**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 82 (1991)

**Heft:** 1

**Artikel:** Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Nahrung und auf ausgewählten Gemüseproben in Österreich = Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in food and on selected samples of vegetables in Austria

**Autor:** Pfannhauser, W.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-982406

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 09.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **82**, 66–79 (1991)

*W. Pfannhauser*, Forschungsinstitut der Ernährungswirtschaft, Wien

# Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Nahrung und auf ausgewählten Gemüseproben in Österreich

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Food and on Selected Samples of Vegetables in Austria

## Einleitung

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in unserer Umwelt haben weitaus überwiegend ihre Ursache in menschlichen Aktivitäten. Grundsätzlich bringt jeder unvollständige Verbrennungsprozess Verbindungen dieses Typs in unterschiedlicher Zusammensetzung in die Umwelt. Das Muster der PAK-Belastung hängt von der Art des Emittenten und den Verbrennungsbedingungen ab.

Als Hauptquellen für die Emission von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen sind vor allem Beheizung mit und Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen in Haushalt und Industrie zu nennen, weiters Hochöfen und Kokereien, Abfallverbrennung und Kraftfahrzeugverkehr. Ebenso ist aber Zigaretten- und Zigarrenrauch eine Quelle für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.

Nach einer klassischen amerikanischen Studie (1) sind nachstehend die wichtigsten Emissionsquellen angeführt:

- Heizung (Hausbrand), kalorische Kraftwerke
- industrielle Immissionen (Kokereien, Hochöfen)
- Müllverbrennung; Flächenabbrand (Stroh u. ä.)
- Kraftfahrzeuge (Dieselmotoren)

Dazu ist anzumerken, dass bei Kraftfahrzeugemissionen die stark auf die Nähe zu Autostrassen konzentrierte Belastung, die lokal sehr massiv sein kann, berücksichtigt werden muss.

Tabelle 1 gibt quantitative Daten über die z. T. massiven Emissionen einiger Hauptquellen für die Belastung mit Benzo(a)pyren, einer vielfach als «Leitsubstanz» herangezogenen Verbindung aus der Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe wieder.

Daraus ist auch ersichtlich, dass lokal starke Belastungen entstehen können, so z. B. nächst stark befahrenen Autostrassen oder in der Nähe von industriellen,

*Tabelle 1.* Ausstoss von Benzo(a)pyren durch verschiedene Verursacher

| | | Literatur |
|---|---|---|
| Benzinmotor | 10– 120 µg/min | (2) |
| Dieselmotor | 876–1687 µg/min | (3) |
| Müllverbrennungsanlage (ungereinigt) | 27 000 µg/m$^3$ | (4) |
| (gereinigt) | 6 µg/m$^3$ | (4) |

gewerblichen aber auch privaten Kohlenfeuerungen sowie nächst Müllverbrennungsanlagen.

Eine Untersuchung von Sedimenten auf ihr Konzentrationsprofil hinsichtlich PAK ergab eine der Industrialisierung parallel laufende Zunahme (5), womit die anthropogene Ursache der Kontamination ebenfalls belegt ist.

Im Zusammenhang mit der PAK-Belastung von Lebensmitteln ist das Räuchern und Grillen von Fleischwaren zu nennen, bei dem in Abhängigkeit von der Art und Führung des Verbrennungsprozesses z. T. erhebliche PAK-Mengen entstehen können.

Pflanzliche Lebensmittel, insbesondere im Freiland, sind der allgemeinen Emission von PAKs ausgesetzt. PAK lagern sich über die Partikelphase in Abhängigkeit von der Beschaffenheit und Grösse der Oberfläche ab.

Die Verteilung der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe in der Umwelt und ihr Vorkommen in Lebensmitteln wird durch die Sedimentationsweise der in der Partikelphase des Rauchs enthaltenen Substanzen bestimmt. Abhängig von der Grösse der Partikel kommt es zu Ablagerungen der Teilchen in der näheren oder weiteren Umgebung der Emissionsquelle.

Grosse Partikel sedimentieren rascher, kleinere Partikel von 1 Mikrometer und weniger können je nach klimatischen Bedingungen über Tage und Wochen in der Atmosphäre verweilen und mit Luftströmungen über weite Strecken transportiert werden.

Ausbreitungen von PAK-Emissionen mit dem Wind können über Hunderte Kilometer auch ohne wesentliche Verteilung erfolgen. Niederschläge führen erwartungsgemäss zu einer raschen Deponierung der Partikel und damit zur erwähnten Ablagerung auf z. B. Nahrungsmittelpflanzen. Heute wird häufig ein Muster von mehreren relevanten Substanzen quantitativ bestimmt, um daraus das Ausmass einer möglichen Gefährdung der Gesundheit abzuschätzen.

Eine Reihe von Verbindungen aus dieser Stoffklasse ist als potentiell kanzerogen eingestuft. Das toxische Potential der Verbindungen wird durch Expertengremien der WHO, der Internationalen Agentur für Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer, IARC) in Lyon bewertet (6–8).

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass in Fachkreisen keine völlig einhellige Meinung über die Bewertung der toxischen Wirkung der PAKs besteht. Es wird darauf verwiesen, dass die Art der Aufnahme von PAK, z. B. pulmonal, mit der

Nahrung oder Applikation auf der Haut zu erheblichen Unterschieden in der kanzerogenen Wirkung führen kann.

