

Mikro- und Nanoplastik

Bedeutung für die Kindergesundheit und die Pädiatrie

Gottfried Arnold, Hilden; Thomas Lob-Corzilius, Osnabrück

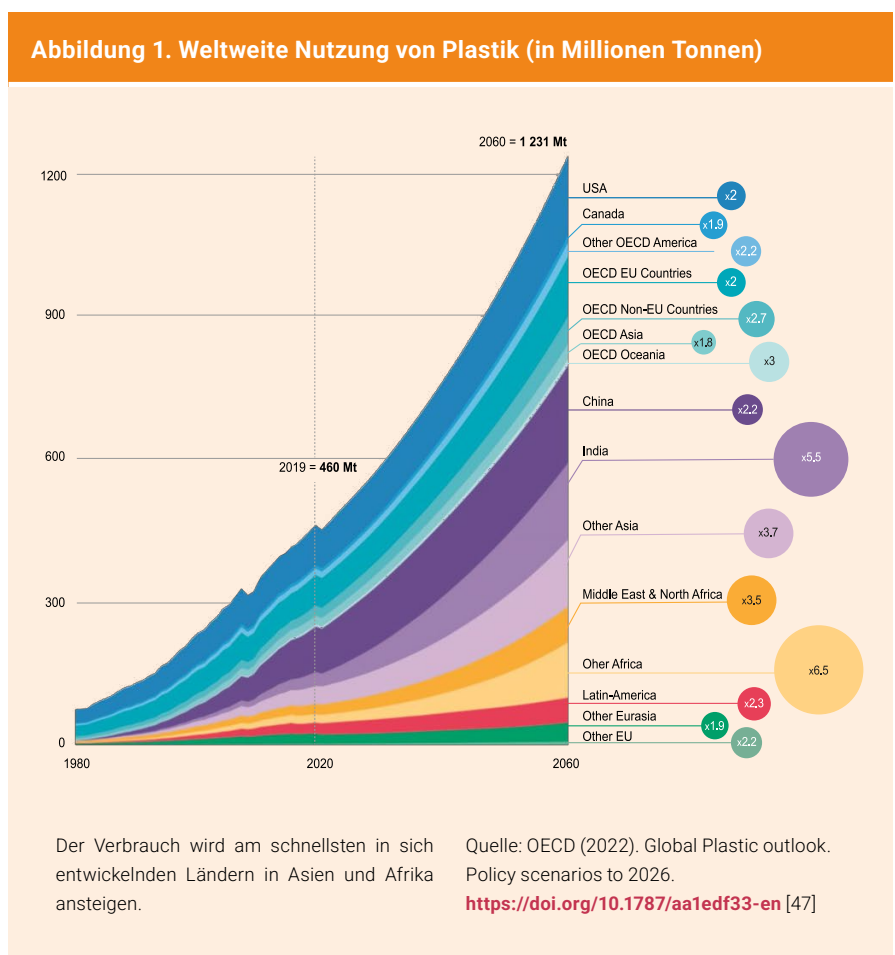
In der Pädiatrischen Allergologie 01/2020 hat Nadja Ziebarth den Artikel „Mikroplastik – unsichtbar und eine Gefahr?“ veröffentlicht [68]. Von den Autoren des vorliegenden Beitrags folgte in der Pädiatrischen Allergologie 04/2023 der umweltmedizinische Artikel „Die „Ewigkeitschemikalien“ PFAS und die Gesundheit unserer Kinder“ [5]. Beide Publikationen sind weiterhin auf der [Homepage der GPA](#) abrufbar und können natürlich auch in den persönlichen Netzwerken weiterverbreitet werden. Die zahlreichen neuen Erkenntnisse der letzten 4 Jahre zu Mikro- und Nanoplastik stehen im Fokus dieses Artikels.

Globale Zunahme

Sowohl zu Mikro- und Nanoplastik wie zu PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) hat sich in den letzten 5 Jahren die Forschungsarbeit weltweit massiv verstärkt, die wissenschaftlichen Ergebnisse sind in vielen Zeitschriften erschienen, insbesondere im Vorfeld der dann leider gescheiterten **sechsten Verhandlungsrunde der UN-Plastik-Konferenz in Genf** im August 2025.

Selbst für Fachleute aus Biologie, Chemie, Physik, Umwelttechnologie und -medizin ist es dabei schwierig, die Übersicht zu behalten und handlungsrelevante Schlüsse und Vorschläge zu formulieren, z. B. für uns Konsumenten von Luft, Wasser und Lebensmitteln. Laut Vorhersagen der OECD könnten sich die Plastikproduktion bis 2050 verdreifachen [48] und die Müllentsorgung und Verunreinigung unseres Planeten belasten (Stichwort Planetary Health [51]) (Abb. 1).

Wie im Folgenden mit Hilfe der zitierten Quellen gezeigt werden soll, müssen unsere Aktivitäten gegen die Plastikflut bis auf weiteres ohne globales Abkommen weitergehen. Aber er ist auch **präventiv** im Privatsektor wie im Gesundheitswe-



sen, kommunal und regional sinnvoll und ohne Alternative: Eine geringere Plastikproduktion ist auch klimawirksam, denn

durch eine geringere Produktion würden deutlich weniger fossile Energien wie Erdöl, Kohle und Gas verbraucht.

