



KISA-STUDIE NRW: SCHADSTOFFE IM URIN VON KINDERN

Modul 1: Weichmacher (2023/2024)

LANUK-Fachbericht 167



Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	4
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	7
1.1 Phthalate	7
1.2 DINCH	8
1.3 Terephthalate	9
2 Methodik	10
2.1 Studienkonzept	10
2.2 Ethik und Datenschutz	10
2.3 Rekrutierung und Probenahme	11
2.4 Probenaufbereitung und -versand	11
2.5 Datenmanagement und Datenauswertung	12
2.6 Mitteilung der Ergebnisse an die Erziehungsberechtigten	12
2.7 Probenanalyse	12
3 Ergebnisse	14
3.1 Charakterisierung der Studienpopulation	14
3.2 Phthalat-Metaboliten im Urin der untersuchten Kinder	15
3.3 DINCH-Metaboliten im Urin der untersuchten Kinder	22
3.4 Terephthalate im Urin der untersuchten Kinder	23
3.5 Gesundheitliche Bewertung	25
4 Diskussion	27
4.1 Phthalate	27
4.2 DINCH	33
4.3 Terephthalate	35
5 Verzeichnisse	38
5.1 Literaturverzeichnis	38
5.2 Abkürzungsverzeichnis	42
5.3 Abbildungsverzeichnis	43
5.4 Tabellenverzeichnis	44

Vorbemerkung

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr (MUNV) des Landes Nordrhein-Westfalen untersucht das Landesamt für Natur, Umwelt und Klima NRW (LANUK) in regelmäßigen Abständen die interne Schadstoffbelastung von Vorschulkindern aus Nordrhein-Westfalen. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der fünften Querschnittsuntersuchung (2023/24) der Kinder-Schadstoff-Analyse Nordrhein-Westfalen (KiSA-Studie NRW) zusammen. Die Ergebnisse der vorherigen Querschnitte sind auf den Internetseiten des LANUK veröffentlicht¹.

Ziel der Untersuchungen ist es, die Belastungssituation von Kindern im Vorschulalter gegenüber verschiedensten Schadstoffen aus dem Lebensumfeld der Kinder zu erfassen und soweit möglich auch gesundheitlich zu bewerten.

Die Ergebnisse des fünften Untersuchungsquerschnitts werden in vier Modulen berichtet. Es handelt sich dabei um folgende Module:

Modul 1:

Hauptbericht mit Studienkonzept sowie Ergebnisse zu Phthalaten, DINCH und DEHTP

Modul 2:

Ergebnisse zu Parabenen, Isothiazolinonen und Bisphenolen

Modul 3:

Ergebnisse zu Pestiziden

Modul 4:

Ergebnisse zu Duftstoffen

¹ <https://www.lanuk.nrw.de/themen/umwelt-und-gesundheit/umweltmedizin/umweltepidemiologie/schadstoffe-im-urin-von-kindern-bestimmung-von-schadstoffen-im-urin-von-kindern-aus-nrw>

Zusammenfassung

Weichmacher sind Stoffe, die überwiegend Materialien aus Kunststoff zugesetzt werden um diese weicher, elastischer und verarbeitungsfreundlicher zu machen. Sie sind in vielen Alltagsprodukten aus Kunststoff (wie z. B. Kinderspielzeug, Verpackungsmaterialien, Bekleidung) zu finden, mit denen Menschen täglich in Kontakt kommen. Auch kosmetische Mittel, Lacke, Baumaterialien, Dekorationsartikel etc. können Weichmacher enthalten. Ihr hohes Produktionsvolumen, ihr breites Anwendungsspektrum sowie der Umstand, dass sie nicht fest in den Materialien gebunden sind und über die Nahrung, Haut und Inhalation aufgenommen werden, führt zu einer Belastung des Menschen. Das Ausmaß der inneren Belastung des Menschen mit Weichmachern kann mit Hilfe von HBM²-Studien erfasst werden.

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr (MUNV) des Landes Nordrhein-Westfalen wird in regelmäßigen Abständen der Urin von 250 Kindern im Alter von 2 bis 6 Jahren auf ausgewählte Weichmacher untersucht. Die Querschnittsuntersuchung 2023/24 setzt die HBM-Studien aus den Jahren 2011/12 bis 2020/21 fort, in denen die Expositionshöhe von Kindern aus Nordrhein-Westfalen mit Weichmachern bestimmt wurde. Mit dem aktuellen Querschnitt 2023/24 stehen HBM-Daten aus fünf Querschnitten über einen Zeitraum von 12 Jahren zur Verfügung, wodurch auch langfristige Belastungstrends betrachtet werden können.

Insgesamt wurden im aktuellen Querschnitt 35 Metaboliten aus der Gruppe der Phthalat-Weichmacher mit einer neuen Untersuchungsmethode analysiert. Mit dieser erweiterten Methode können zusätzlich Biomarker für alle auf EU-Ebene als „Substances of Very High Concern“ (SVHC) und als reproduktionstoxisch eingestufte Phthalate erfasst werden. Darüber hinaus wurden jeweils drei Metaboliten der sogenannten „alternativen“ Weichmacher DINCH (1,2-Cyclohexandicarbonsäure-di-isononylester) und DEHTP (Di(2-ethylhexyl)terephthalat) gemessen, die von der Industrie als Ersatzstoffe für toxikologisch bedenkliche Weichmacher eingesetzt werden.

Von den 35 analysierten Phthalat-Metaboliten konnten 19 in nahezu allen Urinproben gemessen werden. Die mit Abstand höchste Belastung findet sich für die Phthalat-Metaboliten Mono-Ethylphthalat (3095 µg/l) und Mono-n-butylphthalat (1836 µg/l). Die mediane Belastung ist am höchsten für Mono-n-butylphthalat (17 µg/l) gefolgt von Mono-Ethylphthalat (15 µg/l) und Mono-iso-butylphthalat (14 µg/l). Die mediane Belastung für die weiteren Phthalat-Metaboliten liegen zum Teil deutlich niedriger mit Werten im Bereich von 0,5 µg/l bis 9 µg/l. Ein abnehmender Belastungstrend ist für die Phthalate Di-iso-butylphthalat, Di-n-butylphthalat, Di(2-ethylhexyl)phthalat und Butylbenzylphthalat verglichen mit dem Bezugsquerschnitt 2011/12 festzustellen. Für die Belastung mit Diethylphthalat, Di-iso-nonylphthalat sowie Di-iso-decylphthalat ergibt sich ein uneinheitliches Bild mit leichten Zunahmen bzw. Abnahmen ohne einen eindeutigen zeitlichen Trend. Für die Phthalate Dimethylphthalat und Di-n-hexylphthalat zeigt sich eine Zunahme der Belastung. Für insgesamt 10 Phthalate gibt es gesundheitliche Bewertungsmaßstäbe. Wie in den vorherigen Querschnitten finden sich auch für den aktuellen Querschnitt einige wenige Überschreitungen des gesundheitlichen Bewertungsmaßstabs. Im Querschnitt 2023/24 ist das bei den Phthalaten Di-iso-butylphthalat (1 Kind), Di-n-hexylphthalat (2 Kinder) und Di-iso-decylphthalat (1 Kind) der Fall. Die meisten

² HBM=Human-Biomonitoring

Überschreitungen finden sich für das reproduktionstoxische Phthalat Di-n-butylphthalat (5 Kinder) wobei der gesundheitliche Bewertungsmaßstab von zwei Kindern (15-fach bzw. 3,4-fach) erheblich überschritten wurde.

Als Biomarker für die Belastung mit dem alternativen Weichmacher DINCH wurden drei Metaboliten gemessen. DINCH Metaboliten konnten ebenso wie in allen vorherigen Querschnitten in 100 % der Proben gemessen werden. Die mediane Belastung für die drei Metaboliten lag bei 4 µg/l (OH-MINCH) und 2 µg/l für cx-MINCH bzw. oxo-MINCH. Im zeitlichen Verlauf zeigt sich für die Querschnitte 2011/12, 2014/15 und 2017/18 eine signifikante Zunahme der Belastung. Seitdem ist die Belastung rückläufig. Verglichen mit dem Bezugsquerschnitt 2011/12 jedoch auch im aktuellen Querschnitt signifikant erhöht. Die mediane Konzentration für die Summe der beiden DINCH Metaboliten (OH-MINCH / cx-MINCH) lag im Querschnitt 2011/12 bei 3 µg/l im Vergleich zu 5 µg/l im Querschnitt 2023/24. Das gesundheitliche Bewertungskriterium wurde in allen Proben deutlich unterschritten.

Ein weiterer Ersatzstoff für toxikologisch bedenkliche Weichmacher ist das Terephthalat DEHTP. Als Biomarker für eine DEHTP Exposition wurden drei Metaboliten analysiert, die in allen untersuchten Proben bestimmt werden konnten. Die mediane Konzentration des Hauptmetaboliten 5cx-MEPTP lag bei 26 µg/l. Auffällig sind hier die großen Belastungsunterschiede mit Werten von 26 µg/l für das 50. Perzentil und 297 µg/l für das 95. Perzentil. Aufgrund des breiten Einsatzes von DEHTP in einer Vielzahl von Produkten sind Aussagen zu konkreten Belastungsquellen nicht möglich, da das HBM die innere Belastung mit Schadstoffen integral über alle Aufnahmepfade erfasst. Im zeitlichen Verlauf ist seit der ersten Untersuchung im Querschnitt 2017/18 eine signifikante Zunahme der Belastung zu beobachten. Die mediane 5cx-MEPTP Konzentration stieg von 21 µg/l im Bezugsquerschnitt 2017/18 auf 26 µg/l im Querschnitt 2023/24. Der gesundheitliche Bewertungsmaßstab wird im aktuellen Querschnitt erstmalig von einem Kind (0,4 %) überschritten.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der im Abstand von drei Jahren durchgeführten KiSA-Studie NRW, dass Kinder weiterhin gegenüber verschiedenen Weichmachern exponiert sind. Für die meisten der untersuchten Weichmacher ist eine abnehmende Belastung zu beobachten. Dies verdeutlicht den Erfolg regulatorischer Maßnahmen in Form von Beschränkungen und Verboten von gesundheitlich bedenklichen Weichmachern. Eine Ausnahme bilden die Phthalate Dimethylphthalat, Di-n-hexylphthalat sowie das Terephthalat DEHTP mit signifikant zunehmenden Belastungstrends. Einzelne Überschreitungen der gesundheitlichen Bewertungsmaßstäbe finden sich für die Phthalate Di-i-butylphthalat, Di-n-butylphthalat, Di-n-hexylphthalat, Di-iso-decylphthalat sowie für das Terephthalat DEHTP. Reproduktionstoxische Phthalate wirken nicht unabhängig voneinander, sondern tragen über Kombinationswirkungen zur Mischungstoxizität bei. Konzepte zur gesundheitlichen Bewertung von HBM-Daten zu Mischungen befinden sich derzeit im wissenschaftlichen Diskurs. Aus umweltmedizinischer Perspektive ist es wichtig, die Belastung mit Weichmachern auch in zukünftigen Querschnitten weiter zu beobachten.

1 Einleitung

Das Human-Biomonitoring (HBM) ermöglicht die Erfassung der inneren Belastung des Menschen durch Substanzen aus seinem Lebensumfeld. Neben der quantitativen Erfassung der Belastungssituation ausgewählter Personen- oder Bevölkerungsgruppen können auch Belastungstrends identifiziert werden. Die erhobenen HBM-Daten können anschließend anhand von statistisch abgeleiteten Referenzwerten für die Allgemeinbevölkerung oder von toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswerten eingeordnet werden (Wollin et al., 2022).

Die Kinder-Schadstoff-Analyse NRW (KiSA-Studie) – vormals Kita-Studie NRW – erfasst als HBM-Untersuchung in regelmäßigen Abständen die Belastung von 2- bis 6-jährigen Kindern aus NRW mit Substanzen, die in sogenannten verbrauchernahen Produkten (wie Spielwaren, Bekleidung oder Kosmetikartikeln) sowie in Lebensmitteln und deren Verpackungsmaterialien vorhanden sein können.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der fünften Querschnittsuntersuchung (2023/24) der KiSA-Studie NRW zu Weichmachern (Phthalate, DINCH und DEHTP) zusammen (Modul 1). Weichmacher werden Materialien zugesetzt, um sie weich und biegsam zu machen. Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften können sie in Nahrungsmitteln, Wasser, Luft und Hausstaub übergehen und somit zur menschlichen Belastung beitragen (Kasper-Sonnenberg et al., 2025).

1.1 Phthalate

Phthalate sind Diester der Phthalsäure und werden vor allem Kunststoffen zugesetzt, um ihnen die gewünschte Flexibilität und Haltbarkeit zu verleihen. Sie finden breite Anwendung in verschiedensten Kunststoffen wie z. B. PVC und werden u.a. in Lebensmittelkontaktmaterialien, Spielwaren oder Bekleidung eingesetzt. Darüber hinaus werden sie als Emulgatoren und Lösungsmittel verwendet (Wang et al., 2019). Laut Informationen des Europäischen Weichmacherverbandes „European Plasticisers“ werden in Europa etwa eine Million Tonnen Phthalate pro Jahr produziert. Dies entspricht etwa 15 % der weltweiten Produktion. Ihr hohes Produktionsvolumen, ihr breites Anwendungsspektrum sowie die Tatsache, dass Phthalate nicht fest in Materialien gebunden sind, führt zu einer ubiquitären Exposition des Menschen. Phthalate können sowohl über den oralen als auch über den inhalativen und dermalen Pfad aufgenommen werden und so zur Gesamtexposition des Menschen beitragen (Wang et al., 2019).

In Abhängigkeit von ihrer Ester-Seitenkettenlänge können Phthalate in nieder- und hochmolekulare Phthalate eingeteilt werden (NRC, 2008). Nach Aufnahme in den menschlichen Körper werden niedermolekulare Phthalate (1 bis 4 Kohlenstoffatome) relativ schnell zu den korrespondierenden Monoestern (Primärmetaboliten) metabolisiert. Im Gegensatz dazu werden hochmolekulare Phthalate zunächst zu Monoestern und anschließend zu oxidierten Metaboliten (Sekundärmetaboliten) umgewandelt. Die Metaboliten werden über den Harn ausgeschieden und können als Expositionsmarker zur Bestimmung der inneren Belastung herangezogen werden (Wang et al., 2019).

Zusätzlich zu ihrer Verstoffwechslung unterscheiden sich Phthalate auch erheblich in ihren gesundheitlichen Auswirkungen. So sind eine Reihe von Phthalaten als reproduktionstoxisch

eingestuft. Untersuchungen am Tiermodell zeigen, dass Phthalate mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen in der Ester-Seitenkette die fetale Testosteronproduktion in den Hoden unterdrücken können. Die Folge sind strukturelle und funktionelle Beeinträchtigungen der männlichen Fortpflanzung und Entwicklung, die als „Phthalat-Syndrom“ bezeichnet werden (Apel et al., 2020). Reproduktionstoxische Phthalate können aufgrund ähnlicher Wirkendpunkte direkt additiv auf die fetale Testosteronproduktion, die Fortpflanzung und Entwicklung wirken (Kortenkamp and Koch, 2020).

