

Krebsrisiko im Feuerwehrdienst

Studie zum Biomonitoring von Feuerwehreinsatzkräften bei Realbränden abgeschlossen



Dirk Taeger, Stephan Koslitz, Birgit Heinrich, Tim Pelzl,
Heiko U. Kätterlein, Dietmar Breuer, Thomas Brüning

Im Jahr 2007 hat die internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Arbeit der Feuerwehreinsatzkraft als möglicherweise krebserregend eingestuft (Gruppe 2B) (IARC, 2010). Ein von der DGUV veranstaltetes Fachgespräch führte zur Initiierung des Projektes „Krebsrisiko für Feuerwehreinsatzkräfte: Strategien zur Expositionsvermeidung und -erfassung“. Ein Teilprojekt ist die Studie „Humanbiomonitoring von Feuerwehreinsatzkräften bei Realbränden“. Im Rahmen dieses Projektes sollte untersucht werden, ob und wenn ja, wie viel von krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Feuerwehreinsatz bei der Brandbekämpfung, u. a. über die Haut von Feuerwehreinsatzkräften aufgenommen werden. Für das Teilprojekt liegen jetzt die Ergebnisse vor.



Kurz gefasst

Die Arbeit als Feuerwehreinsatzkraft wurde von der IARC als möglicherweise krebserregend eingestuft.

Das Projekt zum Biomonitoring von Feuerwehreinsatzkräften untersuchte 217 Feuerwehreinsatzkräfte und Beschäftigte der Atemschutz- und Schlauchwerkstätten im Hinblick auf ihre Belastung durch Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Es zeigte sich, dass bei korrekt eingehaltenen Präventionsmaßnahmen, im Hinblick auf die Vermeidung einer Exposition gegenüber PAK, Brandeinsätze als sicher anzusehen sind.

Situation in Deutschland

Die mehr als 1,4 Millionen hauptamtlichen und ehrenamtlichen Feuerwehreinsatzkräfte in Deutschland sind bei ihren Einsätzen einer Vielzahl von Gefährdungen ausgesetzt. Die Ergebnisse zu einem möglichen Krebsrisiko durch die Exposition gegenüber Gefahrstoffen wurden in verschiedenen Metaanalysen zusammengefasst und bewertet. Auch das IPA publizierte entsprechende Studien (Casjens et al. 2020; 2021). Alle Analysen stellten bisher keine Erhöhung des allgemeinen Risikos an Krebs zu erkranken beziehungsweise daran zu versterben fest. Für einzelne Krebsentitäten zeigen sich jedoch erhöhte Risiken im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung. Da es sich bei der Exposition im Rahmen der Brände um nicht planbare Ereignisse handelt, lagen in den zugrunde liegenden epidemiologischen Studien in der Regel keine Informationen über die tatsächliche Exposition vor, zum Beispiel von der Einsatzkraft im Brandeinsatz aufgenommenen Mengen an Schadstoffen. Eine Einordnung der aus einer solchen Exposition resultierenden möglichen gesundheitlichen Risiken ist daher schwierig. Generell kann nach den vorliegenden wissenschaftlichen Studien ein individuell erhöhtes Krebsrisiko durch die Brandbekämpfung nicht ausgeschlossen werden.

Teilprojekt „Humanbiomonitoring“

Ziel des Teilprojekts „Humanbiomonitoring“ war es zu klären, ob und wenn ja, wie viel von krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)

bei der Brandbekämpfung von Feuerwehreinsatzkräften aufgenommen werden. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, Strategien und Verhaltensweisen zu entwickeln, um eine wirksame Expositionsvermeidung im Einsatzalltag zu erreichen. Dazu wurde mittels Humanbiomonitoring die von der Einsatzkraft im Brandeinsatz aufgenommene Menge an PAK über den Biomarker 1-Hydroxypyren (1-OHP) im Urin bestimmt. Dieser ist ein Stoffwechselprodukt des PAK Pyren und steht stellvertretend für die Gruppe der PAK. Zu 1-OHP liegen zahlreiche Studien vor, die sowohl die Exposition aus der nicht beruflich belasteten Allgemeinbevölkerung als auch von beruflich mit PAK exponierten Beschäftigten in verschiedenen Branchen untersucht haben. Somit können diese Gruppen als Vergleichskollektive herangezogen werden. Zu Beginn der Studie lag nur eine Untersuchung aus Kanada vor, die Einsatzkräfte bei realen Brandeinsätzen mittels Biomonitoring untersucht hat (Caux et al. 2002). Zwischenzeitlich wurden zwei weitere Untersuchungen aus Kanada und den USA publiziert (Keir et al. 2017; Hoppe-Jones et al. 2021). Damit ist die am IPA durchgeführte Studie die erste europäische und weltweit erst vierte Studie zur inneren PAK-Belastung von Einsatzkräften der Feuerwehr unter realen Einsatzbedingungen.

