



# Mikropartikel aus Kunststoff

Plastik in Abwasser und Gewässer

# Inhalt

1. Kunststoffe	1
1.1. Polyethylen (PE) $C_2H_4$	1
1.2. Polypropylen (PP) $C_3H_6$	1
1.3. Polyamide (PA)	1
1.4. Polystyrol (PS) $C_8H_8$	2
1.5. Polyvinylchlorid (PVC) $C_2H_3Cl$	2
1.6. Sonstige Kunststoffe	2
2. Quellen	2
3. Wirkungen	3
3.1. Gesundheitliche Bedeutung	3
3.2. Ökologische Bedeutung	3
4. Reinigung	4
5. Senken Mikropartikel	6
6. Umweltpolitik, Strategie	6
7.1. EUROPA	6
7.2. DEUTSCHLAND und BAYERN	7
7.3. METROPOLREGION NÜRNBERG	7

Titelfoto: Kunststoff-Mikropartikel (siehe auch Abbildungen 6 und 7).

Impressum:

Verfasser: Burkard Hagspiel

Redaktion, Grafik: Burkard Hagspiel, Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN)  
Adolf-Braun-Straße 33, 90429 Nürnberg · sun@stadt.nuernberg.de · www.sun.nuernberg.de

Fotos: Labor Lang: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung, Nürnberg 2014

Prof. Dr. Ch. Laforsch, Prof. Dr. R. Niessner: Kunststoffpartikel in Süßwasser-Ökosystemen, Bayreuth 2013

Erscheinungsdatum: März 2014

# Mikropartikel aus Kunststoff

## Plastik in Abwasser und Gewässer

Die Verschmutzung der Weltmeere mit Plastikmüll ist in den Medien seit mehreren Monaten in Diskussion. Dabei beschränkt sich das Thema nicht nur auf den sorglosen Umgang mit Plastiktüten. Kunststoffe kommen in gewaltigen Mengen auch in kleinsten Partikeln vor. Der wichtigste Weg ihrer Verbreitung ist der über das Abwasser.

Wir informieren Sie über die Situation und die Entwicklung der Verschmutzung der Gewässer durch Mikroplastikteilchen, die über das Abwasser eingetragen werden.

Die Mengen an Kunststoffen, die über das Abwasser in die Umwelt gelangen, sind unbekannt. In Deutschland betrug der Kunststoffinlandsverbrauch im Jahr 2011 9,65 Mio. Tonnen. Durch geheime Produktionszahlen ist der genauere Marktinput an Kunststoffen pro Jahr unbekannt. Er wird auf ca. 90 kg / Einwohner und Jahr geschätzt. 90% davon sind Thermoplaste. Ca. 2/3 der Menge gehen in dauerhafte Einsatzzwecke. 1/3 der Menge in Verpackungsmittel.

## 1. Kunststoffe

Es gibt sehr zahlreiche Arten von Kunststoffen. Die am weitesten verbreiteten Arten sind im folgenden kurz erläutert:

### 1.1. Polyethylen (PE) $C_2H_4$



Polyethylen ist mit einem Anteil von ca. 29 Prozent der weltweit am meisten produzierte Kunststoff. 2001 wurden 52 Mio. Tonnen davon hergestellt. Etwa 67% davon gehen in Verpackungsmittel. Ca. 68 000 Tonnen wurden weltweit für Plastiktüten genutzt. Dies entspricht einem Anteil von 0,71 % oder 0,83 kg pro Einwohner.

Auffällig ist der Unterschied der pro Person und Jahr verwendeten Plastiktüten. Sie reicht in der Europäischen Union von 18 Stück/E-a in Irland über Deutschland mit 71 Stück bis zu 421 Stück in Bulgarien (EU-27- Durchschnitt = 198 Stück).

Polyethylen ist durch seine hohe Beständigkeit gegen Säuren, Laugen und Chemikalien sehr langlebig und nicht natürlich abbaubar. Durch Sonneneinstrahlung kann PE verspröden und zerfällt dann in immer kleinere Teile, wird aber von den Bakterien, Tieren und Pflanzen nicht in den natürlichen Kreislauf reintegriert. Verpackungen aus PE überdauern die verpackten Produkte, wie Lebensmittel, um Jahrhunderte.