Für den Einsatz von solchen als reproduktionstoxisch eingestuften Phthalaten hat die EU seit 1999 schrittweise Beschränkungen bzw. Verbote festgelegt. Unter anderem hat die EU die Verwendung von DEHP, DnBP, DiBP und BBzP in allen Spielzeugen und Babyartikeln verboten. Zudem ist die Verwendung von DiNP, DiDP und DnOP in Spielzeug und Babyartikeln, die von Kindern in den Mund genommen werden können, verboten. Die Verwendung von reproduktionstoxischen Phthalaten ist in kosmetischen Mitteln verboten und in Lebensmittelkontaktmaterialien beschränkt. Die verschiedenen regulatorischen Maßnahmen der EU haben sich erheblich auf die Verwendung toxikologisch bedenklicher Phthalate ausgewirkt. So schätzt die ECHA, dass die Verwendung von DEHP und 4 weiteren Phthalaten zwischen 2010 und 2021 um 90 % zurückgegangen ist (ECHA, 2022). Um den Bedarf an Weichmachern zu decken, hat die Industrie in den vergangenen Jahren zunehmend toxikologisch weniger bedenkliche Ersatzstoffe entwickelt.

1.2 DINCH

DINCH (1,2-Cyclohexandicarbonsäure-di-isononylester) ist ein aliphatischer Ester und gehört zur Gruppe der alternativen Weichmacher, da er zunehmend als Ersatz für reproduktionstoxische Weichmacher wie z.B. DEHP verwendet wird (Apel et al., 2017). Die Produktionskapazität für DINCH lag bei seiner Markteinführung im Jahr 2002 bei 25.000 Tonnen. Im Jahr 2014 wurden bereits rund 200.000 Tonnen produziert. Der globale Markt wächst stetig und im Jahr 2023 erreichte der Verbrauch weltweit 250.000 Tonnen, wobei 40 % der Nachfrage auf Medizinprodukte entfielen (24MR Market Reports, 2024). DINCH wird vor allem zur Produktion von Polyvinylchlorid (PVC)-Produkten verwendet und findet Anwendung in Produkten, die in engen Kontakt mit Menschen kommen. Neben Medizinprodukten wird DINCH auch in Spielzeug, Lebensmittelkontaktmaterialien und Sportprodukten verwendet (BASF, 2025).

Die Aufnahme von DINCH in den menschlichen Körper erfolgt vorwiegend oral über die Nahrung. Der dermale und inhalative Pfad spielt eine nachrangige Rolle. Nach Aufnahme wird DINCH zunächst zu Cyclohexan-1,2-dicarbonsäure-mono-isononylester (MINCH) metabolisiert. Die sekundären Oxidationsprodukte der Alkylseitenkette des Monoesters MINCH wurden als spezifische über den Urin ausgeschiedene Biomarker einer DINCH-Exposition identifiziert (Koch et al., 2013). Dazu gehören die Metaboliten Cyclohexan-1,2-dicarbonsäure-mono-hydroxyisononylester (OH-MINCH), Cyclohexan-1,2-dicarbonsäure-monooxoisononylester (oxo-MINCH) sowie Cyclohexan-1,2-dicarbonsäure-monocarboxyisooctylester (cx-MINCH) (HBM-Kommission, 2014). Die Nierentoxizität von DINCH gilt als relevanter Endpunkt und wurde von der EFSA für die Ableitung eines gesundheitlichen Bewertungsmaßstabs in Höhe von 1 mg/kg KG pro Tag herangezogen (EFSA, 2006). Für die gesundheitliche Bewertung von HBM-Daten von Kindern steht ein von der HBM-Kommission

festgesetzter HBM-I Wert von 3000 µg/l (OH-MINCH + cx-MINCH) zur Verfügung (Apel et al., 2017; HBM-Kommission, 2014). Nach jetzigem Kenntnisstand gibt es für DINCH keine Hinweise auf genotoxische, kanzerogene, reproduktionstoxische oder antiandrogene Eigenschaften (Schwedler et al., 2020a).

1.3 Terephthalate

Als weitere Alternative zu Phthalaten mit toxikologisch ungünstigen Eigenschaften wurden die Terephthalate entwickelt. Es handelt sich hierbei um Ester der Terephthalsäure (1,4-Benzoldicarbonsäure). Ein bekannter Vertreter der Terephthalate ist das Di(2-ethylhexyl)terephthalat (DEHTP). Laut ECHA wird DEHTP in einer Menge von $\geq 100\ 000$ bis $< 1\ 000\ 000$ Tonnen pro Jahr im europäischen Wirtschaftsraum hergestellt und/oder in diesen eingeführt. DEHTP wird als Weichmacher Kunststoff- bzw. PVC-Produkten zugesetzt und ersetzt zunehmend andere als reproduktionstoxisch und potentiell endokrin wirksam eingestufte Weichmacher wie DEHP und DiNP (Apel et al., 2017; Lessmann et al., 2017). DEHTP wurde ursprünglich für sensible Anwendungen wie medizinische Produkte oder Spielsachen entwickelt. Der Einsatz reicht mittlerweile von Produkten aus dem medizinischen Bereich bis hin zu Kleidung, Baustoffen oder Lebensmittelkontaktmaterialien. Als Beispiele können hier Infusionsbeutel, Schläuche, Vinyl-Handschuhe, Katheter, Spielsachen, Fußböden, Möbel, Kleidung (z.B. wasserabweisende Beschichtungen), Lederprodukte, Papier, Schuhwerk oder elektronisches Equipment genannt werden (Apel et al., 2017). DEHTP wird oral gut und dermal schlecht resorbiert. Aufgrund von fehlenden Daten kann die Relevanz des inhalativen Pfads nicht abgeschätzt werden. Nach jetzigem Kenntnisstand gibt es für DEHTP keine Hinweise auf genotoxische, kanzerogene, reproduktionstoxische oder antiandrogene Eigenschaften (Apel et al., 2017). In einer in-vivo-Studie mit drei männlichen Probanden (Lessmann et al., 2016) wurde der Monoester Mono-(2-ethyl-5-carboxyl-pentyl)terephthalat (5cx-MEPTP) als vorherrschender spezifischer Biomarker im Urin identifiziert. Durchschnittlich 16 % der verabreichten Dosis wurden in Form der vier Metaboliten 5cx-MEPTP, Mono-(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)terephthalat (5OH-MEHTP), Mono-(2-ethyl-5-oxo-hexyl)terephthalat (5oxo-MEHTP) und Mono-(2-carboxyl-methyl-hexyl)terephthalat (2cx-MMHTP) innerhalb von 48 h ausgeschieden. Als kritische Endpunkte wurden auf Basis einer oralen Studie an Ratten von der EFSA Auswirkungen auf die Netzhaut und die Nasenschleimhaut identifiziert und ein gesundheitlicher Bewertungsmaßstab von 1 mg/kg KG pro Tag abgeleitet (EFSA, 2008). Für die gesundheitliche Bewertung von HBM Daten steht ein von der HBM-Kommission festgesetzter HBM-I Wert für Kinder von 1800 µg/l (5cx-MEPTP) zur Verfügung (Apel et al., 2017; HBM-Kommission, 2014).

2 Methodik

2.1 Studienkonzept

Die KiSA-Studie NRW ist eine Human-Biomonitoring-Studie, die in den Jahren 2011/12 erstmals durchgeführt wurde. Seither führt das Landesamt für Natur, Umwelt und Klima NRW (LANUK) im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNV) in Abständen von drei Jahren jeweils eine weitere Querschnittsuntersuchung durch. Dabei werden Urinproben von etwa 250 Kindern auf Schadstoffe analysiert. Die ausgewählten Schadstoffgruppen variieren teilweise zwischen den Querschnitten. Die Schadstoffgruppen werden in Abstimmung mit dem MUNV und dem Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MLV) ausgewählt. Der Zeitraum der Probenahme eines Querschnitts beginnt im Spätsommer/Herbst des ersten Jahres und endet üblicherweise im Frühjahr des zweiten Jahres.

Die teilnehmenden Kinder werden über Kindertagesstätten (Kitas) in NRW rekrutiert. Die teilnehmenden Kitas wurden nach Möglichkeit in allen darauffolgenden Querschnitten wiederholt besucht, um die äußeren Rahmenbedingungen zwischen den Untersuchungen bestmöglich konstant zu halten. Bei Ausfällen oder Absagen von Kitas wurden ersatzweise weitere Kitas rekrutiert. Dabei wurde geprüft, ob dasselbe Einzugsgebiet beibehalten werden konnte (z.B. beim Umzug einer Kita).

Die finanziellen Mittel für die Analysen, Materialien und sonstige Verbrauchsmittel wurden vom MUNV zur Verfügung gestellt.

2.2 Ethik und Datenschutz

Bei der Ethik-Kommission der Ärztekammer Nordrhein wurde am 11.05.2023 der Antrag auf berufsethische Beratung zur Durchführung der Studie gestellt. Mit positivem Votum vom 27.07.2023 bestätigt die Ethik-Kommission, dass keine berufsethischen und berufsrechtlichen Bedenken gegen die Durchführung der Studie bestehen (Nr. 2023120).

Das Datenschutzkonzept wurde mit der Datenschutzbeauftragten des LANUK abgestimmt und der Ethik-Kommission vorgelegt. Im Rahmen des Datenschutzes wurde jedem Kind eine individuelle Identifikationsnummer zugeordnet. Personenbezogene Daten sind ausschließlich auf der Einwilligungserklärung zusammen mit der Identifikationsnummer aufgeführt.

Die Erziehungsberechtigten der Kinder mussten für die Teilnahme eine Einwilligungserklärung unterzeichnen. Damit stimmten sie der Teilnahme und der Analyse der Urinproben auf diverse Schadstoffe zu, sowie der Auswertung (pseudonymisiert) und der Veröffentlichung (anonymisiert) der Ergebnisse. Sie willigten auch der Aufbewahrung der Urinproben für zukünftige Schadstoffanalysen ein. Die Erziehungsberechtigten gaben in der Erklärung auch an, ob Sie eine individuelle Befundmitteilung mit den Ergebnissen ihres Kindes erhalten möchten. In diesem Fall wurden die Adressdaten für eine postalische Zustellung der Ergebnisse benötigt. Die Erziehungsberechtigten erhielten eine Kopie der Einwilligungserklärung inkl. der persönlichen Studien-Identifikationsnummer, Studieninformation und Datenschutzzinformation. Die ausgefüllten Einwilligungserklärungen wurden nach Erhalt unter Verschluss bei der Projektleitung der KiSA-Studie NRW aufbewahrt. Lediglich zur Versendung

der Befundmitteilung wurden die personenbezogenen Daten verwendet. Nach Versendung der Ergebnismitteilungen werden die ausgefüllten Einwilligungserklärungen vernichtet.

2.3 Rekrutierung und Probenahme

Die Feldphase begann am 23.08.2023 und endete am 26.04.2024. Es wurden insgesamt 22 Kindertagesstätten besucht.

Die Träger der Kitas wurden vorab über den Beginn des Querschnitts 2023/24 informiert und um Unterstützung gebeten.

Die Erziehungsberechtigten wurden am ersten Besuchstag des Feldphase-Teams des LANUK in der Kita persönlich angesprochen. Bei Interesse wurden in einem kurzen Gespräch die Inhalte der Studie, die Unterlagen (Einwilligungserklärung, Fragebögen) und die Probenahme der Urinprobe zu Hause erläutert. Dazu erhielten die Eltern eine schriftliche Anleitung zur Urinsammlung sowie mehrere Urinbecher (100 ml Schraubbecher und 500 ml Mehrzweck-Becher, aus Polypropylen und Deckel aus Polyethylen hoher Dichte, Firma Sarstedt) und einen Toiletteneinsatz (Einsatz-Bidet aus Polypropylen, Firma Russka), der das Auffangen des Urins erleichtert. Die Eltern wurden gebeten, prioritär den ersten Morgenurin des Folgetages zu sammeln. Es wurde ein Urinprobenvolumen von 50 ml angestrebt. Die gesammelten Urinproben sollten bis zur Übergabe an das LANUK nach Möglichkeit zu Hause gekühlt werden.

Am darauffolgenden zweiten Besuchstag des LANUK Feldphase-Teams in der Kita übergaben die Eltern morgens die gesammelten Urinproben und ausgefüllten Dokumente. Die Urinproben wurden für den weiteren Transport in Kühlboxen gelagert. Die ausgefüllten Einwilligungserklärungen wurden unmittelbar auf ihre Vollständigkeit geprüft und bei fehlenden Angaben direkt mit den Eltern ergänzt. Fehlende Angaben konnten auch postalisch oder per E-Mail nachgereicht werden. Eltern, die keinen Fragebogen abgaben, wurden vor Ort nach Mindestangaben zur Anthropometrie (Alter, Geschlecht, Gewicht und Größe) des Kindes gefragt. In einzelnen Fällen wurden das Gewicht sowie die Größe der Kinder vor Ort vom LANUK Feldphase-Team ermittelt.

2.4 Probenaufbereitung und -versand

Im Anschluss an den Kita-Besuch wurden die Urinproben gekühlt zum Labor des LANUK am Standort Essen transportiert und der Probenbestand dokumentiert. Von der ausgewählten Probe wurden die von den Auftragslaboren benötigten Volumina mittels Mehrfachdispenser (HandyStep® touch S der Firma Brand mit Brand Präzisions-Dispenser-Tips 50 ml aus Polypropylen und Polyethylen hoher Dichte) in Zentrifugenröhrchen (VWR® 15 ml Ultra High Performance Centrifuge Tubes) überführt. Zuvor wurde die Probe mit einem Laborschüttler durchmischt. Nach diesem Arbeitsschritt wurden die Urinproben bei -20°C eingefroren. Außerdem wurden pro Kind 26 ml des Urins für die langfristige Aufbewahrung bei -80°C eingefroren.

Nach dem Abschluss der Feldphase wurden die Proben in gefrorenem Zustand auf Trockeneis zur Analyse an die Auftragslabore verschickt. Zur Qualitätskontrolle wurden ebenfalls Feldblindproben mit zweifach destilliertem Wasser mitversendet.

2.5 Datenmanagement und Datenauswertung

Für das Datenmanagement wurde eine Access-Datenbank angelegt (Microsoft Access, Version 2016). Diese zentrale Datenbank enthält die Angaben aus den Eltern- und Kita-Fragebögen, die Urinprobendokumentation und die gemessenen Schadstoffkonzentrationen der Kinder.

Die statistischen Auswertungen wurden mit Microsoft Excel 2016 und SPSS (IBM Corp. Released 2020. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0. Armonk, NY: IBM Corp) durchgeführt. Die Diagramme wurden mit GraphPadPrism erstellt (GraphPadPrism Version 10.3.1 für Windows, GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA, www.graphpad.com). Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (LoQ) gingen in die Berechnung mit dem Wert der halben Bestimmungsgrenze (LoQ/2) ein.

2.6 Mitteilung der Ergebnisse an die Erziehungsberechtigten

Die Ergebnisse der Laboranalysen wurden nach Plausibilitätsprüfung in die Datenbank des LANUK eingegeben. Anschließend wurden die individuellen Ergebnismitteilungen an die Erziehungsberechtigten erstellt. In diesen Mitteilungen wurden die Schadstoffkonzentrationen im Urin des Kindes berichtet und eine gesundheitliche bzw. statistische Einordnung der Werte gegeben. Allen Eltern wurde ein ausführliches Beratungsgespräch angeboten. Bei Kindern mit Werten oberhalb eines gesundheitlichen Bewertungskriteriums wurde den Eltern zusätzlich eine erneute Analyse einer aktuellen Urinprobe angeboten.

2.7 Probenanalyse

Die Analysen der in diesem Modul berichteten Weichmacheregebnisse wurden vom Institut für Prävention und Arbeitsmedizin (IPA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Institut der Ruhr-Universität Bochum, durchgeführt. Die verschiedenen Weichmacher-Metaboliten wurden mittels einer Multimethode (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie gekoppelt mit Tandem-Massenspektrometrie) erfasst. Diese wurde aus den Einzelmethode der Phthalate (Koch et al., 2017), DINCH (Schütze et al., 2012) und DEHTP (Lessmann et al., 2016) zusammengesetzt.