Messungen bei Einsatzkräften in Hamburg und Berlin

Im Rahmen des Projektes wurden Einsatzkräfte der Berufsfeuerwehren und der Freiwilligen Feuerwehren aus Hamburg und Berlin beprobt. Zudem wurden Beschäftigte in den Atemschutz- und Schlauchwerkstätten der Feuerwehren untersucht. Während einer Eingangsunter-suchung (Probe 1) wurde zunächst die persönliche Grundbelastung an 1-Hydroxypyren bestimmt. Nach einem Brandeinsatz wurden die teilnehmenden Einsatzkräfte gebeten zwei bis vier, sechs bis acht und zwölf Stunden nach der Ankunft auf der Wache Urin für weitergehende Analysen abzugeben. Ebenfalls wurde von allen Teilnehmenden nach dem Einsatz ein Fragebogen ausgefüllt, mit dem detaillierte Angaben zum Einsatz und Brand, wie Grad der Verrauchung und gewählte persönliche Schutzausrüstung erfasst wurden. Die Beschäftigten der Atemschutz- und Schlauchwerkstätten gaben entsprechende Proben nach Beendigung ihrer Schicht ab. Um die dermale Belastung gegenüber PAK während des Einsatzes einzuschätzen, trug ein Teilkollektiv unter der Einsatzkleidung Baumwollwäsche, bestehend aus Sturmhaube, Shirt, Hose, Handschuhe und Socken. Aus der getragenen Wäsche wurden nach dem Einsatz Stoffstücke

aus vorher definierten und zusätzlich aus augenscheinlichen stark verschmutzten Bereichen ausgestanzt und im Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) auf PAK untersucht. Mögliche Kontaminationen der Baumwollunterwäsche können dabei als Hinweis auf eine dermale Exposition gegenüber PAK durch fehlende Schutzwirkung der Einsatzkleidung interpretiert werden.

Da keine Arbeitsplatzgrenzwerte für die 1-OHP Konzentration existieren, wurde für die Beurteilung der gemessenen Biomonitoring-Ergebnisse der „Biologische Arbeitsstoff-Referenzwert“ (BAR) der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) der Deutschen Forschungsgemeinschaft herangezogen. Der BAR beschreibt die rein umweltbedingte Hintergrundbelastung bei nicht beruflich gegenüber PAK exponierten Personen. Er nimmt keinen Bezug auf gesundheitliche Effekte. Für nicht rauchende Personen beträgt der BAR 0,3 µg 1-OHP/g Kreatinin. Da für rauchende Personen kein BAR existiert, wurde für die Studienteilnehmenden aus dem Umweltsurvey 1998 entsprechend das 95. Perzentil der rauchenden Allgemeinbevölkerung als Beurteilungsgröße (0,73 µg/g Kreatinin) für eine nicht beruflich bedingte Exposition gegenüber PAK festgesetzt. Zusätzlich wurde für die Bewertung der „Biological Exposure Index“ (BEI®) der US-amerikanischen Gesellschaft „American Conference of Governmental Industrial Hygienists“ (ACGIH) herangezogen. Dieser liegt bei 2,5 µg/L und dient der Beurteilung der gemessenen 1-OHP Werte in Bezug zu gesundheitlichen Effekten, hier die Schädigung der Erbsubstanz (DNA) durch PAK.