1 Mikrometer (μm) = 10^{-6} Meter (m)
 1 Nanometer (nm) = 10^{-9} Meter (m)
 EDC = endocrine disruptor chemicals
 MP = Mikroplastik
 MNP= Mikronanoplastik
 NP = Nanoplastik
 OECD = Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
 PET = Polyethylenterephthalat
 PFAS = Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen

Bis in die Zellen nachweisbar

Die massive Zunahme der weltweiten **Plastikproduktion** hat dazu geführt, dass Plastikpartikel in der gesamten Umwelt nicht rückholbar verteilt sind. Durch mechanische und physikochemische Einwirkungen von Wasser, Wellen, UV-Licht, mikrobiellem Abbau und Biofilmbildung (Biodegradation [30, 44]) entstehen immer kleinere Bestandteile von <5 mm (= Mikroplastik, MP) und <1 μm (= Nanoplastik, NP). Zusammengefasst wird deshalb auch die Bezeichnung Mikronanoplastik (MNP) verwendet. So sind MNP nicht nur bei Pflanzen und Tieren (Fischen, Säugern), sondern auch im Menschen in vielen Organen (Leber, Niere, Bulbus olfactorius [3], Gehirn) und Körperflüssigkeiten (Blut [36], Samenflüssigkeit, Placenta, Muttermilch) nachgewiesen [16, 46]. Zellen, in die Nanoplastik eingedrungen sind, versuchen mit ihren Abwehrmechanismen diese Substanzen mithilfe immer neuer Bildung u.a. von radikalen Sauerstoffgruppen (ROS) zu beseitigen; dies führt zur Schädigung von Mitochondrien und DNA [33]. Mögliche Folgen sind Entzündungen oder Zelltod (Apoptose). In Tierversuchen gibt es Hinweise darauf, dass es u.a. im Zusammenhang mit durch Polystyrol-Nanopartikel ausgelöste Entzündungsreaktionen zu Colitis-assoziierten Krebserkrankungen kommen könnte [38, 58]. Epidemiologische Untersuchungen zur Assoziation



© AdobeStock/seri

von NP zur Auslösung von Darmkrebs liegen bisher nicht vor.

Verschärft wird das Problem der Ansammlung durch die lange Haltbarkeit von Plastik. So wird z. B. die Haltbarkeit einer PET-Flasche auf ca. 16–48 Jahren geschätzt [26]. Allerdings macht die internationale Zusammenarbeit an einer Datenbank mit Plastik abbauenden Enzymen [69] aber auch Hoffnung, dass in Zukunft Fortschritte im Abbau von Plastik gemacht werden können.

Vorkommen von Plastik

Außen- und Innenraumluft

So wie feine Staubteilchen in unserer Luft, die nur im schräg einfallenden Sonnenlicht sichtbar werden (Tyndall-Effekt), ist unsere Umgebungsluft auch mit schwebenden Mikroplastik-Partikeln belastet. Je nach den aktuellen physikalischen Bedingungen sinken diese Teilchen langsam ab und werden daher z.T. auch als „fall out“ bezeichnet. In einer Studie des Zentrums für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) und des Helmholtz-Zen-

trums Hereon ließ sich 2024 nachweisen, dass der Abrieb von Reifen in Hamburg durchschnittlich 12 % des Feinstaubs an Hamburgs Hauptstraßen ausmacht und damit die größte Quelle für Mikroplastik in der Stadt ist [54]. Im Zentrum von London fanden Wright et al. Outdoor-Depositionsraten von 575–1008 MP-Partikel/ m^2 /Tag je nach Windrichtung [65]. Demgegenüber wiesen Dris er al. 2017 in der Innenraumluft tschechischer und slowakischer Gebäude 3- bis 45-mal mehr Textilfasern nach als in der Außenluft [21].

Im Boden

Über Reifenabrieb, Folienreste aus Landwirtschaft und Gartenbau, Kunstrasenplätze, weggeworfene Verpackungen und Zigarettenkippen sowie über Regen und Luft gelangt Plastik auch in unsere Böden. Nach der 2017 novellierten Klärschlammverordnung dürfen noch mindestens bis 2029/2032 Klärschlämme zur Phosphorrückgewinnung auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden [11]. Für den NABU haben die wissenschaftlichen Institute Fraunhofer UMSICHT und Ökopol 2021 erstmals in großem Umfang die

Kunststoffemissionen in Landwirtschaft und Gartenbau (inkl. Baumschulen) in Deutschland berechnet [23]: Insgesamt werden **13.256 Tonnen Kunststoff pro Jahr** in die Umwelt emittiert, davon 87 Tonnen durch Saatgut. Im Boden sind z. B. die ubiquitär verbreiteten Fadenwürmer (Nematoden) in der Lage, auch Polystyrol-Kügelchen einer bestimmten Größe aufzunehmen [24].

In Nahrungsmitteln

In hochverarbeiteten Lebensmitteln in den USA wurden die meisten Mikroplastik-Partikel gefunden. Milne zählte in tierischen und pflanzlichen proteinhaltigen Nahrungsmitteln für Erwachsene Plastikpartikel und schätzte die jährliche Aufnahme einer US-Amerikanerin bzw. eines US-Amerikaners auf durchschnittlich >11.000 Mikroplastikpartikel/Jahr [43]. Teebeutel können aus verschiedenen Pflanzenfasern, aus biologisch abbaubarem Polylactid (Polymilchsäure) oder Nylon hergestellt sein; Yang et al. fanden in letzteren durchschnittlich 106 Plastikpartikel pro Teebeutel [66].