In Tabelle 1 findet sich eine Übersicht über die gemessenen Metaboliten und die jeweilige Bestimmungsgrenze (LoQ).

Tabelle 1: Untersuchte Weichmacher-Metaboliten im Kinderurin, Querschnitt 2023/24

AUSGANGSSUBSTANZ	ABKÜRZUNG	METABOLIT	ABKÜRZUNG	LOQ [µg/l]
Phthalate		Phthalat-Metaboliten		
Dimethylphthalat	DMP	Mono-Methylphthalat	MMP	1
Diethylphthalat	DEP	Mono-Ethylphthalat	MEP	0,5
Dimethoxyethylphthalat	DMoxyEthP	Mono(2-methoxyethyl)phthalat	MMoxyEthP	0,5
Di-n-propylphthalat	DnPrP	Mono-n-propylphthalat	MnPrP	0,2
Di-iso-butylphthalat	DiBP	Mono-iso-butylphthalat	MiBP	1
		Mono(2-hydroxy)isobutylphthalat	2OH-MiBP	0,2
Di-n-butylphthalat	DnBP	Mono-n-butylphthalat	MnBP	1
		Mono(3-hydroxybutyl)phthalat	3OH-MnBP	0,2
Di-iso-pentylphthalat	DiPeP	Mono-iso-pentylphthalat	MiPP (MiPeP)	0,2
		Mono(4-hydroxyisopentyl)phthalat	4OH-MiPeP	0,2
Di-n-pentylphthalat	DnPeP	Mono-n-pentylphthalat	MnPeP	0,2
		Mono(4-hydroxy-n-pentyl)phthalat	MHPP (4OH-MnPeP)	0,2
		Mono(4-carboxy-n-butyl)phthalat	4cx-MnBP	0,2
Di-cyclo-hexylphthalat	DCHP	Mono-cyclo-hexylphthalat	MCHP	0,2
Di-n-butylphthalat	DnBP	Mono(3-carboxypropyl)phthalat*	MCPP	0,2
Di-n-pentylphthalat	DnPeP			
Di-n-octylphthalat	DnOP			
Di-iso-nonylphthalat	DiNP			
Butylbenzylphthalat	BBzP			
Di-n-hexylphthalat	DnHexP	Mono-Benzylphthalat	MBzP	0,2
		Mono-n-hexyl-Phthalat	MnHexP	0,2
		5OH-Mono-n-hexyl-Phthalat	5OH-MnHexP	0,2
Di-iso-heptylphthalat	DiHepP	5carboxy-mono-n-pentylphthalat	5cx-MnPeP	0,2
		Mono-iso-heptylphthalat	MiHepP	0,2
Di-n-heptylphthalat	DnHepP	Mono-n-heptylphthalat	MnHepP	0,2
		Mono(6-hydroxy-n-heptyl)phthalat	6OH-MnHepP	0,2
		Mono(6-carboxy-n-hexyl)phthalat	6cx-MnHexP	0,2
Di(2-ethylhexyl)phthalat	DEHP	Mono(2-ethylhexyl)phthalat	MEHP	0,3
		Mono(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phthalat	5OH-MEHP	0,2
		Mono(2-ethyl-5-oxohexyl)phthalat	5oxo-MEHP	0,2
		Mono(2-ethyl-5-carboxypentyl)phthalat	5cx-MEPP	0,2
Di-n-octylphthalat	DnOP	Mono-n-octylphthalat	MnOP	0,2
		Mono(7-carboxy-n-heptyl)phthalat	7cx-MnHepP	0,2
Di-iso-nonylphthalat	DiNP	Mono(4-methyl-7-hydroxyoctyl)phthalat	OH-MiNP	0,2
		Mono(4-methyl-7-oxooctyl)phthalat	oxo-MiNP	0,2
		Mono(4-methyl-7-carboxyheptyl)phthalat	cx-MiNP	0,2
Di-iso-decylphthalat/ Di-Propylheptylphthalat	DiDP/ DPHP	Mono(propyl-6-hydroxyheptyl)phthalat	OH-MiDP	0,2
		Mono(propyl-6-oxo-heptyl)phthalat	oxo-MiDP	0,2
		Mono-(2, 7-methyl-7-carboxy-heptyl)phthalat	cx-MiDP	0,2
DINCH		DINCH-Metaboliten		
Diisononylcyclohexan-1,2-dicarbonsäureester	DINCH	Mono(hydroxyisononyl)cyclohexan-1,2-dicarbonsäureester	OH-MINCH	0,05
		Mono(carboxy-iso-octyl)cyclohexan-1,2-dicarbonsäureester	cx-MINCH	0,05
		Mono(oxoisononyl)cyclohexan-1,2-dicarbonsäureester	oxo-MINCH	0,05
Terephthalate		Terephthalat-Metaboliten		
Di(2-ethylhexyl)terephthalat	DEHTP	Mono-(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)terephthalat	5OH-MEHTP	0,2
		Mono-(2-ethyl-5-oxo-hexyl)terephthalat	5oxo-MEHTP	0,2
		Mono-(2-ethyl-5-carboxyl-pentyl)terephthalat	5cx-MEPTP	0,2

*Mono(3-carboxypropyl)phthalat ist ein unspezifischer Metabolit, die vier bislang bekannten Ausgangssubstanzen sind hier aufgeführt

3 Ergebnisse

3.1 Charakterisierung der Studienpopulation

An der KiSA-Studie NRW haben im Querschnitt 2023/24 (Q5) insgesamt 250 Kinder teilgenommen. Die Rekrutierung erfolgte an verschiedenen Standorten in NRW unter Beteiligung von 22 Kindertagesstätten. In Abbildung 1 sind mit blauen Punkten alle Standorte eingezeichnet, an denen bisher im Rahmen der KiSA-Studie NRW eine Rekrutierung erfolgt ist. An der Studie haben Kinder sowohl aus einem eher städtischen als auch aus einem eher ländlichen Lebensumfeld teilgenommen.

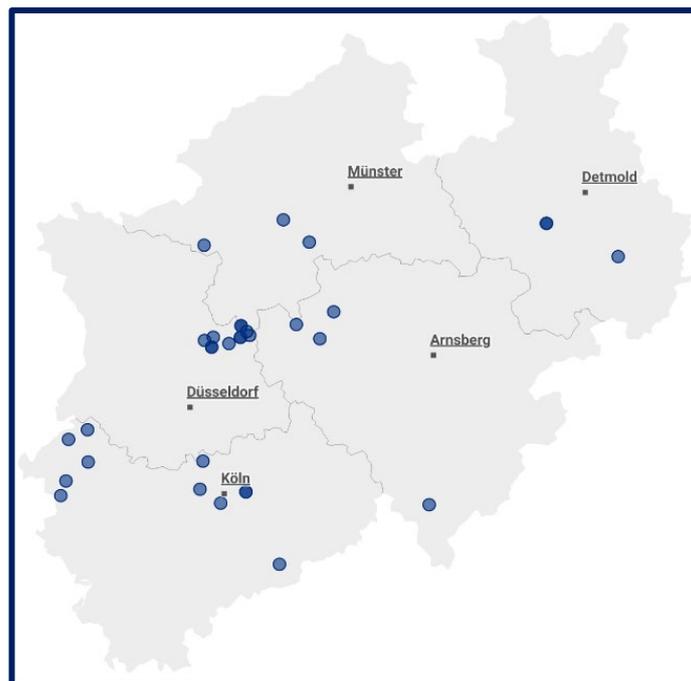


Abbildung 1: Übersicht über alle bisherigen Rekrutierungsstandorte der KiSA-Studie NRW

Von den insgesamt 250 Kindern, die an dem Querschnitt teilgenommen haben, sind 114 Mädchen und 136 Jungen. In Tabelle 2 sind die wesentlichen anthropometrischen Daten der Studienpopulation dargestellt. Das Alter der Kinder lag zwischen 29 und 84 Monaten, das Körpergewicht zwischen 11 kg und 37 kg und die Größe zwischen 87 cm und 131 cm. Insgesamt unterscheiden sich die Werte für die anthropometrischen Variablen zwischen Mädchen und Jungen nur geringfügig. Es gibt keine wesentlichen Unterschiede in den anthropometrischen Variablen zu den bisher durchgeführten Querschnitten.

Tabelle 2: Wesentliche Charakteristika der untersuchten Studienpopulation aus dem Querschnitt 2023/24

		Geschlecht		
		weiblich	männlich	Gesamt
Alter [Monate]	Minimum	29	31	29
	Median	56	58	57
	95. Perzentil	71	75	73
	Maximum	73	84	84
	Mittelwert	55	58	57
Gewicht [kg]	Minimum	11	12	11
	Median	18	19	18
	95. Perzentil	26	25	25
	Maximum	37	34	37
	Mittelwert	18	19	18
Größe [cm]	Minimum	87	88	87
	Median	108	110	110
	95. Perzentil	122	123	122
	Maximum	130	131	131
	Mittelwert	108	110	109

3.2 Phthalat-Metaboliten im Urin der untersuchten Kinder

Im Querschnitt 2023/24 wurden insgesamt 35 Phthalat-Metaboliten analysiert (Tabelle 1). Wie der Tabelle 3 zu entnehmen ist, konnten 14 Metaboliten in einigen wenigen Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze (< 10 %) gemessen werden. Die Metaboliten MnHexP und 5cx-MnPcP konnten in ~50 % der Proben gemessen werden, während 19 Metaboliten in nahezu allen untersuchten Proben gemessen wurden. Die mit Abstand höchste Belastung findet sich für die Metaboliten MEP (3095 µg/l) und MnBP (1836 µg/l). Das 95. Perzentil der Belastung ist am höchsten für MEP (143 µg/l) gefolgt von MiBP (62 µg/l) und MnBP (56 µg/l). Die weiteren Lagemaße sind im Detail in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Statistische Lagemaße der Phthalat-Metaboliten im Urin von Kindern (Querschnitt 2023/24)

Ausgangssubstanz	Metabolit	Anzahl [n]	≥LoQ [%]	MIN [µg/l]	P25 [µg/l]	Median [µg/l]	P75 [µg/l]	P95 [µg/l]	MAX [µg/l]	MW [µg/l]
DMP	MMP	250	94	< 1,0	2,43	4,61	10,20	47,97	841,47	14,23
DEP	MEP	250	100	0,81	7,25	14,99	35,54	142,91	3094,80	55,37
DMoxyEthP	MMoxyEthP	250	9	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,97	19,06	0,53
DnPrP	MnPrP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
DiBP	MiBP	249	99	< 1,0	7,18	14,06	22,44	61,84	162,29	20,28
	2OH-MiBP	250	100	0,27	2,47	4,84	8,35	22,96	51,79	7,25
DnBP	MnBP	250	100	< 1,0	8,40	17,13	28,10	55,95	1835,60	30,99
	3OH-MnBP	241	94	< 0,20	1,43	2,52	4,13	8,95	382,22	5,22
DnPeP	MnPeP	250	3	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,96	0,11
	MHPP/4OH-MnPeP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,53	0,10
	4cx-MnBP	250	79	< 0,20	0,21	0,40	0,71	2,08	33,11	0,84
DiPeP	MiPeP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
	4OH-MiPeP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
DCHP	MCHP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
BBzP	MBzP	250	89	< 0,20	0,46	1,05	2,50	7,86	192,17	3,34
DnHexP	MnHexP	250	56	< 0,20	< 0,20	0,56	2,33	10,16	76,03	2,67
	5OH-MnHexP	250	9	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,33	4,37	0,15
	5cx-MnPeP	240	47	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,45	1,22	14,48	0,47
DiHepP	MiHepP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
DnHepP	MnHepP	250	4	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	3,53	0,13
	6OH-MnHepP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
	6cx-MnHexP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20

Tabelle 3: Statistische Lagemaße der Phthalat-Metaboliten im Urin von Kindern (Querschnitt 2023/24) – Fortsetzung

Ausgangssubstanz	Metabolit	Anzahl [n]	≥LoQ [%]	MIN [µg/l]	P25 [µg/l]	Median [µg/l]	P75 [µg/l]	P95 [µg/l]	MAX [µg/l]	MW [µg/l]
DEHP	MEHP	250	81	< 0,30	0,35	0,66	1,23	3,49	34,59	1,26
	5OH-MEHP	250	100	0,62	3,85	6,63	12,02	35,29	167,48	11,40
	5oxo-MEHP	250	100	0,46	3,14	5,51	10,26	30,10	142,76	9,20
	5cx-MEPP	247	99	0,87	4,92	9,27	16,37	51,95	165,16	15,07
DnOP	MnOP	250	2	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,44	0,10
	7cx-MnHepP	250	0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,98	0,10
DiNP	OH-MiNP	250	100	0,34	1,74	3,05	5,64	16,09	406,05	7,37
	oxo-MiNP	250	99	< 0,20	1,18	2,21	4,65	13,63	183,85	4,82
	cx-MiNP	250	100	< 0,20	1,80	2,89	5,36	17,19	901,04	9,36
DPHP/DiDP	OH-MiDP	250	95	< 0,20	0,65	1,09	1,93	8,76	318,79	4,15
	oxo-MiDP	250	87	< 0,20	0,37	0,68	1,17	5,16	404,36	4,03
	cx-MiDP	250	92	< 0,20	0,31	0,49	0,76	2,99	45,76	1,06
DnBP; DnPeP; DnOP; DiNP	M CPP*	250	100	< 0,20	0,96	1,69	3,20	9,78	51,08	3,09

MIN=Minimum; P25=25. Perzentil; P75=75. Perzentil; P95=95. Perzentil; MAX=Maximum; MW=Mittelwert;

LoQ= Limit of quantification (Bestimmungsgrenze); Werte <LoQ gehen mit LoQ/2 in die Berechnung ein; LoQ Anteile sind auf ganze Zahlen gerundet

*Mono(3-carboxypropyl)phthalat (M CPP) ist ein unspezifischer Metabolit für bislang 4 bekannte Ausgangssubstanzen

Eine Übersicht über alle bisher vorliegenden Daten zur Belastung mit Phthalaten findet sich in Tabelle 4. Von besonderem Interesse sind die Phthalat-Ergebnisse für die es aktuell gesundheitliche Bewertungsmaßstäbe gibt. Die Werte der entsprechenden Metaboliten sind in den Abbildungen 2 bis 4 separat dargestellt.

