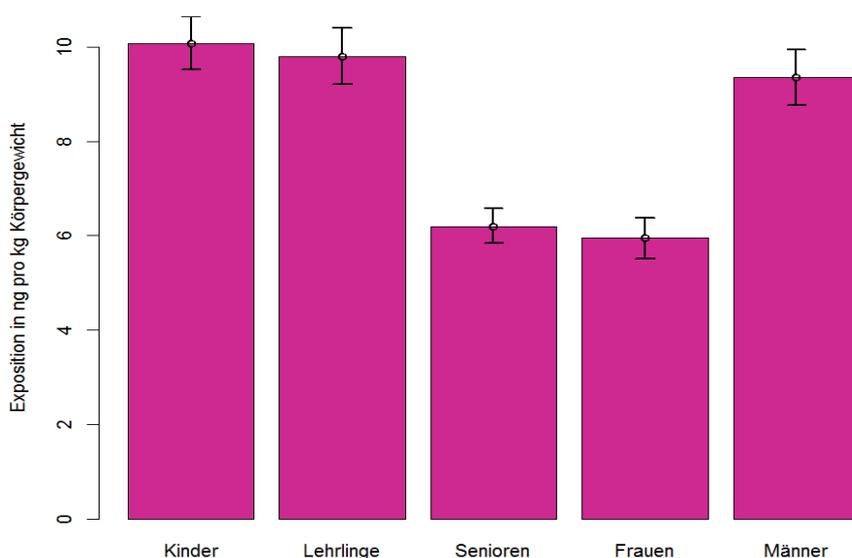


Abb.27.: Gesamtaufnahme (P95) von Benzo(a)pyren inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls

Die relativen Anteile der einzelnen Warengruppen an der Gesamtexposition für die fünf Bevölkerungsgruppen sind in Abbildung 28 veranschaulicht.

Bei allen Personengruppen machen die Würste den höchsten Anteil an der jeweiligen Gesamtexposition aus. Die Männer weisen mit 46,9% den größten Anteil auf, gefolgt von den Kindern (40,8%), den Jugendlichen (40,6%) und den SeniorInnen (38,8%). Bei Frauen machen die Würste lediglich 28% der Gesamtexposition aus.

Für die Gesamtexposition weiters von Bedeutung sind die in Abbildung 28 angeführten Warengruppen. Die Warengruppen „Kerne und Samen“,

„Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“, „Meeresfischerzeugnisse“, „Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse“ sowie „Süßwasserfischerzeugnisse“ werden unter der Kategorie „Rest“ subsumiert und spielen für die Gesamtaufnahme von Benzo(a)pyren eine weniger bedeutende Rolle.

Bei den Kindern fällt auf, dass die Warengruppen „Würste“ und „Kakao und Kakaoerzeugnisse“ gemeinsam bereits fast 71% an der Gesamt-Benzo(a)pyren - Aufnahme ausmachen. Weitere 9,4% entfallen auf Obsterzeugnisse und je rund 6% auf Pökel- und Räucherfleisch sowie auf Tee und teeähnliche Erzeugnisse. Die restlichen 7,4% teilen sich auf die übrigen Warengruppen auf. Kaffee und Kaffee - Ersatz spielen eine untergeordnete Rolle.

Kakao und Kakaoerzeugnisse liegen mit einem Anteil von 18,5% bei Jugendlichen an zweiter Stelle, gefolgt von der Warengruppe „Tee und teeähnliche Erzeugnisse“ mit 16,6%. Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse kommen im Vergleich zu den anderen Personengruppen anteilmäßig mit rund 8% vor.

Bei den SeniorInnen entfällt neben den Würsten ein bedeutender Anteil auf Obsterzeugnisse (22,7%). Etwa gleich große Anteile entfallen auf Pökel- und Räucherfleisch (9,9%), auf Tee und teeähnliche Erzeugnisse (8,1%) und auf Kakao und Kakaoerzeugnisse (7%). Die restlichen 13,5% teilen sich auf den „Rest“ auf.

Wie auch bei den Jugendlichen spielen Tee und teeähnliche Erzeugnisse bei den Frauen mit 16,2% eine nicht unbedeutende Rolle. Kakao und Kakaoerzeugnisse folgen anteilmäßig mit 11,9%. Bei Kindern, Jugendlichen und SeniorInnen spielt die Exposition über die Warengruppe „Kaffe, Kaffee - Ersatz und Erzeugnisse daraus“ keine beträchtliche Rolle. Bei Frauen beträgt der Anteil 11,6%. Weitere 9,2% entfallen auf Obsterzeugnisse, 7,6% auf Pökel- und Räucherfleisch sowie 7,3% auf pflanzliche Öle.

Wie oben bereits beschrieben, entfallen bei den Männern fast 47% der Gesamtexposition auf die Würste. Weit abgeschlagen folgen mit je 8,8% die Warengruppen „Tee und teeähnliche Erzeugnisse“ sowie „Pökel- und

Räucherfleisch“. Kaffee und Kaffee - Ersatz sowie Kakao und Kakaoerzeugnisse haben einen Anteil von 7,8% bzw. 7,7%. Weiters entfallen etwa je 6% auf Obsterzeugnisse, pflanzliche Öle und Gemüse,- Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse.

Wird die Benzo(a)pyren – Aufnahme der User über jede Warengruppe separat betrachtet, so spielen Süßwasserfischerzeugnisse, die im Hinblick auf den Anteil an der Gesamtexposition in die Kategorie „Rest“ fallen, eine nicht unbedeutende Rolle (Tab. XI – XV). So wird bei den Frauen, den Männern, den Lehrligen und auch den SeniorInnen neben den Würsten die zweit höchste Exposition festgestellt. Bei Kindern sind dies nicht die Süßwasserfischerzeugnisse, sondern Kakao und Kakaoerzeugnisse.

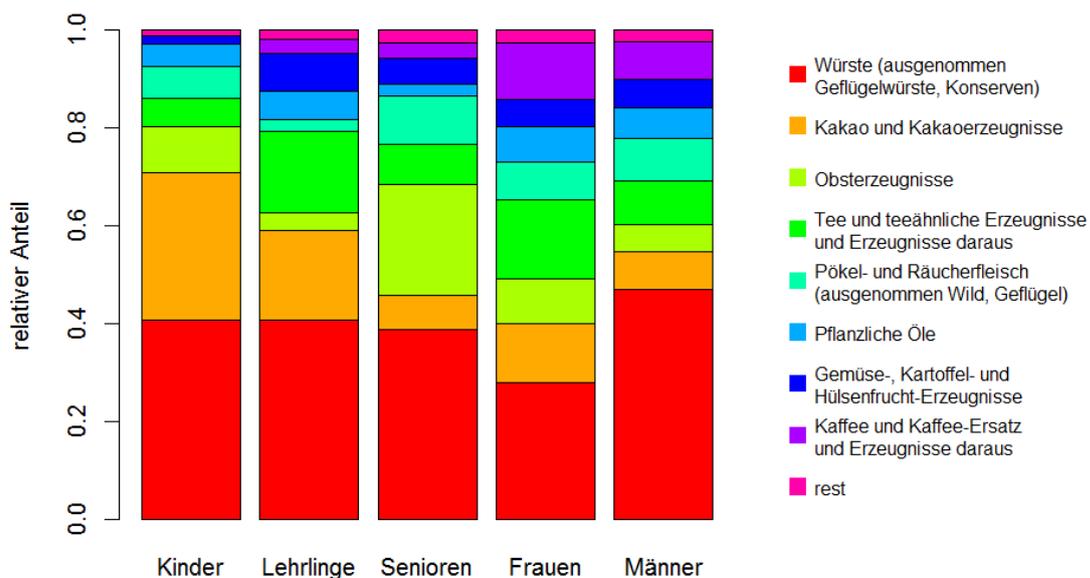


Abb.28.: Relativer Anteil der Warengruppen an der BaP - Gesamtexposition

4.3.2.2. Summe der PAK4

Die probabilistische Expositionsabschätzung der PAK4 wurde lediglich über 11 Warengruppen durchgeführt. Zusätzlich zu den Fertiggerichten und

Nahrungsergänzungsmitteln, die bereits bei der Expositionsabschätzung des Benzo(a)pyren ausgeschlossen wurden, sind aufgrund unzureichenden bzw. ungeeigneten Datenmaterials die Obsterzeugnisse und Würste ebenfalls nicht in die Modellierung eingeflossen.

In Tabelle 24 ist die Gesamtaufnahme der PAK4 über alle Warengruppen für das Kollektiv der Bevölkerungsgruppen dargestellt.

Tab.24.: Gesamtaufnahme der PAK4 in ng/kg KG/Tag (Kollektiv)

Bevölkerung	Aufnahme PAK4					
	Wert	median	P75	P90	P95	P99
Frauen	mean	0,528	1,428	3,472	5,941	16,159
	KI lower	0,510	1,375	3,310	5,570	14,476
	KI upper	0,548	1,485	3,648	6,301	17,934
Männer	mean	0,406	1,223	3,280	5,883	18,037
	KI lower	0,390	1,174	3,104	5,515	15,960
	KI upper	0,422	1,276	3,445	6,263	20,234
Kinder	mean	1,775	4,603	9,265	13,569	26,830
	KI lower	1,709	4,450	8,937	13,046	25,067
	KI upper	1,844	4,771	9,601	14,134	28,954
Jugendliche	mean	0,651	2,211	5,467	8,747	19,737
	KI lower	0,623	2,108	5,221	8,303	18,124
	KI upper	0,683	2,306	5,711	9,205	21,481
SeniorInnen	mean	0,731	1,559	3,082	4,620	9,880
	KI lower	0,711	1,516	2,974	4,412	9,100
	KI upper	0,751	1,604	3,190	4,825	10,674

Wie auch beim Benzo(a)pyren wird der höchste Wert für die mittlere Gesamtaufnahme für die Summe der PAK4 bei Kindern beobachtet. Dieser beträgt 1,775 ng/kg KG/Tag [1,709; 1,844] und liegt um das etwa 2 - 4 Fache höher als bei den restlichen Personengruppen. SeniorInnen nehmen mit 0,731 ng/kg KG/Tag [0,711; 0,751] etwa die Hälfte an PAK4 auf, gefolgt von den Jugendlichen (0,651 ng/kg KG/Tag) und den Frauen (0,528 ng/kg KG/Tag). Der geringste Wert für die mittlere PAK4 – Aufnahme wird für die Männer geschätzt und beträgt 0,406 ng/kg KG/Tag [0,390; 0,422]. Die mittlere Exposition für die jeweiligen Bevölkerungsgruppen ist in Abbildung 29 nochmals veranschaulicht.

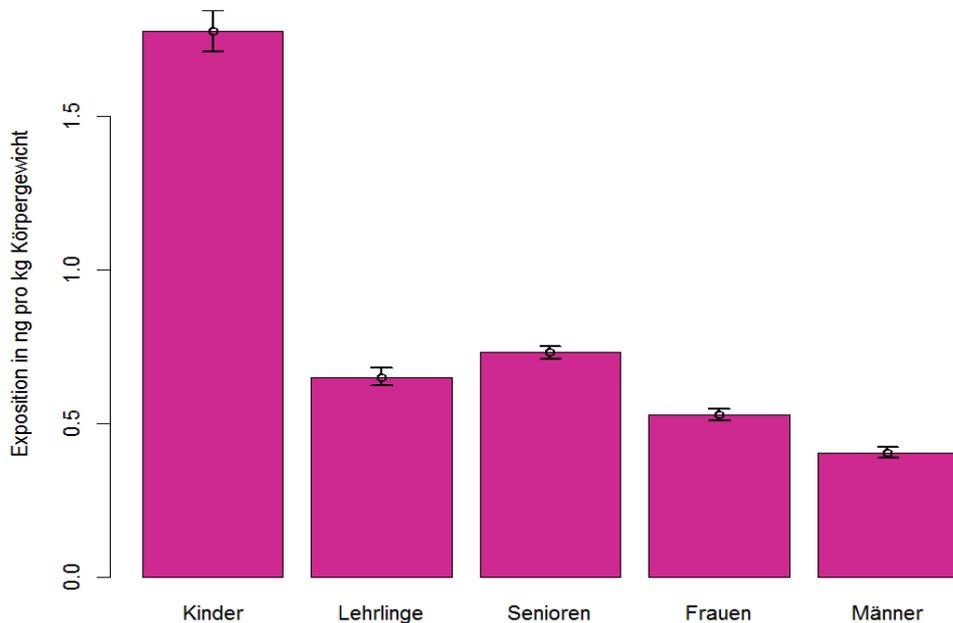


Abb.29.: Gesamtaufnahme (Median) der PAK4 für die Bevölkerungsgruppen inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls

Der höchste Wert der oberen Perzentile wurde wiederum für Kinder simuliert (Tab.24.). Die 95%- Perzentile beträgt 13,569 ng/kg KG/Tag [13,046; 14,134]. 5 % der Kinder sind noch höher exponiert, 1 % liegt sogar über 26,830 ng/kg KG/Tag [25,067; 28,954]. Bei Jugendlichen beträgt die PAK4 - Aufnahme bei der 95%- Perzentile 8,747 ng/kg KG/Tag [8,303; 9,205] sowie 19,737 ng/kg KG/Tag [18,124; 21,481] am obersten Ende der Verteilung (P99). Die hohe Exposition (P95) beträgt bei Männern 5,883 ng/kg KG/Tag [5,515; 6,263] und bei Frauen 5,941 ng/kg KG/Tag [5,570; 6,301]. SeniorInnen nehmen mit 4,620 ng/kg KG/Tag [4,412; 4,825] am obersten Ende der Verteilung (P95) im Vergleich zu den Kindern lediglich ein Drittel an PAK4 auf. In Abbildung 30 ist die Gesamtaufnahme für die 95%- Perzentile nochmals grafisch dargestellt.