### 1.2. Polypropylen (PP) $C_3H_6$

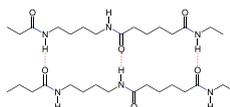


Weltweit werden über 45 Millionen Tonnen des Stoffs Polypropylen hergestellt. In Deutschland werden ca. 20% davon in Fahrzeugen verbaut. 35% finden in Verpackungen ihren Einsatz.

PP ist geruchlos und hautverträglich. Es ist für Anwendungen in den Bereichen Lebensmittel und Pharmazie geeignet und ist physiologisch unbedenklich.

PP hat eine höhere Steifigkeit, Härte und Festigkeit als Polyethylen.

### 1.3. Polyamide (PA)



Polyamide erlangten in der Produktion von Fasern wie Nylon ihre größte Bedeutung.

Aufgrund ihrer chemischen Beständigkeit, der hohen Reißfestigkeit, sowie der einheitlichen, glatten Oberfläche mit hoher Gleitfähigkeit, sind die Fasern für Textilien bis hin zu Nahtmaterial der Chirurgie sehr geeignet.

Polyamide reagieren auf den Feuchtegehalt der Umgebung mit reversibler Wasseraufnahme.

me oder -abgabe und nehmen damit auch Fremdstoffe auf.

#### 1.4. Polystyrol (PS) $C_8H_8$



Polystyrol ist in der Art des weißen Schaumstoffs als leichtes Verpackungsmittel und wirksamer Dämmstoff sehr weit verbreitet.

Ca. 20% der Produktion gehen in Elektroanwendungen, 39% in Verpackungsmaterial. 15% finden auf dem Bau als Dämmstoff Anwendung.

Das Material ist physiologisch unbedenklich und zur Verpackung von Lebensmitteln uneingeschränkt zugelassen.

Durch die Zugabe von Flammschutzmitteln in Dämm- und Hartschaumplatten wird der Kunststoff jedoch als „sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung“ eingestuft. Durch die Zugabe von Pestiziden und Algenschutzmitteln verstärkt sich die Umweltgefährlichkeit.

Polystyrol versprödet unter Lichteinwirkung relativ schnell.

#### 1.5. Polyvinylchlorid (PVC) $C_2H_3Cl$



PVC ist ein thermoplastischer Kunststoff mit an sich spröden und harten Eigenschaften. Durch Additive, in erster Linie Stabilisatoren und Weichmacher, wird er den vielfältigen Einsatzgebieten entsprechend angepasst. Sie verbessern die physikalischen Eigenschaften; allen voran die Beständigkeit und Formbarkeit.

Bei den Weichmachern gelten die Phthalate als höchst gesundheitsgefährdend, weil sie in den Hormonhaushalt des Menschen eingreifen und die Fortpflanzung oder Entwicklung schädigen. Bei der Verbrennung von PVC entstehen Salzsäure und verschiedene krebserregende, organische Substanzen.

#### 1.6. Sonstige Kunststoffe

Es gibt eine große Anzahl technischer Kunststoffe, die in immer neuen Variationen in neuen Spezialanwendungen zum Einsatz kommen. Wichtige Vertreter sind Polyurethan (PU), Polyoxymethylen (POM), thermoplastische Polyester wie PBT, Fluorpolymere wie PTFE und PCTFE, Flüssigkristallpolymere, Ethylen-Vinylacetat-Copolymere, Cyclo-Olefin-Copolymere und Faserstoffe aus Acetat, Polyester, Polyacryl und sonstigen synthetischen Stoffen. Eine

große Gruppe bilden auch die Kunstharze (Polykondensate) und Polymerisate.

Auch von diesen Stoffen gehen spezifische Gefahren aus. Ihre Bedeutung ist jedoch aufgrund der geringeren Mengen und den begrenzten Anwendungsbereichen bislang kaum in ihrer Gesamtwirkung auf die Umwelt erforscht.