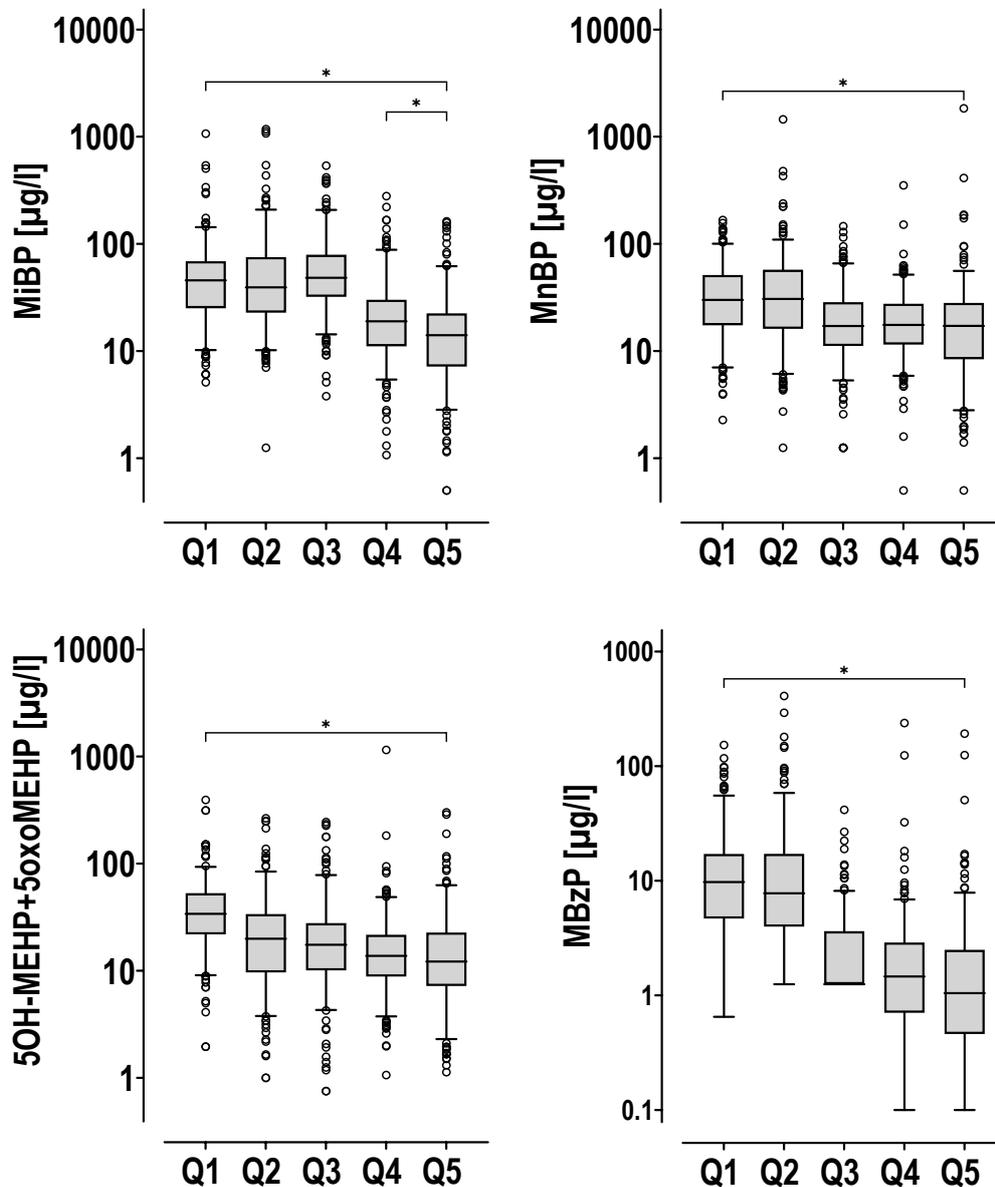


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung mit abnehmendem Expositionstrend
 Die Antennen stellen das 5. bzw. das 95. Perzentil dar. Signifikante Unterschiede des aktuellen Querschnitts 2023/24 zum Querschnitt 2011/12 bzw. zum Querschnitt 2020/21 sind mit einem * gekennzeichnet. Q1=2011/12, Q2=2014/15, Q3=2017/18, Q4=2020/21, Q5=2023/24

Insgesamt ist sowohl aus der Tabelle 4 als auch aus der Abbildung 2 zu erkennen, dass die Phthalat-Belastung mit DiBP, DnBP, BBzP sowie DEHP signifikant im zeitlichen Verlauf im Vergleich zum Bezugsquerschnitt 2011/12 abnimmt. Die mediane Belastung reduzierte sich signifikant für MiBP von 46 µg/l (2011/12) auf 14 µg/l (2023/24). Das 95. Perzentil reduzierte sich von 143 µg/l (2011/12) auf 62 µg/l (2023/24).

Für MnBP ist eine initiale Halbierung der medianen Belastung von 30 µg/l (2011/12) auf 17 µg/l ab dem Querschnitt 2017/18 zu beobachten ohne weitere Abnahme in den folgenden Querschnitten. In der Gruppe der hochbelasteten Kinder (P95) reduzierte sich die MnBP-Belastung von 100 µg/l (2011/12) auf 56 µg/l (2023/24). Ebenso sinkt die Belastung mit MBzP sowie mit MEHP kontinuierlich. Die mediane Belastung mit MBzP lag 2011/12 bei 10 µg/l und reduzierte sich auf 1 µg/l im aktuellen Querschnitt. Das 95. Perzentil reduzierte sich von 55 µg/l (2011/12) auf 8 µg/l (2023/24). Für die Belastung mit DEHP ist in Abbildung 2 die Summe der Metaboliten 5OH-MEHP/5oxoMEHP dargestellt. Die mediane Belastung reduzierte sich von 34 µg/l (2011/12) auf 12 µg/l (2023/24).

Für die Belastung mit Metaboliten der Phthalate DEP, DiNP sowie DiDP ergibt sich ein uneinheitliches Bild mit leichten Zunahmen oder Abnahmen ohne eindeutigen zeitlichen Trend (Abbildung 3).

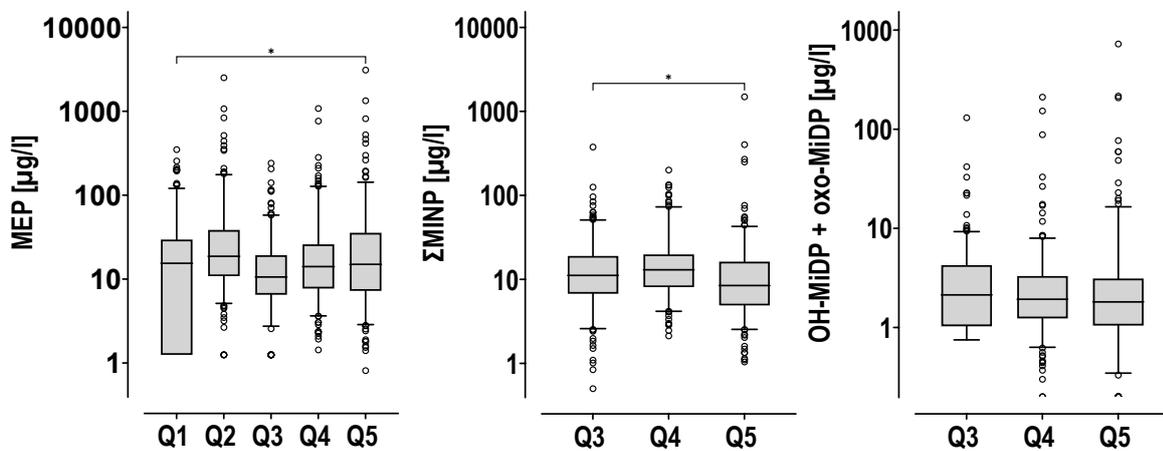


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung ohne eindeutigen Expositionstrend. Die Antennen stellen das 5. bzw. das 95. Perzentil dar. Signifikante Unterschiede des aktuellen Querschnitts 2023/24 zum jeweiligen Bezugsquerschnitt (Q1 bzw. Q3) sind mit einem * gekennzeichnet. Die Metaboliten Σ MINP und Σ MiDP wurden erst ab dem Querschnitt 2017/18 (Q3) gemessen. Q1=2011/12, Q2=2014/15, Q3=2017/18, Q4=2020/21, Q5=2023/24

Entgegen dem Belastungstrend für die meisten anderen Phthalat-Metaboliten ist eine signifikante Zunahme der Belastung mit MMP und MnHexP zu beobachten (Abbildung 4). Die Belastung mit MMP stieg signifikant von 3,3 µg/l (P95: 22 µg/l) im Querschnitt 2017/18 auf 4,61 µg/l (P95: 48 µg/l) im aktuellen Querschnitt. Die mediane MnHexP Belastung lag 2017/18 noch unter der Bestimmungsgrenze von <0,2 µg/l (2017/18) und stieg dann in den folgenden beiden Querschnitten auf 0,6 µg/l. Das 95. Perzentil stieg von 0,8 µg/l (2017/18) auf 10 µg/l (2023/24). Eine detaillierte Auswertung und Betrachtung der MnHexP-Thematik erfolgten bereits in separaten Berichten^{3,4}.

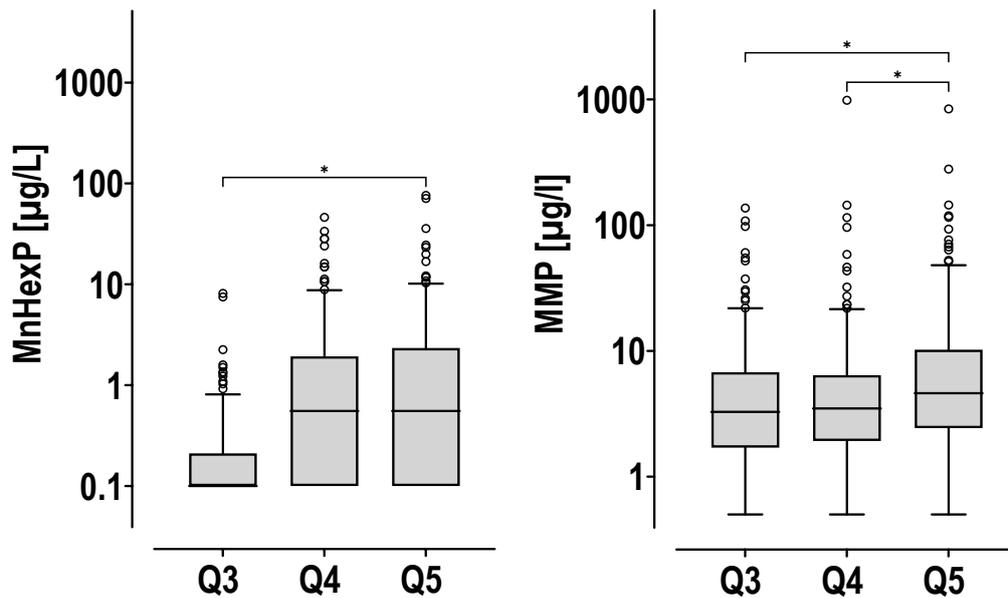


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung mit zunehmendem Belastungstrend. Die Antennen stellen das 5. bzw. das 95. Perzentil dar. Die Metaboliten MnHexP und MMP wurden erst ab dem Querschnitt 2017/18 (Q3) gemessen. Signifikante Unterschiede des aktuellen Querschnitts 2023/24 zum Querschnitt 2017/18 bzw. zum Querschnitt 2020/21 sind mit einem * gekennzeichnet. Q3=2017/18, Q4=2020/21, Q5=2023/24

³ <https://www.lanuk.nrw.de/themen/umwelt-und-gesundheit/umweltmedizin/umweltepidemiologie/schadstoffe-im-urin-von-kindern-bestimmung-von-schadstoffen-im-urin-von-kindern-aus-nrw>

⁴ Landtagsbericht „Aktueller Sachstand bezüglich der MnHexP-Funde im Kinderurin“; Vorlage 18/3608 vom 25.02.2025

Tabelle 4: Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung (95. Perzentil)

Ausgangssubstanz	Metaboliten	2011/12	2014/15	2017/18	2020/21	2023/24
		P95 [$\mu\text{g/l}$]				
DMP	MMP	-	-	21,81	21,46	47,97
DEP	MEP	120,50	175,58	57,77	127,25	142,91
DMoxyEthP	MMoxyEthP	-	-	0,25	-	1,97
DnPrP	MnPrP	-	-	<0,20	-	<0,20
DiBP	MiBP	143,25	208,48	207,50	87,97	61,84
	2OH-MiBP	-	-	30,70	30,25	22,96
DnBP	MnBP (LGL/IPA#)	100,38	109,47	71,68#	51,58#	55,95#
	3OH-MnBP	-	-	12,61	10,37	8,95
DiPeP	MiPP (LGL/IPA#)	-	<1,00	<0,20#	-	<0,20#
	4OH-MiPeP	-	-	<0,20	-	<0,20
DnPeP	MnPeP	-	-	<0,20	<0,20	<0,20
	4OH-MnPeP (MHPP)	-	<2,00	<2,00	-	<0,20
	4cx-MnBP	-	-	4,70	-	2,08
DCHP	MCHP	-	-	<0,20	<0,20	<0,20
DnBP; DnPeP; DnOP; DiNP	MCPP*	-	-	6,55	7,45	9,78
BBzP	MBzP	55,30	58,28	8,15	6,87	7,86
DnHexP	MnHexP	-	-	0,81	8,73	10,16
	5OH-MnHexP	-	-	<0,2	0,57	0,33
	5cx-MnPeP	-	-	1,56	1,55	1,22
DiHepP	MiHepP	-	-	<0,20	-	<0,20
DnHepP	MnHepP	-	-	0,41	-	<0,20
	6OH-MnHepP	-	-	<0,20	-	<0,20
	6cx-MnHexP	-	-	<0,20	-	<0,20
DEHP	MEHP	-	-	6,73	3,82	3,49
	5OH-MEHP	52,31	47,08	47,74	26,17	35,29
	5oxo-MEHP	48,47	40,47	31,10	22,02	30,10
	5cxMEPP	-	-	65,35	32,89	51,95
DnOP	MnOP	-	<2,50	1,25	<0,20	<0,20
	7cx-MnHepP	-	-	<0,20	-	<0,20
DiNP	OHMiNP	-	-	23,55	22,31	16,09
	7oxo-MiNP	18,25	17,37	15,68	15,39	13,63
	cxMiNP	-	-	28,07	32,56	17,19
DiDP/DPHP	OH-MiDP	7,29	9,33	6,18	5,25	8,76
	oxo-MiDP	-	-	3,11	3,00	5,16
	cx-MiDP	-	-	2,76	2,94	2,99

- = nicht gemessen; P95=95. Perzentil; # für manche Metaboliten liegen Messwerten von zwei verschiedenen Laboren vor.

3.3 DINCH-Metaboliten im Urin der untersuchten Kinder

Die DINCH-Metaboliten OH-MINCH, cx-MINCH sowie oxo-MINCH wurden in allen untersuchten Proben gemessen (Tabelle 5). Die Werte für das 95. Perzentil der Belastung für OH-MINCH, cx-MINCH sowie oxo-MINCH liegen bei 18 µg/l, 8 µg/l bzw. 7 µg/l. Die gemessenen Maximalwerte liegen jeweils um den Faktor ~3 oberhalb der Messwerte für das 95. Perzentil.

Tabelle 5: Statistische Lagemaße der DINCH-Metaboliten im Urin von Kindern (Querschnitt 2023/2024)

	Anzahl	≥LoQ	MIN	P25	Median	P75	P95	MAX	MW
	[n]	[%]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
OH-MINCH	250	100	0,28	1,95	3,56	6,92	18,01	62,10	5,94
cx-MINCH	250	100	0,17	0,96	1,73	3,01	8,39	27,02	2,73
oxo-MINCH	250	98	0,03	0,89	1,57	2,87	6,60	22,42	2,46

MIN=Minimum, P25=25. Perzentil; P75=75. Perzentil, P95=95. Perzentil, MAX=Maximum; MW=Mittelwert; LoQ= Limit of quantification (Bestimmungsgrenze), Werte <LoQ gehen mit LoQ/2 in die Berechnung ein

Eine zusammenfassende Darstellung der bisherigen Ergebnisse zur Belastung der Kinder mit DINCH findet sich in Tabelle 6. Über alle fünf Querschnitte liegen die DINCH Metaboliten OH-MINCH und cx-MINCH in 100 % der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze. Im Zeitverlauf zeigt sich für die ersten drei Querschnitte eine kontinuierliche signifikante Zunahme der Belastung mit DINCH bis zum Querschnitt 2017/18. Dieser Trend der Verdopplung der medianen Belastung im Abstand von etwa 3 Jahren setzt sich in den folgenden beiden Querschnitten nicht mehr fort, die Belastung nimmt seit 2017/18 wieder ab. Verglichen mit dem Bezugsquerschnitt 2011/12 ist die Belastung jedoch auch im aktuellen Querschnitt signifikant höher. Die Belastung mit oxo-MINCH lag in den drei gemessenen Querschnitten bei ~ 7 µg/l (95. Perzentil). Die mediane Konzentration für die Summe der beiden Metaboliten (Σ MINCH = OH- und cx-MINCH) lag im Querschnitt 2011/2012 bei 3 µg/l (P95: 14 µg/l) gegenüber 5 µg/l (P95: 26 µg/l) in Querschnitt 2023/24. Zur Verdeutlichung der zeitlichen Veränderung der Belastung sind die Ergebnisse in Abbildung 5 graphisch dargestellt.