Wasser aus Flaschenabfüllung

Entgegen der Erwartung fanden Oßmann et al. MNP-Partikel in Flaschen aller Materialien, auch in Glasflaschen [50]. Möglich ist hier eine Verunreinigung durch die Verschlussklappe, im Rahmen des Reinigungs- oder Abfüllprozesses. In Italien waren die single-use und wenig benutzten reusable PET-Flaschen geringer mit MP-Partikeln belastet als Glasflaschen [25]. Dabei blieb unklar, ob dies an der gelungenen MP-Beseitigung in den Wasserwerken oder an Verunreinigungen während des Reinigungs- oder Wiederbefüllungsprozesses der Glasflaschen lag. Bei den öffentlich ausgewiesenen Trinkwasser-Analysen der Wasserwerke gibt es leider meist keine Angabe über Mikroplastik-Partikel.

Im menschlichen Körper

Die Fragmentierung (s. oben Biodegradation) in immer mehr und immer kleinere, nicht rückholbare Partikel ist nicht nur in der Umwelt, sondern längst auch in nahezu allen Bereichen des menschlichen Körpers angelangt [19, 41]: Plazenta [70], Fruchtwasser [45], Nabelschnurblut [39], Niere [32], Leber [29], Gehirn [46].

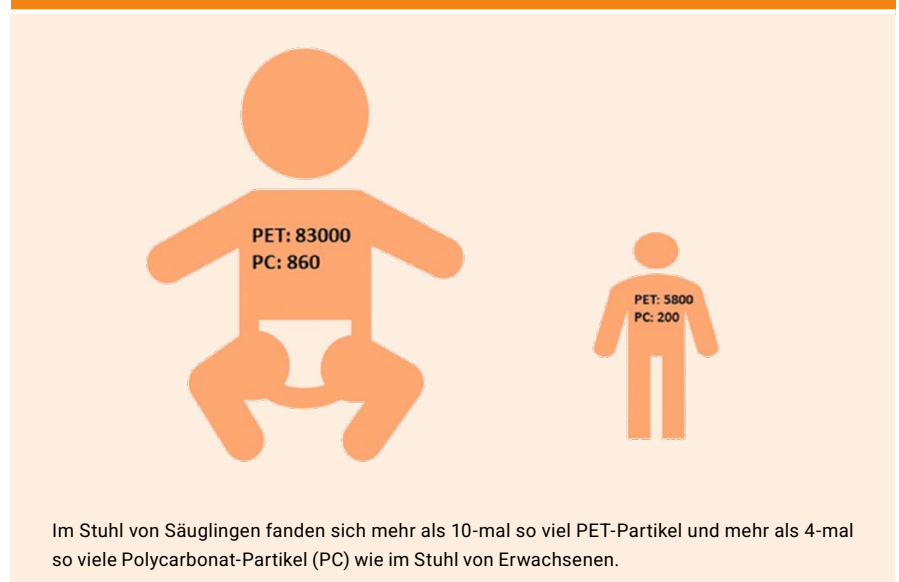
Wie lange die MNP-Partikel in den einzelnen Organen verbleiben, ob und wie sie beseitigt werden oder welche langfristigen Folgen damit verbunden sind, ist weitgehend ungeklärt [7, 57]. Während Klarheit darüber besteht, welche Partikelgröße wie tief in die Atemwege gelangen können (<1 µm – Alveole; <0,5 µm – Blut- und Lymphbahn), gestaltet sich die Messmethodik von Nanoplastik im niedrigen Bereich sehr schwierig [9, 57].

Darüber hinaus enthält Mikroplastik oftmals Additive mit hormonaktiven Chemikalien, *Endocrine Disruptive Chemicals* (EDC) [2, 64].

Besonders hohe Belastung bei Kindern

Durch den höheren Stoffumsatz von Luft, Flüssigkeit und Kalorien sind Kinder bei allen Schadstoffen in größerem Maße betroffen. Welche Bedeutung die höhere Schadstoffbelastung von Kindern in den besonders sensiblen Entwicklungsphasen (Fetal-, Säuglings- und Kleinkindalter) hat, ist unklar und lässt sich wissenschaftlich kaum untersuchen. Allerdings konnte das Team um den New Yorker Kinderarzt und Epidemiologen Trasande in einer Studie u.a. zeigen, dass die Belastung von Kindern mit Plastikpartikeln wesentlich höher ist als bei Erwachsenen [59]. Bei Säuglingen aus New York wurden – bezogen auf das Körpergewicht – im Mekonium mehr als 10-fach höhere Mengen von PET bzw. mehr als 4-fach höhere Polycarbonat-Partikel als im Stuhl von Erwachsenen gefunden (Abb. 2) [67]. Allgemein anerkannt ist zudem die These der Auswirkung von früher Schadstoffeinwirkung auf Gesundheit und Erkrankungen im späteren Leben [28].

