

# **Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufth – Xylole**

## **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Projektleitung: DI Peter Tappler, Dr. Ilse Mauritz

Autoren (in alphabetischer Reihenfolge):

Dipl.-Ing. Bernhard Damberger, Assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Hutter, Priv.-Doz. Dr.  
Hanns Moshhammer, Dr. Peter Wallner

Mitglieder des Arbeitskreises Innenraumluft im BMK

Wien, 2024. Stand: 23. September 2024

## **Vorwort**

Der Arbeitskreis Innenraumluft im BMK erstellt und veröffentlicht unterschiedliche Typen von Dokumenten: Die einzelnen Teile der „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ werden zum Teil unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erstellt und definieren Richt- und Referenzkonzentrationen für häufig auftretende Schadstoffe in Innenräumen.

Beim „Wegweiser für eine gesunde Raumluft“ handelt es sich um eine Konsumentenbroschüre, in der in leicht verständlicher Form Empfehlungen zum Thema „Innenraumluft“ gegeben werden. Zu einzelnen Themen werden Positionspapiere veröffentlicht, die gegebenenfalls durch Leitfäden ergänzt werden, in denen in umfangreicherer Form Informationen bereitgestellt werden.

Die Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, aber auch Leitfäden und Positionspapiere legen prinzipielle Vorgangsweisen für Expertinnen und Experten fest und schneiden offene Fachfragen an. Sie spiegeln die Fachmeinung der im Arbeitskreis vertretenen Fachleute (Umwelthygiene, Messtechnik, Verwaltung usw.) zu einem aktuellen Problemkreis im Themenbereich „Innenraumluft“ wider. Sie haben keinen normativen Charakter und können gegebenenfalls nach einer Evaluierung auch erneut bearbeitet werden.

Zum Zeitpunkt der Drucklegung sind durch den Arbeitskreis Innenraumluft im BMK folgende Dokumente erschienen.

Richtlinienteile der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft:

- Übernahme deutscher Richtwerte
- Allgemeiner Teil
- VOC-Allgemein
- Styrol
- VOC-Summenparameter
- Toluol
- Kohlenstoffdioxid – CO<sub>2</sub> als Lüftungsparameter
- Formaldehyd
- Alpha-Pinen
- Ethylbenzol
- Phenol
- Butan-1-ol
- Octamethylcyclotetrasiloxan D4
- Decamethylcyclopentasiloxan D5
- Dodecamethylcyclohexasiloxan D6
- Naphtalin
- 5-Chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-on (CIT), 2-Methyl-2H-isothiazol-3-on (MIT)
- Xylole

Leitfäden und Konsumentenbroschüren:

- Leitfaden Gerüche in Innenräumen
- Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“)
- Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung
- Wegweiser für eine gesunde Raumluft

Positionspapiere:

- Positionspapier zu Luftströmungen in Gebäuden
- Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen
- Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Gebäuden
- Positionspapier zu Formaldehyd in Saunaanlagen
- Positionspapier zu technischer Bauteiltrocknung
- Positionspapier zu Verbrennungsprozessen und Feuerstellen in Innenräumen

- Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten
- Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen zur Infektionsprophylaxe – Einsatz von Luftreinigern und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft
- Positionspapier zur Bewertung von Innenräumen in Hinblick auf das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2
- Positionspapier zur Beurteilung der maschinellen Kühlung von Innenräumen in Hinblick auf SARS-CoV-2
- Positionspapier zu Auswirkungen energiesparender Maßnahmen auf die Innenraumluft
- Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Bildungseinrichtungen

Online Rechner:

- Corona-Rechner VIR-SIM: Tool zur Berechnung des Infektionsrisikos durch SARS-CoV-2 über Aerosolpartikel in Innenräumen: [corona-rechner.at](https://corona-rechner.at)
- Lüftungsrechner CO2-SIM, verfügbar unter [raumluft.org](https://raumluft.org)

Die Publikationen sind – wenn nicht anders angegeben – auf der Website des BMK zum Download verfügbar: [bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/luft/innenraum.html](https://bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/innenraum.html)

## Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Präambel</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Chemisch-physikalische Eigenschaften</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Messstrategie, Analytik und Prüfbericht</b> .....	<b>9</b>
3.1 Messstrategie, Probenahme .....	9
3.2 Analytik .....	11
3.3 Prüfbericht .....	11
<b>4 Ableitung des wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerts</b> .....	<b>12</b>
4.1 Ableitung der Europäischen LCI-Arbeitsgruppe .....	12
4.2 Ergebnis der Literaturrecherche .....	14
4.3 Ableitung der NOAEC .....	18
4.4 Ableitung des Wirkungsbezogenen Innenraumrichtwertes .....	18
<b>5 Richtwert und Beurteilung eines Messwertes</b> .....	<b>19</b>
5.1 Festlegung Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert und Erläuterungen .....	19
5.2 Abdeckung gesetzlicher Vorgaben .....	20
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>21</b>

# 1 Präambel

Für Xylol wurde seitens der EU-LCI-Arbeitsgruppe 2013 ein LCI-Wert (Niedrigste Interessierende Konzentrationen NIK, engl. LCI) von  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  veröffentlicht.

Entsprechend dem Beschluss des Arbeitskreises Innenraumluft im BMK, im Falle des Vorliegens einer rezenten Ableitung durch den deutschen Ausschuss für Innenraumrichtwerte oder andere fachkompetente Gremien ein verkürztes Verfahren der Ableitung durchzuführen, liegt nunmehr diese Ableitung vor.