Tabelle 6: Zeitlicher Verlauf der DINCH-Belastung (95. Perzentil)

Ausgangssubstanz	Metaboliten	2011/12	2014/15	2017/18	2020/21	2023/24
		P95 [µg/l]				
DINCH	OH-MINCH	8,96	13,40	26,75	21,59	18,01
	cx-MINCH	5,27	6,25	14,07	10,95	8,39
	oxo-MINCH	7,01	7,34	-	-	6,60

- nicht gemessen; P95=95. Perzentil

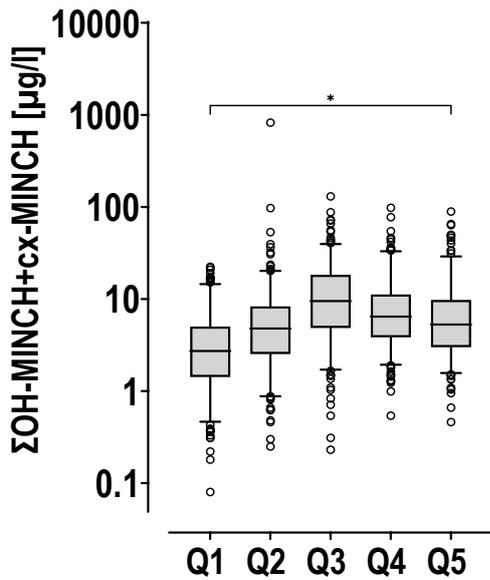


Abbildung 5:
 Zeitlicher Trend der DINCH-Belastung
 Die Antennen stellen das 5. bzw. das 95. Perzentil dar.
 Signifikante Unterschiede des aktuellen Querschnitts zum
 Querschnitt 2011/12 sind mit einem * gekennzeichnet.
 Q1=2011/12, Q2=2014/15, Q3=2017/18, Q4=2020/21,
 Q5=2023/24

3.4 Terephthalate im Urin der untersuchten Kinder

DEHTP wurde als Vertreter für die Terephthalate untersucht. Als Biomarker für die Belastung mit DEHTP wurden drei Metaboliten gemessen (Tabelle 7). Die DEHTP-Metaboliten (5OH-MEHTP, 5oxo-MEHTP und 5cx-MEPTP) wurden in nahezu allen Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen. Die höchste Belastung liegt bei 3054 µg/l (5cx-MEPTP) und ist etwa Faktor 10 höher als das 95. Perzentil mit 297 µg/l. Die anderen beiden Metaboliten wurden in deutlich geringeren Konzentrationen gemessen mit Werten von 24 µg/l (5OH-MEHTP) bzw. 15 µg/l (5oxo-MEHTP) für 95. Perzentil.

Tabelle 7: Statistische Lagemaße der DEHTP-Metaboliten im Urin von Kindern (Querschnitt 2023/24)

Metaboliten	Anzahl	≥LoQ	MIN	P25	Median	P75	P95	MAX	MW
	[n]	[%]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
5cx-MEPTP	250	100	1,43	13,44	25,49	51,87	296,47	3054,00	86,12
5OH-MEHTP	250	100	0,24	1,60	2,98	5,91	24,17	170,19	7,90
5oxo-MEHTP	250	96	0,10	0,97	2,03	4,32	14,57	136,01	4,94

MIN=Minimum, P25=25. Perzentil; P75=75. Perzentil, P95=95. Perzentil, MAX=Maximum, MW=Mittelwert
 LoQ= Limit of quantification (Bestimmungsgrenze), Werte <LoQ gehen mit LoQ/2 in die Berechnung ein; LoQ Anteile sind auf ganze Zahlen gerundet

Daten zur Belastung mit dem Terephthalat DEHTP liegen aus drei Querschnitten vor. Eine Übersicht über den zeitlichen Verlauf der DEHTP-Belastung liefern Tabelle 8 und die Abbildung 6. Die Belastung im Querschnitt 2023/24 ist im Vergleich zu den vorherigen Querschnitten signifikant erhöht. Die mediane Belastung mit 5cx-MEPTP stieg von 21 µg/l (2017/18) auf 26 µg/l (2023/24). Das 95. Perzentil stieg von 103 µg/l (2017/18) auf 297 µg/l (2023/24) und hat sich somit verdreifacht.

Tabelle 8: Zeitlicher Verlauf der DEHTP-Belastung (95. Perzentil)

Ausgangssubstanz	Metaboliten	2011/12	2014/15	2017/18	2020/21	2023/24
P95 [µg/l]						
DEHTP	5cx-MEPTP	-	-	102,72	110,58	296,47
	5OH-MEHTP	-	-	8,95	11,53	24,17
	5oxo-MEHTP	-	-	8,65	8,50	14,57
	2cx-MMHTP	-	-	2,42	2,45	-

- =nicht gemessen; P95=95. Perzentil

Zur Verdeutlichung der Veränderung der Belastung im zeitlichen Verlauf sind die Ergebnisse in Abbildung 6 graphisch dargestellt.

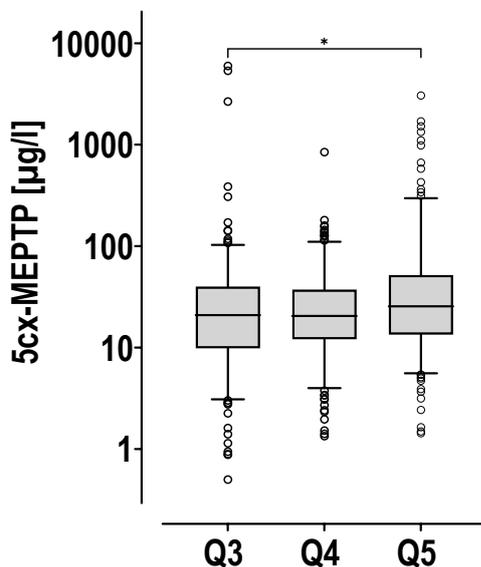


Abbildung 6:
Zeitlicher Trend der DEHTP-Belastung
Der Metabolit 5cx-MEPTP wurde erst ab dem Querschnitt 2017/18 (Q3) gemessen. Die Antennen stellen das 5. bzw. das 95. Perzentil dar. Signifikante Unterschiede des aktuellen Querschnitts zum Querschnitt 2017/18 sind mit einem * gekennzeichnet. Q3=2017/18, Q4=2020/21, Q5=2023/24

3.5 Gesundheitliche Bewertung

Für 8 Phthalate sowie für die alternativen Weichmacher DINCH und DEHTP liegen gesundheitsbezogene Bewertungskriterien vor, die in Tabelle 9 aufgeführt sind. Für DEP wurde auf Grundlage der tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) in Höhe von 500 µg/kg KG ein gesundheitlicher Bewertungsmaßstab von 10000 µg/l berechnet. Für DiBP, DnBP, BBzP und DEHP wurden im Rahmen des HBM4EU Projekts HBM-GV⁵ zur Bewertung von HBM-Daten abgeleitet (Lange et al., 2021). Für DiDP wurde ein sogenannter BE-Wert⁵ zur gesundheitlichen Einordnung der erhobenen Daten herangezogen (Hays et al., 2011). Zur gesundheitlichen Bewertung der Belastung mit DnHexP (HBM-Kommission, 2025), DINCH und DEHTP (Apel et al., 2017) wurden HBM-I Werte der HBM-Kommission verwendet.

Tabelle 9: Gesundheitsbezogene Bewertungskriterien und Anzahl der Überschreitungen in den fünf Querschnittsuntersuchungen

Ausgangssubstanz	Metabolit	Kriterium	2011/12	2014/15	2017/18	2020/21	2023/24
			n=251	n=256	n=251	n=250	n=250
			µg/l	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
DEP	MEP	10000	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
DiBP	MiBP	160	7 (2,8)	21 (8,2)	24 (9,6)	4 (1,6)	1 (0,4)
DnBP	MnBP	120	6 (2,4)	12 (4,7)	2 (0,8)	2 (0,8)	5 (2)
BBzP	MBzP	2000	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
DnHexP	MnHexP	60	-	-	0 (0)	0 (0)	2 (0,8)
DEHP	Σ MEHP ^a	340	1 (0,4)	0 (0)	0 (0)	1 (0,4)	0 (0)
	Σ MEHP ^b	380	-	-	1 (0,4)	1 (0,4)	0 (0)
DiNP	Σ MiNP ^c	1800	-	-	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Σ MiDP ^d	330	-	-	0 (0)	0 (0)	1 (0,4)
DiDP	OH-MiDP	140	1 (0,4)	0 (0)	0 (0)	1 (0,4)	1 (0,4)
	oxo-MiDP	190	-	-	0 (0)	0 (0)	1 (0,4)
DINCH	Σ MINCH ^e	3000	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
DEHTP	5cx-MEPTP	1800	-	-	3 (1,2)	0 (0)	1 (0,4)

Zur Berechnung wurden für alle Querschnitte die aktuell geltenden gesundheitlichen Bewertungskriterien herangezogen. Dies führt zu geringfügigen Abweichungen im Vergleich zu den Angaben in den vorherigen Berichten, da sich die Bewertungskriterien in der Zwischenzeit zum Teil verändert haben können. - = nicht gemessen; ΣMEHP^a (5-oxo-MEHP + 5-OH-MEHP); ΣMEHP^b (5-cx-MEPP + 5-OH-MEHP); ΣMiNP^c (OH-MiNP+oxo-MiNP+cx-MiNP); ΣMiDP^d (oxo-MiDP + OH-MiDP); ΣMINCH^e (OH-MINCH + cx-MINCH)

⁵ HBM-Guidance Values (HBM-GV) und Biomonitoring Equivalents (BE) sind ebenso wie die HBM-Werte toxikologisch abgeleitete Bewertungsmaßstäbe zur gesundheitlichen Einordnung von HBM-Daten. Sie basieren jedoch auf unterschiedlichen Ableitungskonzepten.

Die gesundheitlichen Bewertungskriterien für die Phthalat-Metaboliten MEP, MBzP, Σ MEHP und Σ MiNP werden in keiner Probe des Querschnitts 2023/24 überschritten.

Für die Phthalat-Metaboliten MiBP und Σ MiDP, überschreitet jeweils 1 von 250 Kindern (0,4 %) das gesundheitsbezogene Bewertungskriterium. Für MiBP ist eine Reduktion der Überschreitungen im Vergleich zum vorherigen Querschnitt zu verzeichnen. Die einzige Überschreitung für MiBP liegt mit einer Konzentration von 162 $\mu\text{g/l}$ knapp oberhalb des Bewertungsmaßstabs in Höhe von 160 $\mu\text{g/l}$. Für Σ MiDP überschreitet das am höchsten belastete Kind mit einem Wert von 723 $\mu\text{g/l}$ den Bewertungsmaßstab in Höhe von 330 $\mu\text{g/l}$ etwa 2-fach. Zwei Kinder (0,8 %) überschreiten den HBM-I Wert für MnHexP. Der Maximalwert liegt bei 76 $\mu\text{g/l}$ und führt zu einer 1,2-fachen Überschreitung des Bewertungsmaßstabs in Höhe von 60 $\mu\text{g/l}$. Die Ergebnisse für das Phthalat DnHexP wurden bereits in einem separaten Bericht veröffentlicht^{6,7}. Die meisten Überschreitungen finden sich im aktuellen Querschnitt für MnBP. Insgesamt fünf Kinder (2 %) überschreiten den HBM-GV von 120 $\mu\text{g/l}$. Die zwei am höchsten belasteten Kinder (1836 $\mu\text{g/l}$ und 412 $\mu\text{g/l}$) überschreiten den HBM-GV etwa 15-fach bzw. 3,4-fach.

Für die Summe der DINCH-Metaboliten OH-MINCH und cx-MINCH hat die HBM-Kommission für Kinder einen HBM-I Wert in Höhe von 3000 $\mu\text{g/l}$ abgeleitet (HBM-Kommission, 2014). Der Bewertungsmaßstab wird in allen untersuchten Proben und in allen Querschnitten deutlich unterschritten.

Für den DEHTP-Metaboliten 5cx-MEPTP hat die HBM-Kommission einen HBM-I Wert für Kinder in Höhe von 1800 $\mu\text{g/l}$ abgeleitet (Apel et al., 2017). Im Querschnitt 2023/24 überschreitet ein Kind (0,4 %) diesen Wert etwa 1,7-fach (3054 $\mu\text{g/l}$).

In Summe sind Anzahl und Höhe der Überschreitungen von gesundheitlichen Beurteilungskriterien im Querschnitt 2023/24 gering. Eine Ausnahme bildet MnBP mit insgesamt fünf Überschreitungen (2 %) im aktuellen Querschnitt, wobei zwei Überschreitungen als erheblich (15-fach bzw. 3,4-fach) anzusehen sind.

⁶ <https://www.lanuk.nrw.de/themen/umwelt-und-gesundheit/umweltmedizin/umweltepidemiologie/schadstoffe-im-urin-von-kindern-bestimmung-von-schadstoffen-im-urin-von-kindern-aus-nrw>

⁷ Landtagsbericht „Aktueller Sachstand bezüglich der MnHexP-Funde im Kinderurin“; Vorlage 18/3608 vom 25.02.2025

4 Diskussion

4.1 Phthalate

Phthalate sind Weichmacher mit einem breiten Anwendungsbereich insbesondere in vielen verbrauchernahen Produkten. In diesem Querschnitt wurden insgesamt 35 Phthalat-Metaboliten im Urin von Kindern untersucht. 19 Metaboliten konnten in nahezu allen Proben gemessen werden und der Metabolit MnHexP in etwa der Hälfte aller Proben. Die höchsten Belastungen (P95) finden sich für die Metaboliten MEP, gefolgt von MiBP und MnBP. Im zeitlichen Verlauf ist weiterhin eine Abnahme der Belastung für die Phthalate DiBP, DnBP, BBzP sowie DEHP im Vergleich zum Bezugsquerschnitt 2011/12 zu beobachten. Die deutliche Abnahme der Belastung mit diesen Phthalaten zeigt den Erfolg verschiedener regulatorischer Maßnahmen in Form von Beschränkungen und Verboten für gesundheitlich bedenkliche Weichmacher u.a. in Spielzeug, Medizinprodukten, kosmetischen Mitteln oder Lebensmittelkontaktmaterialien. Die in der KiSA-Studie NRW beobachtete Abnahme der Phthalatbelastung im Zeitverlauf passt gut zu den Ergebnissen aus anderen HBM-Untersuchungen. So zeigen die Trendanalysen der Umweltprobenbank des Umweltbundesamtes über einen Zeitraum von 35 Jahren (1988 – 2022) eine deutliche Abnahme der Phthalatbelastung in Deutschland insbesondere für DiBP, DnBP, BBzB und DEHP (Kasper-Sonnenberg et al., 2025). Analysen der NHANES Daten aus den USA sowie aus Kanada und Asien zeigen einen vergleichbaren abnehmenden Trend (Kasper-Sonnenberg et al., 2025; Domínguez-Romero et al., 2022). Im Gegensatz dazu scheint es einen gegenläufigen Trend in China zu geben mit einer steigenden Belastung in der Allgemeinbevölkerung (Domínguez-Romero et al., 2022).