## Problemstellung

Im Rahmen einer Untersuchung verzehrfertiger Nahrung sollte erstmals in Österreich die Belastung mit PAK im Vergleich zu anderen Ländern ermittelt werden.

Derartige «Duplicate Diet Studies», wie sie von uns schon bei der Ermittlung der Schwermetallaufnahme durchgeführt wurden (9), geben einen Überblick über die Gesamtaufnahme und erlauben daneben auch die Abschätzung, welche Mahlzeiten bzw. welche Gruppen von Lebensmitteln zu einer stark erhöhten Aufnahme beitragen.

Für die stichprobenmässige Untersuchung der Standortbelastung von Nahrungsmittelpflanzen wurden Petersilie und Häuptelsalat ausgewählt. Petersilie kann als «Indikatorpflanze» betrachtet werden, da sie aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit Stäube besonders stark zurückhält. Salat wurde wegen seines hohen Anteils am Gemüsekonsum untersucht.

Ziel war es, die PAK-Deposition sowohl in Ballungsräumen mit Hausbrand wie auch in verkehrsnahen und industrienahen Gebieten mit der Belastung in ländlichen, industriefernen Gegenden stichprobenartig zu vergleichen, um tendenziell Hinweis über Ausmass und Grösse der Belastung zu erhalten.

## Experimentelles

### *Probennahme*

Für die «Duplicate Diet Study» wurde die gesamte Nahrung von 10 Freiwilligen in der ersten Oktoberwoche 1989 gesammelt und je Proband als jeweils gepoolte Tagesprobe analysiert. Ein Protokoll der aufgenommenen Nahrung nach Art und Menge wurde angefertigt. Insgesamt 40 Gemüseproben (Petersilie und Häuptelsalat) wurden auf den Feldern gezogen. Die Sammelorte wurden willkürlich ausgewählt. Es wurde darauf geachtet, Proben aus Hauptgemüseanbaugebieten sowohl in der Nähe von Ballungszentren, Industrieanlagen und Autostrassen als auch aus industrie- und verkehrsfernen Gegenden einzubeziehen.

Alle Proben wurden entweder sofort nach der Probenziehung analysiert oder nach Einlangen im Labor tiefgefroren.

*Tabelle 2.* Nachweisgrenzen für die Bestimmung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe für Diät- und Gemüseuntersuchungen

| | Angaben in ng/g Probeneinwaage | |
|---|---|---|
| | Nahrungsproben | Gemüseproben |
| Anthracen | 0,035 | 0,09 |
| Phenanthren | 0,33 | 0,89 |
| Benzo(a)anthracen | 0,017 | 0,045 |
| Chrysen | 0,028 | 0,075 |
| Fluoranthen | 0,038 | 0,1 |
| Pyren | 0,025 | 0,065 |
| Benzo(b)fluoranthen | 0,05 | 0,15 |
| Benzo(j)fluoranthen | 0,03 | 0,08 |
| Benzo(k)fluoranthen | 0,025 | 0,07 |
| Benzo(a)pyren | 0,015 | 0,039 |
| Perylen | 0,004 | 0,01 |
| Indeno(1, 2, 3-cd)pyren | 0,025 | 0,07 |
| Benzo(ghi)perylen | 0,015 | 0,039 |
| Anthanthren | 0,0015 | 0,0035 |
| Dibenz(a,h)anthracen | 0,015 | 0,04 |
| Coronen | 0,0015 | 0,004 |

*Tabelle 3.* Analysenschema

| | Gepoolte Tagesdiät | Gemüse |
|---|---|---|
| Aufschluss | Verseifung 2 N KOH in Methanol/Wasser (9+1) am Rückfluss | Methanol (Ultraschall) |
| Extraktion | n-Pentan | Cyclohexan in n-Pentan überführen |
| Flüssig-flüssig-Verteilung | Propylencarbonat | |
| Verseifung | 6% NaOH | |
| Rückextraktion | n-Pentan | |
| Säulenchromatographische Reinigung | $Al_2O_3$/Kieselgel Makrosäule<br>Eluens: n-Pentan | |
| Dünnschichtchromatographie | Acetylzellulose-Platte | |
| Auswertung | «in situ» Fluoreszenzmessung<br>mit EDV-unterstützter Datenauswertung | |

## *Analytische Methode*

Im folgenden ist die Methode in ihren prinzipiellen Grundzügen beschrieben. Ins einzelne gehende Darstellungen der Extraktion, Säulenreinigung und Bestimmung finden sich in (10–12).

Nach einem für fetthaltige Lebensmittel (z. B. gepoolte Tagesproben, Fisch, Käse, Öle) erforderlichen Aufschluss mit methanolischer Kalilauge erfolgt die Flüssig-flüssig-Verteilung, gefolgt von einer säulenchromatographischen Reinigung über eine Aluminiumoxid/Kieselgel-Makrosäule.