#### Fractionen nach Größe

Für die Untersuchung und Klassifizierung von Kunststoffresten in der Umwelt gibt es noch keine einheitlichen Methoden und Standards. Gängig ist die Einteilung in folgende Größenklassen:

Makropartikel	> 5 mm
Mikropartikel	50 µm bis 5 mm
Nanopartikel	< 50 µm

Während Makropartikel z.B. in Form von Plastiktüten in der Diskussion der Umweltverschmutzung als Synonym der Abfallkultur eines Landes und seiner Menschen gelten, traten bislang Mikropartikel aufgrund ihrer Unauffälligkeit weit weniger in die öffentliche Diskussion, obwohl ihre Mengenbedeutung in der Gesamtmasse der Abfälle ähnlich groß ist und von Ihnen möglicherweise eine größere Umweltgefahr ausgeht.

Die Kategorisierung spielt in der Wissenschaft zum Beispiel hinsichtlich – Probenahmemethoden und – Analysemethoden eine große Bedeutung, ist aber noch nicht vereinheitlicht.

## 2. Quellen

Die Herkünfte der Mikropartikel, die sich in der Umwelt wiederfinden, sind vielfältig und nicht quantifiziert. Im Abwasser wird die Rangfolge wie folgt vermutet:

- Textilien (Fasern aus gewaschenen Kleidern)
- Waschmittel (Perlen in Putzmittel, Duschgele, Körperpflegemittel ...)
- Kosmetik (Peelings, Puder, Cremes ...)
- Verwitterte Makroteilchen
- Sonstige

Primäres Mikroplastik wird vor allem aus Erdöl hergestellt und aufbereitet.

Sekundäres Mikroplastik entsteht bei Abnutzung oder Zerfall größerer Kunststoffteile

durch die Einwirkung von Sonne, Wind und Wellen.

Bis zu 2 000 Kunstfasern aus Fleece-Kleidungsstücken, einem Velourstoff, der meist aus Polyester oder Polyacryl besteht, gelangen pro Waschgang in das Abwasser.

Die Verwendung der Kunststoffteilchen in Kosmetikprodukten ist mittlerweile Standard, nicht die Ausnahme.

Für Kosmetika mit Kunststoffingredienzien hat der BUND eine Liste mit über 250 Mitteln zusammengestellt (Stand 28.02.2014). Die Vielfalt an Stoffen ist weltweit wahrscheinlich um ein vielfaches größer.

Der Weg über das Abwasser spielt für die Verbreitung der Mikropartikel die wichtigste Rolle. Über die Verwitterung, aber auch durch die Verteilung von Klärschlämmen aus Abwasser können die Kunststoffteilchen weit verbreitet werden. Über Wind werden sie verweht. Gemäß einer Untersuchung in Oldenburg sind Fragmente sogar im Trinkwasser nachweisbar.

### 3. Wirkungen

Plastikteilchen im Abwasser bedeuten Verschmutzung der Umwelt. Sie zieht eine Vielzahl an Wirkungen nach sich, die wir bislang nur wenig kennen.

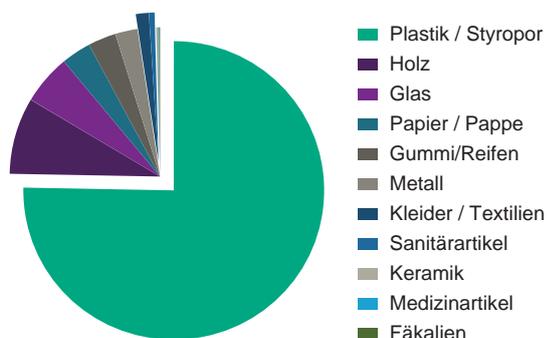


Abb. 1: Zusammensetzung von Müll an Stränden basierend auf der Anzahl gefundener Stücke während des OSPAR-Spülsaum-Monitorings entlang der Küsten der südlichen Nordsee (2002-2008)

Plastik hat eine sehr lange Abbauphase und zersetzt sich zum Teil in immer kleinere Teile.