Für die Belastung mit Metaboliten der Phthalate DEP, DiNP sowie DiDP ergibt sich ein uneinheitliches Bild mit leichten Zunahmen oder Abnahmen ohne eindeutigen zeitlichen Trend. Alle drei Phthalate sind gemäß VO (EG) Nr. 1272/2008⁸ nicht als reproduktionstoxisch eingestuft. Es gelten jedoch für DiNP und DiDP Höchstgehalte für Spielzeug und für Produkte, die von Kindern in den Mund genommen werden können.

Entgegen dem Belastungstrend für die meisten anderen Phthalat-Metaboliten ist eine signifikante Zunahme der Belastung mit DMP und DnHexP verglichen mit dem Bezugszeitraum 2017/18 zu beobachten. Für DMP gelten bisher in der EU keine Beschränkungen bzw. Verbote. Laut ECHA⁹ findet DMP aufgrund seiner weichmachenden sowie lösungsmittelähnlichen Eigenschaften vielfältige Verwendung u.a. in Produkten wie Kunststoffverpackungen für Kosmetika oder Lebensmittel und Wasch- und Reinigungsmittel. Die breite Verwendung in verbrauchernahen Produkten könnte eine mögliche Erklärung für die Zunahme der Belastung sein.

DnHexP ist ein reproduktionstoxisch eingestuftes Phthalat mit bekannten anti-androgenen Eigenschaften. Im Vergleich zum Bezugsquerschnitt (2017/18) stieg sowohl die Belastungshöhe der Kinder als auch die Detektionshäufigkeit in den zwei nachfolgenden

⁸ Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP).

⁹ <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.004.557>

Querschnitten. Eigene Auswertungen (siehe separate Berichte^{10;11}) sowie bisher unveröffentlichte Ergebnisse des Umweltbundesamtes deuteten auf eine Verunreinigung bei der Herstellung des UV-Filters Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate (DHHB) als eine mögliche Quelle für die Belastung hin. Diese Hinweise wurden durch die Untersuchungen von Sonnenschutzmitteln mit dem UV-A-Filter DHHB bundesweit bestätigt. Die Chemischen und Veterinäruntersuchungsämter in NRW, das CVUA Westfalen¹² und das CVUA Rheinland¹³, stellten maximale DnHexP-Konzentrationen bis zu 17 mg/kg in Sonnenschutzmitteln mit dem UV-A-Filter DHHB fest. Die Untersuchungsergebnisse der CVUÄ zeigten zudem, dass es auch DHHB-haltige Sonnenschutzmittel gibt, in denen kein DnHexP nachgewiesen wurde. Das Vorkommen von DnHexP hängt vom Reinheitsgrad des eingesetzten UV-A-Filters DHHB als Rohstoff ab. Je reiner der UV-A-Filter DHHB ist, umso geringer ist der Gehalt der Verunreinigung mit DnHexP.

Die Hersteller des UV-A-Filters DHHB sind aufgefordert worden, den DnHexP-Gehalt in kosmetischen Mitteln auf ein technisch unvermeidbares Minimum von 1 mg/kg zu reduzieren. Weitere Ausführungen sind im gemeinsamen Bericht des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr und des Ministeriums für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein „Aktueller Sachstand bezüglich der MnHexP-Funde im Kinderurin“ aus Februar 2025 zu finden. Im nächsten Querschnitt der KiSA-Studie NRW 2026/27 wird geprüft, in wieweit diese Maßnahmen zu einer Reduktion der Belastung führen.

Für ausgewählte Phthalat-Metaboliten wurden von der HBM-Kommission auf Grundlage von Daten aus GerES V (2014-2017) Referenzwerte¹⁴ für Kinder festgelegt (Hoopmann et al., 2023).

¹⁰ <https://www.lanuk.nrw.de/themen/umwelt-und-gesundheit/umweltmedizin/umweltepidemiologie/schadstoffe-im-urin-von-kindern-bestimmung-von-schadstoffen-im-urin-von-kindern-aus-nrw>

¹¹ Landtagsbericht „Aktueller Sachstand bezüglich der MnHexP-Funde im Kinderurin“; Vorlage 18/3608 vom 25.02.2025

¹² <https://cvua-westfalen.de/wp-content/uploads/2025/03/Untersuchungen-zum-verbotenen-Weichmacher-DnHexP-in-Sonnenschutzmitteln-und-anderen-Produkten.pdf>

¹³ https://www.cvua-rheinland.de/wordpress/wp-content/uploads/2025/03/2025-03_18_DnHexP-in-Sonnenschutzmitteln-Homepage.pdf

¹⁴ Referenzwerte sind rein statistisch definierte Beurteilungswerte, die die Konzentration eines Stoffes im betreffenden Körpermedium für eine definierte Bevölkerungsgruppe zum Zeitpunkt der Untersuchung beschreiben. Als Referenzwert legt die HBM-Kommission das innerhalb des 95%-Konfidenzintervalls gerundete 95. Perzentil der Messwerte einer Stoffkonzentration in dem entsprechenden Körpermedium der Referenzpopulation fest. Der statistisch erwartbare Anteil an Überschreitungen liegt bei maximal 5 %.

Tabelle 10: Aktuelle Referenzwerte für Phthalat-Metaboliten sowie Anzahl der Überschreitungen im KiSA-Querschnitt 2023/24

Querschnitt 2023/24	Referenzwert*		Anzahl Überschreitungen n (%)			
	Mädchen	Junge	Mädchen		Junge	
Phthalat-Metaboliten	µg/l	µg/l	n	%	n	%
MMP	46	54	4	3,5	7	5,1
MEP	130	150	1	0,9	11	8,1
MiBP	110	130	3	2,6	3	2,2
2OH-MiBP	38	41	2	1,8	3	2,2
MnBP	74	78	4	3,5	5	3,7
3OH-MnBP	9,6	11	4	3,5	6	4,7
MCPP	7,9	5,9	2	1,8	18	13,2
MBzP	19	26	1	0,9	2	1,5
MEHP	5,8	6,5	3	2,6	1	0,7
5OH-MEHP	42	46	5	4,4	3	2,2
5oxo-MEHP	30	34	6	5,3	3	2,2
5cx-MEPP	50	58	6	5,3	4	3,0
OH-MiNP	34	25	0	0,0	4	2,9
oxo-MiNP	14	12	2	1,8	11	8,1
cx-MiNP	34	24	0	0,0	5	3,7
OH-MiDP	9,4	6,7	1	0,9	11	8,1
oxo-MiDP	3,8	3,1	4	3,5	13	9,6
cx-MiDP	4,8	3,8	0	0,0	8	5,9

*Referenzwerte basieren auf Daten aus GerES V 2014-2017 (Hoopmann et al., 2023); relative Werte sind gerundet

Wie der Tabelle 10 zu entnehmen ist finden sich im KiSA-Querschnitt 2023/24 für Mädchen Referenzwert-Überschreitungen für zwei Phthalat-Metaboliten (5oxo-MEHP; 5cxMEPP), die den statistisch erwarteten Bereich von 5 % überschreiten. Bei den Jungen finden sich für 7 Phthalat-Metaboliten (MMP, MEP, MCPP, OH-MiNP, cx-MiNP, OH-MiDP, oxo-MiDP, cx-MiDP) Referenzwert-Überschreitungen, die den statistisch erwarteten Bereich von 5 % überschreiten. Die Gründe für diese Unterschiede sind unklar. Geschlechtsspezifische Auswertungen anderer Studien zeigen meist inkonsistente Unterschiede bzw. für MEP eher höhere Belastungen bei Frauen, vermutlich durch die unterschiedliche Nutzung von kosmetischen Mitteln (Gerofke et al., 2024).

Referenzwerte sind rein statistisch definierte Beurteilungswerte, die die Konzentration eines Stoffes im betreffenden Körpermedium für eine definierte Bevölkerungsgruppe zum Zeitpunkt der Untersuchung beschreiben. Die aktuell vorliegenden Referenzwerte für Kinder basieren auf Daten aus dem Untersuchungszeitraum 2014-2017 und spiegeln vermutlich nur eingeschränkt die derzeitige Hintergrundbelastung mit Phthalaten wider. Überschreitungen von Referenzwerten in Höhe / Häufigkeit liefern jedoch Hinweise, dass eine das Exposition vorliegt, die die Hintergrundbelastung überschreitet.

Ausgewählte HBM-Studien zur Phthalat-Exposition sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Die Belastung der Kinder im KiSA-Querschnitt 2023/24 ist verglichen mit den Ergebnissen der Deutschen Umweltstudie GerES V (Kinder 3-5 Jahre) für die meisten Metaboliten etwas niedriger oder liegt in vergleichbarer Expositionshöhe. Seit dem letzten Querschnitt 2020/21 sind im Rahmen des HBM4EU Projekts eine Vielzahl von Daten zur Belastung mit Phthalaten in verschiedenen Europäischen Ländern veröffentlicht worden. Ebenso liegen die Ergebnisse des nationalen Surveys NHANES aus den USA vor (Calafat et al., 2017). Für die meisten Phthalat-Metaboliten sind in diesen Studien tendenziell höhere Konzentrationen gemessen worden. Da die Phthalat-Belastung einem deutlichen abnehmenden Zeittrend unterliegt (Kasper-Sonnenberg et al., 2025), spiegelt dies wahrscheinlich Unterschiede im Probenahmezeitpunkt wider. Weitere Gründe sind vermutlich unterschiedliche Marktbedingungen und Anwendungsmuster in den USA (Kasper-Sonnenberg et al., 2025).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Kinder in NRW weiterhin gegenüber verschiedenen Phthalaten exponiert sind. Obwohl sich die Belastung - mit Ausnahme von DMP und DnHexP - für die meisten Phthalate im zeitlichen Trend reduziert hat und die gesundheitlichen Bewertungsmaßstäbe nur in einigen wenigen Proben überschritten werden, sind Phthalate weiterhin im Urin von Kindern nachweisbar. Von besonderem Interesse sind die Belastungen mit den reproduktionstoxischen Phthalaten DnHexP, DiBP und DnBP, für die weiterhin Überschreitungen der jeweiligen gesundheitlichen Bewertungsmaßstäbe zu finden sind. Reproduktionstoxische Phthalate wirken nicht unabhängig voneinander, sondern tragen über Kombinationswirkungen zur Mischungstoxizität bei (Kortenkamp and Koch, 2020). Konzepte zur gesundheitlichen Bewertung von HBM-Daten zu Mischungen befinden sich derzeit im wissenschaftlichen Diskurs.

Aus umweltmedizinischer Perspektive ist es daher wichtig, die Belastungssituation auch in zukünftigen Querschnitten weiter zu beobachten und die Belastung zu vermindern.

Tabelle 11: Ausgewählte nationale und internationale Studien zur Phthalat-Belastung von Kindern

Studie		MMP	MEP	MiBP	MnBP	MBzP	OH-MEHP	oxo-MEHP	OH-MiNP	oxo-MiNP	OH-MiDP	MnHexP
		Median (95. Perzentil) [µg/l]										
KiSA Studie NRW 2023/24 Deutschland 2023-2024 (n=250, 2-6 Jahre)	Mädchen	4,45 (30,74)	15,12 (101,13)	13,06 (66,78)	16,24 (53,15)	0,94 (6,46)	6,37 (42,69)	5,09 (34,08)	2,80 (11,07)	2,06 (8,30)	1,04 (4,41)	0,38 (11,74)
	Jungen	4,75 (63,95)	14,79 (315,82)	14,87 (62,50)	18,23 (65,30)	1,11 (11,88)	6,76 (33,26)	5,86 (25,22)	3,25 (18,93)	2,35 (14,47)	1,17 (26,35)	0,68 (8,87)
	Gesamt	4,61 (47,97)	14,99 (142,91)	14,06 (61,84)	17,13 (55,95)	1,05 (7,86)	6,63 (35,29)	5,51 (30,10)	3,05 (16,09)	2,21 (13,63)	1,09 (8,76)	0,56 (10,16)
GerES V IPCHEM* Deutschland 2015-2017 (n=388, 3-5 Jahre)	Mädchen	6,7 (82,55)	18,2 (86,2)	29,5 (90,4)	24,9 (77,6)	3,9 (19,75)	12,8 (54,85)	9 (34,05)	7,8 (36,12)	3,1 (17,1)	1,7 (9)	-
	Jungen	6,7 (49,48)	19,1 (134,8)	29,8 (127,6)	25,6 (100,8)	3,4 (41,9)	14,8 (53,54)	10,6 (36,32)	9,2 (30,12)	3,1 (11,9)	1,8 (6,58)	-
	Gesamt	6,7 (65,97)	18,6 (97,19)	29,7 (114,3)	25,35 (85,89)	3,65 (30,29)	13,6 (55,05)	9,7 (35,87)	8,55 (33,14)	3,1 (13,36)	1,7 (8,43)	-
Riksmaten Young Children ¹ Lignell S, 2025 Schweden 2021-2022 (n=273, 4 Jahre)	4 Jahre	-	14,0 (128)	18,1 (75,1)	28,5 (101)	4,71 (41,2)	6,36 (25,3)	3,85 (14,0)	2,94 (9,10)	2,10 (10,0)	-	1,03 (11,5)
HBM4EU Vogel et al., 2023 12 europäische Länder [#] 2014-2021 (n=2279-2580, 6-12 Jahre)	Mädchen	-	23,7 (219)	27,3 (126)	21,3 (80,4)	3,47 (27,4)	10,9 (42,2)	7,42 (27,8)	3,91 (22,7)	-	1,11 (5,62)	-
	Jungen	-	21,6 (208)	26,0 (121)	21,4 (81,2)	3,78 (29,3)	11,4 (50,6)	7,46 (31,7)	3,86 (22,1)	-	1,20 (6,11)	-
	Gesamt	-	22,7 (214)	26,7 (122)	21,4 (80,5)	3,60 (28,6)	11,2 (46,3)	7,43 (29,6)	3,90 (22,6)	-	1,16 (5,88)	-
CROME (HBM4EU) IPCHEM* Griechenland 2020-2021 (n=87, 6-8 Jahre)		-	50,49 (735,47)	34,68 (123,3)	25,47 (76,57)	3,25 (19,41)	15,29 (40,42)	11,07 (27,17)	4,14 (24,85)	-	2,33 (13,05)	-

Fortsetzung Tabelle 11: Ausgewählte nationale und internationale Studien zur Phthalat-Belastung von Kindern