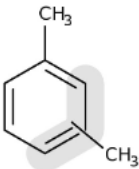
Das verkürzte Verfahren besteht darin zu prüfen,

- ob es relevante neue Erkenntnisse seit der Ableitung durch den deutschen Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) oder die EU-LCI-Arbeitsgruppe gibt, wobei diese Prüfung auf Basis einer systematischen Literaturrecherche für den Zeitraum von ein bis zwei Jahren vor Veröffentlichung des deutschen/EU-Richtwerts bis zum aktuellen Zeitpunkt der Behandlung im Arbeitskreis Innenraumluft durchgeführt wird;
- ob im Lichte der in dieser Recherche ermittelten Daten die Basis der Ableitung durch die deutsche bzw. EU-Arbeitsgruppe aufrechterhalten werden kann;
- welche analytischen Methoden dem Stand der Technik entsprechen;
- und in welchem Ausmaß eine Änderung des deutschen/EU-Richtwerts wegen des unterschiedlichen Ableitungsschemas vorgenommen werden muss.

Der Arbeitskreis Innenraumluft im BMK spricht daher in Bezug auf Xylol folgende allgemeingültige Empfehlungen aus, die sich am Stand der Technik orientieren.

# 2 Chemisch-physikalische Eigenschaften

Tabelle 1 Eigenschaften von Xylol

<b>Systematischer Name</b>	Xylol, Isomerenmisch (m-,o-, p-Xylol)
<b>Synonyme</b>	Xylen, Dimethylbenzol
<b>CAS-Nummer</b>	1330-20-7
<b>CLP-Index-Nr.</b>	601-022-00-9
<b>Harmonisierte Einstufung gemäß CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 i.d.g.F</b>	Flam. Liq. 3, H226; Acute Tox 4*, H312; Acute Tox 4*, H332; Skin Irrit 2, H315; (Note C)
<b>Summenformel</b>	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
<b>Strukturformel</b>	 <p>Source: European Chemicals Agency, <a href="http://echa.europa.eu">echa.europa.eu</a></p>
<b>Molmasse</b>	106,17 g/mol
<b>Schmelzpunkt</b>	m-Xylol -47,9 °C; o-Xylol -25,5 °C; p-Xylol 13,2 °C
<b>Siedetemperatur</b>	m-Xylol 139,1 °C; o-Xylol 144,5 °C; p-Xylol 138,4 °C
<b>Dichte</b>	m-Xylol und p-Xylol 0,86 g/ cm <sup>3</sup> ; o-Xylol 0,88 g/cm <sup>3</sup> (293,15 K, 1.013 hPa)
<b>Dampfdruck</b>	m-Xylol 820 Pa; o-Xylol 650 Pa; p-Xylol 870 Pa (293,15 K)
<b>Wasserlöslichkeit</b>	m-Xylol 146 mg/L; o-Xylol 170,5 mg/L; p-Xylol 156 mg/L
<b>Umrechnungsfaktoren (bei 293,15 K, 1013,25 hPa):</b>	1 ppm = 4,34 mg/m <sup>3</sup> (Xylol-Gemisch) 1 mg/m <sup>3</sup> = 0,23 ppm (Xylol-Gemisch)



# 3 Messstrategie, Analytik und Prüfbericht

## 3.1 Messstrategie, Probenahme

Messungen der Konzentration an Xylolen in der Innenraumluft erfolgen im Allgemeinen mittels Kurzzeitprobenahme (z.B. 30 Minuten). Die Messplanung und Probenahme-strategie gestaltet sich in Anlehnung an ÖNORM EN ISO 16000-5<sup>1</sup>. Erfolgen die Messungen mit dem Ziel der Überprüfung der Einhaltung des in Kapitel 4.4 abgeleiteten Wirkungs-bezogenen Innenraumrichtwertes (WIR), so hat die Probenahmedauer dem Beurteilungs-zeitraum des WIR (30 Minuten) zu entsprechen. Abweichungen davon sind nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig.

Referenzverfahren für die Probenahme ist die Sammlung der Substanz mittels Tenax mit anschließender Thermodesorption nach DIN ISO 16000-6<sup>2</sup> und entsprechender GC/MS-Analytik. Die Sammlung der Substanz mittels eines geeigneten Sorbens auf Aktivkohle-Basis nach ÖNORM M 5700-2<sup>3</sup> mit anschließender Lösungsmitteldesorption und GC/MS-Analytik (Äquivalenzverfahren) ist in Bezug auf die Detektion von Xylolen als dem Referenzverfahren gleichwertig anzusehen.

Informationen über den zeitlichen Verlauf oder die Ermittlung von örtlichen Konzentrationsunterschieden (Hinweise auf Quellen) können bei hohen Konzentrationen an Xylolen über Messungen mit anderen Methoden, z.B. einem direkt anzeigenden Detektor auf Basis der Photoionisation (PID) gewonnen werden. Die Anwendung derartiger Methoden ist nur nach vorheriger Kenntnis des Spektrums an VOC unter Identifizierung und Quantifizierung der Einzelsubstanzen mittels des Referenzverfahrens

---

<sup>1</sup> ÖNORM EN ISO 16000-5 (2007): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC). 2007 06 01

<sup>2</sup> DIN ISO 16000-6 (2022): Bestimmung organischer Verbindungen (VVOC, VOC, SVOC) in Innenraum- und Prüfkammerluft durch aktive Probenahme auf Adsorptionsröhrchen, thermischer Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID (ISO 16000-6:2021). 2022 03

<sup>3</sup> ÖNORM M 5700-2 (2002): Messen von Innenraumluft-Verunreinigungen – Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen - Teil 2: Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle – Lösemittelextraktion. 2002 08 01

möglich, wobei sichergestellt sein muss, dass das Verhältnis der Konzentrationen der einzelnen VOC zueinander zeitlich konstant ist.

Eine maßgebliche Beeinflussung des Messergebnisses bei Kurzzeitprobenahmen ist unter Umständen durch die aktuell herrschenden Außenklimaparameter gegeben, die je nach Außentemperatur und Windgeschwindigkeit zu stark unterschiedlichem Luftwechsel führen können.