#### 3.1. Gesundheitliche Bedeutung

Die meisten Kunststoffe sind in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr rein und sind toxikologisch völlig unbedenklich.

Aus diesem Grund eignen sie sich hervorragend für Verpackungen auch von Lebensmitteln.

Der Anwendungsbereich der Kunststoffe hat sich stetig verbreitert. Ihre Eigenschaften sind extrem vielfältig und nützlich.

Gefahren entstehen dadurch, dass die meisten Kunststoffe selektiv Schadstoffe anlagern oder in sich aufnehmen.

Werden die Teilchen dann zersetzt, werden Additive wie Weichmacher oder Flammschutzmittel wieder freigesetzt.

Andere gefährliche Wirkungen entfalten sich durch Verbrennung oder unsachgemäße Weiterbehandlung.

Die Gefährlichkeit der Kunststoffe geht demnach maßgeblich von ihrer Eigenschaft aus, dass es zu Wanderprozessen niedermolekularer Stoffe, wie beispielsweise Weichmacher an der Oberfläche von Kunststoffen oder sie umgebende Stoffe kommt (Migration). Dies ist in toxikologischer z. B. bei Lebensmittelverpackungen, Arzneimitteln und Spielzeug relevant, kann aber auch bei Gebrauchsgütern wie Textilien eine Rolle spielen.

Die Migration in die Umwelt hängt maßgeblich davon ab, wie die Stoffe freigesetzt werden. Das Austreten z.B. aus unbeschädigtem geschäumtem Polystyrol ist mengenmäßig gering. Starke Emissionen können aber bei Brand, Photolyse und Recycling auftreten.

#### 3.2. Ökologische Bedeutung

Viele Wirkungen entstehen indirekt. Durch die mechanische Zerkleinerung oder durch die Wirkung von UV-Strahlung der Sonne zerfallen die Partikel. Sie gelangen unkontrollierbar in den ökologischen Haushalt und treffen auf Organismen, die auf diese Partikel nicht eingerichtet sind. Man spricht von Bioakkumulation (Biomagnifikation und Biokonzentration).

Der Haushalt wird durch selektive Wirkungen und eine Verschiebung bekannter Gleichgewichte in Gefahr gebracht.

Mikroplastikpartikel haben die Eigenschaft, chemische Substanzen aus der Umwelt wie organische Schadstoffe in hohen Konzentrationen an ihrer Oberfläche anlagern oder aufnehmen. Der Kunststoffabfall oder Bruchstücke davon gelangen über die Gewässer bis ins Meer und treiben mit dem Plankton an der Meeresoberfläche. Sie verbleiben in der Wassersäule oder sinken auf den Meeresboden, je nach Auftrieb der verschiedenen Kunststoffsorten und dem Grad des Bewuchses durch Organismen.

Durch Strömungssysteme verbreiten sie sich über Ländergrenzen hinweg und können weit von ihrem Ursprungsort entfernt Schaden anrichten.

Neben den ästhetischen Problemen hat vor allem die Verbreitung der Mikroteilchen zur Folge, dass diese von Tieren mit Nahrung verwechselt oder verschluckt werden. Die Plastikfragmente können den Verdauungstrakt schädigen, die Mägen der Tiere verstopfen, was zum Tod durch Verhungern oder durch innere Verletzungen führen kann.

Weiterhin wird der Transport von nichteinheimischen Arten in neue Lebensräume begünstigt, darunter auch invasive Organismen. Absinkendes Plastik kann den Meeresboden verhärten, da die Durchmischung und Sauerstoffversorgung des Meeresbodens behindert wird. Zudem nehmen Tiere mit den Plastikteilen auch die teilweise giftigen Substanzen auf, die bei ihrem Abbau entweichen oder aus der Meeresumwelt absorbiert wurden. Sie dringen so in die Nahrungsketten ein. Die orale Aufnahme des Mikroplastik führt die Schadstoffe vor allem an der Basis des Nahrungsnetzes mit dem Potenzial der Bioakkumulation ein.