Das eingeengte Konzentrat wird auf einer Acetylcellulose-Platte im Laufmittel Azeton/Ethanol/Wasser (25+60+15) getrennt. Die Auswertung erfolgt durch direkte Fluoreszenzmessung mittels eines Chromatogrammspektralphotometers. Ein Vorteil dieser Methode ist neben den niedrigen Nachweisgrenzen (siehe Tabelle 2) die Möglichkeit, nicht völlig getrennte Banden über ihre unterschiedlichen Anregungs- bzw. Fluoreszenzspektren zu bestimmen.

*Tabelle 4.* Zusammenstellung der untersuchten 16 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe
Gruppeneinteilung nach (6–8)

| | Abkürzung |
|---|---|
| – Benzo(a)anthracen | BaA |
| – Benzo(b)fluoranthen | BbF |
| – Benzo(j)fluoranthen | BjF |
| – Benzo(k)fluoranthen | BkF |
| – Benzo(a)pyren | BaP |
| – Indeno(1, 2, 3-cd)pyren | Ind |
| – Dibenz(a, h)anthracen | DBA |
| – Chrysen | Chr |
| – Fluoranthen | Flu |
| – Pyren | Pyr |
| – Anthanthren | Att |
| – Anthracen | Ant |
| – Phenanthren | Phe |
| – Perylen | Per |
| – Coronen | Cor |
| – Benzo(ghi)perylen | BPe |

Tabelle 3 gibt einen Überblick über das Analysenschema. Tabelle 2 zeigt die ermittelten Nachweisgrenzen für die Bestimmung von PAKs in Diät- und Gemüseproben. Tabelle 4 listet die 16 in dieser Studie bestimmten PAK nach den von der IARC (vgl. Lit. 6–8) angeführten Toxizitätsgruppen auf.

## Ergebnisse und Diskussion

### *Einzelergebnisse*

Die Untersuchung der verzehrfertigen Nahrung zeigt bei Durchsicht der einzelnen gepoolten Tagesproben einige Auffälligkeiten. Greift man die über dem Durchschnitt liegenden Werte einzelner PAK heraus, so stösst man bei folgenden Probanden/Tagen auf auffällige Belastungen:

3/1: auffällig die verhältnismässig hohen Werte bei

| | |
|---|---|
| Bezo(ghi)perylen | 7,24 µg/d |
| Pyren | 2,6 µg/d |
| Benzo(a)pyren | 0,36 µg/d |
| Benzo(j)fluoranthen | 0,63 µg/d |
| und Benzo(b)fluoranthen | 1,0 µg/d |

In den nachstehenden Abbildungen 1 und 2 sind in Form von Blockdiagrammen das PAK-Muster der Nahrung des Probanden 3 am 1. Tag des Versuches und ein PAK-Muster eines geräucherten Bücklings dargestellt (diese Daten stammen aus der PAK-Datenbank des Forschungsinstitutes der Ernährungswirtschaft).

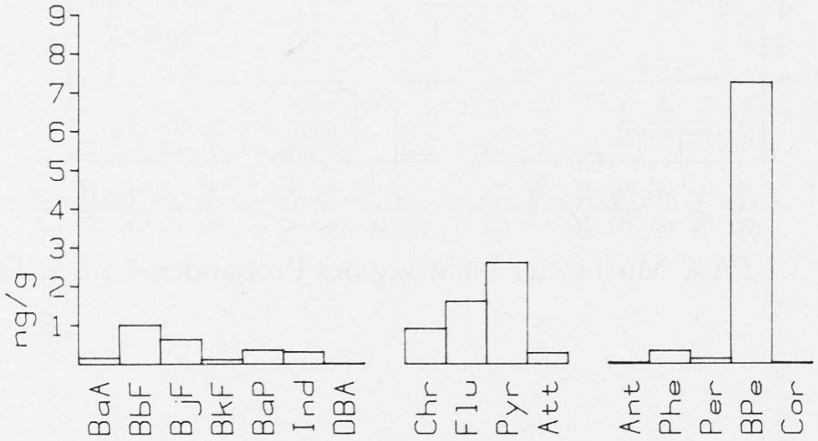


*Abb. 1.* PAK-Muster der Nahrung des Probanden 3 am 1. Tag

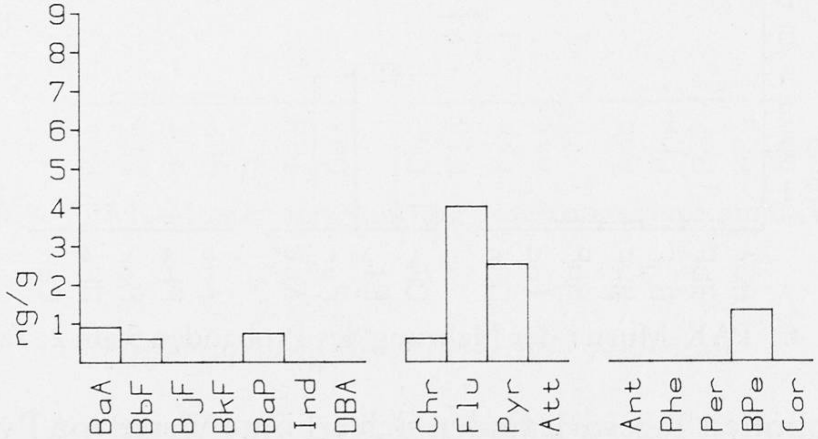


*Abb. 2.* PAK-Muster eines geräucherten Bücklings

Im direkten Vergleich ist nunmehr zu erkennen, dass beide Muster einander ähnlich sind. Sie unterscheiden sich auch deutlich von Mustern, wie sie für die Belastung aus Verbrennungsprozessen (Auto, Industrie, Hausbrand) festgestellt wurden.