Das Formblatt für das Probenahmeprotokoll ist im Anhang II der Richtlinie zu finden.

Neben den in „Allgemeiner Teil“ sowie im Teil „VOC – Allgemeiner Teil“ der Richtlinie behandelten Fragen in Bezug auf die Messstrategie sind noch folgende Punkte zu beachten:

- Vor der Probenahme sollte der Raum gelüftet werden. Anschließend darf der Raum über einen Zeitraum von mindestens 8 Stunden nicht gelüftet werden. Außentüren und Fenster müssen geschlossen bleiben, Fenster- und Türfugen sollten jedoch nicht abgeklebt werden. Die Raumtemperatur sollte sich im üblichen Bereich (20 bis 23°C) bewegen. Innentüren sind in der Regel ebenfalls geschlossen zu halten, begründete Ausnahmen davon sind jedoch möglich. Türen können kurz geöffnet werden, um z.B. den Raum zu betreten, sie sind jedoch unmittelbar darauf wieder zu schließen.
- Bei Beurteilung von Räumen, in denen regelmäßiges Lüften für die Nutzer zumutbar ist, wie bspw. Büros oder Unterrichtsräume mit nach außen weisenden Fenstern, ist abweichend vom vorigen Punkt nach der Lüftung vor dem Beginn der Probenahme nur der Zeitraum mit geschlossenen Fenstern und Türen abzuwarten, nach dem üblicherweise gelüftet wird (bspw. 2 Stunden bei Büros, 1 bis 2 Stunden in Schulräumen). Hierbei ist zu berücksichtigen, ob eine Lüftung in diesen Zeiträumen tatsächlich Praxis ist bzw. ob Lüftungsanweisungen existieren.
- Die Windgeschwindigkeit im Außenbereich sollte die Windstärke 3 nach Beaufort (Bereich 3,4 - 5,4 m/s, entspricht „Schwache Brise“ – Blätter und dünne Zweige bewegen sich) nicht überschreiten.
- In Räumen mit raumluftechnischen Anlagen ist die Anlage unter dem für den Nutzer ungünstigsten, jedoch realistischen Betriebszustand zu betreiben (niedriger Luftwechsel). Ist dies nicht bekannt, ist die niedrigste für den Normalbetrieb vorgesehene Lüftungsstufe zu wählen.

- Die Benutzer des Raumes müssen darauf hingewiesen werden, dass in einem Zeitraum von etwa einer Woche vor der Messung bis zur Messung keine lösungsmittelhaltigen Produkte (z.B. Lösungsmittel, Klebstoffe) verwendet werden dürfen (außer es soll der Einfluss dieser Produkte erfasst werden).
- Je nach den lokalen Bedingungen können zusätzlich Messungen der Außenluft, Messungen in anliegenden Arbeitsräumen (z.B. den Betriebsräumen eines Betriebes, in dem Xylole als Arbeitsstoff verwendet wird) oder an anderen relevanten Messorten durchgeführt werden.

### 3.2 Analytik

Es wird auf die Ausführungen im Kapitel Analytik in „Allgemeiner Teil“ sowie im Teil „VOC – Allgemeiner Teil“ der Richtlinie verwiesen.

Die Analyse der Proben wird im Labor unter Anwendung einer entsprechenden GC/MS-Analytik vorgenommen. Referenzverfahren ist die Thermodesorption nach DIN ISO 16000-6 (siehe auch Kapitel 3.1). Die Vorgangsweise nach ÖNORM M 5700-2 mit Lösungsmittel-desorption und GC/MS-Analytik (Äquivalenzverfahren) ist als dem Referenzverfahren gleichwertig anzusehen. Weiters ist das Verfahren mit anderen Detektoren (z.B. FID) unter Verwendung mehrerer Säulen dem Referenzverfahren gleichwertig, wenn es eine eindeutige Identifizierung erlaubt.

Die Anforderungen an ein Äquivalenzverfahren in Bezug auf Xylole sind folgende:

- Die Bestimmungsgrenze des gesamten Verfahrens darf den Wert von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten. Das Verfahren muss die interessierende Substanz spezifisch anzeigen und darf keine analytisch relevanten Querempfindlichkeiten aufweisen.
- Die relative Standardunsicherheit (Standardunsicherheit oder kombinierte Standardunsicherheit dividiert durch den Mittelwert der Messwerte) darf den Wert von 0,1 nicht überschreiten.

### 3.3 Prüfbericht

Der Prüfbericht hat die in „Allgemeiner Teil“ sowie im Teil „VOC-Allgemeiner Teil“ der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft behandelten Punkte zu enthalten.

# 4 Ableitung des wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerts

## 4.1 Ableitung der Europäischen LCI-Arbeitsgruppe

Das Ableitungsprinzip der europäischen Arbeitsgruppe ist im ECA-Report Nr. 29 dargelegt (JRC 2013). Vereinfacht dargestellt, werden europäische, nationale und internationale Bewertungen gegenübergestellt und zusätzlich relevante aktuelle Literatur geprüft. Basierend darauf wird die relevanteste Studie hinsichtlich gesundheitlicher Effekte nach chronischer inhalativer Exposition ermittelt. Durch Anwendung der Bewertungsfaktoren gemäß REACH Leitfaden R8 (ECHA 2012) wird eine „sichere Konzentration“ abgeleitet. Diese Ableitung wird durch die Erstellung eines sogenannten LCI-Fact-Sheets dokumentiert und begründet.