Die Kunststoffe kommen in allen Meeren vor. Stichprobenuntersuchungen an Sandstränden der Ozeane erbrachten sehr unterschiedliche Konzentrationen der Verunreinigungen. Es werden Plastikmengen von 0,20 bis 77 000 Partikel / m<sup>2</sup> nachgewiesen.

Untersuchungen in 2013 führten zu den überraschenden Feststellungen, dass beträchtliche Mengen von Kleinstpartikeln auch in den Flüssen und Binnenseen angereichert werden.

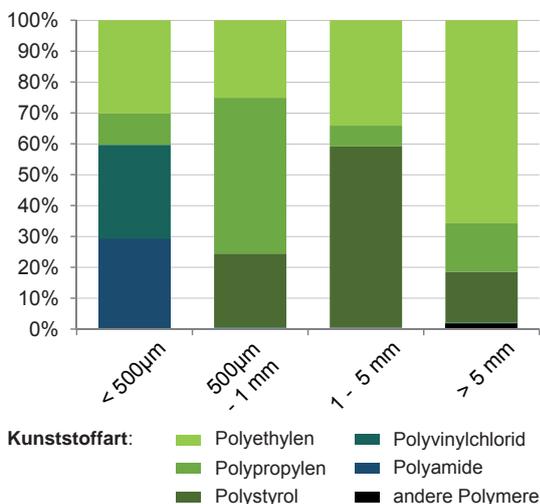


Abb. 2: Verteilung Kunststoffarten, gefunden im Gardasee 2013

Bei einer Stichprobenuntersuchung im Gardasee wurden Konzentrationen nachgewiesen:

Makroplastik: ca. 480 Fasern / m<sup>2</sup>  
 Mikroplastik: ca. 1 100 Fasern / m<sup>2</sup>

## 4. Reinigung

Kunststoffe gelangen über sehr vielfältige Weise in die Umwelt. Während in Deutschland große Anteile regelmäßig über den Abfall vor allem thermisch verwertet werden, verbreiten sich die Mikrofraktionen weitgehend unkontrollierbar über das Abwasser.

Über den Weg der Partikel vom Entstehungsort bis in die Flüsse und Seen und in das Meer ist noch sehr wenig bekannt.

### Abwasserreinigung Nürnberg

In Nürnberg gelangt der weitaus größte Anteil der Mikroverunreinigungen über das Mischwassersammelsystem der Stadt zu den beiden Klärwerken der Stadt. Nur bei besonders starken Niederschlägen kommt es an verschiedenen Entlastungsstellen, vorzugsweise entlang der Pegnitz, zu einer Entlastung des Oberflächenwassers direkt in den Fluss. Über eine halbe Million Kubikmeter Abwasser werden an mehreren Stellen im Netz in großen unterirdischen Becken zwischengespeichert und dann kontinuierlich in den Klärwerken abgearbeitet.

Die größeren Schmutzpartikel werden bei der mechanischen Reinigung direkt im Eingangsbereich der Kläranlage über Rechen zurückgehalten. Große Anteile von Faserstoffen aus Papier und Textilien werden aufgefangen, gepresst und anschließend in Containern gesammelt und zur Kompostierung oder auch zur Verbrennung gebracht (ca. 1 100 t pro Jahr).



Abb. 3: Rechenanlage zur Entfernung der Grobbestandteile im Abwasser

Die Kunststoffe sind leicht und treiben vor allem an der Oberfläche. Nur ein sehr kleiner Teil wird über die Entfernung der mineralischen Anteile im Abwasser entfernt. Ein wichtiger Teil wird dagegen zusammen mit den aufschwimmenden Fetten abgezogen und zusammen mit dem Klärschlamm der weiteren Reinigungsstufen weiter behandelt.

Der weitaus größte Anteil der Mikropartikel wird im Rahmen der biologischen Abwasserreinigung aus dem Wasser entfernt. Die Mikroorganismen nehmen die Partikel zusammen mit den organischen Bestandteilen im Abwasser auf.