Abbildung 2. Mikroplastik-Ausscheidung bei Erwachsenen und Säuglingen



Gesundheitliche Auswirkungen werden diskutiert

Trotz erheblicher weltweiter Forschungsbemühungen fehlen noch evidenzbasierte **Langzeituntersuchungen** zu den Kausalbeziehungen zwischen der Plastikaufnahme in den menschlichen Körper und deren Auswirkungen auf die Gesundheit. Dennoch sind allgemeine Wirkungsmechanismen von Plastikpartikeln im menschlichen Körper bekannt. Auf molekularer Ebene wurden oxidativer Stress und Entzündungsreaktionen nachgewiesen [2]. Gleiches gilt für epigenetische Veränderungen, die zusammen einen krebsfördernden oder -auslösenden Effekt anstoßen können [1, 6, 10, 22, 55]. Bei der Untersuchung von MNP des am häufigsten gefundenen Plastikpolymers Polyethylen (PE) konnte in Leber und im Gehirn von im Jahr 2024 Verstorbenen eine signifikante Zunahme im Vergleich zu 2016 festgestellt werden [46]. Außerdem war die Ansammlung von PE-MNPs in Gehirnen von ehemals Demenzkranken größer als bei Verstorbenen ohne Demenz.

Es gibt ferner Evidenz über die krankmachenden Effekte der Chemikalien, die als Additive (Weichmacher) dem Plastik hinzugefügt werden – z. B. die hormonaktiven EDCs – um gewünschte Eigenschaften zu erreichen. Es wurde gezeigt, dass derartige Chemikalien über die Luft [53], die Nahrung [31] oder Verpackungsmaterialien für Lebensmittel [17] in den menschlichen Körper gelangen können.

Darüber hinaus sind die immer in Plastikmaterialien vorhandenen Beistoffe zum Erreichen spezieller Eigenschaften nicht fest an die Polymere gebunden und können daher leicht in die Umgebung abgegeben werden. Ferner wird durch MNP-Partikel die Entwicklung von Antibiotika-Resistenzen [8, 40] dadurch begünstigt, dass *Campylobacter* [49] oder

E. coli [27] sich an die Partikel heften und in einem Biofilm Schutz finden. Erstaunlich ist überdies, dass Vitamin C [52] den Biofilm schwächen und die Antibiotikawirkung stärken kann.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat im Dezember 2025 in Berlin ein Webinar zum Thema Mikroplastik veranstaltet und sich damit in die aktuelle Diskussion eingeschaltet [15]. Das BfR ist verantwortlich für die Bewertung von möglichen Schadstoffen und die Information der Öffentlichkeit über eventuelle Gesundheitsgefahren. Deshalb hatte es auch in den Vorjahren entsprechende Informationsbroschüren herausgegeben [13, 14].

Wie in einigen Vorträgen deutlich wurde, müssen bei der Auswertung von Laboranalysen klare Regeln beachtet werden, wie z. B. der Ausschluss von MNP-Verunreinigung durch Verwendung von Plastikgefäßen. Für eindeutige Beweise eines **Kausalzusammenhangs** von MNP-Ablagerungen und Erkrankungen beim Menschen fehlen laut BfR zurzeit noch Studien mit statistisch signifikanten Teilnehmerzahlen. Das Deutsche Ärzteblatt berichtete zeitnah über diese Tagung [42].

Schutz vor Mikroplastik im Alltag von Kindern

Wie oben schon beschrieben, enthält Mikroplastik oftmals Additive mit hormonaktiven Chemikalien, den **Endocrine Disruptive Chemicals (EDC)**. Auch zu deren möglicher Vermeidung hat Woodruff u.a. die im Folgenden genannten Empfehlungen publiziert [64].

1. Babyflaschen

Glas- oder Edelstahlflaschen ohne Plastikverschlüsse sind eindeutig die bessere Alternative zu Plastikflaschen [61]. Dies gilt insbesondere für das Ausspülen von

Plastikflaschen mit 70°C heißem Wasser zur Keimabtötung, wie von der WHO empfohlen. Denn dabei entstehen bis zu 16 Millionen Mikropartikel pro Liter Wasser, wie in einer irischen Studie festgestellt wurde [37].

2. Windeln

Stoffwindeln stellen eine überlegenswerte Alternative zu plastikummüllten Windeln mit potenziell enthaltenen Weichmachern dar.

3. Kosmetika und Pflegeprodukte

Da auch für Kosmetika und Pflegeprodukte bislang eine analoge Kennzeichnungspflicht fehlt, sind die Benutzung von Apps wie Toxfax [12] und von Verbraucherzentralen sinnvolle Info-Quellen [60]. Die App Toxfax hat der Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) entwickelt und pflegt sie, damit Verbraucherinnen und Verbraucher sich leichter bei den bedeutungsvollsten Schadstoffen in Kosmetika und Körperpflegeprodukten (hormonaktive u. persistente Substanzen wie PFAS, Mikroplastik- u. Nanopartikel u.a.) orientieren können. Das ist auch eine kostenfreie, empfehlenswerte Hilfe für Eltern, die diesen Bereich für sich und ihre Kinder beobachten möchten.

4. Spielzeug

Bei der Spielzeugauswahl spricht ein auffälliger Geruch definitiv gegen einen Kauf. Dies hat die Deutsche Gesellschaft für Endokrinologie (DGE) in ihrer Pressemitteilung vom Dezember 2025 eindringlich und klar formuliert und neben der Berücksichtigung des Geruchs u.a. geraten, neue Spielzeuge auszulüften [20]. Zu empfehlen ist auch, Waschbares wie Stofftiere, Textilien und Kostüme vor dem Verschenken zu reinigen, alte Kunststoffartikel zu meiden, da sie heute verbotene Stoffe enthalten können und „Billigimporte“, sog. No-Name-Produkte großer Online-Marktplätze, kritisch zu prüfen [20].