Als Schlüsselstudie für die Ableitung zu Xylol wurde eine Humanstudie (Exposition 8 Stunden/Tag, 5 Tage/Woche, 7 Jahre) herangezogen. Basierend auf Effekte auf das Nervensystem und sensorischer Irritation konnte eine LOAEC<sup>4</sup> (niedrigste Konzentration, bei welcher Effekte gefunden werden konnte) von 14,2 ppm abgeleitet werden.

Folgende Bewertungsfaktoren wurden für Xylol angewendet:

- Aufgrund diskontinuierlicher Exposition (8h, 5d/w) ist eine zeitliche Anpassung notwendig. Faktor: 4,2
- Extrapolation subchronisch → chronisch, Faktor: 2
- Intraspezies-Faktor: 5
- LOAEC → NOAEC<sup>5</sup> Faktor: 3

Der Gesamtextrapolationsfaktor beträgt damit 126. Daraus ergibt sich bei linearer Umrechnung eine Konzentration von 112,7 ppb (492,2 µg/m<sup>3</sup>) und gerundet 500 µg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>4</sup> LOAEC: Lowest Observable Adverse Effect Concentration

<sup>5</sup> NOAEC: No Observable Adverse Effect Concentration

Die folgende Begründung für die Ableitung stellt einen Auszug aus dem LCI-Fact-Sheet dar.

Für Xylol wurden bereits von einigen Institutionen Risikowerte abgeleitet: US-EPA (RfC: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), RIVM (TCA: 870  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Health Canada (provisional TC: 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ICPS (guidance value: 870  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), INDEX (chronic exposure limit: 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ATSDR (chronic inhalation MRL: 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und OEHHA (REL: 700  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Die Ableitung des LCI-Wertes basiert auf der Studie von Uchida et al. (1993). In dieser Arbeitsplatzstudie wurden 175 exponierte und 241 nicht exponierte Arbeiter untersucht. Die Exposition erfolgte gegenüber Lösungsmittelgemischen, welche zu 70% Xylol (davon 50 % m-Xylol) und zu 30 % andere Komponenten in unterschiedlicher Zusammensetzung (z.B. 3,4 ppm Ethylbenzol, 1,2 ppm Toluol) enthielten. Die LOAEC von 14,2 ppm basiert auf einem durchschnittlichen Expositionswert gegenüber der Summe der Xylol-Isomere. In der exponierten Gruppe wurde ein erhöhtes Auftreten von subjektiven Symptomen festgestellt. Es wurden sowohl Effekte auf das Nervensystem (Schwindel, schwebendes Empfinden, Konzentrationsschwäche, Angstgefühl, Vergesslichkeit, etc.), also auch lokal reizende Effekte auf Augen, Nase und Rachen beschrieben. Die Hinweise auf eine Beeinträchtigung des Nervensystems werden durch Ergebnisse der Tierstudien von Hass & Jakobsen (1993) und Korsak et al. (1994) unterstützt.

Bei den in Uchida et al. (1993) beschriebenen lokal reizenden Effekten ist fraglich, ob diese auf Exposition gegenüber Xylol oder gegenüber anderen Komponenten des Gemisches zurückzuführen sind. Schaper (1993) berechnete, basierend auf einem  $\text{RD}_{50}$ -Wert für m- und p-Xylol in Mäusen und dem Alarie-Algorithmus, eine Reizschwelle von 40 ppm für sensorische Irritation in Arbeitern. Eine Humanexpositionsstudie (4h) mit Toluol ergab eine LOAEC von 100 ppm für sensorische Irritation (Baelum et al. 1990). Zusätzlich wurde in einer weiteren Studie ein LOAEL von 88 ppm für sensorische Irritation durch Xylol für die Allgemeinbevölkerung abgeleitet (Wolkoff 2013). Aufgrund dieser Daten kann ein kausaler Zusammenhang zwischen den in Uchida et al. (1993) beschriebenen reizenden Effekten und einer Exposition gegenüber 14 ppm Xylol nicht bestätigt werden.

Die Extrapolation von einer LOAEC zu einer NOAEC wird mit einem Faktor von 3 versehen. Um eine mögliche kontinuierliche Exposition der Bevölkerung gegenüber Xylol modellieren zu können, wird die in der Studie beschriebene Exposition (8h/d, 5d/w) mit einem Faktor von 4,2 korrigiert. Die Humanstudie mit einer Dauer von ca. 7 Jahren entspricht einer subchronischen Exposition; ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor von 2 ist daher anzuwenden. Gemäß den Bewertungsfaktoren im REACH Leitfaden R.8 (ECHA 2012)

wurden Intraspezies-Unterschiede (Variationen innerhalb der Spezies) mit einem Faktor von 5 berücksichtigt.

Das detaillierte EU-LCI-Fact-Sheet kann auf der Homepage der Europäischen Kommission (DG Growth) eingesehen werden<sup>6</sup>.

## 4.2 Ergebnis der Literaturrecherche

Die europäische Arbeitsgruppe berücksichtigte die wissenschaftliche Literatur bis 2012. Die hier durchgeführte Literaturrecherche umfasst den Zeitraum von 01/2009 bis 04/2024 und wurde in PubMed<sup>7</sup> mit den Schlagwörtern „1330-20-7“ und „xylene inhalation“ durchgeführt.