Studie		MMP	MEP	MiBP	MnBP	MBzP	OH-MEHP	oxo-MEHP	OH-MiNP	oxo-MiNP	OH-MiDP	MnHexP
		Median (95. Perzentil) [$\mu\text{g/l}$]										
3xG (HBM4EU) IPCHEM* Belgien 2019-2020 (n=133, 6-8 Jahre)	Mädchen	-	17,4 (77,19)	26,1 (116,6)	29,4 (121,6)	4,5 (30,64)	12,8 (51,12)	8,3 (36,26)	1,9 (8,92)	-	0,79 (4,96)	-
	Jungen	-	18,55 (93,75)	21,15 (122,9)	27,75 (131,2)	3,1 (29,05)	12,05 (47,35)	7,15 (30,53)	1,9 (8,88)	-	0,96 (5,72)	-
	Gesamt	-	17,8 (87,06)	23,1 (123,5)	28,2 (131,9)	3,5 (29,82)	12,1 (50,94)	8 (33,46)	1,9 (9,20)	-	0,9 (5,16)	-
SPECIMEn (HBM4EU) IPCHEM* Niederlande 2020 (n=89, 6-11 Jahre)		-	11,1 (105,2)	18 (56,64)	14,8 (38,5)	1,61 (10,62)	7,68 (33,48)	5,75 (21,96)	3,67 (17,92)	-	0,85 (3,18)	-
OCC (HBM4EU) IPCHEM* Dänemark 2018-2019 (n=300, 6-7 Jahre)	Mädchen	-	6,61 (28,1)	12,02 (63,72)	14,16 (45,90)	1,33 (8,86)	4,82 (23,31)	3,26 (14,18)	1,92 (11,51)	-	0,46 (2,71)	-
	Jungen	-	6,62 (26,15)	12,96 (48,51)	11,96 (36,89)	1,04 (7,51)	5,33 (15,36)	3,74 (11,00)	2,13 (6,36)	-	0,60 (1,97)	-
	Gesamt	-	6,61 (26,59)	12,44 (56,94)	12,73 (41,3)	1,20 (8,14)	4,98 (21,06)	3,44 (13,46)	2,01 (7,20)	-	0,52 (2,33)	-
CPHminipub Frederiksen et al., 2022 Dänemark ~2016-2019 (n= 211, 0-1 Jahr)		0,58 (5,36)	2,94 (31,2)	3,59 (26,5)	3,11 (21,3)	0,25 (2,79)	0,29 (6,95)	0,30 (4,92)	< 0,03 (1,74)	0,06 (1,47)	< 0,02 (0,42)	0,07 (4,20)
NHANES# CDC 2024 USA 2017-2018 (n=379, 3-5 Jahre)		-	15,6 (162)	9,30 (50,8)	11,2 (53,5)	4,90 (52,6)	6,90 (35,1)	4,90 (26,9)	-	1,80 (9,80)	-	-

¹Werte normiert auf Urindichte; *<https://ipchem.jrc.ec.europa.eu/#showmetadata/HBM4EUALIGNEDSTUDIES>; #HBM-Studien der folgenden Länder: Griechenland, Belgien, Niederlande, Dänemark, Slowenien, Ungarn, Polen, Norwegen, Deutschland, Slowakei, Italien, Frankreich; # https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html

4.2 DINCH

DINCH wird zur Gruppe der alternativen Weichmacher gezählt. Es wurde 2002 als Ersatz für Weichmacher eingeführt, die aufgrund ihrer reproduktionstoxischen Eigenschaften nicht oder nur sehr begrenzt verwendet werden dürfen (Schwedler et al., 2020a).

Im aktuellen Querschnitt wurden die DINCH Metaboliten ebenso wie in allen vorherigen Querschnitten in 100 % der Proben bestimmt. Dies zeigt eine ubiquitäre Exposition von Kindern mit DINCH an und wird auch durch die Ergebnisse anderer HBM-Studien aus Deutschland (Schwedler et al., 2020a) und Europa (Vogel et al., 2023) bestätigt.

Für drei DINCH Metaboliten liegen aktuelle Referenzwerte für Kinder vor, die von der HBM-Kommission auf Grundlage von Daten aus dem Zeitraum 2014-2017 festgelegt worden sind (Hoopmann et al., 2023). Sie sind in Tabelle 12 nach Geschlechtern getrennt aufgeführt. Insgesamt überschreiten einige wenige Kinder die Referenzwerte der HBM-Kommission für DINCH.

Tabelle 12: Aktuelle Referenzwerte für DINCH-Metaboliten sowie Anzahl der Überschreitungen im KiSA-Querschnitt 2023/24

Querschnitt 2023/24	OH-MINCH		cx-MINCH		oxo-MINCH	
	Mädchen	Junge	Mädchen	Junge	Mädchen	Junge
Referenzwert* [$\mu\text{g/l}$]	20	19	8,6	8,9	8,9	9,1
Überschreitungen n (%)	2 (2 %)	9 (7 %)	1 (1 %)	11 (8 %)	2 (2 %)	9 (7 %)

* Referenzwerte basieren auf Daten aus GerES V 2014-2017 (Hoopmann et al., 2023); relative Werte sind auf ganze Zahlen gerundet

Zur Belastung von Kindern mit DINCH-Metaboliten liegen sowohl national als auch international eine Reihe von Studien vor. Ausgewählte Studien sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Die mediane Belastung europäischer Studien liegt für OH-MINCH zwischen 1,7 $\mu\text{g/l}$ bis 4,2 $\mu\text{g/l}$ und für cx-MINCH zwischen 0,5 $\mu\text{g/l}$ bis 2,1 $\mu\text{g/l}$. Die aktuellen Ergebnisse der KiSA-Studie NRW liegen mit Werten für die mediane Belastung von 3,6 $\mu\text{g/l}$ für OH-MINCH und 1,7 $\mu\text{g/l}$ für cx-MINCH im oberen Bereich dieser Spannweite. Der Trend der Zunahme der DINCH-Belastung, wie er in den ersten drei Querschnitten beobachtet wurde, setzte sich für den Querschnitt 2023/24 nicht fort. Im Vergleich zum Querschnitt 2020/21 reduzierte sich die Belastung von 4,2 $\mu\text{g/l}$ auf 3,6 $\mu\text{g/l}$ (OH-MINCH) bzw. von 2,2 $\mu\text{g/l}$ auf 1,7 $\mu\text{g/l}$ (cx-MINCH). Dieser Rückgang ist jedoch nicht signifikant. Der HBM-I Wert in Höhe von 3000 $\mu\text{g/l}$ wird von allen untersuchten Kindern deutlich unterschritten. Die Messung von DINCH in kommenden Querschnitten wird zeigen, wie sich die Belastung der Kinder im zeitlichen Verlauf weiterentwickelt.

Tabelle 13: Ausgewählte nationale und internationale Studien zur DINCH-Belastung von Kindern

Studie		OH-MINCH	cx-MINCH	oxo-MINCH
		Median (95. Perzentil) [$\mu\text{g/l}$]		
KiSA-Studie NRW 2023/24 Deutschland (NRW) 2023-2024 (n=250, 2-6 Jahre)	Mädchen	3,83 (12,61)	1,79 (5,46)	1,59 (5,15)
	Jungen	3,39 (33,33)	1,69 (13,44)	1,49 (13,31)
	Gesamt	3,56 (18,01)	1,73 (8,39)	1,57 (6,60)
GerES V (HBM4EU)* Deutschland 2015-2017 (n=378, 3-5 Jahre)	Mädchen	4,20 (22,46)	2,09 (11,47)	1,88 (10,14)
	Jungen	4,12 (22,23)	1,99 (10,38)	1,88 (10,20)
	Gesamt	4,14 (22,65)	2,06 (11,06)	1,88 (10,35)
Riksmaten Young Children ¹ Lignell u. Bjermo 2025 Schweden 2021-2023 (n=273, 4 Jahre)		2,96 (21,7)	1,36 (9,00)	-
CROME (HBM4EU)* Griechenland 2020-2021 (n=87, 6-8 Jahre)		2,38 (12,65)	1,48 (3,71)	-
3xG (HBM4EU)* Belgien 2019-2020 (n=133, 6-8 Jahre)	Mädchen	2,35 (8,61)	0,52 (1,75)	-
	Jungen	1,65 (6,75)	0,42 (1,32)	-
	Gesamt	1,97 (8,56)	0,49 (1,73)	-
SPECIMEn-NL (HBM4EU)* Niederlande 2020 (n=89, 6-11 Jahre)		1,68 (9,66)	1,16 (4,78)	-
OCC (HBM4EU)* Dänemark 2018-2019 (n=300, 6-7 Jahre)	Mädchen	2,92 (27,23)	1,83 (14,60)	-
	Jungen	3,02 (23,38)	1,73 (14,93)	-
	Gesamt	3,01 (25,71)	1,75 (15,23)	-
NHANES# CDC 2024 USA 2017-2018 (n=379, 3-5 Jahre)		1,50 (12,3)	1,00 (6,70)	-

¹Werte normiert auf Urindichte; * <https://ipchem.jrc.ec.europa.eu/#showmetadata/HBM4EUALIGNEDSTUDIES>

https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html

Die Ergebnisse KiSA-Studie NRW belegen eine ubiquitäre Exposition mit DINCH. Der gesundheitliche Bewertungsmaßstab wird von allen Kindern deutlich unterschritten. Obwohl die Belastung mit DINCH nicht weiter angestiegen ist, sollte aus umweltmedizinischer Perspektive die Entwicklung der Belastungssituation mit dem alternativen Weichmacher DINCH auch in zukünftigen Querschnitten weiter beobachtet werden.

4.3 Terephthalate

Terephthalate gehören zur Gruppe der alternativen Weichmacher und werden u.a. in Produkten wie Spielzeug oder Lebensmittelkontaktmaterialien als Ersatz für andere Weichmacher eingesetzt, die aufgrund ihrer reproduktionstoxischen Eigenschaften in der Kritik stehen (Schwedler et al., 2020b).

Im aktuellen Querschnitt wurden 3 Metaboliten als Expositionsmarker für das Terephthalat DEHTP gemessen. Als Hauptmetabolit gilt 5cx-MEPTP, der wie auch die zwei anderen Metaboliten in allen untersuchten Proben gemessen werden konnte. Im Median lag die Belastung mit 5cx-MEPTP bei 26 µg/l und das 95. Perzentil bei 297 µg/l. Im Vergleich zum Bezugsquerschnitt 2017/18 ergibt sich eine signifikante Zunahme der Belastung. Insbesondere in der Gruppe der hochbelasteten Kinder verdreifacht sich die Belastung von 110 µg/l (2017/18) auf 297 µg/l (2023/24).

Für die DEHTP Metaboliten liegen nun auch Referenzwerte für Kinder vor, die von der HBM-Kommission auf Grundlage von Daten aus dem Zeitraum 2014-2017 festgelegt worden sind (Hoopmann et al., 2023). Sie sind in Tabelle 14 nach Geschlechtern getrennt aufgeführt. Insgesamt überschreiten 18 Mädchen (16 %) und 36 Jungen (26 %) den Referenzwert der HBM-Kommission für 5cx-MEPTP in Höhe von 73 µg/l bzw. 54 µg/l. Auch für die zwei weiteren Metaboliten finden sich Überschreitungen der aktuellen Referenzwerte zwischen 21 % bis 28 %.

Tabelle 14: Aktuelle Referenzwerte für DEHTP-Metaboliten sowie Anzahl der Überschreitungen im KiSA-Querschnitt 2023/24

Querschnitt 2023/24	5cx-MEPTP		5OH-MEHTP		5oxo-MEHTP	
	Mädchen	Junge	Mädchen	Junge	Mädchen	Junge
Referenzwert* [µg/l]	73	54	5,3	5,9	4,6	5,2
Überschreitungen n (%)	18 (16 %)	36 (26 %)	30 (26 %)	38 (28 %)	24 (21 %)	28 (21 %)

*Referenzwerte basieren auf Daten aus GerES V 2014-2017 (Hoopmann et al., 2023); relative Werte sind auf ganze Zahlen gerundet

Zur Belastung von Kindern mit DEHTP liegen einige weitere HBM-Studien vor, die in Tabelle 15 zusammengefasst sind.

Tabelle 15: Ausgewählte nationale und internationale Studien zur DEHTP-Belastung von Kindern

Studie		5cx-MEPTP
		Median (95. Perzentil) [$\mu\text{g/l}$]
KiSA Studie NRW 2023/24 Deutschland (NRW) 2023-2024 (n=250, 2-6 Jahre)	Mädchen	25,47 (275,75)
	Jungen	25,82 (463,40)
	Gesamt	25,49 (296,47)
GerES V Schwedler et al., 2020b Deutschland 2014-2017 (n=346, 3-5 Jahre)		1,04 (6,38)
Umweltprobenbank Kasper-Sonnenberg et al. 2025 und UBA Deutschland (Münster) 2022 (n=60 24h-Sammelurine, 20-29 Jahre Median 23 Jahre)		4,19 (23,34)
CPHminipub Frederiksen et al., 2022 Dänemark (Kopenhagen) ~2016-2019 (n= 211 Urinproben von 144 Säuglingen, 0-1 Jahr)		2,22 (22,0)
Lessmann et al. (2017) Portugal 2014-15 (n=107, 4-17 Jahre)	Mädchen	4,19
	Jungen	3,73
	Gesamt	4,19 (26,4)
NHANES# CDC 2024 USA 2017-2018 (n=379, 3-5 Jahre)		7,10 (78,4)

#https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html

Zwei Studien aus Deutschland haben die Belastung von Kindern im Alter 3-5 Jahren und von Studierenden im Alter von 20-29 Jahren erfasst. Sowohl in der Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit GerES V (Schwedler et al., 2020a) als auch in der Untersuchung der Umweltprobenbank an jungen Erwachsenen (Kasper-Sonnenberg et al., 2025) liegt die gemessene 5cx-MEPTP Belastung mit Werten von 1 $\mu\text{g/l}$ (P50) und 6 $\mu\text{g/l}$ (P95) bzw. 2 $\mu\text{g/l}$ (P50) und 22 $\mu\text{g/l}$ (P95) deutlich niedriger als in der KiSA-Studie NRW. Die Europäischen HBM-Studien aus Dänemark und Portugal finden ebenfalls deutlich niedrigere Belastungen mit Werten von 2 $\mu\text{g/l}$ bzw. 4 $\mu\text{g/l}$. Eine mögliche Erklärung für die beobachteten Unterschiede könnte mit dem Probenahmezeitpunkt in diesen Studien zusammenhängen, der die Belastung von vor 5 – 10 Jahren abbildet. Die Belastung aus dem nationalen Survey NHANES (USA) lag bei 45 $\mu\text{g/l}$ und somit noch etwas höher als in der KiSA-Studie NRW. Ein Grund sind vermutlich

unterschiedliche Marktbedingungen und Anwendungsmuster in den USA (Kasper-Sonnenberg et al., 2025).

Die signifikante Zunahme der Belastung im zeitlichen Verlauf deckt sich mit Ergebnissen der Umweltprobenbank und dem nationalen Survey NHANES (USA), die ebenfalls im zeitlichen Verlauf eine zunehmende Belastung mit 5cx-MEPTP finden (Kasper-Sonnenberg et al., 2025). So zeigen die Ergebnisse der Umweltprobenbank (Alter der Personen 20 – 29 Jahre), dass sich die mediane Belastung von 1 µg/l (2014) auf 4 µg/l (2022) erhöht hat (Kasper-Sonnenberg et al., 2025).

Die Ergebnisse der KiSA-Studie NRW belegen, dass eine ubiquitäre Exposition gegenüber DEHTP vorliegt. Im Vergleich zu den vorherigen Querschnitten ist die Belastung der Kinder signifikant gestiegen. Ein Kind überschreitet den gesundheitlichen Bewertungsmaßstab (HBM-I-Wert in Höhe von 1800 µg/l) etwa 1,7-fach und etwa ein Viertel der Kinder überschreitet die derzeit gültigen Referenzwerte für DEHTP Metaboliten. Aus umweltmedizinischer Perspektive ist daher wichtig, die Belastungssituation mit dem Terephthalat DEHTP auch in zukünftigen Querschnitten weiter zu beobachten.