Zur Beurteilung einer möglichen dermalen Exposition durch PAK beziehungsweise deren Leitkomponente Benzo[a]pyren (BaP) zum Beispiel über kontaminierte Kleidung existieren ebenfalls keine Grenzwerte. Um die Höhe der PAK-Konzentrationen in den ausgestanzten Baumwollwäschestücken dennoch einordnen zu können, wurde als Bewertungsmaßstab die Verordnung (EU) 2018/1513 der Europäischen Kommission herangezogen. Dieser Bewertungsmaßstab beträgt derzeit 1 ppm (1.000 ng/g Stoff) und bezieht sich auf den Massengehalt an ausgewählten

krebserzeugenden PAK in Textilien. Ausgenommen von der Regelung sind jedoch unter anderem gebrauchte Kleidung und persönliche Schutzausrüstungen.

Überwiegender Anteil der Proben unterhalb der Referenzwerte

In die Auswertung konnten 217 Personen der Feuerwehren eingeschlossen werden (Tabelle 1).

Während der Rekrutierungsphase des Projektes von Mai 2018 bis September 2020 wurden 70 Brandeinsätze im Rahmen der Studie von den Einsatzkräften dokumentiert. Die bei den Eingangsuntersuchungen gemessenen 1-OHP-Konzentrationen wurden als die Konzentrationen gewertet, die die Teilnehmenden in ihrem Alltag ohne

Info

Das DGUV Projekt „Krebsrisiko für Feuerwehreinsatzkräfte: Strategien zur Expositionsvermeidung und -erfassung“ umfasst folgende Teilprojekte:

- Biomonitoring von Feuerwehreinsatzkräften bei Realbränden (FP 414)
- Entwicklung von Expositionsvermeidungsstrategien im Feuerwehreinsatz
- Entwicklung einer praxisgerechten Expositionsdocumentation/Anpassung der Zentralen Expositionsdatenbank (ZED)

Die Unfallkasse Baden-Württemberg (UKBW) leitet das Gesamtprojekt und stellt die Verbindung zum Fachbereich „Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz“ und dessen Sachgebiet „Feuerwehren und Hilfeleistungsorganisationen“ der DGUV sicher. Das IPA koordinierte und führte in Zusammenarbeit mit dem IFA das Teilprojekt „Biomonitoring von Feuerwehreinsatzkräften bei Realbränden“ durch.

Merkmal	Gesamt	Berlin	Hamburg
Berufsfeuerwehr	176 (81,1 %)	74 (77,1 %)	102 (84,3 %)
Freiwillige Feuerwehr	33 (15,2 %)	15 (15,6 %)	18 (14,9 %)
Atenschutz- und Schlauchwerkstatt	8 (3,7 %)	7 (7,3 %)	1 (0,8 %)

Tab. 1 Aufteilung der Teilnehmenden nach Zugehörigkeit zu einer Funktionseinheit (n=217)

Brandeinsatz durch ihren Lebensstil aufnehmen. Die 1-OHP-Werte bei der Eingangsuntersuchung lagen im Bereich der Allgemeinbevölkerung, wobei individuell bei der Bewertung der Rauchstatus berücksichtigt wurde.

Abbildung 1 zeigt die 1-OHP-Konzentrationen zur Eingangsuntersuchung (Probe 1) und nach dem Einsatz (Proben 2-4) der 70 Teilnehmenden mit einem Brandeinsatz. Die überwiegende Anzahl der Brände waren Wohnungsbrände (n=50), der Rest entfiel auf Fahrzeugbrände, sonstige Brände im Freien (n=14), Großbrände (n=4), Brand in unterirdischen Anlagen (n=1), Vegetationsbrand (n=1). Bei den 70 Brandeinsätzen zeigte sich ein Anstieg der mittleren 1-OHP-Konzentration unabhängig von der Kreatinin-Adjustierung im Vergleich zur Eingangsuntersuchung. So lag die Anzahl der 1-OHP-Werte in den Urinproben nach dem Brandeinsatz deutlich häufiger oberhalb der Bestimmungsgrenze als vor dem Einsatz. Allerdings blieb der überwiegende Anteil der Proben in Abhängigkeit vom Rauchstatus der Teilnehmenden unterhalb der jeweiligen Referenzwerte. Nur eine Person wies nach dem Brandeinsatz Werte über dem BEI® auf. Bei den nicht-rauchenden und ex-rauchenden Teilnehmenden wiesen 20 % und bei den Rauchenden 13 % Werte über dem jeweiligen Beurteilungsmaßstab nach dem Brandeinsatz auf. Die 1-OHP Konzentrationen der Beschäftigten in den Atemschutz- und Schlauchwerkstätten lagen unterhalb der Beurteilungsmaßstäbe.