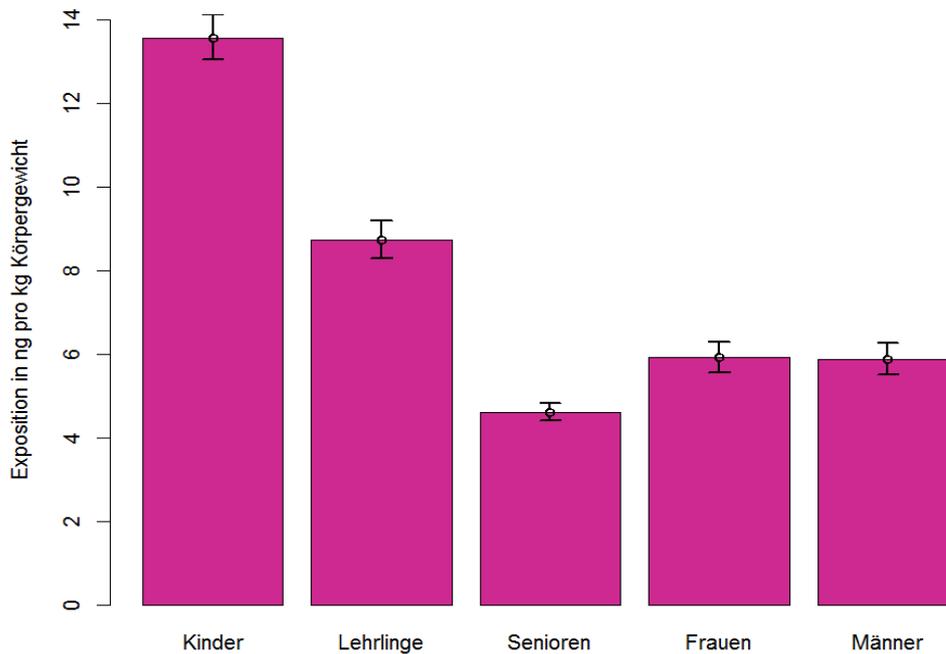


Abb.30.: Gesamtaufnahme (P95) der PAK4 für die Bevölkerungsgruppen inklusive des unteren und oberen Konfidenzintervalls

Die Aufnahme der PAK4, bezogen auf die einzelnen Warengruppen, ist in den Tabellen XVI - XX des Anhangs dargestellt. Analog zur Exposition des Benzo(a)pyren (Tab.X – XV) sind die Ergebnisse auf vier Kommastellen gerundet.

Der Vergleich der PAK4 –Aufnahme über pflanzliche Öle mit der Benzo(a)pyren - Aufnahme über pflanzliche Öle zeigt beispielsweise, dass die mittlere Aufnahme der PAK4, bezogen auf User, etwa das 9,5-Fache der Benzo(a)pyren - Aufnahme ausmacht. Bei der hohen Exposition (P95) beträgt der Unterschied etwa das 7,5-Fache. Dies kann bei allen Personengruppen beobachtet werden.

Vergleicht man die PAK4 - Aufnahme mit der Benzo(a)pyren - Aufnahme über die Warengruppe „Tee und teeähnliche Erzeugnisse“ zeigt sich für die mittlere Exposition eine etwa doppelt so hohe PAK4 -Aufnahme. Bei der hohen Exposition wird das 1,5 - Fache an PAK4 aufgenommen. Bei der Warengruppe

„Kakao und Kakaoerzeugnisse“ wird sowohl für die mittlere als auch für die hohe Exposition der User eine etwa 6 - fach höhere PAK4 - Aufnahme beobachtet. Über Pökel- und Räucherfleisch nehmen User im Mittel etwa das 14 - Fache an PAK4 auf, im Hinblick auf die hohe Exposition etwas das Doppelte.

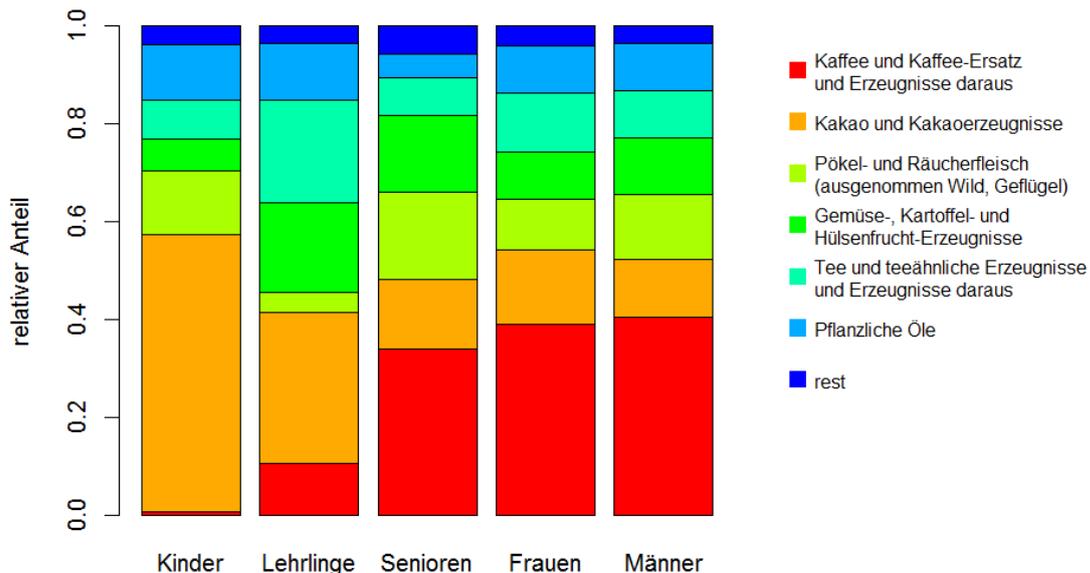


Abb.31.: Relativer Anteil der Warengruppen an der PAK4 - Gesamtexposition

Die in Abbildung 31 dargestellten Warengruppen sind jene, die einen bedeutenden Beitrag an der Gesamtexposition leisten. Die Warengruppen „Kerne und Samen“, „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“, „Meeresfischerzeugnisse“, „Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse“ sowie „Süßwasserfischerzeugnisse“ sind von geringer Relevanz und werden unter der Kategorie „Rest“ zusammengefasst. Die Abbildung bezieht sich auf die Expositionsergebnisse des Kollektivs. Der Vergleich mit den Usern hat gezeigt, dass es keine nennenswerten Abweichungen gibt.

Eindeutig erkennbar ist bei den Kindern der hohe Beitrag (55,5%) der Kakao und Kakaoerzeugnisse an der Gesamtexposition. Dies wurde bereits beim Benzo(a)pyren festgestellt. Weitere 12,6% entfallen auf Pökel- und

Räucherfleisch, 11,3% auf pflanzliche Öle, 7,6% auf Tee und teeähnliche Erzeugnisse sowie 6,5% auf Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse. Bei den Jugendlichen leisten die Kakao und Kakaoerzeugnisse ebenfalls den größten Beitrag an der Gesamtexposition. Der Anteil liegt jedoch bei rund 27% und damit um die Hälfte niedriger als bei den Kindern. Auf Tee und teeähnliche Erzeugnisse entfallen 18,4%, auf Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse rund 16% und auf pflanzliche Öle 10%. Ebenfalls eine Rolle spielt die Warengruppe „Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus“ mit 9,3%.

Den größten Beitrag an der PAK4 – Aufnahme leistet bei den Frauen, den Männern und den SeniorInnen die Warengruppe „Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus“. Bei den Männern sind dies beachtliche 39,2%, bei den Frauen 37,7% und bei den SeniorInnen 33,8%. Zusätzlich zum Stellenwert des Kaffeekonsums leisten die drei PAK-Verbindungen Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren sowie Chrysen ihren Beitrag zu diesem Anteil, was in Abbildung 9 verdeutlicht wird. Gerade das Chrysen kommt im Kaffee in bedeutender Menge vor.

Etwa gleiche Anteile an der Gesamtexposition der SeniorInnen leisten mit 17,9% Pökel- und Räucherfleisch, mit 15,8% Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse sowie mit 14,3% Kakao und Kakaoerzeugnisse. Auf Tee und teeähnliche Erzeugnisse entfallen 7,55%.

Bei den Frauen entfallen neben dem Kaffee weitere Anteile auf Kakao und Kakaoerzeugnisse (14,9%), Tee und teeähnliche Erzeugnisse (11,7%) sowie gleich große Anteile auf Pökel- und Räucherfleisch (9,9%), pflanzliche Öle (9,3%) und Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse (9,3%).

Sämtliche, bisher genannten Warengruppen, haben auch bei den Männern ihre Bedeutung. Neben dem Kaffee entfallen weitere 12,6% auf Pökel- und Räucherfleisch, 11,5% auf Kakao und Kakaoerzeugnisse, 11,3% auf Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfruchterzeugnisse sowie je 9,3% auf Tee und teeähnliche Erzeugnisse und 9,2% auf pflanzliche Öle.

Die Warengruppen „Süßwasserfischerzeugnisse“ und „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“, die bei der Schätzung der Gesamtexposition unter die Kategorie „Rest“ fallen, leisten die größten Beiträge, wenn die PAK4 – Aufnahme der User über jede Warengruppe separat betrachtet wird (Tab.XVI – XX). Bei Kindern sind dies nicht die Süßwasserfischerzeugnisse, sondern Kakao und Kakaoerzeugnisse.

4.3.3. Ergebnisse beider Ansätze

Ein direkter Vergleich der Ergebnisse der deterministischen Expositionsabschätzung mit den Ergebnissen der probabilistischen Modellierung ist nicht möglich. So sind zwar die Expositionsszenarien dieselben, doch, wie bereits ausführlich im Kapitel 3 beschrieben, unterscheiden sich die beiden Ansätze wesentlich in der Art des Expositionsmodells und in der Art der verwendeten und implementierten Modell - Inputs.

Um jedoch eine Vorstellung zu erhalten, in welchem Bereich respektive in welcher Dimension sich die Ergebnisse der beiden Ansätze bewegen, werden die Medianwerte der geschätzten Exposition über die Gesamtheit der Warengruppen gegenüber gestellt.

Bei Frauen, Männern und Jugendlichen sind die Mediane (Kollektiv) für das Benzo(a)pyren basierend auf dem probabilistischen Ansatz, auch unter Einbeziehung des unteren und oberen Vertrauensbereiches, um die Hälfte geringer als beim deterministischen Ansatz. Bei Kindern und SeniorInnen unterscheiden sich diese nicht wesentlich. Basierend auf dem Simulationsmodell wird im Mittel sogar etwas mehr Benzo(a)pyren aufgenommen. Die Medianwerte (Kollektiv) für die Summe der PAK4 auf Basis des probabilistischen Modells sind bei allen Personengruppen geringer als beim deterministischen Ansatz. Bei Frauen, Männern, Jugendlichen und SeniorInnen macht dies etwa die Hälfte aus.

Die hohe Exposition (P95) liegt beim Simulationsmodell für jede Personengruppe deutlich höher als beim deterministischen Ansatz und spiegelt einen hohen Verzehr von hoch kontaminierter Ware wieder. Bei der deterministischen Expositionsabschätzung resultiert die hohe Exposition aus dem hohen Verzehr von Waren mittlerer Kontamination.

Wie die Kapitel 4.3.1. und 4.3.2. verdeutlichen, ergeben die beiden Ansätze respektive die unterschiedliche Methodik folglich auch Unterschiede in der Identifizierung jener Warengruppen, die den größten Beitrag an der Gesamtexposition leisten.