5. Küchenutensilien und Kochgeräte

Wer selbst kocht, kann bei einfachen Kochutensilien häufig auf Plastikmaterialien verzichten, da genügend Alternativen aus Holz oder Metall zur Verfügung stehen. Wegen der fehlenden PFAS-Beschichtung sind gusseiserne oder Edelstahlpfannen eindeutig zu empfehlen. Wasserkocher aus Plastik sollten ebenfalls gemieden werden, denn sie setzen im Gegensatz zu Edelstahl-Wasserkochern erhebliche Mengen an Mikroplastikpartikeln frei.

Bei manchen Küchengeräten, z. B. einem Mixer, gibt es aber kaum Alternativen zu Plastik. Allerdings verweisen Qualitätshersteller z. B. auf das CE-Zeichen, womit die zurzeit gültigen aktuellen EU-Normen erfüllt werden, sowie den Verzicht auf die hormonaktiven Bisphenol A bzw. C.

Informationen über Websites

Um Eltern entsprechend zu informieren, eignen sich verschiedene Websites wie z. B. die der internationalen Frauenorganisation *Women Engage for a common future* (WECF) [63] mit „Nestbau“ [62] oder von Chemtrust [18].

Möglichkeiten der Begrenzung von Plastik

Angeichts der massiven Zunahme der Plastikproduktion und des Anfalls von Plastikabfall sind Maßnahmen zur sinnvollen Einschränkung zwingend notwendig. Wie eingangs kurz erwähnt, ist auf der UN-Konferenz 2025 in Genf wegen der finanziellen Interessen der erdölproduzierenden Länder ein internationales Abkommen zur Plastikbegrenzung („global plastic treaty“) trotz hervorragender wissenschaftlicher Zusammenfassungen u.a. durch Pädiater wie Landrigan [34, 35] nicht zustande gekommen. Dennoch haben bereits verschiedene Länder an bestimmten Stellen Plastikanwendungen eingeschränkt (Ver-

bot von Plastik in Kosmetika oder Personal-Care-Produkten, wie z. B. Zahnpasta) oder Plastikabfälle abgefangen, bevor sie in die Umwelt gelangten (z. B. Mikroplastik-Filter in Waschmaschinen). Unterstützt werden diese Anstrengungen durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wie z. B. Amberg et al., die eine Anwendung des Essential-Uses-Prinzip für den Plastikbereich prüfen [4].

Die EU hat zwar noch kein umfassendes Konzept ausgearbeitet, aber Ende November 2025 hat das EU-Parlament zumindest eine Neuauflage der europäischen Sicherheitsvorgaben für **Spielzeug** beschlossen. Dazu wird ein gut sichtbarer **digitaler Produktpass** eingeführt. Auch Online-Marktplätze müssen dann CE-Kennzeichnungen, Sicherheitswarnungen und digitale Produktpässe von Spielzeug bereitstellen, um Kinder vor Mikroplastik inkl. EDC und PFAS-Stoffen zu schützen.

Der Rat der 27 EU-Länder muss das Gesetz noch formal absegnen. Anschließend gilt eine Übergangszeit von 4,5 Jahren, damit sich Spielzeughersteller und der Handel auf die neuen Regeln einstellen können [56].

Allerdings sollte zukünftig eine Kennzeichnungspflicht für **alle Verbraucher-Produkte** vorgeschrieben werden, bei denen Mikroplastik absichtlich zugesetzt wird, besonders wenn sie hormonaktive Zusätze (EDC) enthalten. Diese Transparenz aufseiten der Hersteller und Behörden würde dazu führen, zukünftig schadstoffarme Produkte herzustellen und zuzulassen. Nur so können insbesondere Eltern und Ärztinnen und Ärzte, die schon jetzt nach dem Vorsorgeprinzip handeln möchten, korrekte Kaufentscheidungen treffen bzw. Empfehlungen aussprechen. Langfristig werden wir das Plastikproblem nur in den Griff bekommen, wenn die Plastikhersteller an den Krankheitsfolgekosten durch Plastik-

materialien und -additive entsprechend dem Verursacherprinzip beteiligt werden.

Enden möchten wir mit einem längeren Zitat aus dem oben zitierten Übersichtsartikel des New Yorker Pädiaters und Epidemiologen Trasande und seinem Team [59] (eigene Übersetzung): *„Die Zukunft der Reduzierung der Exposition gegenüber plastikbezogenen EDC liegt darin, Einzelpersonen und Gemeinschaften durch Aufklärung und gut strukturierte Strategien zur Gesundheitsförderung zu befähigen... Im Mittelpunkt dieser Strategie steht die Stärkung der Selbstwirksamkeit – der Glaube an die eigene Fähigkeit, etwas bewirken zu können. Durch klare, umsetzbare Anleitungen und die Förderung der Gesundheitskompetenz können Gesundheitsdienstleister den Menschen das nötige Wissen vermitteln, um fundierte Entscheidungen über die Produkte zu treffen, die sie täglich verwenden. Einfache Hilfsmittel wie mobile Apps, Broschüren und Workshops können sehr effektiv sein, um das Bewusstsein zu schärfen und sicherere Alternativen zu fördern... Regulatorische Maßnahmen wie das Verbot von Einwegkunststoffen und Produkten, die EDCs enthalten, sind daher von größter Bedeutung für die Verringerung der Exposition... Nationale Programme zum Human-Biomonitoring und erweiterte Forschung zu Maßnahmen zur Expositionsreduzierung werden die notwendige Evidenzbasis liefern, um diese Maßnahmen zu unterstützen...“*