Aus der Zusammensetzung der Nahrung, in der Krabben und Bücklinge angeführt sind, kann deshalb als wahrscheinlich angenommen werden, dass diese Speisenbestandteile für die höheren PAK-Werte in dieser Tagesnahrung verantwortlich sind.

4/5: hier fällt ein Benzo(ghi)perylen-Wert von 5,06 µg/d sowie ein Benzo(b)fluoranthen-Wert von 0,73 µg/d und Benzo(j)fluoranthen-Wert von 0,8 µg/d auf (Abb. 3).
Möglicherweise ist dafür das an diesem Tag verzehrte Selchfleisch und die daraus hergestellten geselchten Suppen verantwortlich.

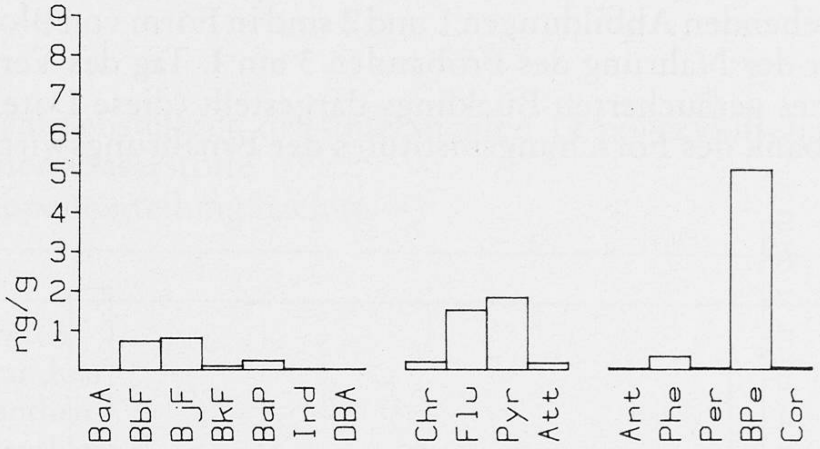


*Abb. 3.* PAK-Muster der Nahrung des Probanden 4 am 5. Tag

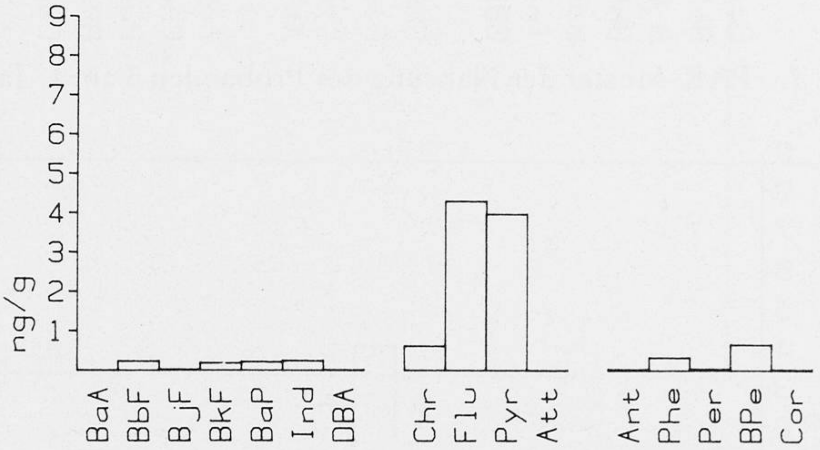


*Abb. 4.* PAK-Muster der Nahrung des Probanden 5 am 2. Tag

5/2: In dieser gepoolten Tagesdiät finden sich erhöhte Werte von Pyren (3,97 µg/d) und Fluoranthen (4,3 µg/d) und Benzo(b)fluoranthen (0,24 µg/d) (Abb. 4).

Auch in dieser Tagesdiät findet sich in der Niederschrift des Verzehrs Geselchtes als Mahlzeit.

8/5: Hier findet sich mit 7,6 µg/d Benzo(ghi)perylen die höchste gemessene Aufnahme mit der Nahrung. Daneben liegen auch Benzo(b)fluoranthen (1,02 µg/d), Benzo(j)fluoranthen (0,9 µg/d) und Benzo(a)pyren (0,33 µg/d) über dem Durchschnitt (Abb. 5, 6). Die Tagesdiät enthält Spinatstrudel, in dem der Erhebung nach eine grössere Menge Spinat, aber auch Petersilie verwendet wurde. Auch der 6. Tag desselben Probanden enthält die angeführte Speise und auch PAK in über dem Durchschnitt liegender Menge, wenngleich die Werte auf etwa ein Drittel bis ein Viertel des 5. Tages abgesunken sind. Der Grund dürfte in der geringeren Menge der aufgenommenen Speise Spinatstrudel liegen.