Bei der herkömmlichen deterministischen Expositionsabschätzung werden die Anteile der jeweiligen Warengruppen auf Basis der mittleren Gesamtexposition der User berechnet. Es wird dabei jedoch nicht berücksichtigt, dass die Anzahl der User für die einzelnen Warengruppen stark variieren kann. Bei den Frauen beispielsweise beträgt der höchste Anteil an Usern $n = 1031$ für Kaffee und Kaffee - Ersatz, der niedrigste Anteil $n = 6$ für Süßwasserfischerzeugnisse. So werden die 6 User ebenso gewichtet wie die 1031 User und sollen im Mittel gleich viel essen. Die unterschiedlichen Essgewohnheiten werden nicht berücksichtigt.

Bei der probabilistischen Methode wird die Abhängigkeit der Verzehrdaten jedoch geeignet berücksichtigt.

4.4. RISIKOCHARAKTERISIERUNG

4.4.1. MOE - Kalkulation basierend auf Ergebnissen der deterministischen Expositionsabschätzung

Der Margin of Exposure (MOE) wurde aus dem Verhältnis der Benchmark Dose Lower Limit (BMDL) zur geschätzten Exposition der einzelnen Bevölkerungsgruppen gegenüber dem Benzo(a)pyren sowie der Summe der PAK4 kalkuliert. Für das Benzo(a)pyren wurde ein $BMDL_{10}$ von 0,07 mg/kg

KG/Tag herangezogen, für die Summe der PAK4 0,34 mg/kg KG/Tag [EFSA, 2008].

Sowohl bei durchschnittlicher Exposition des Kollektivs gegenüber Benzo(a)pyren als auch gegenüber der PAK4 liegen die kalkulierten MOE-Werte weit über dem „Cut Off“ - Wert von 10.000 (Tab.25.). Ein „Risk of low Concern“ ist für jede Bevölkerungsgruppe angezeigt.

Betrachtet man die MOE - Werte, die auf Basis der mittleren Exposition der User geschätzt wurden, so liegen diese mit einer Spannweite von 25200 - 41900 für das Benzo(a)pyren und 26500 - 40900 für die PAK4 ebenfalls weit über dem MOE von 10.000 (Tab.26.).

Tab.25.: MOE-Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei durchschnittlichem Verzehr des Kollektivs

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition Kollektiv mittel (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition Kollektiv mittel (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	0,43	0,07	162800	1,09	0,34	311900
Männer	0,64	0,07	109400	0,88	0,34	386400
Kinder	0,89	0,07	78700	2,44	0,34	139300
Jugendliche	0,85	0,07	82400	1,41	0,34	241100
SeniorInnen	0,46	0,07	152200	1,39	0,34	244600

* auf 100er Stelle gerundet

Tab.26.: MOE-Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei durchschnittlichem Verzehr der User

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition User mittel (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition USER mittel (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	2,00	0,07	35000	10,27	0,34	33100
Männer	2,62	0,07	26700	12,42	0,34	27400
Kinder	2,78	0,07	25200	12,81	0,34	26500
Jugendliche	2,78	0,07	25200	10,84	0,34	31400
SeniorInnen	1,67	0,07	41900	8,32	0,34	40900

* auf 100er Stelle gerundet

Die Ergebnisse aus dem Verhältnis der BMDL₁₀ zur Expositionsabschätzung der User, für die für jede Warengruppe ein hoher Verzehr angenommen wurde, ergeben im Vergleich zur Tabelle 25 und Tabelle 26 ein anderes Bild (Tab.27.). Die MOE - Werte sind weitaus niedriger und liegen näher beim „Cut-Off“-Wert von 10.000, der bei Unterschreitung auf mögliche gesundheitliche Bedenken hinweist und notwendige Maßnahmen seitens des Risikomanagements notwendig macht [EFSA, 2005a]. Bei Kindern ergibt die MOE - Kalkulation für das Benzo(a)pyren einen Wert von 10.000 und bei Jugendlichen von 9900. Im Falle der PAK4 beträgt der MOE für Kinder nur 9700, für Jugendliche 12500. Auch bei den Männern liegen mit 11600 für das Benzo(a)pyren und mit 11500 für die PAK die Werte im näheren Bereich des „Cut-Off“-wertes, gefolgt von den Frauen. Lediglich die SeniorInnen zeigen Werte von 19000 bzw. 19100 auf.

Tab.27.: MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei hohem Verzehr (P95 über alle Warengruppen)

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition User hoch (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition USER hoch (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	5,01	0,07	14000	27,08	0,34	12600
Männer	6,06	0,07	11600	29,66	0,34	11500
Kinder	7,00	0,07	10000	35,17	0,34	9700
Jugendliche	7,07	0,07	9900	27,21	0,34	12500
SeniorInnen	3,69	0,07	19000	17,81	0,34	19100

* auf 100er Stelle gerundet

Werden die MOE - Kalkulationen auf Basis der Exposition nach dem EFSA-Ansatz durchgeführt, der darauf beruht, dass ein Konsument nicht jede Warengruppe in hohem Maße verzehrt, ergeben sich für jede Bevölkerungsgruppe MOE - Werte, die doch wieder deutlich über dem „Cut-Off“ liegen (Tab.28). So kann für jede Personengruppe, einschließlich der Kinder und Jugendliche, ein „Risk of low Concern“ postuliert werden.

Tab.28.: MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei hohem Verzehr (EFSA-Ansatz)

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition EFSA-Ansatz hoch (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition EFSA-Ansatz hoch (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	2,57	0,07	27200	13,94	0,34	24400
Männer	3,80	0,07	18400	19,86	0,34	17100
Kinder	3,81	0,07	18400	21,22	0,34	16000
Jugendliche	3,81	0,07	18400	9,45	0,34	36000
SeniorInnen	2,06	0,07	34000	9,95	0,34	34200

* auf 100er Stelle gerundet

Basierend auf dieser Risikocharakterisierung und auf unterschiedlichen Expositionsszenarien (Tab.25 -28) liegt für die österreichische Bevölkerung respektive für die berücksichtigten Bevölkerungsgruppen nach EFSA – Definition ein „Risk of low Concern“ vor. Dies trifft sowohl auf das Benzo(a)pyren als bislang geltende Markersubstanz zu als auch auf die Summe der PAK4. Bezüglich der PAK4 ist jedoch zu beachten, dass die Warengruppe „Würste“ nicht in die Berechnungen eingeflossen ist und betreffend der Expositionsabschätzung sowie der darauf basierenden MOE – Kalkulation die Möglichkeit einer Unterschätzung gegeben sein könnte.

Ein potientiell gesundheitliches Risiko, vor allem für Kinder und Jugendliche, würde sich aus der unrealistischen Annahme des Worst-Case-Szenarios ergeben, dass User einer jeden Warengruppe einen hohen Verzehr aufweisen (Tab.27.). Dieser Ansatz ist im Hinblick auf eine mögliche Überschätzung der Exposition zu hinterfragen - gerade auch hinsichtlich einer Langzeitaufnahme - und wird durch die Ergebnisse des EFSA – Ansatzes wieder relativiert (Tab.28.).

Im EU-Durchschnitt liegt der kalkulierte MOE - Wert für die mittlere Exposition gegenüber dem Benzo(a)pyren bei 17900. Dies deutet auf ein gesundheitlich geringes Risiko hin und hat auf die einzelnen Mitgliedstaaten Gültigkeit. Die kalkulierten MOE - Werte liegen in einem Bereich von 16300 – 22600. Der

entsprechende MOE - Wert für die PAK4 beträgt im EU - Durchschnitt 17500 [EFSA, 2008].

Für den High Consumer liegen die MOE - Werte der EU - Mitgliedstaaten im Durchschnitt mit 10800 für das Benzo(a)pyren sowie 9900 für die PAK4 näher beim „Cut – Off“ von 10.000. In diesem Falle kann nicht mehr von einem „Risk of low Concern“ gesprochen werden [EFSA, 2008].

4.4.2. MOE - Kalkulation basierend auf Ergebnissen der probabilistischen Modellierung

Der Margin Of Exposure wurde wie beim deterministischen Ansatz ebenfalls für einzelne Perzentile der Exposition gegenüber dem Benzo(a)pyren und der Summe der PAK4 kalkuliert.

Betrachtet man die kalkulierten MOE - Werte für die mittlere Exposition (median) des Benzo(a)pyren bzw. der PAK4, so liegen diese mit einer Spannweite von 68600 – 359000 für das Benzo(a)pyren bzw. 191500 – 837400 für die PAK4 weit über dem Cut-Off-Wert von 10.000 (Tab.29.).

Tab.29.: MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei mittlerer Exposition

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition Kollektiv median (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition Kollektiv median (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	0,195	0,07	359000	0,528	0,34	643900
Männer	0,311	0,07	225100	0,406	0,34	837400
Kinder	1,020	0,07	68600	1,775	0,34	191500
Jugendliche	0,419	0,07	167100	0,651	0,34	522300
SeniorInnen	0,507	0,07	138100	0,731	0,34	465100

* auf 100er Stelle gerundet

Bei der 75%- Perzentile sind die MOE - Werte geringer, doch noch immer weit vom Cut-Off-Wert entfernt (Tab.30.). Die kalkulierten MOE - Werte liegen in einem Bereich von 26400 – 85000 für das Benzo(a)pyren und von 73900 –

278000 für die PAK4. Für alle Bevölkerungsgruppen ist ein „Risk of low Concern“ gegeben. Die geringsten MOE - Werte werden aufgrund der höchsten Exposition, auf Kilogramm Körpergewicht bezogen, für die Kinder kalkuliert, die höchsten MOE - Werte für die Frauen bzw. die Männer.

Tab.30.: MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P75 der Exposition

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition Kollektiv P75 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition Kollektiv P75 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	0,824	0,07	85000	1,428	0,34	238100
Männer	1,556	0,07	45000	1,223	0,34	278000
Kinder	2,649	0,07	26400	4,603	0,34	73900
Jugendliche	1,745	0,07	40100	2,211	0,34	153800
SeniorInnen	1,480	0,07	47300	1,559	0,34	218100

* auf 100er Stelle gerundet

Tab.31.: MOE-Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P90 der Exposition

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition Kollektiv P90 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition Kollektiv P90 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	3,037	0,07	23000	3,472	0,34	97900
Männer	5,154	0,07	13600	3,280	0,34	103700
Kinder	6,141	0,07	11400	9,265	0,34	36700
Jugendliche	5,401	0,07	13000	5,467	0,34	62200
SeniorInnen	3,696	0,07	19000	3,082	0,34	110300

* auf 100er Stelle gerundet

In Tabelle 31 ist der Margin Of Exposure für die 90%- Perzentile der Exposition dargestellt. Die Werte für das Benzo(a)pyren befinden sich mit einer Spannweite von 11400 für die Kinder bis 23000 für die Frauen bereits näher am Cut-Off-Wert von 10.000. Bei den PAK4 beträgt der niedrigste MOE – Wert 36700 für die Kinder und der höchste 110300 für die SeniorInnen. Ein „Risk of low Concern“ ist jedoch nach wie vor gegeben.

Im Hinblick auf das Benzo(a)pyren führt erst der hohe Verzehr hoch kontaminierter Ware, wieder gespiegelt in der 95%- Perzentile, zu einer Exposition bzw. zu MOE - Werten, wo für bestimmte Bevölkerungsgruppen durch die Langzeitaufnahme von Benzo(a)pyren nicht mehr von einem geringen gesundheitlichen Risiko gesprochen werden kann (Tab.32.). Die kalkulierten MOE - Werte für das Benzo(a)pyren betragen für Kinder 7000, für Jugendliche 7100 sowie für Männer 7500. In weiterer Folge bedeutet dies auch, dass bei 5% der Kinder, der Jugendlichen sowie der Männer die MOE – Werte noch geringer sind. Bei den Frauen und SeniorInnen liegen die Werte über dem Cut-Off. Bei den PAK4 zeigt sich jedoch eine andere Situation. Die kalkulierten MOE – Werte liegen für alle Bevölkerungsgruppen mit einer Spannweite von 25100 – 73600 nach wie vor deutlich über dem Cut-Off von 10.000. Am ganz obersten Ende der Verteilung (P99) liegen für die PAK4 die MOE – Werte noch über 10.000, während hinsichtlich des Benzo(a)pyren alle Bevölkerungsgruppen ein deutlich höheres gesundheitliches Risiko aufweisen (Tab.33).