Weitere Anteile werden im Prozess an den Oberflächen der sonstigen Schmutzpartikel angereichert. Geringe Anteile der Kunststoffe werden wohl auch chemisch zersetzt. Der größte Anteil wird jedoch im Klärschlamm angereichert und sinkt dann zusammen mit den organischen Partikeln in der Nachklärung ab. Der Klärschlamm von Nürnberg wird zunächst vergoren und das entstehende Gas thermisch für die Erzeugung von Strom und Wärme für die Klärwerksprozesse verwertet. Der Rest wird mit Zentrifugen eingedickt und dann zur Mitverbrennung in Kraftwerke transportiert (ca. 40 000 Tonnen pro Jahr).

In der letzten Reinigungsstufe wird das Abwasser über Sandfilter geschickt. Auf diese Weise werden auch noch sehr kleine Festpartikel zurückgehalten, bevor das Wasser in die Pegnitz ausgeleitet wird.



Abb. 4: Nachklärbecken und Sandfang der Kläranlage

Dennoch finden sich noch zahlreiche Mikropartikel im Abwasserstrom über dessen weiteren Weg wir wenig wissen.

Restkonzentrationen Abwasser Nürnberg:  
(Stichprobe Klärwerk 2, Nürnberg 2014 als  
24h Mischprobe nach dem Sandfilter/Ablauf)

organische Partikel flach:	4 200 Partikel / L
organ. Partikel faserförmig:	940 Partikel / L
fluorhaltige Partikel:	470 Partikel / L
Agglomerate:	470 Partikel / L

Weitere Angaben zur Filterprobe:

Abfiltrierbare Stoffe (AFS)	< 2 mg/L
Total Organic Carbon (TOC)	6 mg/L
Chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	22 mg/L
Stickstoff (N <sub>ges</sub> )	9,2 mg/L
Phosphor (P <sub>ges</sub> )	0,45 mg/L



Abb. 5: Organische Partikel auf Glasfaserfilter (Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme) mit Größenvergleich eines menschlichen Haars

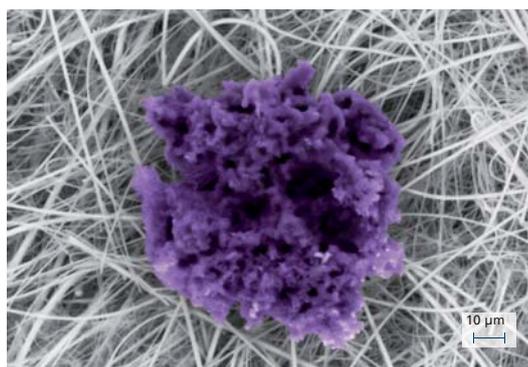


Abb. 6: Organisches Agglomerat, Durchmesser ca. 0,1 mm. Primärteilchen 2 µm. Helle Teilchen enthalten Fe und Cu (Kunststoffteilchen farblich hervorgehoben)

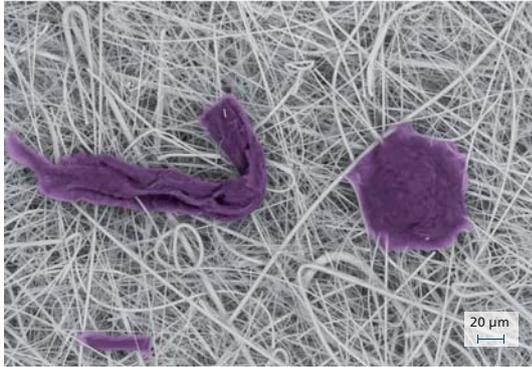


Abb. 7: Organische Faser und Tropfen mit Phosphorverbindung (Kunststoffteilchen farblich markiert)

## 5. Senken Mikropartikel

Durchschnittlich dreiviertel des in den Ozeanen gefundenen Mülls besteht aus Kunststoffen. Die Anteil der Mikropartikel nimmt rasch zu. Über die Gesamtmenge und Bedeutung gibt es keine verlässlichen Daten.

Ein wichtiger Teil der Mikropartikel wird sedimentiert. Der Schlamm der Seen nimmt auf natürliche Weise zu und kann langfristig zu deren Verlandung führen. Auf diese Weise werden auch die Kunststoffpartikel angereichert.