Dr. med. Gottfried Arnold

Am Strauch 60 | 40723 Hilden
gottfriedarnold@posteo.de

Dr. med. Thomas Lob-Corzilius

Wielandstr. 15 | 49078 Osnabrück
thlob@uminfo.de

Literatur

- 1 Akhtar S, Zuhair F. Advancing Nanomedicine Through Electron Microscopy: Insights Into Nanoparticle Cellular Interactions and Biomedical Applications. *Int J Nanomedicine*. 2025; 20: 2847–2878
- 2 Aloisi M, Poma AMG. Nanoplastics as Gene and Epigenetic Modulators of Endocrine Functions: A Perspective. *Int J Mol Sci* 2025; 26(5): 2071
- 3 Amato-Lourenço LF, Dantas KC, Júnior GR et al. Microplastics in the Olfactory Bulb of the Human Brain. *JAMA Netw Open* 2024; 7(9): e2440018
- 4 Amberg S, Mitrano DM. Exploring the Essential Use Concept for Primary Microplastics Regulation in the EU. *Environ Sci Technol* 2025; 59(16): 7799–7809
- 5 Arnold G, Lob T. Die „Ewigkeitschemikalien“ PFAS und die Gesundheit unserer Kinder. *Paed. Allergol* 4/2023: 40–45
- 6 Baj J, Dring JC, Czezelewski M et al. Derivatives of Plastics as Potential Carcinogenic Factors: The Current State of Knowledge. *Cancers (Basel)*. 2022; 14(19): 4637
- 7 Bakan B, Kalčec N, Liu S et al. Science-based evidence on pathways and effects of human exposure to micro- and nanoplastics. *Arch Industr Hygiene Toxicol* 2024; 75(1)
- 8 Bartkova S, Kahru A, Heinlaan M, Scheler O. Techniques Used for Analyzing Microplastics, Antimicrobial Resistance and Microbial Community Composition: A Mini-Review. *Front Microbiol* 2021; 12: 603967
- 9 Bouwmeester H, Hollman PC, Peters RJ. Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environ Sci Technol* 2015; 49(15): 8932–47
- 10 Bruno A, Dovizio M, Milillo C et al. Orally Ingested Micro- and Nano-Plastics: A Hidden Driver of Inflammatory Bowel Disease and Colorectal Cancer. *Cancers (Basel)* 2024; 16(17): 3079
- 11 Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) Klärschlamm – Nährstoffquelle und Schadstoffsenke. Verfügbar unter: https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/bund/position/klaerschlam-naehrstoffquelle-schadstoffsenke-position-76-bund_.pdf; abgerufen am 26.01.2026
- 12 Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND). Giftfrei einkaufen mit der ToxFox-App. Verfügbar unter: <https://www.bund.net/themen/chemie/toxfox/>; abgerufen am 19.01.2026
- 13 Bundesinstitut für Risikobewertung. Gesundheitliche Bewertung von Mikroplastik. Stand 21.11.2022. Verfügbar unter: <https://www.bfr.bund.de/produktsicherheit/gesundheitsbewertung-von-mikroplastik/>; abgerufen am 26.1.2026
- 14 Bundesinstitut für Risikobewertung. Gesundheitliche Risikobewertung von Nanomaterialien. Verfügbar unter: https://www.bfr.bund.de/gesundheitsbewertung_von_nanomaterialien-30413.html; aufgerufen am 19.01.2026
- 15 Bundesinstitut für Risikobewertung. Mikroplastik – Was wissen wir heute? Verbraucher-schutzforum zum Thema Mikroplastik. Presseinformation Nr. 25/2025. Stand 11.11.2025. Verfügbar unter: <https://www.bfr.bund.de/presseinformation/mikroplastik-was-wissen-wir-heute/>
- 16 Carvalho JGR, Augusto HC, Ferraz R et al. Micro(nano)plastic and Related Chemicals: Emerging Contaminants in Environment, Food and Health Impacts. *Toxics* 2024; 12(10): 762
- 17 Cella C, La Spina R, Mehn D et al. Detecting Micro- and Nanoplastics Released from Food Packaging: Challenges and Analytical Strategies. *Polymers (Basel)* 2022; 14(6): 1238