Tab.32.: MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P95 der Exposition

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition Kollektiv P95 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition Kollektiv P95 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	5,949	0,07	11800	5,941	0,34	57200
Männer	9,358	0,07	7500	5,883	0,34	57800
Kinder	10,068	0,07	7000	13,569	0,34	25100
Jugendliche	9,795	0,07	7100	8,747	0,34	38900
SeniorInnen	6,199	0,07	11300	4,620	0,34	73600

* auf 100er Stelle gerundet

Wie in der „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“ (EFSA, 2005a) empfohlen wird, wurden auf Basis der Ergebnisse der probabilistischen Modellierung MOE – Werte für unterschiedliche Expositionsszenarien kalkuliert.

Tab.33.: MOE - Werte für Benzo(a)pyren und PAK4 bei P99 der Exposition

Bevölkerung	Benzo(a)pyren			PAK4		
	Exposition Kollektiv P99 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*	Exposition Kollektiv P99 (ng/kg KG/Tag)	BMDL ₁₀ (mg/kg KG/Tag)	MOE*
Frauen	17,571	0,07	4000	16,159	0,34	21000
Männer	24,447	0,07	2900	18,037	0,34	18900
Kinder	24,944	0,07	2800	26,830	0,34	12700
Jugendliche	25,841	0,07	2700	19,737	0,34	17200
SeniorInnen	17,115	0,07	4100	9,880	0,34	34400

* auf 100er Stelle gerundet

Zusammenfassend liefert diese Risikocharakterisierung folgendes Bild. Für 95% der Frauen sowie der SeniorInnen liegen die MOE - Werte über dem Cut - Off-Wert von 10.000 und kann von einem geringen gesundheitlichen Risiko durch die Aufnahme von Benzo(a)pyren über Lebensmittel ausgegangen werden. Für Männer, Kinder und Jugendliche kann bei der 90%- Perzentile noch von einem geringen Risiko gesprochen werden. Doch liegen bei der 95%- Perzentile die kalkulierten MOE – Werte für das Benzo(a)pyren deutlich unter dem Cut - Off von 10.000.

Was das Risiko durch die Aufnahme der PAK4 über Lebensmittel anbelangt, zeigt die Risikocharakterisierung, dass für die Gesamtheit der Bevölkerung bzw. der Bevölkerungsgruppen von einem geringeren gesundheitlichen Risiko ausgegangen werden kann. Selbst am obersten Ende der Verteilung, das den hohen Verzehr hoch kontaminierter Ware berücksichtigt und quasi ein Worst-Worst-Case-Szenario darstellt, liegen die MOE - Werte über 10.000. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass nicht alle Warengruppen in die probabilistische Modellierung eingeflossen sind. Beim Benzo(a)pyren wurden bereits Fertiggerichte und Nahrungsergänzungsmittel ausgeschlossen und bei den PAK4 zusätzlich die Obsterzeugnisse und die Würste.

4.5. QUALITATIVE BESCHREIBUNG DER UNSICHERHEITEN

Im Zuge der Erstellung von Risikobewertungen kommt es zum Auftreten von wissenschaftlichen Unsicherheiten. Unsicherheiten birgt auch und vor allem die Abschätzung der ernährungsbedingten Exposition.

Die EFSA hat im Jahre 2006 das Leitpapier „Guidance of the Scientific Committee on a request from EFSA related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment“ veröffentlicht.

Demnach können wissenschaftliche Unsicherheiten auf einer von drei Ebenen respektive als Stufenprozess über alle drei Ebenen analysiert werden. Zunächst können wesentliche Unsicherheiten qualitativ beschrieben werden. Sollte das Ergebnis der Risikobewertung bzw. der Expositionsabschätzung nicht eindeutig genug sein und Risikomanager keine Entscheidungsgrundlage haben, kann eine deterministische oder probabilistische Analyse durchgeführt werden [EFSA, 2006].

In dieser Doktorarbeit werden wesentliche Unsicherheiten auf rein qualitativer Ebene beschrieben. Zu berücksichtigen sind hierbei sowohl die deterministische als auch die probabilistische Expositionsabschätzung.

In das Expositionsszenario sind aufgrund des Mangels an vorliegenden Daten einige Lebensmittelkategorien respektive Warengruppen nicht in die Expositionsabschätzung eingeflossen. Dazu zählen Frischgemüse und Frischobst sowie Getreide- und Getreideerzeugnisse. Bedingt durch einen mittleren bis hohen Kontaminationsgrad bzw. durch den hohen Stellenwert in der Ernährung kann das Nicht - Einbeziehen dieser Lebensmittel zu einer Unterschätzung der Exposition führen. Die EFSA weist in ihrer Stellungnahme aus dem Jahre 2008 darauf hin, dass Getreide und Getreideprodukte eine jener beiden Lebensmittelgruppen sind, die den größten Beitrag zur Gesamtexposition leisten [EFSA, 2008].

Die beiden wesentlichsten Modell – Input - Parameter sind die Auftretensdaten und die Verzehrdaten. Unsicherheiten sind bereits bei der Generierung der Daten möglich.

Unsicherheiten auf Seiten der Auftretensdaten sind etwa in der Art der Probenziehung, der Probenvorbereitung sowie der Analysenmethode möglich (z. B. Validität der Methode, Umgang mit der Messunsicherheit). Bis auf die Konservenprodukte, wo der abgetropfte Inhalt und nicht die gesamte Konserve untersucht wurde, wurden die im Handel gezogenen Produkte in der Form analysiert, in der sie im Supermarkt erhältlich sind. Doch nicht alle Produkte werden zu Hause auch in dieser Form verzehrt. Für die weitere Expositionsabschätzung wurden jedoch lediglich für Kaffee und Tee Annahmen getroffen. Sonst wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass die gezogenen und untersuchten Produkte auch als solche verzehrt werden.

Faktoren, wie beispielsweise die verwendete Holzart beim Räuchern sowie die Dauer und die Temperatur des Räucherns wurden in der Bewertung ebenfalls nicht berücksichtigt, da diese Informationen im Zuge der Datenerhebung nicht miterhoben wurden und somit nicht zur Verfügung standen. Unsicherheiten ergeben sich zudem aus der Zuordnung des gezogenen und untersuchten Produkts zur jeweiligen Warengruppe, die erfahrungsgemäß nicht immer korrekt ist und vom jeweiligen Analytiker abhängt.

Diese Unsicherheiten werden als weniger bedeutend für die Auswirkung auf die Gesamtexposition über Lebensmittel erachtet.

Unsicherheiten können auch auf Seiten der Verzehrdaten existieren. Diese sind bereits durch die Methodik der Ernährungserhebung gegeben. Beim 24-h-recall können etwa aufgrund von Erinnerungslücken verzehrte Lebensmittel vergessen oder bewusst falsche Angaben gemacht werden. Auch muss berücksichtigt werden, dass Lebensmittel beispielsweise geschält werden oder der Teller nicht vollständig aufgegessen wird und so die Speise weggeworfen oder an Haustiere verfüttert wird.

Wie auch bei den Auftretensdaten kann die Zuordnung der verzehrten Lebensmittel zu falschen Kategorien Unsicherheiten verursachen [EFSA, 2006].

Bevor im Rahmen der Expositionsabschätzung diese beiden Datensätze zusammengeführt werden konnten, wurden die Verzehrdaten auf individueller Ebene den Lebensmittelkategorien bzw. Warengruppen der Auftretensdaten angepasst. Diese Anpassung bzw. Zuordnung ist naturgemäß ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet.

Sowohl für die deterministische als auch die probabilistische Expositionsabschätzung wurden Waren - Obergruppen verwendet, die eine breite Kategorie unterschiedlicher Produkte beinhalten. Dies resultiert eher in einer Überschätzung der Exposition. Die Verwendung der Auftretensdaten auf detaillierter Ebene (Waren -Untergruppe bzw. Produktebene) erschien nicht günstig, da die Anzahl der untersuchten Proben zu gering war.

Selbst bei Verwendung der Waren - Obergruppen waren die Anzahl der untersuchten Proben sowie die Anzahl der beobachteten Werte gerade im Hinblick auf die Summe der PAK4 nicht immer ausreichend.

Bei der Verknüpfung der Auftretensdaten mit den Verzehrdaten ist zudem die Unsicherheit der Verzerrung gegeben. So sind etwa bei den Meeresfischerzeugnissen vorwiegend Räucherfischwaren analysiert worden, doch die verknüpften Verzehrdaten basieren hauptsächlich auf dem Verzehr von Fischpasteten und Aufstrichen. Dies wird jedoch als wenig bedeutend angesehen.

Beim Expositionsmodell der deterministischen Expositionsabschätzung werden die Auftretensdaten anhand der Angabe von statistischen Lagekennzahlen beschrieben (deskriptive Statistik). Bei einer geringen Anzahl an beobachteten Werten sind diese Kennzahlen mit Unsicherheiten behaftet.

Aufgrund der sehr schiefen Verteilung der Auftretensdaten wird die Expositionsabschätzung auf Basis des Median durchgeführt. Im Vergleich zur Anwendung des arithmetischen Mittels, das bezogen auf die Langzeit-Exposition zu einer Überschätzung führen kann, liefert der Median ein realistischeres Bild [EFSA, 2008].

Zudem kann der hohe Anteil an nicht nachweisbaren und nicht bestimmbar analysierten Ergebnissen bzw. der Umgang mit diesen links zensierten Daten zur

Unsicherheit und zu einer rechnerisch bedingten Überschätzung der Exposition führen. Der Vergleich der deskriptiven Statistik auf Basis des Lower Bound - Ansatzes und des Upper Bound - Ansatzes deutet jedoch auf keine nennenswerten Unterschiede hin, sodass dieser Einfluss auf die Gesamtexposition als wenig bedeutend angesehen wird.

Die Unsicherheit, die sich aus der probabilistischen Modellierung ergeben kann, ist die der Verteilungsanpassung, vor allem an den Enden der Verteilung. Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Bootstrap-Methode, die als Vergleich am Rande dieser Arbeit durchgeführt wurde, deutet auf vernachlässigbare Unterschiede hin. Lediglich die Verteilungsanpassung mit der ML - Methode bei der Summe der PAK4 ist am oberen Ende der Verteilung nicht optimal und führt zu einer leichten Unterschätzung. Zusammenfassend kann die Auswirkung dieser Unsicherheiten jedoch als minimal angesehen werden.

Im Hinblick auf die ernährungsbedingte Exposition ist festzuhalten, dass die beschriebenen Unsicherheiten sowohl zu einer Überschätzung als auch zu einer Unterschätzung führen können. Im Hinblick auf das Gesamtrisiko, dass sich durch die Aufnahme von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen ergeben kann, wird dieses durch die Nicht-Berücksichtigung anderer als Lebensmittel - Expositionsquellen unterschätzt. Gerade bei Rauchern ist die inhalative Aufnahme der PAK von wesentlicher Bedeutung.

5. SCHLUSSBETRACHTUNG

Primäres Ziel dieser Doktorarbeit war es zu evaluieren, ob durch die Aufnahme von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen über Lebensmittel ein gesundheitliches Risiko für den Menschen ausgeht.

Ein Schwerpunkt war die Durchführung der Expositionsabschätzung für das Benzo(a)pyren sowie für die Summe der PAK4. Diese wurde auf Basis von zwei unterschiedlichen Ansätzen bzw. Modellen durchgeführt.

Bei den PAK handelt es sich zudem um genotoxische Kanzerogene, für die aus toxikologischer Sicht kein Schwellenwert der gesundheitlichen Unbedenklichkeit abgeleitet werden kann. So kommen alternative Ansätze auch in der Risikocharakterisierung zur Anwendung, im Falle der PAK der Margin of Exposure – Ansatz.

Der deterministische Ansatz und die probabilistische Modellierung unterscheiden sich zwar nicht in den Expositionsszenarien, jedoch wesentlich in der Art des Expositionsmodells und der verwendeten und implementierten Modell - Inputs.

Die deterministische Expositionsabschätzung eignet sich sehr gut auch als erste Screening Methode, da es in vielen Fällen nicht notwendig ist, mehr Informationen zu haben.

Die Ergebnisse der deterministischen Expositionsabschätzung dieser Arbeit zeigen für jede Bevölkerungsgruppe ein „Risk of low Concern“ an. Sowohl bei durchschnittlicher Exposition des Kollektivs gegenüber Benzo(a)pyren als auch gegenüber der PAK4 liegen die kalkulierten MOE-Werte weit über dem „Cut Off“ - Wert von 10.000, was auf ein geringeres Risiko schließen lässt. Die Ermittlung der mittleren Exposition der User liefert ein ähnliches Bild.

Selbst der High Consumer befindet sich auf der sicheren Seite, sofern seine Exposition auf Basis des EFSA-Ansatzes geschätzt wird. Für keine der fünf Bevölkerungsgruppen besteht ein gesundheitliches Risiko durch die Aufnahme der PAK.