Die Recherche ergab 34 möglicherweise für diese Ableitung relevante Artikel, wovon nach einer ersten Überprüfung 27 ausgeschlossen wurden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). 7 Artikel wurden einer detaillierten Überprüfung unterzogen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Die Untersuchung von Haushalten (n = 14) in der Umgebung eines Flughafens ergab durchschnittliche Xylol-Konzentrationen von 0,39 µg/m<sup>3</sup> für o-Xylol und 1,22 µg/m<sup>3</sup> für m-/p-Xylole (Jung et al. 2011). In einer weiteren Studie wurden in malayischen Schulen mediane Innenraumluf-Konzentrationen für Xylole von 78,4 µg/m<sup>3</sup> gemessen. Eine Untersuchung der Innen- und Außenluftkonzentration, der einjährige Kinder (n = 352) in Spanien ausgesetzt waren, zeigte, dass eine Durchschnittskonzentration von 0,6 und 1,0 µg/m<sup>3</sup> für o- bzw. m-/p-Xylole nachweisbar war. Im Durchschnitt waren die Innenraum-Konzentrationen im Vergleich zur Außenluft um einen Faktor von 2,5 höher. Faktoren die diese Werte beeinflussten, waren die Lage der Wohnung in der Stadt, Verkehrsfrequenz, Jahreszeit und Renovierungsarbeiten in der Wohnung (Esplugues et al. 2010).

Eine Untersuchung von Konsumentenprodukten im asiatischen Raum zeigte, dass Xylole in Permanentmarkern, Schuhcreme, Lederreinigungsmittel, Klebstoff und Korrekturflüssigkeiten in zum Teil sehr hohen Konzentrationen enthalten waren. Für die

---

<sup>6</sup> [ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_en)

<sup>7</sup> [ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/](https://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/)

Verwendung von Permanentmarkern wurde, basierend auf einer errechneten Innenraumlufkonzentration von bis zu 3,1 mg/kg/d und einer Absorptionsrate (inhalativ) von 60 % ein Risiko >1 abgeleitet (Lim et al. 2014).

Lv et al. (2023) fanden einen gewissen Zusammenhang zwischen Benzol und o-Xylol-Konzentrationen im Blut und dem Risiko, an COPD zu erkranken. Eine mögliche Verbindung zwischen dem Xylol-Metaboliten 2- Methylhippursäure und kindlichem Asthma beschreiben Xiong et al. (2024). Eine andere Studie fand eine Korrelation zwischen der BEX(Benzol, Ethylbenzol und Xylol)-Exposition und dem Risiko von Hörverlust bei amerikanischen Erwachsenen (Wang 2024). Kombinierte Exposition gegenüber BTEX wurde in zahlreichen Studien untersucht, aufgrund der geringen Aussagekraft für Xylole wurden diese aber hier nicht weiter betrachtet.

Die Modellierung der Toxikokinetik (Absorption, Verteilung, Metabolisierung und Elimination) von Xylole im menschlichen Körper wurde in den Publikationen von Marchand et al. (2015) und Olie et al. (2015) thematisiert. Von Interesse ist auch die Rekonstruktion humaner Exposition gegenüber m-Xylol auf Basis von Biomonitoring-Daten (McNally et al. 2012). Andere Studien (Armenta-Reséndiz et al. 2019; Wathier et al. 2019) liefern neue Erkenntnisse zu neurologischen Effekten von Xylole und unterstützen somit die Schlüsselstudie von Uchida et al. (1993). Api et al. (2021) analysierten das Risiko bei Verwendung von Xylole als Parfum-Inhaltsstoff. Diese Studien wurden daher genauer analysiert und die Ergebnisse in der untenstehenden Tabelle kurz zusammengefasst.

Tabelle 2: Relevante Studien zu Xylole und deren Ergebnisse

Studie	Ergebnisse
Marchand et al. (2015)	Um bestehende Expositionsmodelle für m-Xylol, Toluol und Ethylbenzol zu evaluieren und zu verfeinern, wurden 5 Freiwillige für 6 h den jeweiligen Chemikalien in einer Konzentration von 1/8 und 1/4 des time-weighted average exposure value (TWAEVs: Toluol 50 ppm, Ethylbenzol und Xylole 100 ppm) ausgesetzt. Blutproben, Ausatemluft und Urinproben wurden vor, während und nach der Exposition gesammelt. Nach Meinung der Studienautoren sind die entwickelten Modelle für die Abschätzung niedriger Expositionen geeignet. Die Eignung für Exposition gegenüber Gemischen muss noch evaluiert werden.

Studie	Ergebnisse
Olie et al. (2015)	Diese Studie beschreibt die Entwicklung eines Excel-basierten Modells zur Expositionsabschätzung gegenüber Benzol, Xylolen, Styrol, Toluol, Trichlorethylen und Tetrachlorethylen ("quick and dirty method"). Ziel war die bessere Anwendbarkeit der bereits existierenden Modelle für Nicht-Experten. Das Resultat ist ein öffentlich zugängliches PBTK-Modell <sup>8</sup> .
McNally et al. (2012)	In dieser Humanstudie wurden acht Freiwillige in einem Raum (8 m <sup>3</sup> ) für 4 h einer Konzentration von 40 ppm ausgesetzt. Für das Humanbiomonitoring wurden venöses Blut, Urinproben und Ausatemluft in regelmäßigen Abständen während und nach der Exposition gesammelt und auf den Gehalt von m-Xylol und 3-Methylhippursäure (Hauptmetabolit, CAS 27115-49-7) untersucht. Mithilfe dieser Daten wurde ein PBPK-Modell verfeinert. Es zeigte sich, dass besonders für die Rekonstruktion der Exposition anhand von Urin-Daten viele individualisierte Parameter notwendig sind. Im Vergleich dazu waren die Resultate aus Blut- und Atem-Modellen einheitlicher. So ist vor allem im Bereich der renalen Ausscheidung noch Wissen notwendig, um ein gutes Modell für die Expositionsabschätzung aus Biomonitoring-Daten zu entwickeln.
Armenta-Reséndiz et al. (2019)	30 minütige Exposition von männlichen Wistar Ratten gegenüber m-Xylol (500-8000 ppm) resultierte in angst lösenden und antinozizeptiven Effekten. Weiters zeigte sich ein Einfluss auf das Gedächtnis sowie verringerte soziale Interaktionen. Benzol und Toluol zeigten ähnliche Effekte, im Gegensatz zu Cyclohexan. Die Daten lassen die Autoren vermuten, dass der aromatische Ring für das Auftreten akuter neurologischer Effekte verantwortlich ist.
Wathier et al. (2019)	p-, m- oder o-Xylol in einer Konzentration von 3000 ppm (intra-tracheal, 2 x 15 min) lösen in Ratten innerhalb weniger Minuten eine Störung des Mittelohrreflexes aus, welcher normalerweise unseren Hörsinn vor großen Lautstärken schützt. Während mit m-Xylol nur sehr kleine, aber signifikante Störungen gemessen wurden, sind für o- und p-Xylol mäßige Effekte beschrieben worden. Es konnte aber kein direkter Zusammenhang zwischen der Lösungsmittelkonzentration im Gehirn und der Schwere des Effektes gefunden werden.
Api et al. (2021)	In diesem "RIFM fragrance ingredient safety assessment" wurden die Endpunkte Gentoxizität, Toxizität nach wiederholter Verabreichung, Reproduktionstoxizität, lokale Toxizität im Atemtrakt, Phototoxizität, Sensibilisierung sowie Umwelttoxizität evaluiert und davon ausgehend mögliche Risiken abgeschätzt. Die vorhandenen Daten ergaben einen ausreichenden "Margin of Exposure" (MOE) für die Anwendung von Xylole als Parfum-Bestandteil.