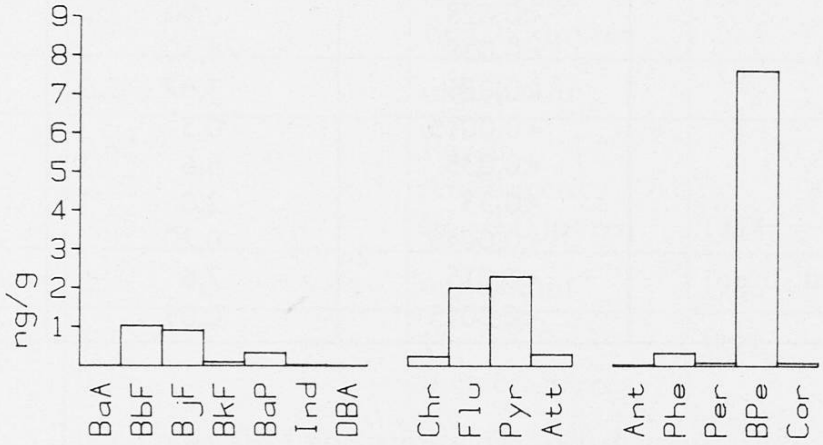


*Abb. 5.* PAK-Muster der Nahrung des Probanden 8 am 5. Tag

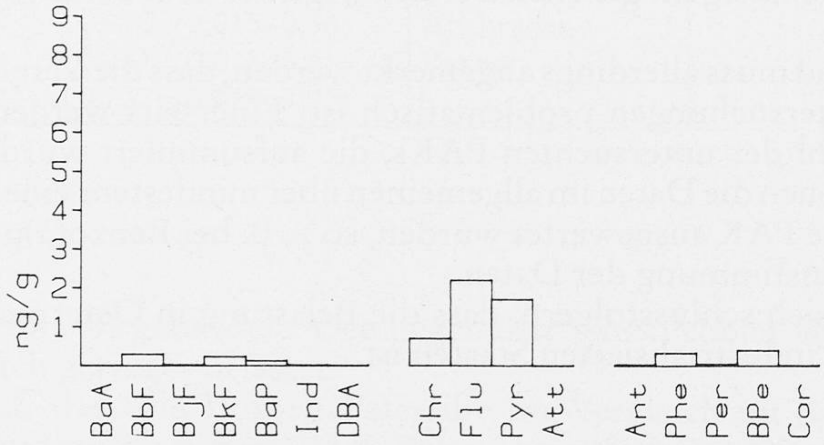


*Abb. 6.* PAK-Muster der Nahrung des Probanden 8 am 6. Tag

## *Untersuchung verzehrfertiger Nahrung*

In Tabelle 5 ist der Bereich der täglichen Aufnahme der 10 Probanden sowie der Median-Wert angegeben. Vergleicht man die ermittelten Daten mit Angaben aus

*Tabelle 5.* Bereich und Median der täglichen Aufnahme von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen durch 10 Probanden

| | (Mikrogramm/Tag) | | |
|---|---|---|---|
| Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe | Minimum | Maximum | Median |
| Benzo(a)anthracen | <0,017 | 0,14 | <0,017 |
| Benzo(b)fluoranthen | <0,05 | 1,02 | 0,005 |
| Benzo(j)fluoranthen | <0,03 | 0,90 | <0,03 |
| Benzo(k)fluoranthen | <0,025 | 0,30 | 0,04 |
| Benzo(a)pyren | <0,015 | 0,36 | 0,050 |
| Indeno(1, 2, 3-cd)pyren | <0,025 | 0,31 | <0,025 |
| Dibenz(a, h)anthracen | <0,015 | 0,10 | <0,015 |
| Chrysen | <0,028 | 0,90 | 0,20 |
| Fluoranthen | <0,038 | 4,30 | 0,60 |
| Pyren | <0,025 | 3,97 | 0,60 |
| Anthanthren | <0,0015 | 0,3 | <0,0015 |
| Anthracen | <0,035 | 5,6 | <0,035 |
| Phenanthren | <0,33 | 2,0 | <0,33 |
| Perylen | <0,004 | 0,20 | 0,0075 |
| Benzo(ghi)perylen | <0,015 | 7,6 | 0,120 |
| Coronen | <0,0015 | 0,09 | 0,005 |

anderen Ländern (Tabelle 6), so zeigt sich, dass die Gesamtbelastung in Österreich grössenordnungsmässig im gleichen Bereich liegt wie in anderen industrialisierten Ländern.

Einschränkend muss allerdings angemerkt werden, dass die Vergleichbarkeit der angeführten Untersuchungen problematisch ist. Einerseits werden nicht in allen Arbeiten die Zahl der untersuchten PAKs, die aufsummiert wurden, angegeben. Andererseits streuen die Daten im allgemeinen über mindestens eine Zehnerpotenz. Dort wo einzelne PAK ausgewertet wurden, so z. B. bei Benzo(a)pyren, zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Daten.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Belastung in Österreich vergleichbar mit den anderen industrialisierten Staaten ist.

## *Ausgewählte Gemüseproben*

Die stichprobenartige Untersuchung ergab starke Unterschiede in der Belastung zwischen den einzelnen Standorten.