- 18 CHEM Trust Europe. Baby- und Kinderprodukte. Verfügbar unter: <https://chemtrust.org/de/baby-und-kinderprodukte/>; aufgerufen am 19.01.2026
- 19 Das Plastik in uns – Homo plasticus. Arte 2025. Verfügbar unter: <https://www.arte.tv/de/videos/118240-000-A/homo-plasticus-das-plastik-in-uns/>. Verfügbar bis 21.7.2026
- 20 Deutsche Gesellschaft für Endokrinologie, Hormone und Stoffwechsel. Schadstoffe in Weihnachtsgeschenken. DGE warnt vor hormonaktiven Substanzen in Spielzeug. Stand 1.12.2025. Verfügbar unter: <https://www.endokrinologie.net/pressemitteilung/schadstoffe-in-weihnachtsgeschenken.php>; aufgerufen am 19.01.2026
- 21 Dris R, Gasperi J, Mirande C et al. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environ Pollut* 2017; 221: 453–458
- 22 Dzierżyński E, Gawlik PJ, Puźniak D et al. Microplastics in the Human Body: Exposure, Detection, and Risk of Carcinogenesis: A State-of-the-Art Review. *Cancers (Basel)* 2024; 16(21): 3703
- 23 Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheit und Energietechnik (UMSICHT), ÖKOPOL – Institut für Ökologie und Politik GmbH. Kunststoffe in der Umwelt. Emissionen in landwirtschaftlich genutzte Böden. Stand Mai 2021. Verfügbar unter: https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/konsumressourcenmuell/210521-fraunhofer_oekopol_studie_plastik_landwirtschaft.pdf; abgerufen am 25.01.2026
- 24 Fueser H, Mueller MT, Weiss L, Höss S, Traunspurger W. Ingestion of microplastics by nematodes depends on feeding strategy and buccal cavity size. *Environ Pollut* 2019; 255(Pt 2): 113227
- 25 Gambino I, Bagordo F, Grassi T et al. Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water: Current Knowledge. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19(9): 5283
- 26 Gan Z, Zhang H. PMBD: a Comprehensive Plastics Microbial Biodegradation Database. Database (Oxford) 2019; 2019: baz119
- 27 Gross N, Muhvich J, Ching C et al. Effects of microplastic concentration, composition, and size on Escherichia coli biofilm-associated antimicrobial resistance. *Appl Environ Microbiol* 2025; 91(4): e0228224
- 28 Heindel JJ, Balbus J, Birnbaum L et al. Developmental Origins of Health and Disease: Integrating Environmental Influences. *Endocrinology* 2015; 156(10): 3416–21
- 29 Horvatits T, Tamminga M, Liu B et al. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. *EBioMedicine* 2022; 82: 104147
- 30 Jahnke A, Arp HPH, Escher BI et al. Reducing Uncertainty and Confronting Ignorance about the Possible Impacts of Weathering Plastic in the Marine Environment. *Environ Sci Technol Lett* 2017; 4(3): 85–90
- 31 Kadac-Czapska K, Knez E, Grembecka M. Food and human safety: the impact of microplastics. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2024; 64(11): 3502–3521
- 32 La Porta E, Exacoustos O, Lugani F et al. Microplastics and Kidneys: An Update on the Evidence for Deposition of Plastic Microparticles in Human Organs, Tissues and Fluids and Renal Toxicity Concern. *Int J Mol Sci* 2023; 24(18): 14391
- 33 Laganà A, Visalli G, Facciola A et al. Uptake of Breathable Nano- and Micro-Sized Polystyrene Particles: Comparison of Virgin and Oxidised nPS/mPS in Human Alveolar Cells. *Toxics* 2023; 11(8): 686
- 34 Landrigan PJ, Dunlop S, Treskova M et al. The Lancet Countdown on health and plastics. *Lancet* 2025; 406(10507): 1044–1062. Erratum in: *Lancet* 2025; 406(10507): 1008. Erratum in: *Lancet* 2025; 406(10514): 1952