Geht man in der Modellberechnung jedoch von der unrealistischen Annahme aus, dass der Konsum jeder einzelner Warengruppe sehr hoch ist und die jeweilige 95%- Perzentile des Verzehrs verwendet wird, würden die MOE - Werte für die Bevölkerungsgruppen, besonders für Kinder und Jugendliche, sowohl für das Benzo(a)pyren als auch für die Summe der PAK4 nahe am Cut - Off von 10.000 bzw. sogar darunter liegen. Gesundheitliche Bedenken könnten somit für Kinder und Jugendliche, die High Consumer sind, nicht mehr ausgeschlossen werden. Doch muss gleichzeitig auf die mögliche Überschätzung der Exposition hingewiesen werden.

Verfeinerte Methoden wie die probabilistische Modellierung, die auch mehr Informationen berücksichtigen, werden durchgeführt, sobald ein potentielles gesundheitliches Risiko für den Menschen besteht. In dieser Arbeit wurde die probabilistische Modellierung allerdings unabhängig von den Ergebnissen der deterministischen Expositionsabschätzung durchgeführt.

Die Ergebnisse für das Benzo(a)pyren führten zu MOE – Werten, die für 95% der Frauen sowie der SeniorInnen über dem Wert von 10.000 liegen, was mit einem geringen gesundheitlichen Risiko verbunden ist. Für Männer, Kinder und Jugendliche kann bei der 90%- Perzentile noch von einem geringen Risiko gesprochen werden. Doch liegen bei der 95%- Perzentile die kalkulierten MOE – Werte für das Benzo(a)pyren deutlich unter 10.000. Bezüglich des Risikos durch die Aufnahme der PAK4 über Lebensmittel kann für die Gesamtheit der Bevölkerung von einem geringen gesundheitlichen Risiko ausgegangen werden.

Die Resultate der probabilistischen Modellierung unterstreichen die Ergebnisse des deterministischen Ansatzes, wenngleich ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Für die österreichische Bevölkerung kann sowohl für das Benzo(a)pyren als auch für die Summe der PAK4 von einem geringen gesundheitlichen Risiko ausgegangen werden. Bei den Vielverzehrern (User und 95% - Perzentile) bzw. bei Personen, die einen hohen Verzehr hoch kontaminierter Ware aufweisen, sind mögliche gesundheitliche Auswirkungen jedoch nicht mehr auszuschließen.

Kinder und auch Jugendliche sind bei beiden Ansätzen jene Bevölkerungsgruppen, die unter Umständen besonders viel PAK pro Kilogramm Körpergewicht aufnehmen und somit unter einem besonderen Risiko stehen.

Als jene Warengruppen, die den größten Anteil an der Gesamtexposition gegenüber dem Benzo(a)pyren leisten, wurden beim deterministischen Ansatz die Würste und die Süßwasserfischerzeugnisse identifiziert. Im Hinblick auf die Summe der PAK4 sind die beiden Warengruppen „Konserven Fische/ Schalen-/Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere“ sowie „Süßwasserfischerzeugnisse“ zu nennen. Bei den Kindern leisten die Kakao und Kakaoerzeugnisse den größten Beitrag an der Gesamtexposition. Würste blieben aufgrund mangelnden Datenmaterials unberücksichtigt.

Würste wurden auch bei der probabilistischen Modellierung als jene Warengruppe mit dem höchsten Anteil an der Gesamt – Benzo(a)pyren – Aufnahme identifiziert. Bei den Kindern und den Jugendlichen spielen weiters Kakao und Kakaoerzeugnisse eine bedeutende Rolle. Bei den SeniorInnen sind es die Obsterzeugnisse, bei den Frauen Tee und teeähnliche Erzeugnisse und bei den Männern Tee und teeähnliche Erzeugnisse sowie Pökel- und Räucherfleisch. Bezüglich der PAK4 – Aufnahme leisten bei den Kindern und Jugendlichen die Kakao und Kakaoerzeugnisse den größten Beitrag an der Gesamtexposition. Bei den Frauen, den Männern und den SeniorInnen ist die Warengruppe „Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus“ von großer Bedeutung.

Der Nutzen, der sich aus der probabilistischen Methode ergeben kann, ist der, dass es im Gegensatz zur deterministischen Expositionsabschätzung nicht zu einer Überschätzung kommt und die Ergebnisse realistischer sind. Die Verteilung an den Enden ist gut angepasst und gibt auch den wenigen, hohen Kontaminationswerten ein gewisses Gewicht.

Die Variabilität der Auftretensdaten und die Variabilität innerhalb der Verzehrdaten werden ebenso berücksichtigt wie die unterschiedlichen

Essgewohnheiten und die Abhängigkeit der Verzehrdaten. Diese Mehrinformationen und Informationen zum individuellen Körpergewicht der befragten Personen werden optimal genutzt.

Durch Anpassung einer Verteilung an die Daten ist es auch möglich, links zensierte Daten zu berücksichtigen. Dies erscheint im Hinblick auf den sehr hohen Anteil an nicht nachweisbaren bzw. nicht quantifizierbaren Ergebnissen wesentlich. Ein weiterer Vorteil liegt in der Angabe der Konfidenzintervalle, die Aussagen über die Wahrscheinlichkeit zulassen.

Natürlich stellt sich die Frage der Unsicherheiten, die so ein Simulationsmodell mit sich bringen kann, wie beispielsweise die Anpassung der Verteilung. Doch ein Vergleich mit der Bootstrap-Methode zeigt keine erheblichen Unterschiede in den Ergebnissen, sodass diese Unsicherheit als gering angesehen werden kann.

Voraussetzung für die Anwendung dieses Modells ist ein ausreichendes und qualitatives Datenmaterial. Diese Voraussetzung wurde in dieser Arbeit jedoch nicht vollständig erfüllt. In die probabilistische Expositionsabschätzung sind nicht alle Warengruppen eingeflossen.

Sollte unzureichendes Datenmaterial von geringer Qualität vorliegen, erscheint es zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnvoll, eine probabilistische Modellierung durchzuführen, da diese von vielen Unsicherheiten begleitet wäre.

Empfehlungen der Literatur zufolge genügt eine deterministische Expositionsabschätzung als erste Screening-Methode. Sollten toxikologische Kennzahlen nicht überschritten werden respektive MOE - Werte deutlich über dem Cut-Off-Wert liegen, erscheint eine Expositionsabschätzung anhand der probabilistischen Methode nicht notwendig. Letztendlich ist es immer eine Frage der Terms of Reference bzw. der Zielsetzung sowie der vorliegenden Ressourcen und fachlichen Kompetenz, welche Methode angewendet wird bzw. als die besser geeignete erscheint.

Die Kalkulation des Margin of Exposure basierend auf unterschiedlichen Expositionsszenarien kann seitens des Risikomanagers genutzt werden, um

Risiken zu priorisieren. Ein MOE von 10.000 und mehr geht laut EFSA mit einem „Risk of low Concern“ einher [EFSA, 2005a].

Die Ergebnisse der Expositionsabschätzung in dieser Arbeit zeigen vorwiegend hohe MOE - Werte. So liegen die PAK auf der Prioritätenliste der Risiken im hinteren Bereich und besteht aus heutiger Sicht kein Anlass zur Sorge. Dennoch sollte das Risikomanagement Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe auch weiterhin im Auge behalten. Aus Vorsorgegründen müssen alle Anstrengungen auch hinsichtlich weiterer Minimierungsmaßnahmen unternommen werden, die Kontamination von Lebensmitteln mit Benzo(a)pyren sowie den übrigen PAK –Verbindungen zu minimieren.

Die in dieser Doktorarbeit durchgeführte Risikobewertung ist ein Beispiel dafür, dass einzelstaatliche und auf nationaler Ebene durchgeführte Risikobewertungen im europäischen Raum ihre Berechtigung haben. Obwohl es für mittlerweile zahlreiche Substanzen Risikobewertungen seitens der EFSA gibt, sind nationale Verzehrsmuster neben der Lebensmittelbelastung von entscheidender Bedeutung.

Der Nutzen, der sich aus dieser Arbeit ergibt, ist die Weiterentwicklung und Etablierung von Methoden der Expositionsabschätzung, vor allem im Hinblick auf die probabilistische Modellierung sowie die Erweiterung der Aussagekraft der Risikobewertung. Im Sinne der Lebensmittelsicherheit und des vorbeugenden Verbraucherschutzes ist es notwendig und von Bedeutung, die Qualität von Risikobewertungen zu erhöhen und Risikomanagern die bestmögliche Entscheidungsgrundlage zu liefern.

Eine Herausforderung bleibt die Interpretation der Ergebnisse an das Risikomanagement und die Risikokommunikation. Diese ist bereits bei Ergebnissen aus einem Expositionsmodell gegeben und noch viel stärker, wenn Ergebnisse aus zwei unterschiedlichen Modellen nebeneinander stehen. Es ist unumgänglich, dass die Ergebnisse samt ihren Unsicherheiten vom

Risikobewerter gut erklärt werden müssen, um dem Risikomanager die optimale Basis für die Entscheidung und für weitere Maßnahmen zu liefern.

6. ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) zählen zu den chemischen Schadstoffen und kommen als Kontaminanten unbeabsichtigt in Lebensmitteln vor. Sie stellen eine Substanzgruppe dar, in der derzeit etwa 250 verschiedene Verbindungen bekannt sind. Ihre gesundheitliche Relevanz liegt in der Tatsache begründet, dass es sich um genotoxische Kanzerogene handelt, für die aus toxikologischer Sicht kein Schwellenwert der gesundheitlichen Unbedenklichkeit abgeleitet werden kann. Die auf empirischen Daten basierende Expositionsabschätzung soll Aufschluss darüber geben, wie hoch die Aufnahme von Benzo(a)pyren sowie der Summe der PAK4 (Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Chrysen) über Lebensmittel in verschiedenen Bevölkerungsgruppen ist. Weiters soll unter Anwendung des Margin of Exposure – Ansatzes (MOE) das potentiell gesundheitliche Risiko für den Menschen abgeleitet werden. Die Expositionsabschätzung wurde auf Basis zweier unterschiedlicher Ansätze durchgeführt. Beim klassischen, deterministischen Ansatz wird mit fixen Werten gerechnet. Die probabilistische Expositionsabschätzung, bei der die Verteilung der Daten im Vordergrund steht, wird auf Basis eines mathematisch statistischen Modells durchgeführt, das als Monte Carlo Simulation bezeichnet wird. Basierend auf den Ergebnissen der deterministischen Expositionsabschätzung und der anschließenden MOE – Kalkulation, liegt unter Berücksichtigung aller Unsicherheiten für die österreichische Bevölkerung ein geringes gesundheitliches Risiko vor. Ein potentielles gesundheitliches Risiko, vor allem für Kinder und Jugendliche, könnte sich jedoch aus der unrealistischen Annahme des Worst-Case-Szenarios ergeben. Die Ergebnisse der probabilistischen Expositionsabschätzung für das Benzo(a)pyren führen zu MOE – Werten, die für 95% der Frauen sowie der SeniorInnen über dem Wert von 10.000 liegen, was mit einem geringen gesundheitlichen Risiko verbunden ist. Für Männer, Kinder und Jugendliche kann bei der 90%- Perzentile noch von einem geringen Risiko gesprochen werden. Doch liegen bei der 95%- Perzentile die kalkulierten MOE – Werte für das Benzo(a)pyren deutlich unter

10.000. Bezüglich des Risikos durch die Aufnahme der PAK4 über Lebensmittel kann für die Gesamtheit der Bevölkerung von einem geringen gesundheitlichen Risiko ausgegangen werden.

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) are contaminants in food and constitute a large class of organic compounds. They generally occur in complex mixtures which may consist of approximately 250 compounds. Foods can be contaminated from industrial food processing, from certain home food preparation and also from environmental sources. PAHs are carcinogenic and genotoxic and no toxicological threshold can be derived. The aim of this doctoral thesis is to evaluate the dietary exposure to benzo[a]pyrene and to PAH4 (benzo[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[a]pyrene, chrysene) for different population groups. Furthermore, the Margin of Exposure (MOE) approach was used for risk assessment respectively for risk characterization. Two different approaches were used. The 'point-estimate' or 'deterministic' approach uses single values to represent each exposure variable and produces a single risk estimate. Probabilistic analysis is an alternative approach used in chemical risk assessment and uses distribution of exposure variables. The output of this approach is an exposure distribution. A mathematical sampling technique called Monte Carlo simulation is used to combine exposure input distributions. Based on the results of the deterministic approach and the subsequent derivation of MOE – values, a "Risk of low Concern" is indicated for the Austrian population respectively for population subgroups. However, a conducted worst-case-scenario indicates a potential concern for children and trainees health. Based on the results of the probabilistic modeling, the MOE-values for benzo[a]pyrene indicate a low concern for 95% of the women population and the elderly people. For men, children and trainees a low concern for consumer health is indicated at the 90th percentile estimates of dietary exposure. At the 95th percentile the MOEs are close to or less than 10,000, which indicates a potential concern. Regarding the PAH4 a "Risk of low Concern" is indicated for the whole population respectively for population subgroups.