Als Beispiele seien die Belastung einiger Standorte in Blockdiagrammen angegeben. Die höchsten Belastungen mit PAK wurden im Stadtbereich Linz nächst den VOEST-Eisen- und Stahlwerken, Schwechat bei Wien (Abb. 7) und in Wien-

*Tabelle 6.* Vergleich der Daten über die Aufnahme von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen mit der Nahrung

| Land | (µg/P+d)<br>Aufnahme | Zahl der analysierten PAK | Jahr der Untersuchung | Literatur |
|---|---|---|---|---|
| Niederlande | 1,1–22,5<br><br>0,03–0,35 | 15<br><br>Benzo(a)pyren | 1976/78<br>1984/85 | (14) |
| Niederlande | ∅ 10,6<br><1,9–10,9<br><4,2 | 17<br><br>(Bericht 1987) | 1984<br>1983<br>1980 | (15) |
| USA | 1,6–16,0<br>0,16–1,6 | unbekannt<br>Benzo(a)pyren | 1981 | (16) |
| Japan | 0,3–13,67 | unbekannt | | (17, 18) |
| Japan | 0,62<br>0,12<br>0,05 | Pyren<br>Anthracen<br>Benzo(a)pyren | <br><br>1984 | (19) |
| Schweden | 2,7 | unbekannt | 1986 | (20) |
| Grossbritannien | 3,70<br>0,25<br>berechnet aus Lebensmittelgruppen-Daten | 11<br>Benzo(a)pyren | 1978 | (21) |
| Österreich | Median: Bereich:<br>3,4 (0,706–15,577)<br>0,070 (0,015–0,36)<br>0,257 (0,035–5,6)<br>0,737 (0,025–3,97) | 16<br>Benzo(a)pyren<br>Anthracen<br>Pyren | 1989 | diese Studie |

Simmering (Abb. 8) gefunden. Demgegenüber sind Proben aus dem ländlichen Bereich deutlich geringer belastet.

Es fällt auf, dass die Proben Petersilie im Vergleich zu Salat vom gleichen Standort meist deutlich höhere PAK-Belastung aufweisen. Dies hat seine Ursache in der stark gefältelten und behaarten Oberfläche der Petersilie, die Stäube gut zurückhält.

Der Stand in der Belastung von Salat nahe von Emittenten und an industrie- und verkehrsfernen Standorten zeigt Unterschiede von einer Zehnerpotenz und mehr.

Standorte in Nähe von Raffinerien, Stahlwerken und Entsorgungsanlagen weisen demnach die höchsten Belastungswerte auf.

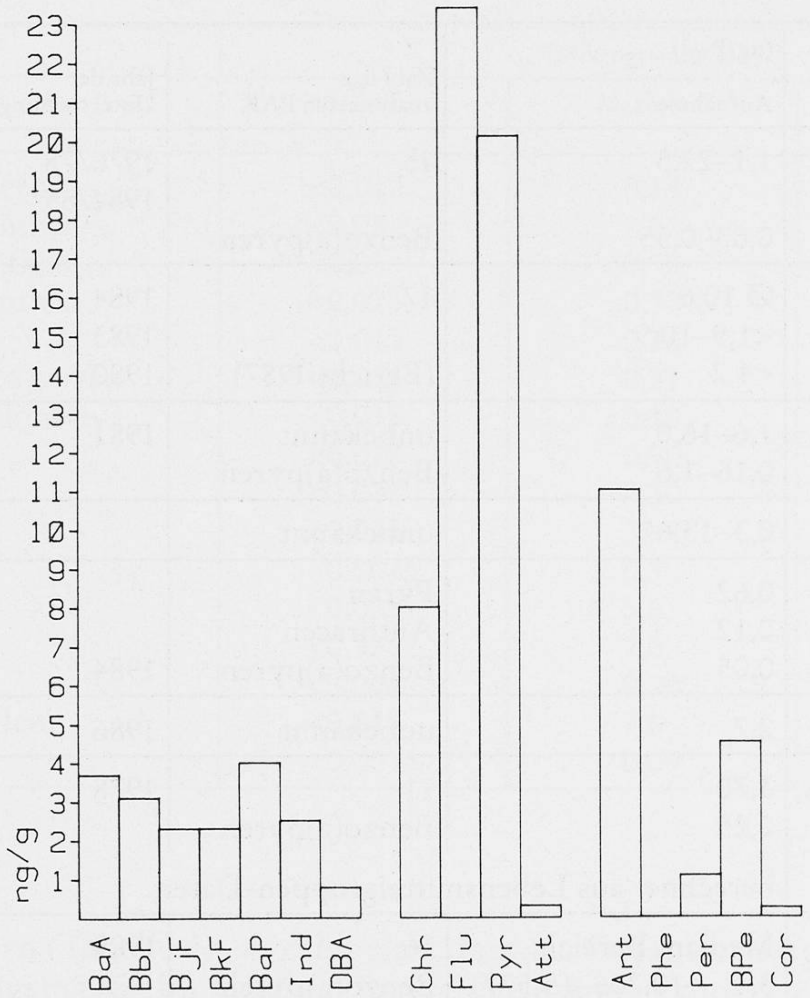


*Abb. 7.* PAK-Belastung, Salat F 179, Ort: 2320 Schwechat, Spannweide

## Schlussfolgerung

Klimatische Bedingungen, Ort und Zeit der Probennahme, Art des Lebensmittels und die schwankende Intensität lokaler Emittenten haben grossen Einfluss auf die Analysendaten.