Ein Teilkollektiv von 14 Feuerwehreinsatzkräften bei der Brandbekämpfung und drei Beschäftigten in einer der Schlauch- und Atemschutzwerkstätten trug Baumwollkleidung unter der Schutzausrüstung bzw. Arbeitskleidung. Die Analysenergebnisse der Baumwollunterwäsche waren überwiegend unauffällig. Insbesondere die als krebserzeugend anzusehenden schwerer flüchtigen



höhermolekularen PAK wie Benzo[a]pyren wurden lediglich bei zwölf von 270 auswertbaren ausgestanzten Stoffstücken und in weitgehend geringen Konzentrationen bestimmt. Teilweise wurden auch höhere Konzentrationen an PAK quantifiziert, überwiegend in optisch auffällig verschmutzten Stellen der Baumwollunterwäsche. Jedoch lagen auch hier alle Konzentrationen unterhalb des zur Orientierung herangezogenen Beurteilungsmaßstabs.

Bewertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die derzeit eingesetzten Präventionsmaßnahmen wie korrekt angelegte, funktionsfähige Schutzkleidung und bedarfsgerechtes Tragen von umluftunabhängigem Atemschutz geeignet sind, Belastungen gegenüber krebserzeugenden PAK bei Feueinsatzkräften zu minimieren. Dennoch konnten in der Studie auch einzelne Einsatzsituationen dokumentiert werden, in denen eine Überschreitung der Beurteilungsmaßstäbe von 1-OHP im Urin beobachtet werden konnte. Dies zeigt, dass die Einsatzkräfte während des Einsatzes per se gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen wie PAK exponiert sein können. Insofern reihen sich die Ergebnisse

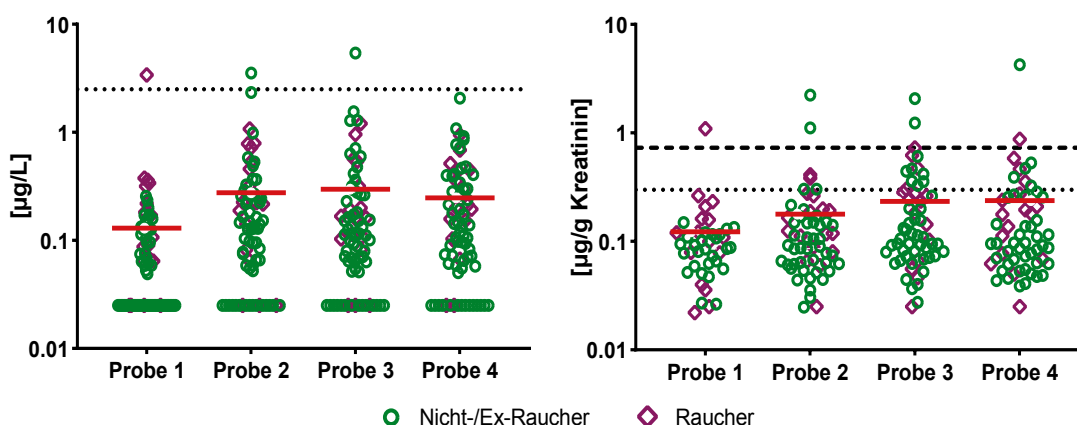


Abb. 1
1-OHP Konzentrationen (mit Mittelwerten) vor (Probe 1) und nach den Einsätzen (Probe 2: 2–4 h, Probe 3: 6–8 h, Probe 4: 12 h) a) in $\mu\text{g/L}$ (Linie bei 2,5 $\mu\text{g/L}$ zeigt BEI®-Wert) und b) $\mu\text{g/g}$ Kreatinin (Linien bei 0,3 $\mu\text{g/g}$ und 0,73 $\mu\text{g/g}$ Kreatinin zeigen BAR für Nichtraucher und Referenzwert für Raucher)