7. LITERATURVERZEICHNIS

BARLOW, S.; RENWICK, A.G.; KLEINER, J.; BRIDGES, J.W.; BUSK, L.; DYBING, E.; EDLER, L.; EISENBRAND, G.; FINK-GREMMELS, J.; KNAAP, A.; KROES, R.; LIEM, D.; MÜLLER, D.J.G.; PAGE, S.; ROLLAND, V.; SCHLATTER, J.; TRITSCHER, A.; TUETING, W.; WÜRTZEN, G.: Risk assessment of substances that are both genotoxic and carcinogenic. Report of an International Conference organized by EFSA and WHO with support of ILSI Europe. Food and Chemical Toxicology 2006; 44: 1636 -1650.

BENFORD, D.; DINOVI, M.; WOODROW SETZER, R.: Application of the margin-of-exposure (MOE) approach to substances in food that are genotoxic and carcinogenic e.g.: Benzo(a)pyrene and polycyclic aromatic hydrocarbons. Food and Chemical Toxicology 2010; 48: S42 – S48.

CAC / CCCF (Codex Alimentarius Commission / Codex Committee on Contaminants in Food): Code of Practice for the Reduction of Contamination of Food with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) from Smoking and Direct Drying Processes. FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, CAC/RCP 68, 2009; 1-10.

CASELLA, G.; BERGER, R.L.: Statistical Inference 2nd. Duxbury. 2002.

CRUMP, K.S.: An improved procedure for low-dose carcinogenic risk assessment from animal data. J. Environ. Pathol.Toxicol. Oncol. 1984; 5: 339-348.

CULP, S.J.; GAYLOR, D.W.; SHELDON, W.G.; GOLDSTEIN, L.S.; BELAND, F.A.: A comparison of the tumours induced by coal tar and benzo[a]pyrene in a 2-year bioassay. Carcinogenesis 1998; 19: 117-124.

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J.: An Introduction to the Bootstrap. Chapman & Hall, 1994.

EFSA (European Food Safety Authority): Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to Exposure Assessments. The EFSA Journal 2005; 249; 1-26.

EFSA (European Food Safety Authority): Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to A Harmonized Approach for Risk Assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. The EFSA Journal 2005a; 282; 1-31.

EFSA (European Food Safety Authority): Guidance of the Scientific Committee on a request from EFSA related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment. The EFSA Journal 2006; 438; 1-54.

http://www.efsa.eu/en/science/sc_committee/sc_opinions.html

EFSA (European Food Safety Authority): Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. The EFSA Journal 2008; 724; 1-114.

EFSA (European Food Safety Authority): Guidance Document for the Use of the Concise European Food Consumption Database in Exposure Assessment. 2008a.

http://www.efsa.europa.eu/EFSA/General/Concise_database_guidance_document_and_annexes,2.pdf

EFSA (European Food Safety Authority): Scientific Report of EFSA. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. The EFSA Journal 2010; 8 (3): 1557; 1-96.

ELMADFA I, FREISLING H, NOWAK V, HOFSTÄDTER D, et al.: Österreichischer Ernährungsbericht 2008. 1. Auflage. Wien, März 2009.

Empfehlung der Kommission (2005/108/EG) vom 4. Februar 2005 über die genauere Ermittlung der Mengen von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in bestimmten Lebensmitteln. Abl. Nr. L 34 vom 08.02.2005, 43-45.

GIBNEY, M. J.; van der VOET, H.: Introduction to the Monte Carlo project and the approach to the validation of probabilistic models of dietary exposure to selected food chemicals. Food Additives and Contaminants, 2003. 20 / 1; S1 – S7.

HARRIS, R.R.; KANI, G.K.: On the Use of minimum Chi-square Estimation. Journal of the Royal Statistical Society Series D 1983; 32/4: 379 -394

Health Canada: Health Canada Human Health Risk Assessment for Priority Substances (Priority Substances List Assessment Report). 1994; ISBN 0-662-22126-5. Canada Communication Group, Ottawa, Canada.

HELSEL, D.R.: Nondetects and Data Analysis. Statistics for Censored Environmental Data. Wiley, 2005.

IARC (International Agency for Research on Cancer): Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1987. Supplement 7, International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. Lyon.

IGHRC (The Interdepartmental Group on Health Risks from Chemicals): Guidelines for good exposure assessment practice for human health effects on chemicals. Institute for Environment and Health, UK. 2004; 1-77.

IPCS (International Programme on Chemical Safety): Selected Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Environmental Health Criteria 202, 1998. World Health Organization, Geneva.

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

JUNGHANS, D.; KLOPP, R.; KURZ, R.; LEMKE, J.R.; LITZ, N.; OFFENBÄCHER, G.; RIPPEN, G.; SKARK, C.; ZULLEI - SEIBERT, N.: Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. Arbeitsbericht Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. KA-Abwasser, Abfall 2003; 50 / 2: 222-228.

KOSS, G.: Kohlenwasserstoffe. In: Lehrbuch der Toxikologie (Marquardt, H.; Schäfer, S.G.; Hrsg.), 2. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 2004; 380-388.

KROESE, E.D.; MULLER, J.J.A.; MOHN, G.R.; DORTANT, P.M.; WESTER, P.W.: Tumorigenic effects in Wistar rats orally administered benzo(a)pyrene for two years (gavage studies). Implications for human cancer risks associated with oral exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. National Institute of Public Health and the Environment, 2001. RIVM Report no. 658603 010, Bilthoven.

LOPEZ, A.; RUEDA, C.; ARMENTIA, A.; RODRIGUEZ, M.; CUERVO, L.; OCIO, J.A.: Validation and sensitivity analysis of a probabilistic model for dietary exposure assessment to pesticide residues with a Basque Country duplicate diet study. Food Additives and Contaminants 2003. 20 / 1: S87 – S101.

McLACHLAN, G. J.; KRISHNAN, T.: The EM Algorithm and Extensions. Wiley, 2008.

McNAMARA, C.; NADDY, B.; ROHAN, D.; SEXTON, J.: Design, development and validation of software for modelling dietary exposure to food chemicals and nutrients. Food Additives and Contaminants 2003. 20 / 1: S8 – S26.

MEKEL, O.C.L.; FEHR, R.: Use of Probabilistic Methods in Exposure Assessment in Germany. Ann. Occup. Hyg. 2001: 45 / 1001: S65 – S67.

MOSBACH - SCHULZ, O.: Methodische Aspekte probabilistischer Modellierung. Z. Umweltchem. Ökotox. 1999: 11 / 5: 292- 298.

MURI, S.D.; SCHLATTER, J.R.; BRÜSCHWEILER, B.J.: The benchmark dose approach in food risk assessment: Is it applicable and worthwhile? Food and Chemical Toxicology 2009. 47: 2906 – 2925.

NAU, H.; STEINBERG, P.; KIETZMANN, M.: Grundlagen der Risikoanalyse von Wirkstoffen in Lebensmitteln. In: Lebensmitteltoxikologie – Rückstände und Kontaminanten, Risiken und Verbraucherschutz (Nau H.; Steinberg P.; Kietzmann P.; Hrsg.), Blackwell Verlag GmbH, Berlin. Wien, 2003; 1 - 42.

NAU, H.; STEINBERG, P.; KIETZMANN, M.: Risiken durch Verarbeitung, Zubereitung und Verpackung von Lebensmitteln. In: Lebensmitteltoxikologie – Rückstände und Kontaminanten, Risiken und Verbraucherschutz (Nau H.; Steinberg P.; Kietzmann P.; Hrsg.), Blackwell Verlag GmbH, Berlin. Wien, 2003; 198 - 204.

NHMRC (National Health and Medical Research Council of Australia): Toxicity Assessment for Carcinogenic Soil Contaminants. Technical Working Party on Carcinogenic Risk Assessment for Soil Contaminants, 1999. National Health and Medical Research Council of Australia.

O'BRIEN, J.; RENWICK, A.G.; CONSTABLE, A.; DYBING, E.; MÜLLER, D.J.G.; SCHLATTER, J.; SLOB, W.; TUETING, W.; van BENTHEM, J.; WILLIAMS, G.M.; WOLFREYS, A.: Approaches to the risk assessment of genotoxic carcinogens in food: A critical appraisal. Food and Chemical Toxicology 2006. 44: 1613 – 1635.

Richtlinie 88/388/EWG des Rates vom 22. Juni 1988 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aromen zur Verwendung in Lebensmitteln und über Ausgangsstoffe für ihre Herstellung. Abl. Nr. L 184 vom 15.7.1988, 61-66.

ROBERT, C.P.; CASELLA, G.: Monte Carlo Statistical Methods 2nd ed, Springer. 2004.

SCF (Scientific Committee on Food): Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. 2002; 1-84. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/index_en.html

SCF (Scientific Committee on Food): ANNEX Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Occurrence in foods, dietary exposure and health effects. Background document to the Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. 2002; A1-A194. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/index_en.html

U.S. EPA (United States, Environmental Protection Agency): Guidance for health risk from exposure to chemical mixtures. U.S. Environmental Protection Agency, Federal Register 1986. 51, 34014.

U.S. EPA (United States, Environmental Protection Agency): Proposed Guidelines for Carcinogenic Risk Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, Federal Register 1996. 17960-18011.

U.S. EPA (United States, Environmental Protection Agency): Benchmark Dose Software (BMDS) Version 1.3.2. National Center for Environmental Assessment, 2004. United States, Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ncea/bmds.htm>.

Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit. Abl. Nr. L 031 vom 01.02.2002, 1 – 24.

Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Abl. Nr. L 364 vom 20.12.2006, 5-24.

Verordnung (EG) Nr. 333/2007 DER KOMMISSION vom 28. März 2007 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Kontrolle des Gehalts an Blei, Cadmium, Quecksilber, anorganischem Zinn, 3-MCPD und Benzo(a)pyren in Lebensmitteln. Abl. Nr. L 88 vom 29.3.2007, 29-38.

Verordnung (EU) Nr. 420/2011 DER KOMMISSION vom 29. April 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Abl. Nr. L 111 vom 30.4.2011, 3-6.

Verordnung (EU) Nr. 835/2011 DER KOMMISSION vom 19. August 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 im Hinblick auf Höchstgehalte an Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln. Abl. Nr. L 215 vom 20.8.2011, 4-8.

ANHANG

Tab.I.: BaP - Aufnahme von Frauen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
	mittel	mittel	hoch	hoch
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,07	4,97	8,40	0,07
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	0,55	2,09	10,00	0,55
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	0,06	0,08	0,17	0,06
Kakao und Kakaoerzeugnisse	1,44	4,49	13,36	1,44
Kerne und Samen	0,03	0,45	1,27	0,03
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	0,37	12,11	36,00	0,37
Meeresfischerzeugnisse	0,01	0,54	0,38	0,01
Nahrungsergänzungsmittel	0,00	0,05	0,15	0,00
Obsterzeugnisse	2,41	9,41	40,40	2,41
Pflanzliche Öle	0,82	4,44	9,83	0,82
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	1,54	7,78	20,00	1,54
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,00	0,64	1,12	0,00
Süßwasserfischerzeugnisse	0,12	25,33	41,50	41,50
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	2,06	5,17	14,24	2,06
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	16,60	42,53	103,54	103,54
GESAMT / Tag	26,08	120,08	300,4	154,40

Tab.II.: BaP - Aufnahme von Männern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
	mittel	mittel	hoch	hoch
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,06	4,73	6,98	0,06
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	0,57	1,78	7,26	0,57
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	0,06	0,09	0,19	0,06

Kakao und Kakaoerzeugnisse	1,34	5,67	18,00	1,34
Kerne und Samen	0,03	0,66	1,62	0,03
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	0,60	22,35	63,60	0,60
Meeresfischerzeugnisse	0,00	0,14	0,21	0,00
Nahrungsergänzungsmittel	0,00	0,06	0,12	0,00
Obsterzeugnisse	1,59	7,87	27,68	1,59
Pflanzliche Öle	0,76	4,66	9,83	0,76
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	3,09	14,18	40,00	3,09
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,00	0,58	0,60	0,00
Süßwasserfischerzeugnisse	0,28	73,33	116,00	116,00
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	1,22	4,56	14,24	1,22
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	41,80	68,65	178,44	178,44
GESAMT / Tag	51,42	209,31	484,77	303,78

