

Gesamtheit aller Umwelteinflüsse – das Exposom

IPA ist Teil des internationalen Konsortiums zur Erstellung des Human Internal Chemical Exposome Atlas

Holger Koch, Daniel Bury

Das Exposom umfasst alle Umwelteinflüsse, die auf den Menschen einwirken. Ein internationales Konsortium unter Beteiligung des IPA untersucht nun die Gesamtheit körperfremder Stoffe im menschlichen Organismus. Die Erkenntnisse können dazu beitragen, auch komplexe Mischbelastungen künftig stärker im Arbeitsschutz zu berücksichtigen.

Erfassung körperfremder Stoffe und Stoffwechselprodukte

Die Kartierung des menschlichen Genoms, also der Gesamtheit der vererbten Informationen des Menschen, revolutionierte vor mehr als 20 Jahren unser Verständnis der Eigenschaften, Funktionen und Interaktionen der menschlichen Gene (Venter et al. 2001; Lander et al. 2001). Unser Wissen darum, wie Gene die Entstehung von Krankheiten beeinflussen, wurde durch die Kartierung wesentlich erweitert. Ähnlich ehrgeizige Ziele verfolgt derzeit die Forschung zur Kartierung des menschlichen Proteoms, also der Gesamtheit aller Proteine im Körper des Menschen. Das Erkrankungsrisiko eines Menschen hängt jedoch auch vom Exposom ab, also der Gesamtheit aller Umwelteinflüsse, einschließlich Lebensstil, Ernährung und chemischer Faktoren, denen ein Mensch von der Empfängnis bis zum Tod ausgesetzt ist (Wild 2005).

Einem spezifischen Aspekt davon, dem inneren chemischen Exposom, widmet sich nun ein internationales Konsortium unter Beteiligung des IPA. Es möchte die Gesamtheit aller körperfremden Stoffe aus der Umwelt – einschließlich ihrer Stoffwechselprodukte –, die im menschlichen Organismus



Abbildung 1: Das Erkrankungsrisiko eines Menschen hängt auch von der Gesamtheit aller Umwelteinflüsse ab, denen er im Laufe seines Lebens ausgesetzt ist.

vorhanden sind, untersuchen (David et al. 2026). Derzeit bestehen hier immer noch erhebliche Wissenslücken. So ist vielfach unklar, welche Substanzen tatsächlich in welchen Mengen und Verhältnissen im menschlichen Körper vorkommen.

Für viele Chemikalien fehlen Biomonitoring-Daten

Viele Chemikalien sind zwar reguliert oder zumindest registriert, die wenigsten davon jedoch systematisch im Menschen mittels Human-Biomonitoring untersucht. Bestehende Human-Biomonitoring-Programme zur Bestimmung der inneren Exposition konzentrieren sich zudem meist auf ausgewählte Einzelsubstanzen oder wenige Stoffgruppen. Die tatsächliche Belastung erfolgt jedoch typischerweise durch Gemische zahlreicher Verbindungen, deren gemeinsame Wirkung bislang nur unzureichend berücksichtigt wird. So sind die aufgenommenen Stoffe oftmals unterschiedlichen Ursprungs und bilden im Körper eine komplexe Mischung mit entsprechend komplexem Wirkungsspektrum und Erkrankungsrisiken.

Insgesamt bildet das innere chemische Exposom die reale, biologisch wirksame Belastung deutlich besser ab als die Betrachtung von Einzelsubstanzen. Zudem geht es über die reine Kenntnis der externen Expositionsquellen hinaus und ist damit im Vergleich zu Expositionsmessungen in Umweltmedien wie Luft und Wasser deutlich aussagekräftiger hinsichtlich des tatsächlichen Erkrankungsrisikos von Menschen.

Erfassung des inneren chemischen Exposoms

Vor diesem Hintergrund stellt die internationale Initiative von 20 Institutionen, mit dem IPA als deutschem Vertreter, den **Human Internal Chemical Exposome Atlas (iChemAtlas)** vor.

Kurz gefasst

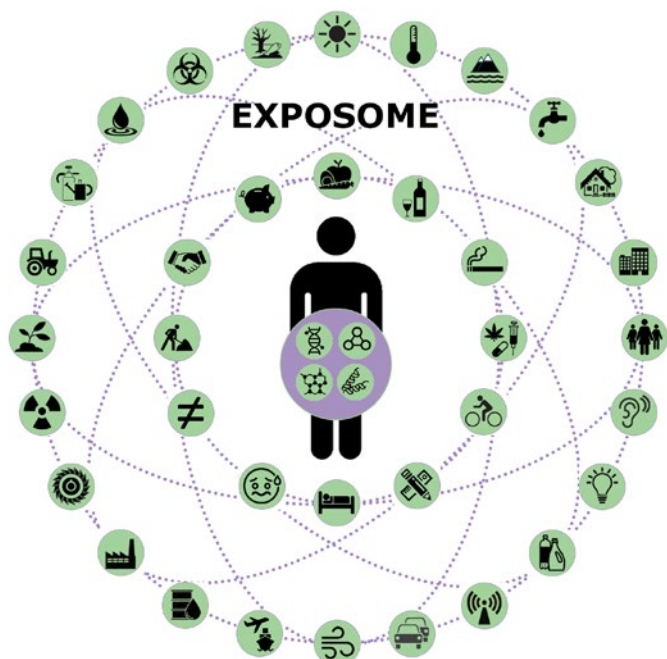
- Das innere chemische Exposom umfasst die Gesamtheit aller Schadstoffe im Körper, die die Gesundheit beeinflussen können.
- Die internationale Initiative iChemAtlas mit 20 Partnern, darunter auch das IPA, erforscht dieses Exposom.
- Die Analyseverfahren von iChemAtlas können im Arbeitsschutz helfen, relevante Risikofaktoren bei unklaren oder komplexen Expositionen zu erkennen.