Die derzeit vorliegenden Daten können deshalb nur als stichprobenartige Erhebung über die Grössenordnung der Belastung interpretiert werden. Dennoch geben sie Anhaltspunkte und zeigen Tendenzen auf. Die toxikologische Relevanz der Belastung der Nahrung mit PAKs bedarf dringend einer Klärung.

Massnahmen zur Minimierung der Immissionen sind ein Gebot der Stunde.

*Hinweis:* Sämtliche Einzeldaten sowie die Diätprotokolle und die analytische Methode finden sich im Detail in den unter (12) und (13) beschriebenen Forschungsberichten.

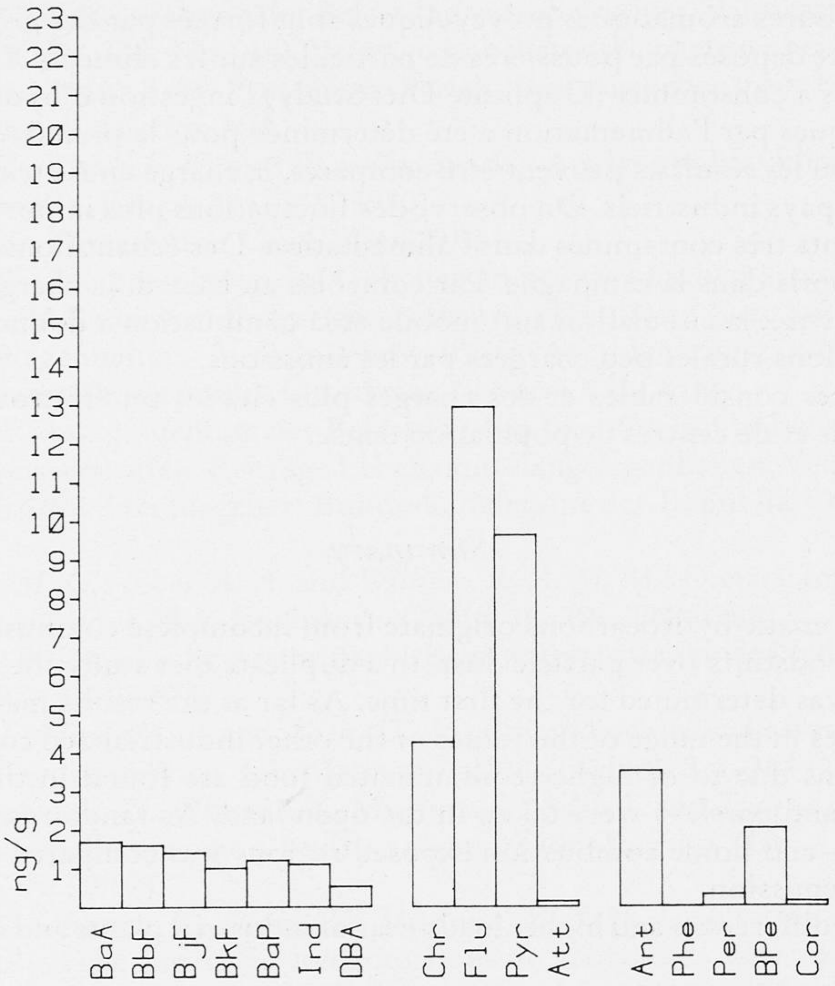


*Abb. 8.* PAK-Belastung, Salat F 177, Ort: Wien 11, Gröretg.

## *Zusammenfassung*

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen und lagern sich über Partikelstaub auf Lebensmittel ab.

In einer Untersuchung verzehrfertiger Nahrung (Duplicate Diet Study) wurde erstmals die PAK-Aufnahme mit der Nahrung in Österreich bestimmt. Soweit die Ergebnisse vergleichbar sind, liegt die Belastung in Österreich im Bereich der in anderen industrialisierten Ländern ermittelten Werte. Einzelne stärkere Schwankungen aufgrund stärker belasteter Lebensmittel in der Nahrung treten auf. Gemüseproben (Häuptelsalat und Petersilie) wurden im Freiland gezogen. Stichprobenartig wurde die Belastung in industrie-, verkehrs- und hausbrandausgesetzten Regionen mit ländlichen, gering durch Emission belasteten Gegenden verglichen.

Erhebliche Unterschiede und stärkere Belastungen in Nähe von Industrieanlagen und Ballungszentren wurden ermittelt.

## *Résumé*

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont formés par des procédés de combustion incomplète et déposés par poussières de particules sur les aliments. Dans une étude sur des aliments prêts à consommer (Duplicate Diet Study) l'ingestion d'hydrocarbures aromatiques polycycliques par l'alimentation a été déterminée pour la première fois en Autriche. Dans la mesure où les résultats peuvent être comparés, la charge en Autriche est comparable à celle des autres pays industriels. On observe des fluctuations plus importantes a cause de la présence d'aliments très contaminés dans l'alimentation. Des échantillons de légumes (laitue et persil) ont été pris dans la campagne. Par contrôles au hasard, la charge dans des régions exposées à l'industrie, la circulation automobile et la combustion à domicile a été comparée avec celle des régions rurales peu chargées par les émissions.