<sup>8</sup> [cefic-lri.org/toolbox/induschemfate/](http://cefic-lri.org/toolbox/induschemfate/)



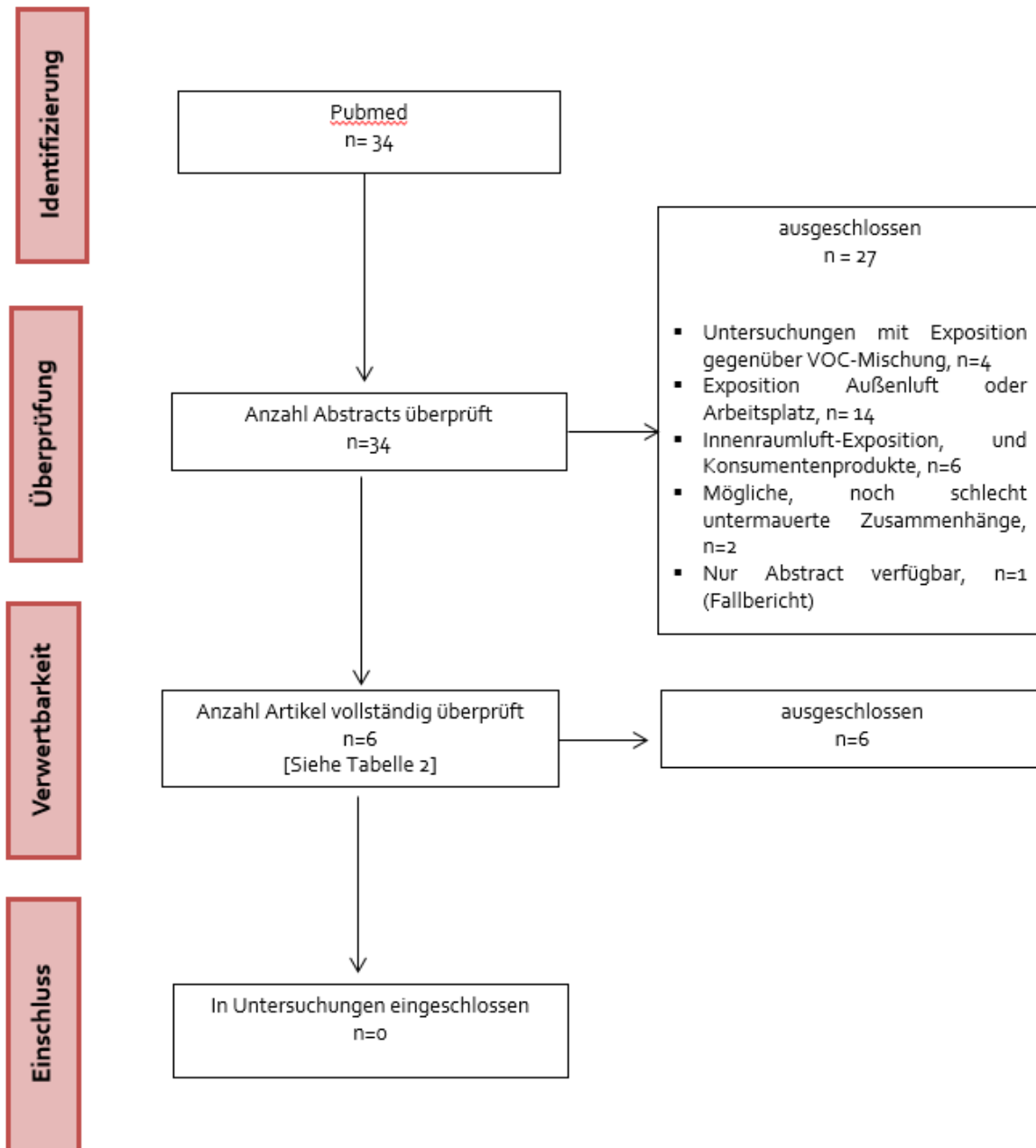


Abbildung 1: Schema der Literaturrecherche und Einschluss relevanter Publikationen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass keine neuen verwertbaren Daten zu Effekten nach chronisch inhalativer Exposition vorhanden sind, die in die Ableitung des Richtwertes mit einzubeziehen wären.