dieser ersten europäischen Studie nahtlos in die bisherigen Ergebnisse der drei Studien aus dem nordamerikanischen Raum ein (Caux et al. 2002; Keir et al. 2017; Hoppe-Jones et al. 2021). Eine Überschreitung gesundheitsassoziierter Beurteilungswerte wie dem BEI®-Wert trat nur in ausgewählten Einzelfällen auf. Bei der Beurteilung möglicher daraus resultierender gesundheitlicher Risiken gilt es zu berücksichtigen, dass bei Feuerwehreinsatzkräften derartige Expositionen nicht jeden Tag und über das gesamte Berufsleben auftreten, wie es unter anderem bei gewerblichen PAK-Expositionen der Fall sein kann (Marczynski et al. 2009). Entsprechend ist davon auszugehen, dass auch das daraus resultierende Gesundheitsrisiko erheblich geringer ist, als bei regelmäßig langjährig gegenüber PAK-exponierten Beschäftigten, z. B. im Bereich von Kokereien oder der Herstellung von feuerfesten Materialien.

Fazit

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Humanbiomonitoringuntersuchung, dass die derzeit eingesetzten Präventionsmaßnahmen, zu denen im Wesentlichen korrekt eingesetzte persönliche Schutzausrüstung gehört, geeignet sind, Belastungen gegenüber PAK zu minimieren. Hinsichtlich der PAK-Exposition ist die Tätigkeit als Feuerwehreinsatzkraft unter den gegenwärtigen Schutzbedingungen als sicher anzusehen. Einen weiteren Beitrag zum Minimierungsgebot nach Gefahrstoffverordnung liefern die Ergebnisse des anderen Teilprojektes „Entwicklung von Expositionsvermeidungsstrategien im Feuerwehr-einsatz“. Dieses wurde bereits im Jahr 2020 in Form der

DGUV Information 205-035 *Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr* und einem begleitenden Erklärfilm veröffentlicht. Darin enthalten sind unter anderem konkrete Beispiele, die den Feuerwehren aufzeigen, wie ein Expositionsvermeidungskonzept etabliert werden kann (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV); Koslitz et al. 2020).

Ausblick

Die in der IPA-Biobank eingelagerten Blut- und Urinproben werden in einem Folgeprojekt auf weitere Schadstoffe wie Dioxine und Benzol untersucht. Zudem sollen zusätzliche Biomonitoringdaten bei Vegetationsbränden erhoben werden. Durch die Klimaerwärmung kam es auch in Deutschland in den letzten Jahren vermehrt zu diesen Brandereignissen. Hierzu bedarf es ebenfalls fundierter Erkenntnisse über die Exposition der Einsatzkräfte, um eine wirksame Expositionsvermeidung im Einsatzalltag zu erreichen.

Die Autoren:

Prof. Dr. Dietmar Breuer, Birgit Heinrich

IFA

Prof. Dr. Thomas Brüning, Dr. Heiko U. Käfferlein,
Stephan Koslitz, Dr. Dirk Taeger

IPA

Tim Pelzl

**Fachbereich Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz
der DGUV**

Literatur

Casjens S et al. Cancer risks of firefighters: a systematic review and meta-analysis of secular trends and region-specific differences. *Int Arch Occup Environ Health* 2020; 93: 839–852.

Casjens S et al. Das Krebsrisiko von Feuerwehreinsatzkräften. Ein systematisches Review und Metaanalyse epidemiologischer Studien. *ASU 2021; ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 2019; 56: 359–366.

Caux C et al. Determination of firefighter exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and benzene during firefighting using measurement of biological indicators. *Appl Occup Environ Hyg* 2002; 17: 379–86.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV): DGUV Information 205-035 „Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr“. <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/3730/hygiene-und-kontaminationsvermeidung-bei-der-feuerwehr>

Hoppe-Jones C et al. Evaluation of fireground exposures using urinary PAH metabolites. *J Exp Sci Environ Epidemiol* 2021; in press.

IARC. Painting, firefighting, and shiftwork. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 98, IARC 2010, Lyon.

Keir JLA et al. Elevated exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons and other organic mutagens in Ottawa firefighters participating in emergency, on-shift fire suppression. *Environ Sci Technol* 2017; 51: 12745–12755.

Koslitz S et al. Krebsrisiko im Feuerwehrdienst – Studie und Empfehlungen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, *BRAND-SCHUTZ* 2020; 8: 17–23.

Marczynski B et al. Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and DNA damage by industry: a nationwide study in Germany. *Arch Toxicol* 2009; 83: 947–957.