Des différences considérables et des charges plus élevées on été trouvées tout près de centres industriels et de centres de population dense.



## *Summary*

Polycyclic aromatic hydrocarbons originate from incomplete combustion processes and settle down on foodstuffs over particle dust. In a duplicate diet study the PAH-uptake with food in Austria was determined for the first time. As far as the results may be compared the load in Austria lies in the range of the values of the other industrialized countries. Particular higher fluctuations due to of higher contaminated food are found in the diets. Vegetable samples (lettuce and parsley) were taken in the open land. As random samples the load in industry-, traffic- and home combustion exposed regions was compared with rural regions lowly loaded by emission.

Considerable differences and higher loads near of industrial plants and overcrowded areas were found.


## *Literatur*


1. National Academy Sci.: Particulate Polycyclic Organic Matter, Washington, DC, 1972.
2. *Kotin, P., Falk, H. L.* and *Thomas, M.:* Aromatic hydrocarbons II. Presence in the particulate phase of gasoline-engine exhausts and the carcinogenicity of exhaust extracts. Arch. Ind. Hyg. **9**, 164–177 (1954).
3. *Kotin, P., Falk, H. L.* and *Thomas, M.:* Aromatic hydrocarbons III. Presence in the particulate phase of diesel-engine exhausts and the carcinogenicity of exhaust extracts. Arch. Ind. Hyg. **11**, 113–120 (1955).
4. *Sawicki, E., Meeker, J. E.* and *Morgan, M. J.:* The quantitative composition of air pollution source effluents in terms of Aza – heterocyclic compounds and polynuclear aromatic hydrocarbons. Int. J. Air. Poll. **9**, 291–295 (1965).
5. *Laflamme, R. E.* and *Hites, R. A.:* The global distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments. Geochim. Cosmochim. Acta **42**, 289–295 (1978).
6. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human. Polynuclear Aromatic Compounds, Part 1, Vol. **32**, WHO, Lyon 1983.
7. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human. Certain PAH and Heterocyclic Compounds Suppl. **7**, WHO, Lyon 1987.

8. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human. Certain PAH and Heterocyclic Compounds Vol. **3**, WHO, Lyon 1973.
9. *Pfannhauser, W.:* Untersuchung der Belastung verzehrfertiger Nahrung in Österreich mit Schwermetallen (Pb, Cd, Hg, As). Beiträge Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung Strahlenschutz 3/89. Forschungsbericht herausgegeben vom Bundeskanzleramt der Rep. Österreich, Sektion VII.
10. *Tiefenbacher, K., Woidich, H.* und *Pfannhauser, W.:* Analyse polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe. Ern. **4**, 346–348 (1980).
11. *Tiefenbacher, K.:* Dissertation Univ. Wien 1978.
12. *Pfannhauser, W.:* Untersuchung des Gehaltes an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in verzehrfertiger Nahrung (Duplicate Diet Study). Beiträge Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung, Strahlenschutz 6/90. Herausgeber: Bundeskanzleramt der Republik Österreich, Sektion VII, Wien.
13. *Pfannhauser, W.:* Untersuchung der Belastung von Gemüse mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Beiträge Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung, Strahlenschutz 6/90. Herausgeber: Bundeskanzleramt der Republik Österreich, Sektion VII, Wien.
14. *Vaessen, H. A. M. G., Jekel, A. A.* and *Wilbers, A. A. M. M.:* Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons. Tox. Environm. Chem. **16**, 281–294 (1988).
15. *Dorgelo, F. O.:* Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen in de Nederlandse Voeding. Voeding **48**, 297–300 (1987).
16. *Santodonato, J., Howard, P.* and *Basu, D.:* Health and ecological assessment of polynuclear aromatic hydrocarbons. J. Environm. Pathol. Toxicol. **5**, 1–364 (1981).
17. Tamakawa, K., Ketoh, Y., Ohgane, Y., Mishima, Y., Seki, T. and *Tsunoda, A.:* Daily dietary intakes of polycyclic aromatic hydrocarbons. Eisei Kagaku (Jap. J. Tox. Environm. Health) **33**, 66–70 (1987).
18. *Tamakawa, K., Ohgane, Y., Ketoh, Y., Mishima, Y., Seki, T.* and *Tsunoda, A.:* Simplified analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in daily diet with the Sep-PAK silica cartridge. Eisei Kagaku (Jap. J. tox. Environm. Health) **32**, 475–477 (1986).
19. *Obana, H.:* Dietary intakes of polycyclic aromatic hydrocarbons. Shokuhin Eiseigaku Zasshi (J. Food Hygienic Soc. Jap.) **25**, 35–40 (1984).
20. *Larsson, B.:* Polycyclic aromatic hydrocarbons in Swedish foods. Aspects of analysis, occurrence and intake. Thesis 1986. Univ. of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
21. *Dennis, M. J., Massey, R. C., McWeeny, D. J.* and *Knowles, M. E.:* Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in UK total diets. Food Chem. Tox. **21**, 569–574 (1983).

Univ. Doz. Dr. W. Pfannhauser
Forschungsinstitut der Ernährungswirtschaft
Blaasstrasse 29
*A-1190 Wien*