### 4.3 Ableitung der NOAEC

Ausgangspunkt für die Ableitung eines Wirkstoffbezogenen Innenraumrichtwerts (WIR) ist die NOAEC. In der Arbeitsplatzstudie von Uchida et al. (1993), welche sowohl von der EU-LCI-Arbeitsgruppe als auch vom ATSDR (2007) herangezogen wurde, konnte keine NOAEC aber eine LOAEC von 14,2 ppm als POD („point of departure“) identifiziert werden. Diese LOAEC wird durch Anwendung von Bewertungsfaktoren (siehe unten) wie im Schema des österreichischen Arbeitskreises Innenraumluft im BMK vorgesehen, angepasst.

### 4.4 Ableitung des Wirkungsbezogenen Innenraumrichtwertes

Die vom österreichischen Arbeitskreis Innenraumluft verwendeten Bewertungsfaktoren werden wie folgt angewendet:

- Aufgrund diskontinuierlicher Exposition (8h, 5d/w) ist eine zeitliche Anpassung notwendig. Faktor: 4,2
- Umrechnung auf Dauerexposition: subchronisch → chronisch, Faktor: 2
- Intraspezies-Faktor (Variationen innerhalb der Spezies): 10
- LOAEC → NOAEC Extrapolation: 10

Der Kinderfaktor ist im Intraspezies-Faktor enthalten. Der Gesamtextrapolationsfaktor beträgt damit 840. Daraus ergibt sich bei linearer Umrechnung ein Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (WIR) von 16,9 ppb (73,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und gerundet 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Die Geruchsschwelle für m-Xylol liegt bei 1,1 ppm (Amoore & Hautala 1983); ein weiteres Absenken des WIR-Wertes ist daher nicht indiziert.

# 5 Richtwert und Beurteilung eines Messwertes

## 5.1 Festlegung Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert und Erläuterungen

Auf Basis der in den Kapitel 4.3 und 4.4 dargelegten Ableitung und unter Berücksichtigung der Kategoriegrenzen für den Summenparameter für VOC wird der Wirkungsbezogene Innenraumrichtwert (WIR) auf ein Halbstundenmittel von 75 µg Xylole/m<sup>3</sup> festgelegt.

Tabelle 3: Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (WIR) und wesentlicher Endpunkt

Stoffname	Beurteilungszeitraum	Richtwert (WIR)	Wesentliche Endpunkte
Xylole	Halbstunden-Mittelwert	75 µg/m <sup>3</sup>	Neurotoxizität

Zur Beurteilung der Situation in einem Innenraum sind Halbstunden-Mittelwerte unter den ungünstigsten noch realistischen Bedingungen heranzuziehen. Wenn der Richtwert überschritten wird, sind Maßnahmen einzuleiten, die nach dem heutigen Stand der Technik geeignet sind, eine Reduktion der Raumluftkonzentration von Xylole herbeizuführen. Es können Maßnahmen in den betroffenen Innenräumen selbst oder in der Umgebung des betroffenen Raumes notwendig werden.

Liegt eine Überschreitung des Richtwertes vor, so wird empfohlen, mehrere hintereinander folgende Messungen in ausreichendem zeitlichem Abstand durchzuführen, um den Verlauf der Konzentration zu bestimmen. Daraus ist abzuschätzen, ob und in welchem Zeitraum die Konzentration unter den Richtwert absinken wird. Sollte sich keine Tendenz zeigen, die eine Unterschreitung des Richtwertes innerhalb absehbarer Zeit erwarten lässt, dann sind (weitere) Sanierungsmaßnahmen einzuleiten, um den Wert unter den Richtwert zu senken. Unabhängig davon sind den Bewohnern Empfehlungen hinsichtlich belastungsmindernder Maßnahmen (z.B. Lüften) mitzuteilen.

## 5.2 Abdeckung gesetzlicher Vorgaben

Bei Einhaltung der Mindestvorgaben für dauernd von Menschen genutzte Innenräume laut Kapitel 5.1 ist davon auszugehen, dass unter anderem auch folgende gesetzliche Vorgaben (bzw. deren fachliche Grundlagenforderungen) in Hinblick auf Emissionen erfüllt sind:

- Vorgaben laut § 26 Abs. 1, Arbeitsstättenverordnung – AStV (2017) – Auszug:  
„Als Arbeitsräume dürfen nur Räume verwendet werden, denen ausreichend frische, von Verunreinigungen möglichst freie Luft zugeführt und aus denen verbrauchte Luft abgeführt wird“.
- Vorgaben laut § 22 Abs. 3, ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – AschG (2022):  
„In Arbeitsräumen muss unter Berücksichtigung der Arbeitsvorgänge und der körperlichen Belastung der Arbeitnehmer ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein und müssen raumklimatische Verhältnisse herrschen, die dem menschlichen Organismus angemessen sind.“
- Vorgaben der OIB-Richtlinie 3 als Basis der gesetzlichen bautechnischen Regelungen der Länder. Bezugnehmend auf das Innenraumklima schreibt die OIB-Richtlinie 3 vor, dass Aufenthaltsräume so auszuführen sind, dass gefährliche Emissionen aus Baumaterialien und aus dem Untergrund nicht zu Konzentrationen führen dürfen, die die Gesundheit der Benutzer beeinträchtigen.

## Literaturverzeichnis

Die nicht im Anhang aufgeführten Regelwerke sind in den Fußnoten bei Erwähnung der jeweiligen Regelwerke aufgeführt.

**Amoore JE, Hautala E (1983):** Odor as an aid to chemical safety: Odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. *Journal of Applied Toxicology*, 3(6): 272-290.