Tab.III.: BaP - Aufnahme von Kindern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
		mittel	mittel	
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,02	2,51	4,08	0,02
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	0,16	0,95	3,82	0,16
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	0,00	0,02	0,05	0,00
Kakao und Kakaoerzeugnisse	11,24	19,83	52,80	11,24
Kerne und Samen	0,02	0,39	0,99	0,02
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	0,14	6,26	29,28	0,14
Meeresfischerzeugnisse	0,00	0,30	1,08	0,00
Nahrungsergänzungsmittel	0,00	0,04	0,05	0,00
Obsterzeugnisse	2,55	8,55	21,83	2,55
Pflanzliche Öle	0,45	2,78	5,49	0,45
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	1,13	6,14	15,01	1,13
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,00	0,89	1,51	0,00
Süßwasserfischerzeugnisse	0,04	24,00	40,00	40,00

Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	1,15	3,48	8,73	1,15
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	18,76	35,02	95,44	95,44
GESAMT / Tag	35,66	111,16	280,2	152,31

Tab.IV.: BaP - Aufnahme von Jugendlichen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
	mittel	mittel	hoch	hoch
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,04	0,08	0,00	0,04
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	0,73	1,29	6,00	0,73
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	0,02	0,06	0,14	0,02
Kakao und Kakaoerzeugnisse	6,82	17,25	60,00	6,82
Kerne und Samen	0,02	0,54	1,00	0,02
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	0,34	9,60	15,60	0,34
Meeresfischerzeugnisse	0,00	0,06	0,50	0,00
Nahrungsergänzungsmittel	0,00	0,05	0,08	0,00
Obsterzeugnisse	1,96	20,42	71,72	1,96
Pflanzliche Öle	0,72	2,78	6,14	0,72
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	0,74	9,12	30,00	0,74
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,00	0,31	0,56	0,00
Süßwasserfischerzeugnisse	0,31	36,28	60,00	60,00
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	3,66	7,34	18,98	3,66
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	35,88	61,48	153,60	153,60
GESAMT / Tag	51,24	166,66	424,3	228,65

Tab.V.: BaP- Aufnahme von SeniorInnen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
	mittel	mittel	hoch	hoch
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	–	–	–	–
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	0,73	3,21	10,00	0,73
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	0,08	0,09	0,19	0,08
Kakao und Kakaoerzeugnisse	1,89	7,66	30,00	1,89
Kerne und Samen	0,04	0,51	1,20	0,04
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	0,32	14,51	30,00	0,32
Meeresfischerzeugnisse	0,02	0,81	4,19	0,02
Nahrungsergänzungsmittel	0,00	0,04	0,05	0,00
Obsterzeugnisse	8,40	12,08	25,20	8,40
Pflanzliche Öle	0,30	4,45	7,22	0,30
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	1,76	6,57	18,00	1,76
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,00	0,65	0,80	0,00
Süßwasserfischerzeugnisse	0,24	26,69	34,50	34,50
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	1,94	4,57	11,39	1,94
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	18,71	43,34	104,18	104,18
GESAMT / Tag	34,43	125,18	276,92	154,16

Tab.VI.: PAK4 - Aufnahme von Frauen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
	mittel	mittel	hoch	hoch
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	1,14	80,76	136,50	1,14
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	4,39	16,70	80,00	4,39
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	10,21	13,30	27,76	10,21
Kakao und Kakaoerzeugnisse	8,40	26,20	78,06	8,40
Kerne und Samen	0,47	6,14	17,43	0,47

Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	6,40	211,18	627,90	627,90
Meeresfischerzeugnisse	0,06	3,70	2,62	0,06
Nahrungsergänzungsmittel	0,03	3,64	11,58	0,03
Obsterzeugnisse	15,01	58,58	251,56	15,01
Pflanzliche Öle	7,56	41,00	90,72	7,56
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	7,71	39,08	100,40	7,71
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,12	15,75	27,74	0,12
Süßwasserfischerzeugnisse	0,42	91,83	150,44	150,44
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	3,23	8,12	22,37	3,23
GESAMT / Tag	65,15	615,98	1625,08	836,67

Tab.VII.: PAK4 - Aufnahme von Männern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			EFSA Ansatz
	Kollektiv	User		
	mittel	mittel	hoch	
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,99	76,87	113,49	0,99
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	4,59	14,23	58,06	4,59
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	10,71	14,15	31,73	10,71
Kakao und Kakaoerzeugnisse	7,84	33,11	105,15	7,84
Kerne und Samen	0,46	9,01	22,33	0,46
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	10,51	389,88	1109,29	1109,29
Meeresfischerzeugnisse	0,01	0,94	1,46	0,01
Nahrungsergänzungsmittel	0,03	4,51	9,37	0,03
Obsterzeugnisse	9,91	49,01	172,33	9,91
Pflanzliche Öle	6,98	42,98	90,72	6,98
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	15,50	71,16	200,80	15,50
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,04	14,36	14,80	0,04
Süßwasserfischerzeugnisse	1,03	265,83	420,50	420,50
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	1,92	7,16	22,37	1,92
GESAMT / Tag	70,52	993,20	2372,40	1588,75

Tab.VIII.: PAK4 - Aufnahme von Kindern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
	mittel	mittel	hoch	hoch
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,31	40,76	66,30	0,31
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	1,27	7,62	30,55	1,27
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	0,12	4,05	8,20	0,12
Kakao und Kakaoerzeugnisse	65,68	115,84	308,44	308,44
Kerne und Samen	0,28	5,37	13,60	0,28
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	2,43	109,25	510,69	510,69
Meeresfischerzeugnisse	0,02	2,08	7,35	0,02
Nahrungsergänzungsmittel	0,00	3,23	3,80	0,00
Obsterzeugnisse	15,87	53,24	135,90	15,87
Pflanzliche Öle	4,14	25,70	50,69	4,14
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	5,67	30,80	75,36	5,67
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,03	22,06	37,26	0,03
Süßwasserfischerzeugnisse	0,16	87,00	145,00	0,16
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	1,81	5,47	13,72	1,81
GESAMT / Tag	97,79	512,47	1406,86	848,81

Tab.IX.: PAK4 - Aufnahme von Jugendlichen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			
	Kollektiv	User		EFSA Ansatz
	mittel	mittel	hoch	hoch
Fertiggerichte sterilisiert oder tiefgekühlt	0,67	1,29	0,00	0,67
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	5,88	10,32	48,00	5,88
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	2,68	9,84	23,80	2,68
Kakao und Kakaoerzeugnisse	39,84	100,74	350,50	39,84
Kerne und Samen	0,22	7,41	13,75	0,22
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	5,86	167,52	272,09	272,09
Meeresfischerzeugnisse	0,01	0,39	3,42	0,01
Nahrungsergänzungsmittel	0,01	3,8	6,33	0,01

Obsterzeugnisse	12,21	127,17	446,51	12,21
Pflanzliche Öle	6,66	25,63	56,66	6,66
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	3,73	45,76	150,60	3,73
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,01	7,59	13,76	0,01
Süßwasserfischerzeugnisse	1,13	131,52	217,50	217,50
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	5,76	11,53	29,82	5,76
GESAMT / Tag	84,67	650,51	1632,74	567,27

Tab.X.: PAK4 - Aufnahme von SeniorInnen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Aufnahme in ng/Tag			EFSA Ansatz
	Kollektiv	User		
		mittel	mittel	
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	5,85	25,70	80,00	5,85
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	13,35	15,27	31,73	13,35
Kakao und Kakaoerzeugnisse	11,03	44,77	175,25	11,03
Kerne und Samen	0,50	7,06	16,50	0,50
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	5,61	253,04	523,25	523,25
Meeresfischerzeugnisse	0,14	5,56	28,64	0,14
Nahrungsergänzungsmittel	0,13	3,25	3,86	0,13
Obsterzeugnisse	52,30	75,18	156,90	52,30
Pflanzliche Öle	2,81	41,08	66,67	2,81
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	8,85	32,97	90,36	8,85
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	0,06	16,04	19,80	0,06
Süßwasserfischerzeugnisse	0,86	96,76	125,06	125,06
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	3,05	7,18	17,89	3,05
GESAMT / Tag	104,54	623,86	1335,91	746,38

Tab.XI.: BaP - Aufnahme von Frauen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0864	0,0757	0,0983
	User	0,0129	0,0122	0,0137	0,3978	0,3681	0,4300
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0001	0,0485	0,0434	0,0538
	User	< 0,0001	0,0000	0,0001	0,0666	0,0606	0,0734
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1873	0,1755	0,2014
	User	0,0459	0,0441	0,0476	0,4048	0,3854	0,4251
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0012	0,0025
	User	0,0041	0,0038	0,0043	0,0615	0,0578	0,0652
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0674	0,0619	0,0733	2,6687	2,4983	2,8543
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0021	0,0019	0,0023	0,1522	0,1344	0,1715
Obsterzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,2380	0,2039	0,2810
	User	0,0213	0,0199	0,0230	2,2285	1,9718	2,4840
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1555	0,1398	0,1716
	User	0,0578	0,0553	0,0604	0,6054	0,5764	0,6366
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,2941	0,2459	0,3526
	User	0,0403	0,0371	0,0436	3,0949	2,8356	3,3685
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0049	0,0044	0,0054	0,5287	0,4842	0,5766
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,2130	0,2030	0,2230	4,6670	4,3180	5,0450
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1655	0,1567	0,1751
	User	0,0458	0,0445	0,0470	0,2799	0,2690	0,2914
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	4,4190	4,0970	4,8010
	User	0,5000	0,4700	0,5310	9,2440	8,7490	9,7880

Tab.XII.: BaP - Aufnahme von Männern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0790	0,0715	0,0874
	User	0,0107	0,0101	0,0112	0,2461	0,2287	0,2641

Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0001	0,0385	0,0343	0,0429
	User	< 0,0001	0,0000	0,0001	0,0538	0,0490	0,0591
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1277	0,1169	0,1392
	User	0,0361	0,0346	0,0378	0,4036	0,3820	0,4265
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0003
	User	0,0055	0,0052	0,0058	0,0684	0,0647	0,0721
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,1174	0,1088	0,1266	4,1595	3,9040	4,4522
Meeresfisch-erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0015	0,0013	0,0016	0,0625	0,0568	0,0685
Obsterzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0918	0,0767	0,1110
	User	0,0133	0,0124	0,0143	1,3999	1,2493	1,5731
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1094	0,0978	0,1215
	User	0,0491	0,0471	0,0513	0,4776	0,4539	0,5023
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,4470	0,3761	0,5330
	User	0,0456	0,0419	0,0496	4,1799	3,8050	4,5842
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0049	0,0044	0,0054	0,3645	0,3337	0,3959
Süßwasserfisch-erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,4310	0,4100	0,4530	9,9400	9,1440	10,7870
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0826	0,0770	0,0881
	User	0,0312	0,0303	0,0320	0,1926	0,1842	0,2013
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	Kollektiv	0,0350	0,0270	0,0440	8,0490	7,5360	8,5870
	User	0,5930	0,5580	0,6300	11,5000	10,8880	12,1280

Tab.XIII.: BaP - Aufnahme von Kindern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0405	0,0363	0,0451
	User	0,0044	0,0042	0,0047	0,1054	0,0975	0,1144
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	User	< 0,0001	0,0000	0,0001	0,0160	0,0144	0,0176
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,1166	0,1086	0,1253	1,8692	1,7812	1,9664
	User	0,2355	0,2252	0,2460	2,1354	2,0333	2,2365
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0048	0,0040	0,0056
	User	0,0028	0,0026	0,0029	0,0348	0,0330	0,0366

Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
	User	0,0188	0,0173	0,0203	0,9269	0,8529	1,0080
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0008	0,0007	0,0009	0,0754	0,0662	0,0853
Obsterzeugnisse	Kollektiv	0,0009	0,0006	0,0012	0,9604	0,8411	1,0965
	User	0,0237	0,0222	0,0253	2,1356	1,9082	2,3734
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1361	0,1266	0,1456
	User	0,0230	0,0220	0,0241	0,2552	0,2424	0,2683
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,5648	0,4957	0,6388
	User	0,0235	0,0217	0,0256	1,8483	1,7002	2,0108
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0038	0,0035	0,0042	0,3255	0,2967	0,3550
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,1290	0,1220	0,1360	3,9820	3,6300	4,3360
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0033	0,0019	0,0045	0,1316	0,1259	0,1381
	User	0,0334	0,0325	0,0344	0,1819	0,1747	0,1890
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	Kollektiv	0,1930	0,1750	0,2100	7,4250	6,9700	7,8970
	User	0,4170	0,3940	0,4440	8,6010	8,1230	9,0810