5 Verzeichnisse

5.1 Literaturverzeichnis

- 24MR Market Reports, 2024. Di-isononyl-cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH) Market, Global Outlook and Forecast 2024-2030. <https://www.24marketreports.com/chemicals-and-materials/global-diisononylcyclohexanedicarboxylate-forecast-2024-2030-147> (accessed 20 May 2025).
- Apel, P., Angerer, J., Wilhelm, M., Kolossa-Gehring, M., 2017. New HBM values for emerging substances, inventory of reference and HBM values in force, and working principles of the German Human Biomonitoring Commission. *International journal of hygiene and environmental health* 220, 152–166. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.09.007>.
- Apel, P., Kortenkamp, A., Koch, H.M., Vogel, N., Rütther, M., Kasper-Sonnenberg, M., Conrad, A., Brüning, T., Kolossa-Gehring, M., 2020. Time course of phthalate cumulative risks to male developmental health over a 27-year period: Biomonitoring samples of the German Environmental Specimen Bank. *Environment international* 137, 105467. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105467>.
- BASF, 2025. Applications of Hexamol DINCH. <https://chemicals.basf.com/global/en/Petrochemicals/Plasticizers/europe/products/hexamoll--dinch-/applications#item-1682496944408-1333246324> (accessed 20 May 2025).
- Calafat, A.M., Ye, X., Valentin-Blasini, L., Li, Z., Mortensen, M.E., Wong, L.-Y., 2017. Co-exposure to non-persistent organic chemicals among American pre-school aged children: A pilot study. *International journal of hygiene and environmental health* 220, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.10.008>
- Domínguez-Romero, E., Komprdová, K., Kalina, J., Bessems, J., Karakitsios, S., Sarigiannis, D.A., Scheringer, M., 2022. Time-trends in human urinary concentrations of phthalates and substitutes DEHT and DINCH in Asian and North American countries (2009-2019). *Journal of exposure science & environmental epidemiology*. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00441-w>.
- European Chemicals Agency, 2022. Changes of market volumes of chemicals subject to authorisation in 2010-21: ECHA-22-R-06-EN, 30 pp. (accessed 27 May 2025).
- European Food Safety Authority, 2006. Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to the 12th list of substances for food contact materials: Question N° EFSA-Q-2004-073, EFSA-Q-2006-024, EFSA-Q-2005-238a, EFSA-Q-2005-238b, EFSA-Q-2005-238c, EFSA-Q-2006-012, EFSA-Q-2006-027. *EFSA Journal* 395, 395–401.
- European Food Safety Authority, 2008. Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request related to a 18th list of substances for food contact materials: Question N° EFSA-Q-2007-167, EFSA-Q-2006-177, EFSA-Q-2005-152, EFSA-Q-2007-022, EFSA-Q-2007-004, EFSA-Q-2007-024. *EFSA Journal* 628-633, 1–19.

- Frederiksen, H., Upners, E.N., Ljubicic, M.L., Fischer, M.B., Busch, A.S., Hagen, C.P., Juul, A., Andersson, A.-M., 2022. Exposure to 15 phthalates and two substitutes (DEHTP and DINCH) assessed in trios of infants and their parents as well as longitudinally in infants exclusively breastfed and after the introduction of a mixed diet. *Environment international* 161, 107107. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107107>.
- Gerofke, A., Lange, R., Vogel, N., Schmidt, P., Weber, T., David, M., Frederiksen, H., Baken, K., Govarts, E., Gilles, L., Martin, L.R., Martinsone, Ž., Santonen, T., Schoeters, G., Scheringer, M., Domínguez-Romero, E., López, M.E., Calvo, A.C., Koch, H.M., Apel, P., Kolossa-Gehring, M., 2024. Phthalates and substitute plasticizers: Main achievements from the European human biomonitoring initiative HBM4EU. *International journal of hygiene and environmental health* 259, 114378. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2024.114378>.
- Hays, S.M., Aylward, L.L., Kirman, C.R., Krishnan, K., Nong, A., 2011. Biomonitoring equivalents for di-isononyl phthalate (DINP). *Regulatory toxicology and pharmacology* : RTP 60, 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2011.03.013>.
- HBM-Kommission, 2014. Stoffmonographie für 1,2-Cyclohexandicarbonsäure-di-isononylester (Hexamoll® DINCH®) - HBM-Werte für die Summe der Metabolite Cyclohexan-1,2-dicarbonsäure-mono-hydroxyisononylester (OH-MINCH) und Cyclohexan-1,2-dicarbonsäure-mono-carboxy-isoocylester (cx-MINCH) im Urin von Erwachsenen und Kindern: Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes [Monograph for 1,2-cyclohexane-di-isononyl (Hexamoll® DINCH®) - HBM values for the sum of metabolites of cyclohexane-1,2-dicarboxylic acid mono-hydroxyisononylester (OH MINCH) and cyclohexane-1,2-dicarboxylic acid mono-carboxy acid isoocyl ester (cx-MINCH) in the urine of adults and children: Commission Opinion "Human Biomonitoring" UBA]. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 57, 1451–1461. <https://doi.org/10.1007/s00103-014-2069-2>.
- HBM-Kommission, 2025. Ableitung von HBM-I-Werten für den Di-n-hexylphthalat (DnHexP) Monoester-Metaboliten MnHexP: Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring (-HBM-Kommission) des Umweltbundesamtes. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 68, 1088–1095.
- Hoopmann, M., Murawski, A., Schümann, M., Göen, T., Apel, P., Vogel, N., Kolossa-Gehring, M., Röhl, C., 2023. A revised concept for deriving reference values for internal exposures to chemical substances and its application to population-representative biomonitoring data in German children and adolescents 2014-2017 (GerES V). *International journal of hygiene and environmental health* 253, 114236. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114236>.
- Kasper-Sonnenberg, M., Pälme, C., Wrobel, S., Brüning, T., Murawski, A., Apel, P., Weber, T., Kolossa-Gehring, M., Koch, H.M., 2025. Plasticizer exposure in Germany from 1988 to 2022: Human biomonitoring data of 20 plasticizers from the German Environmental Specimen Bank. *Environment international* 195, 109190. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109190>.

- Koch, H.M., Schütze, A., Pälme, C., Angerer, J., Brüning, T., 2013. Metabolism of the plasticizer and phthalate substitute diisononyl-cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH®) in humans after single oral doses. *Archives of toxicology* 87, 799–806. <https://doi.org/10.1007/s00204-012-0990-4>.
- Kortenkamp, A., Koch, H.M., 2020. Refined reference doses and new procedures for phthalate mixture risk assessment focused on male developmental toxicity. *International journal of hygiene and environmental health* 224, 113428. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113428>.
- Lange, R., Apel, P., Rousselle, C., Charles, S., Sissoko, F., Kolossa-Gehring, M., Ougier, E., 2021. The European Human Biomonitoring Initiative (HBM4EU): Human biomonitoring guidance values for selected phthalates and a substitute plasticizer. *International journal of hygiene and environmental health* 234, 113722. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113722>.
- Lessmann, F., Correia-Sá, L., Calhau, C., Domingues, V.F., Weiss, T., Brüning, T., Koch, H.M., 2017. Exposure to the plasticizer di(2-ethylhexyl) terephthalate (DEHTP) in Portuguese children - Urinary metabolite levels and estimated daily intakes. *Environment international* 104, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.03.028>.
- Lessmann, F., Schütze, A., Weiss, T., Brüning, T., Koch, H.M., 2016. Determination of metabolites of di(2-ethylhexyl) terephthalate (DEHTP) in human urine by HPLC-MS/MS with on-line clean-up. *Journal of chromatography. B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences* 1011, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2015.12.042>.
- Lignell S, B.H., 2025. L 2025 nr 01 - Contaminants in blood and urine from young children in Sweden: Results from the national dietary survey Riksmaten Young Children., 70 pp.
- National Research Council, 2008. Committee on the Health Risks of Phthalates; Board on Environmental Studies and Toxicology; Division on Earth and Life Studies; National Research Council Phthalates and Cumulative Risk Assessment: The Tasks Ahead. Washington (DC), 209 pp.
- Schwedler, G., Conrad, A., Rucic, E., Koch, H.M., Leng, G., Schulz, C., Schmied-Tobies, M.I.H., Kolossa-Gehring, M., 2020a. Hexamoll® DINCH and DPHP metabolites in urine of children and adolescents in Germany. Human biomonitoring results of the German Environmental Survey GerES V, 2014-2017. *International journal of hygiene and environmental health* 229, 113397. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.09.004>.
- Schwedler, G., Rucic, E., Koch, H.M., Lessmann, F., Brüning, T., Conrad, A., Schmied-Tobies, M.I.H., Kolossa-Gehring, M., 2020b. Metabolites of the substitute plasticiser Di-(2-ethylhexyl) terephthalate (DEHTP) in urine of children and adolescents investigated in the German Environmental Survey GerES V, 2014-2017. *International journal of hygiene and environmental health* 230, 113589. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113589>.
- Vogel, N., Schmidt, P., Lange, R., Gerofke, A., Sakhi, A.K., Haug, L.S., Jensen, T.K., Frederiksen, H., Szigeti, T., Csákó, Z., Murinova, L.P., Sidlovska, M., Janasik, B., Wasowicz, W., Tratnik, J.S., Mazej, D., Gabriel, C., Karakitsios, S., Barbone, F.,

- Rosolen, V., Rambaud, L., Riou, M., Murawski, A., Leseman, D., Koppen, G., Covaci, A., Lignell, S., Lindroos, A.K., Zvonar, M., Andryskova, L., Fabelova, L., Richterova, D., Horvat, M., Kosjek, T., Sarigiannis, D., Maroulis, M., Pedraza-Diaz, S., Cañas, A., Verheyen, V.J., Bastiaensen, M., Gilles, L., Schoeters, G., Esteban-López, M., Castaño, A., Govarts, E., Koch, H.M., Kolossa-Gehring, M., 2023. Current exposure to phthalates and DINCH in European children and adolescents - Results from the HBM4EU Aligned Studies 2014 to 2021. *International journal of hygiene and environmental health* 249, 114101. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114101>.
- Wang, Y., Zhu, H., Kannan, K., 2019. A Review of Biomonitoring of Phthalate Exposures. *Toxics* 7. <https://doi.org/10.3390/toxics7020021>.
- Wollin, K.-M., Apel, P., Chovolou, Y., Pabel, U., Schettgen, T., Kolossa-Gehring, M., Röhl, C., 2022. Concept for the Evaluation of Carcinogenic Substances in Population-Based Human Biomonitoring. *International journal of environmental research and public health* 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127235>.

5.2 Abkürzungsverzeichnis

BE	.....	Biomonitoring Equivalents
CVUA	.....	Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt
ECHA	.....	Europäische Chemikalienagentur
EFSA	.....	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EU	.....	Europäische Union
GerES	.....	Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit
HBM	.....	Human-Biomonitoring
HBM-GV	.....	Human-Biomonitoring Guidance Values
IPA	.....	Institut für Prävention und Arbeitsmedizin
Kitas	.....	Kindertagesstätten
LANUK	.....	Landesamt für Natur, Umwelt und Klima NRW
LoQ	.....	Bestimmungsgrenze
MLV	.....	Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW
MUNV	.....	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW
NHANES	.....	National Health and Nutrition Examination Survey
P95	.....	95. Perzentil
PVC	.....	Polyvinylchlorid
SVHC	.....	Substances of Very High Concern
TDI	.....	Tolerable Daily Intake
Weichmacher	.....	Abkürzungen sind in Tabelle 1 zu finden

5.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht über alle bisherigen Rekrutierungsstandorte der KiSA-Studie NRW	14
Abbildung 2:	Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung mit abnehmendem Expositionstrend	18
Abbildung 3:	Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung ohne eindeutigen Expositionstrend.	19
Abbildung 4:	Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung mit zunehmendem Belastungstrend.	20
Abbildung 5:	Zeitlicher Trend der DINCH-Belastung	23
Abbildung 6:	Zeitlicher Trend der DEHP-Belastung	24

5.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Untersuchte Weichmacher-Metaboliten im Kinderurin, Querschnitt 2023/24.....	13
Tabelle 2:	Wesentliche Charakteristika der untersuchten Studienpopulation aus dem Querschnitt 2023/24.....	15
Tabelle 3:	Statistische Lagemaße der Phthalat-Metaboliten im Urin von Kindern (Querschnitt 2023/24)	16
Tabelle 4:	Zeitlicher Verlauf der Phthalat-Belastung (95. Perzentil)	21
Tabelle 5:	Statistische Lagemaße der DINCH-Metaboliten im Urin von Kindern (Querschnitt 2023/2024)	22
Tabelle 6:	Zeitlicher Verlauf der DINCH-Belastung (95. Perzentil)	22
Tabelle 7:	Statistische Lagemaße der DEHTP-Metaboliten im Urin von Kindern (Querschnitt 2023/24)	23
Tabelle 8:	Zeitlicher Verlauf der DEHTP-Belastung (95. Perzentil)	24
Tabelle 9:	Gesundheitsbezogene Bewertungskriterien und Anzahl der Überschreitungen in den fünf Querschnittsuntersuchungen	25
Tabelle 10:	Aktuelle Referenzwerte für Phthalate-Metaboliten sowie Anzahl der Überschreitungen im KiSA-Querschnitt 2023/24	29
Tabelle 11:	Ausgewählte nationale und internationale Studien zur Phthalat-Belastung von Kindern	31
Tabelle 12:	Aktuelle Referenzwerte für DINCH-Metaboliten sowie Anzahl der Überschreitungen im KiSA-Querschnitt 2023/24	33
Tabelle 13:	Ausgewählte nationale und internationale Studien zur DINCH-Belastung von Kindern	34
Tabelle 14:	Aktuelle Referenzwerte für DEHTP-Metaboliten sowie Anzahl der Überschreitungen im KiSA-Querschnitt 2023/24	35
Tabelle 15:	Ausgewählte nationale und internationale Studien zur DEHTP-Belastung von Kindern	36

Impressum

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen (LANUK NRW) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 poststelle@lanuk.nrw.de www.lanuk.nrw.de
Bearbeitung	Konzeption, Durchführung der Feldphase, Auswertung und Berichterstellung: LANUK, Fachbereich 33 Umweltmedizin, Toxikologie, Epidemiologie, Noxen-Informationssystem Analytik: Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IPA)
Verfasserinnen und Verfasser	Dr. Yvonne Chovolou, Jennifer Engelmann, Sebastian Meschke, Silvia Sievering, Dr. Martin Kraft (alle LANUK)
Zitiervorschlag	Chovolou, Y., Engelmann, J., Meschke, S., Sievering, S., Kraft, M. 2025: KiSA-Studie NRW: Schadstoffe im Urin von Kindern – Modul 1: Weichmacher (2023/2024). LANUK-Fachbericht 167. Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen.
Stand	Juni 2025
Veröffentlichung	Dezember 2025
Titelbild	Rupert Oberhäuser
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUK-Fachberichte

Der vorliegende Projektbericht wurde im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr (MUNV) des Landes Nordrhein-Westfalen erstellt.

Unser herzlicher Dank gilt allen Kindern und ihren Eltern für die Teilnahme an dieser Studie. Ganz besonders danken wir auch den Leitungen und Mitarbeitenden der Kindertagesstätten, die uns bei der Gewinnung der Probandinnen und Probanden unterstützt haben.

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Landesamt für Natur, Umwelt und Klima
Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuk.nrw.de

www.lanuk.nrw.de