**Api AM, Belsito D, Biserta S, Botelho D, Bruze M, Burton GA Jr, Buschmann J, Cancellieri MA, Dagli ML, Date M, Dekant W, Deodhar C, Fryer AD, Gadhia S, Jones L, Joshi K, Kumar M, Lapczynski A, Lavelle M, Lee I, Liebler DC, Moustakas H, Na M, Penning TM, Ritacco G, Romine J, Sadekar N, Schultz TW, Selechnik D, Siddiqi F, Sipes IG, Sullivan G, Thakkar Y, Tokura Y (2021):** RIFM fragrance ingredient safety assessment, xylene (mixed), CAS Registry Number 1330-20-7. *Food Chem Toxicol*. 2021 Jul; 153 Suppl 1: 112299.

**Armenta-Reséndiz M, Ríos-Leal E, Rivera-García MT, López-Rubalcava C, Cruz SL (2019):** Structure-activity study of acute neurobehavioral effects of cyclohexane, benzene, m-xylene, and toluene in rats. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2019 Aug 1; 376: 38-45.

**ATSDR (2007):** Toxicological profile for xylene. U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.  
[atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71.pdf](https://atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71.pdf)

**Baelum, L, Lundquist GR, Mølhave, L, Andersen I (1990):** Human response to varying concentrations of toluene. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 62, 65–71.

**ECHA (2012):** Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Ch. R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health. Version 2.1.  
[echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r8\\_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af66223258](https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af66223258)

**Esplugues A, Ballester F, Estarlich M, Llop S, Fuentes-Leonarte V, Mantilla E, Iñiguez C (2010):** Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and determinants in a cohort of one-year old children in Valencia, Spain. *Sci. Total Environ*. 2010 Dec 1; 409(1): 63-9.

**JRC (2013):** Report No 29. Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept. European Collaborative Action – Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure. [op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3d78842-bc95-4984-a2fe-2317731324bd](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3d78842-bc95-4984-a2fe-2317731324bd)

**Hass U, Jakobsen BM (1993):** Prenatal toxicity of xylene inhalation in the rat. A teratogenicity and postnatal study. *Pharmacology and Toxicology*. 73,1: 20-23.

**Jung KH, Artigas F, Shin JY (2011):** Personal, indoor, and outdoor exposure to VOCs in the immediate vicinity of a local airport. *Environ Monit Assess*. Feb; 173(1-4): 555-67.

**Korsak Z, Wisniewska-Knypl J, Swiercz, R (1994):** Toxic effects of subchronic combined exposure to n-butyl alcohol and m-xylene in rats. *Int J Occup Med Environ Health* 7: 155-166.

**Lim SK, Shin HS, Yoon KS, Kwack SJ, Um YM, Hyeon JH, Kwak HM, Kim JY, Kim TY, Kim YJ, Roh TH, Lim DS, Shin MK, Choi SM, Kim HS, Lee BM (2014):** Risk assessment of volatile organic compounds benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) in consumer products. *J Toxicol Environ Health A*. 2014; 77 (22-24): 1502-1521.

**Lv JJ, Li XY, Shen YC, You JX, Wen MZ, Wang JB, Yang XT (2023):** Assessing volatile organic compounds exposure and chronic obstructive pulmonary diseases in US adults. *Front Public Health*. 2023. [doi.org/10.3389/fpubh.2023.1210136](https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1210136)

**Marchand A, Aranda-Rodriguez R, Tardif R, Nong A, Haddad S (2015):** Human inhalation exposures to toluene, ethylbenzene, and m-xylene and physiologically based pharmacokinetic modeling of exposure biomarkers in exhaled air, blood, and urine. *Toxicol Sci*. 2015 Apr; 144(2): 414-424.

**McNally K, Cotton R, Cocker J, Jones K, Bartels M, Rick D, Price P, Loizou G (2012):** Reconstruction of Exposure to m-Xylene from Human Biomonitoring Data Using PBPK Modelling, Bayesian Inference, and Markov Chain Monte Carlo Simulation. *J Toxicol*. 2012; 2012: 760281.

**Olie JD, Bessems JG, Clewell HJ 3rd, Meulenbelt J, Hunault CC (2015):** Evaluation of semi-generic PBTK modeling for emergency risk assessment after acute inhalation exposure to volatile hazardous chemicals. *Chemosphere*. 2015 Aug; 132: 47-55.

**Rianto BUD, Yudhanto D, Herdini C (2018):** The Correlation between Length of Work and Nasal Mucociliary Transport Time of Gas/Fuel Station Workers. *Kobe J Med Sci*. 2018 May 28; 64(1): E6-E10.

**Schaper, M (1993):** Development of a database for sensory irritants and its use in establishing occupational exposure limits. *Am Ind Hyg Assoc Sept*; 54(9): 488-544.

**Uchida Y, Nakatsuka H, Ukai H, Watanabe T, Liu YT, Huang MY (1993):** Symptoms and signs in workers exposed predominantly to xylenes. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 64: 597-605.

**Wang S, Luo J, Zhang F, Zhang R, Ju W, Wu N, Zhang J, Liu Y (2024):** Association between blood volatile organic aromatic compound concentrations and hearing loss in US adults. *BMC Public Health*. 2024 Feb 27; 24(1): 623.

**Wathier L, Venet T, Bonfanti E, Nunge H, Cosnier F, Parietti-Winkler C, Campo P, Pouyatos B (2019):** Measuring the middle-ear reflex: A quantitative method to assess effects of industrial solvents on central auditory pathways. *Neurotoxicology*. 2019 May 20; 74: 58-66.

**Wolkoff P (2013):** Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. Vol 216, July: 371-394.

**Xiong Y, Liu X, Li T (2024):** The urinary metabolites of volatile organic compounds and asthma in young children. *NHANES 2011-2018. Heliyon*. Jan 23;10(3): e24199.







**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 (0) 800 21 53 59

[servicebuero@bmk.gv.at](mailto:servicebuero@bmk.gv.at)

[bmk.gv.at](http://bmk.gv.at)