Tab.XIV.: BaP - Aufnahme von Jugendlichen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht- Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1317	0,1207	0,1445
	User	0,0062	0,0057	0,0067	0,2263	0,2089	0,2442
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	0,0034	0,0058
	User	< 0,0001	0,0000	0,0001	0,0484	0,0438	0,0531
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,8634	0,8136	0,9143
	User	0,1822	0,1752	0,1894	1,5302	1,4603	1,6002
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0056	0,0053	0,0059	0,0733	0,0694	0,0772
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0799	0,0740	0,0860	2,1809	2,0614	2,3032
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	< 0,0001	0,0000	0,0000	0,0169	0,0143	0,0198
Obsterzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0650	0,0476	0,0850
	User	0,0704	0,0661	0,0750	5,7040	5,1248	6,3784
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1373	0,1260	0,1491
	User	0,0373	0,0356	0,0390	0,3735	0,3542	0,3924
Pökel- und Räucherfleisch	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0145	0,0082	0,0235

(ausgenommen Wild, Geflügel)	User	0,0362	0,0333	0,0392	3,2990	3,0000	3,6051
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0024	0,0022	0,0027	0,2099	0,1917	0,2298
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,3240	0,3100	0,3400	6,4210	5,9320	6,9240
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0018	0,0000	0,0052	0,2677	0,2557	0,2809
	User	0,0660	0,0642	0,0679	0,3789	0,3646	0,3935
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	Kollektiv	0,0240	0,0170	0,0320	8,8030	8,2230	9,4210
	User	0,7190	0,6800	0,7630	12,9420	12,2440	13,7230

Tab.XV.: BaP - Aufnahme von SeniorInnen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0004	0,0003	0,0006	0,1189	0,1103	0,1285
	User	0,0105	0,0099	0,0112	0,2003	0,1877	0,2140
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0001	0,0567	0,0514	0,0624
	User	< 0,0001	0,0000	0,0001	0,0605	0,0551	0,0667
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1881	0,1744	0,2036
	User	0,0201	0,0193	0,0210	0,3287	0,3116	0,3476
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	0,0039	0,0052
	User	0,0017	0,0015	0,0018	0,0224	0,0212	0,0237
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0017
	User	0,0319	0,0294	0,0345	1,0320	0,9736	1,0960
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002
	User	0,0008	0,0007	0,0009	0,0941	0,0827	0,1061
Obsterzeugnisse	Kollektiv	0,0173	0,0160	0,0186	1,9221	1,7064	2,1462
	User	0,0260	0,0244	0,0278	2,2244	1,9894	2,4785
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0486	0,0437	0,0536
	User	0,0210	0,0201	0,0219	0,1933	0,1848	0,2026
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,5215	0,4668	0,5829
	User	0,0110	0,0101	0,0119	0,9854	0,8971	1,0725
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0017	0,0015	0,0019	0,1342	0,1227	0,1461
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0850	0,0810	0,0900	1,6540	1,5380	1,7870
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0044	0,0036	0,0053	0,1099	0,1049	0,1151
	User	0,0272	0,0264	0,0280	0,1490	0,1436	0,1549
Würste (ausgenommen Geflügelwürste, Konserven)	Kollektiv	0,0790	0,0710	0,0880	3,7540	3,5180	3,9700
	User	0,2390	0,2250	0,2540	4,5170	4,2730	4,7870

Tab.XVI.: PAK4 - Aufnahme von Frauen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,2262	1,0800	1,3950
	User	0,1783	0,1696	0,1876	5,6446	5,2401	6,0703
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,1152	0,1112	0,1191	0,6779	0,6499	0,7051
	User	0,1657	0,1619	0,1694	0,7654	0,7381	0,7962
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,2178	1,1463	1,3004
	User	0,3109	0,3004	0,3220	2,5292	2,4128	2,6422
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0355	0,0277	0,0441
	User	0,0623	0,0601	0,0644	0,5332	0,5070	0,5590
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	1,8150	1,7274	1,9103	27,6747	26,0120	29,2839
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0171	0,0164	0,0178	0,2914	0,2538	0,3352
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,2175	1,1056	1,3301
	User	0,5542	0,5370	0,5729	4,5247	4,2921	4,7557
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,4639	1,3154	1,6110
	User	0,5455	0,5247	0,5649	6,0110	5,6782	6,3619
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,3037	0,2911	0,3167	3,7489	3,5383	3,9632
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	1,6120	1,5601	1,6672	14,2792	13,5364	15,0792
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,2874	0,2725	0,3028
	User	0,0872	0,0851	0,0893	0,4646	0,4482	0,4805

Tab.XVII.: PAK4 - Aufnahme von Männern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,1644	1,0519	1,2898
	User	0,1468	0,1402	0,1538	3,3710	3,1765	3,5988
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0894	0,0862	0,0926	0,5619	0,5385	0,5874
	User	0,1325	0,1293	0,1355	0,6409	0,6160	0,6653
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,8397	0,7689	0,9135
	User	0,2450	0,2346	0,2550	2,5355	2,4075	2,6776
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0000	0,0151
	User	0,0842	0,0817	0,0870	0,5850	0,5611	0,6091
Konserven Fische/	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	User	3,0900	2,9506	3,2434	43,2302	40,8626	45,5502
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0127	0,0123	0,0132	0,0900	0,0856	0,0943
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,8610	0,7806	0,9433
	User	0,4593	0,4448	0,4736	3,6318	3,4329	3,8227
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	2,1705	1,9466	2,3826
	User	0,6556	0,6298	0,6795	8,6798	8,1292	9,2236
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,2514	0,2428	0,2601	2,3664	2,2367	2,5021
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	3,2804	3,1622	3,3976	30,8625	29,1266	32,5858
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,1471	0,1377	0,1569
	User	0,0583	0,0570	0,0598	0,3202	0,3079	0,3327

Tab.XVIII.: PAK4 - Aufnahme von Kindern über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,5775	0,5256	0,6354
	User	0,0627	0,0599	0,0656	1,3975	1,3017	1,5040
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	0,0000	0,0108
	User	0,0383	0,0373	0,0393	0,2063	0,1980	0,2147
Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,7977	0,7400	0,8570	11,7527	11,2485	12,2897
	User	1,6149	1,5434	1,6895	13,2914	12,7428	13,8410
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0666	0,0594	0,0740
	User	0,0452	0,0434	0,0467	0,2852	0,2740	0,2959
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0180	0,0000	0,0481
	User	0,4863	0,4638	0,5115	10,9003	10,0379	11,8082
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0060	0,0057	0,0062	0,2283	0,2010	0,2580
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,0088	0,9394	1,0784
	User	0,2216	0,2140	0,2293	1,8961	1,7992	1,9984
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,7106	1,5801	1,8437
	User	0,3214	0,3087	0,3334	3,6548	3,4412	3,8852
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,2034	0,1960	0,2109	2,2460	2,1211	2,3834
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,9403	0,9020	0,9780	13,8940	13,0510	14,7552
Tee und teeähnliche	Kollektiv	0,0099	0,0068	0,0127	0,2214	0,2122	0,2303

Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	User	0,0647	0,0630	0,0665	0,2966	0,2867	0,3073
------------------------------------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tab.XIX.: PAK4 - Aufnahme von Jugendlichen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,8838	1,7312	2,0517
	User	0,0787	0,0721	0,0856	3,1127	2,8966	3,3421
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,2763	0,2603	0,2924
	User	0,1180	0,1151	0,1209	0,5910	0,5659	0,6166
Kakao und Kakaoyerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	5,5556	5,2319	5,9088
	User	1,2326	1,1859	1,2777	9,5230	9,1086	9,9605
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0862	0,0831	0,0892	0,6173	0,5901	0,6440
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	2,0742	1,9857	2,1687	21,5559	20,6031	22,6000
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	< 0,0001	0,0000	0,0000	0,0799	0,0713	0,0890
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,0378	0,9579	1,1174
	User	0,3461	0,3353	0,3564	2,8054	2,6681	2,9568
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,3137	0,2471	0,3870
	User	0,4895	0,4692	0,5096	7,1152	6,6705	7,5860
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,1257	0,1212	0,1306	1,5181	1,4275	1,6171
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	2,4398	2,3687	2,5140	18,8939	17,9694	19,9240
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0071	0,0000	0,0165	0,4562	0,4361	0,4756
	User	0,1276	0,1242	0,1310	0,6221	0,6011	0,6440

Tab.XX.: PAK4 - Aufnahme von SeniorInnen über einzelne Warengruppen

Warengruppe	Bevölkerung	Aufnahme in ng/kg KG					
		median	KIV lower	KIV upper	P95	KIV lower	KIV upper
Gemüse-, Kartoffel- und Hülsenfrucht-Erzeugnisse	Kollektiv	0,0037	0,0023	0,0052	1,7346	1,6234	1,8517
	User	0,1382	0,1303	0,1463	2,6769	2,5375	2,8158
Kaffee und Kaffee-Ersatz und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,1438	0,1402	0,1476	0,6557	0,6317	0,6800
	User	0,1546	0,1508	0,1583	0,6713	0,6476	0,6954

Kakao und Kakaoerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	1,2242	1,1400	1,3145
	User	0,1342	0,1287	0,1395	2,0903	1,9805	2,2019
Kerne und Samen	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0556	0,0507	0,0608
	User	0,0268	0,0258	0,0277	0,1844	0,1762	0,1934
Konserven Fische/ Schalen-/ Krusten-/ Weich-/ sonstige Tiere	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0957	0,0357	0,1747
	User	0,8432	0,8043	0,8834	10,3784	9,8291	10,9110
Meeresfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0004	0,0017
	User	0,0064	0,0061	0,0067	0,3059	0,2727	0,3387
Pflanzliche Öle	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,3795	0,3458	0,4164
	User	0,1940	0,1881	0,1998	1,4514	1,3798	1,5183
Pökel- und Räucherfleisch (ausgenommen Wild, Geflügel)	Kollektiv	0,0248	0,0218	0,0279	1,3398	1,2470	1,4447
	User	0,1555	0,1495	0,1619	2,0207	1,8959	2,1421
Schalen, Krusten-, Weichtiere und Erzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,0877	0,0846	0,0909	0,9021	0,8502	0,9567
Süßwasserfischerzeugnisse	Kollektiv	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	User	0,6425	0,6233	0,6609	4,8115	4,5665	5,0669
Tee und teeähnliche Erzeugnisse und Erzeugnisse daraus	Kollektiv	0,0114	0,0097	0,0130	0,1836	0,1764	0,1914
	User	0,0529	0,0515	0,0543	0,2430	0,2342	0,2528

CURRICULUM VITAE

Persönliche Daten

Name: Mag. Daniela Hofstädter
Geburtsdatum: 07.04.1976
Familienstand: verheiratet, 1 Kind
Privatadresse: Inzersdorferstraße 111 / 1/ 11, 1100 Wien

Ausbildung

1982 – 1986 Volksschule in Frankenu, Burgenland
1986 – 1994 Gymnasium in Oberpullendorf, Burgenland
1994 – 2002 Diplomstudium der Ernährungswissenschaften an der
Universität Wien, Institut für Ernährungswissenschaften

Diplomarbeit:

„Das Französische Paradoxon – In vino sanitas oder die andere
Hälfte der Wahrheit?“ (2001)

Beschäftigung

2002 - 2003
Ernährungsberatung auf freiberuflicher Basis

seit März 2004 - laufend

Bereich Daten, Statistik und Risikobewertung der Österreichischen Agentur für
Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Wien

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Risikobewertung mit
Schwerpunkt chemische Kontaminanten und Lebensmittelsicherheit;
Erstellung und Durchführung von Risikobewertungen und
wissenschaftlichen Stellungnahmen; Leitung bzw. Mitarbeit diverser
Projekte zum Thema Lebensmittelsicherheit; Vertretung in nationalen
Gremien (Codex Alimentarius Austriacus) und diversen Arbeitsgruppen;

Vertretung in internationalen Gremien (Expert Meeting of Industrial and Environmental Contaminants in Food, Codex Committee on Contaminants in Food);

seit Jänner 2007 Leiterin der Abteilung Risikobewertung
Oktober 2010 – Mai 2012 Elternkarenz

Zusatzqualifikationen

2006 – 2008 Absolvierung eines Führungskräfteentwicklungsprogramms in der AGES mit interner TrainerInnenqualifizierung

2006 – 2010 Toxikologiekurse der Deutschen Gesellschaft für Pharmakologie und Toxikologie (DGPT):

Lebensmitteltoxikologie, Fremdstoffmetabolismus/Toxikokinetik,
Grundlagen der Organtoxikologie und – pathologie I und II,
Molekulare Zelltoxikologie, Fremstoffallergie/Immuntoxikologie

Mag. Daniela Hofstädter

Wien, 19. April 2012