- 35 Landrigan PJ, Raps H, Cropper M et al. The Mindeeroo-Monaco Commission on Plastics and Human Health. *Ann Glob Health* 2023; 89(1): 23. Erratum in: *Ann Glob Health* 2023; 89(1): 71
- 36 Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ Int* 2022; 163: 107199
- 37 Li D, Shi Y, Yang L et al. Microplastic release from the degradation of polypropylene feeding bottles during infant formula preparation. *Nature Food* 2020; 1: 746–754
- 38 Li S, Keenan JI, Shaw IC, Frizelle FA. Could Microplastics Be a Driver for Early Onset Colorectal Cancer? *Cancers (Basel)* 2023; 15(13): 3323
- 39 Liu B, Zheng D, Wang J et al. Prenatal microplastic exposure and umbilical cord blood androgenic and glucocorticoid hormones. *Ecotoxicol Environ Saf* 2025; 303: 118827
- 40 Liu Y, Liu L, Wang X et al. Microplastics enhance the prevalence of antibiotic resistance genes in mariculture sediments by enriching host bacteria and promoting horizontal gene transfer. *Eco Environ Health* 2025; 4(1): 100136
- 41 Mahalingaiah S, Nadeau KC, Christiani DC. Microplastics and Human Health. *JAMA* 2025; 334(21): 1941–1942
- 42 Mikroplastik: Auf der Suche nach möglichen Gesundheitsauswirkungen. Stand: 5.12.2025. Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/news/mikroplastik-auf-der-suche-nach-moeglichen-gesundheitsauswirkungen-2e23f2a3-f5f2-4fbd-b644-514688681306>; aufgerufen am 19.01.2026
- 43 Milne MH, De Frond H, Rochman CM et al. Exposure of U.S. adults to microplastics from commonly-consumed proteins. *Environ Pollut* 2024; 343: 123233
- 44 Moshood TD, Nawanir G, Mahmud F et al. Sustainability of biodegradable plastics: New problem or solution to solve the global plastic pollution? *Curr Research Green Sustain Chem* 2022; 5: 100273
- 45 Nadarasan S, Phuna ZX, Zaman R et al. Microplastics and child health: A scoping review of prenatal and early-life exposure routes and potential health risks. *Toxicol Rep* 2025; 15: 102143
- 46 Nihart AJ, Garcia MA, El Hayek E et al. Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains. *Nat Med* 2025; 31(4): 1114–1119. Author correction: *Nat Med* 2025; 31(4): 1367
- 47 Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Global plastic outlook. Policy scenarios to 2060. OECD Publishing Paris 2022.
- 48 Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Policy Highlights. Climate Change and Plastics Pollution. Synergies between two crucial environmental challenges. Stand 2023. Verfügbar unter: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/05/climate-change-and-plastics_d3364145/5e0bfe87-en.pdf; abgerufen am 26.1.2026
- 49 Ortega-Sanz I, Rajkovic A. Microplastics-Assisted *Campylobacter* Persistence, Virulence, and Antimicrobial Resistance in the Food Chain: An Overview. *Foods* 2025; 14(14): 2432
- 50 Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H et al. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Res* 2018; 141: 307–316
- 51 Planetary Health Alliance. What is Planetary Health? Verfügbar unter: <https://planetaryhealthalliance.org/what-is-planetary-health/>; abgerufen am 26.1.2026
- 52 Rahim S, Rahman R, Jhuma TA et al. Disrupting antimicrobial resistance: unveiling the potential of vitamin C in combating biofilm formation in drug-resistant bacteria. *BMC Microbiol* 2025; 25(1): 212
- 53 Salthammer T. Microplastics and their Additives in the Indoor Environment. *Angew Chem Int Ed Engl* 2022; 61(32): e202205713
- 54 Samland M, Badeke R, Grawe D et al. Variability of aerosol particle concentrations from tyre and brake wear emissions in an urban area. *Atmospheric Environment: X* 2024; 24: 100304
- 55 Scuto M, Lombardo CMG, Lo Sasso B et al. Microplastics as Emerging Contaminants and Human Health: Exploring Functional Nutrition in Gastric-Colon-Brain Axis Cancer. *Toxics* 2025; 13(6): 438
- 56 Tagesschau. Weniger Schadstoffe. EU-Parlament beschließt neue Regeln für Spielzeug. Stand 25.11.2025. Verfügbar unter: <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/eu-parlament-spielzeug-regeln-100.html>; aufgerufen am 19.01.2026
- 57 Thompson RC, Courtene-Jones W, Boucher J et al. Twenty years of microplastic pollution research – what have we learned? *Science* 2024; 386(6720): eadl2746
- 58 Tian S, Li R, Li J, Zou J. Polystyrene nanoplastics promote colitis-associated cancer by disrupting lipid metabolism and inducing DNA damage. *Environment Internat* 2025; 195: 109258
- 59 Trasande L, Đorđević AB, Fernandez MO. The effects of plastic exposures on children's health and urgent opportunities for prevention. *Lancet Child Adolesc Health* 2025; 9(11): 796–807
- 60 Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen. Schadstoffberatung: Sie fragen, wir antworten. Verfügbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.nrw/schadstoffe>; aufgerufen am 19.01.2026
- 61 Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen. Trinkflaschen: Worauf soll ich beim Kauf achten? Stand: 6.08.2025. Verfügbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.nrw/schadstoffe/kueche/trinkflaschen-worauf-soll-ich-beim-kauf-achten-43447>; aufgerufen am 19.01.2026
- 62 Women Engage for a common future (WECF) und Nestbau. Vorsicht! Schadstoffe im Alltag. Stand 2020. Verfügbar unter: https://nestbau.info/wp-content/uploads/2020/02/Broschüre_Vorsicht-Schadstoffe.pdf; aufgerufen am 19.01.2026
- 63 Women Engage for a common future (WECF). Verfügbar unter: <https://www.wecf.org/de/>; aufgerufen am 19.01.2026
- 64 Woodruff TJ. Health Effects of Fossil Fuel-Derived Endocrine Disruptors. *N Engl J Med* 2024; 390(10): 922–933
- 65 Wright SL, Ulke J, Font A, Chan KLA, Kelly FJ. Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environ Int* 2020; 136: 105411
- 66 Yang C, Xie J, Gowen A et al. Machine learning driven methodology for enhanced nylon microplastic detection and characterization. *Sci Rep* 2024; 14(1): 3464
- 67 Zhang J, Wang L, Trasande L, Kannan K. Occurrence of Polyethylene Terephthalate and Polycarbonate Microplastics in Infant and Adult Feces. *Environ Sci & Technol Letters* 2021; 8(11): 989–994
- 68 Ziebarth N. Mikroplastik – unsichtbar und eine Gefahr? *Paed Allergol* 1/2020: 18–21
- 69 Zrimec J, Kokina M, Jonasson S, Zorrilla F, Zelezniak A. Plastic-Degrading Potential across the Global Microbiome Correlates with Recent Pollution Trends. *mBio*. 2021; 12(5): e0215521
- 70 Zurub RE, Cariaco Y, Wade MG, Bainbridge SA. Microplastics exposure: implications for human fertility, pregnancy and child health. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2024; 14: 1330396