Ziel ist es, das innere chemische Exposom umfassender zu kartieren. Dazu werden zunächst 800 gepoolte Blut- und Urinproben aus dem französischen Human-Biomonitoring-Programm Esteban auf die darin enthaltenen Stoffe analysiert, unter anderem mittels einer Kombination aus semi-quantitativen Screeningverfahren und zielgerichteten quantitativen Analysen auf Basis der Massenspektrometrie.

Diese Kombination von Verfahren erlaubt es, in den bisher untersuchten Proben bereits über 250 verbreitete chemische Verbindungen quantitativ nachzuweisen, darunter Gefahrstoffe wie PFAS, ausgewählte Weichmacher, Pestizide und Flammenschutzmittel sowie Inhaltsstoffe aus Kosmetika oder Arzneimitteln. Ergänzend wird nun mithilfe hochauflösender massenspektrometrischer (HRMS-) Screening-Verfahren nach bislang nicht oder nur unzureichend charakterisierten Gefahrstoffen und deren Stoffwechselprodukten gesucht. Zudem soll – im Sinne einer Qualitätssicherung – die Treffergenauigkeit der Screeningverfahren auf die bereits mittels spezifischer Verfahren quantifizierten Gefahrstoffe untersucht werden.

Generell ist die Auswertung der Messdaten solcher Screening-Verfahren sehr zeitaufwendig. Um die wissenschaftliche Gemeinschaft bei der Entwicklung von Auswerte-Tools für HRMS-Screeningdaten im Human-Biomonitoring zu unterstützen, soll daher von dem Konsortium der beteiligten wissenschaftlichen Einrichtungen eine interaktive web-basierte Plattform entwickelt werden, die dem Austausch von Mess- und Auswertedaten, inklusive der Benennung identifizierter Substanzen, dient.

Aufbauend auf den Analysen gepoolter Urinproben aus der französischen Bevölkerung planen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die Analyse später auf andere Bevölkerungsgruppen zu erweitern, um so länder- beziehungsweise regionsspezifische Auswertungen des inneren chemischen Exposoms zu ermöglichen. Zeitliche Dynamiken, insbesondere kurzfristige Veränderungen im inneren chemischen Exposom über Monate oder wenige Jahre, nur eingeschränkt im iChemAtlas abgebildet werden. Daher versteht das Konsortium den Atlas eher als Infrastruktur, die zukünftig eine verbesserte



Nathalie Ruaux - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=109448989>

Abbildung 2: Die Kartierung des menschlichen Exposoms kann zu einer verbesserten Charakterisierung von Mischexpositionen und deren Risiken beitragen.

Charakterisierung von Mischexpositionen sowie die Bewertung der damit verbundenen Risiken ermöglichen soll.

Relevanz für den Arbeitsschutz

Der Ansatz hat mehrere Anknüpfungspunkte für den Arbeitsschutz, die vor allem auf konzeptioneller und methodischer Ebene liegen. So ist die beschriebene Kombination von Screeningverfahren mit zielgerichteten Analyseverfahren auch für die Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz sinnvoll. Diese Kombination von Verfahren erlaubt es unter anderem, relevante Risikotreiber an Arbeitsplätzen mit schlecht definierter Exposition oder mit komplexen Mischexpositionen zu identifizieren. Ein derartiges Vorgehen kann somit neben Einzelstoffen auch den Einfluss komplexer Mischbelastungen in die Gefährdungs- und Risikobeurteilung am Arbeitsplatz einbeziehen.

Das aktuelle Arbeitsschutzrecht und die betriebliche Praxis sind bislang stark auf einzelne Gefahrstoffe und die Messung äußerer Expositionen ausgerichtet, etwa durch stoffspezifische Arbeitsplatzgrenzwerte oder Gefährdungsbeurteilungen. Insofern ist die Bestimmung der inneren Exposition beziehungsweise des inneren chemischen Exposoms zum Gesundheitsschutz der Allgemeinbevölkerung – wie es durch das Konsortium geplant ist – auch als Impuls für den Arbeitsschutz zu verstehen.

Bestehende Instrumente der Expositionserfassung an Arbeitsplätzen sollten kontinuierlich kritisch hinterfragt und bei Bedarf weiterentwickelt beziehungsweise an den aktuellen Kenntnisstand angepasst werden.

Zum Weiterlesen empfohlen

David et al. Mapping the human chemical exposome for public health. Nat Med 2026; Online ahead of Print
doi: 10.1038/s41591-026-04289-7

Lander et al. Initial sequencing and analysis of the human genome. Nature 2001; 409: 860-921
doi: 10.1038/35057062

Venter et al. The sequence of the human genome. Science 2001; 291: 1304-1351
doi: 10.1126/science.1058040 2001

Wild et al. Complementing the genome with an “Exposome”: The outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2005; 14: 1847–1850,
doi: 10.1158/1055-9965.EPI-05-0456

Ansprechpersonen:

Dr. Daniel Bury
E-Mail: daniel.bury@dguv.de

Dr. Holger M. Koch
E-Mail: holger.koch@dguv.de

Impressum

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
Glinkastraße 40 · 10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de · Internet: www.dguv.de

Bezug:

www.dguv.de/publikationen · Webcode: p022891

Verfasst von:

Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der DGUV (IPA)
Institutsdirektor: Univ.-Prof. Dr. Thomas Brüning
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1 · 44789 Bochum

ISSN (Internet): 2190-0892