Die weitaus größte Menge der Frachten wird jedoch bis ins Meer weiter transportiert.

Dort werden die Partikel langfristig am Meeresgrund abgelagert. Teilweise werden sie an weitere organische oder mineralische Stoffe adsorbiert und dadurch mehr oder minder fest gebunden.

Ungeklärt ist der Anteil, der biologisch zum Beispiel über die Nahrungskette eingebaut wird.

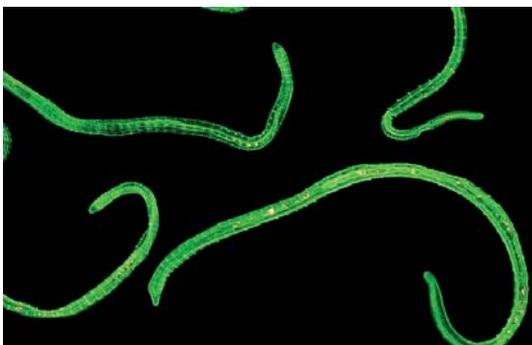


Abb. 8: Fluoreszenzmikroskopisches Bild von Würmern mit aufgefressenen, rot markierten, unverdaulichen Plastikpartikeln.

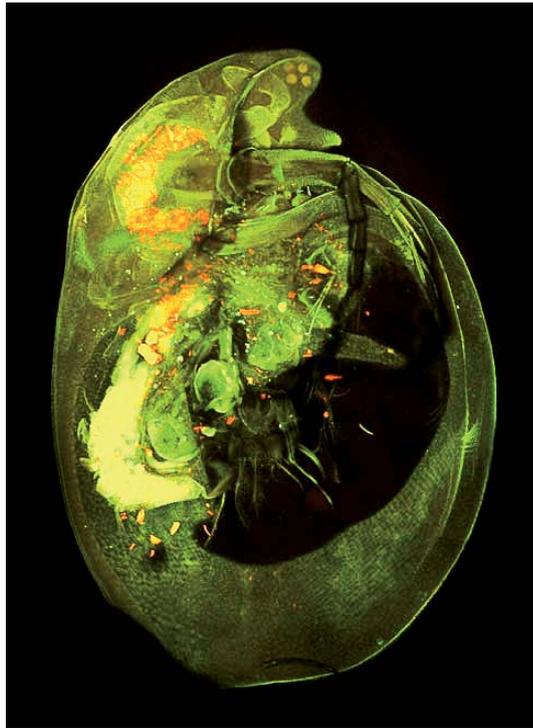


Abb. 9: Fluoreszenzmikroskopisches Bild eines Wasserfloh mit rot markierten Plastikpartikeln. Wasserflöhe ernähren sich von kleinen Algen und nehmen dadurch auch die Partikel auf. Wasserflöhe sind selbst Nahrungsmittel für andere Tiere und werden so Teil der Nahrungskette.

## 6. Umweltpolitik, Strategie

Es sind eine Vielzahl an Wegen der Einflussnahme auf die weitere Entwicklung denkbar. In den meisten Fällen ist die Wirkung auf die Produktion und den Welthandel der Kunststoffe jedoch gering.

Viele Plastikteilchen gelten heute als Qualitätsmerkmale bestimmter Produkte. Zur Verbesserung der Konsumartikel werden ständig neue Kunststoffsorten entwickelt und getestet.

In vielen Produkten sind die Teilchen aber auch verzichtbar.

Über den langfristigen Umgang mit den Partikeln beginnen erst die Untersuchungen. Besonders langfristige Studien sind erforderlich, um die Gefahren richtig einzuschätzen. Die politische Diskussion hat bereits jetzt begonnen, obwohl die potenziellen Gefahren noch sehr diffus sind.

### 6.1. EUROPA

Die Europäische Kommission erwägt Rechtsvorschriften zur Reduzierung der Emissionen.

Auf die parlamentarische Anfrage einer grünen Abgeordneten hat die Verwaltung bislang auf die Selbstverpflichtung der Hersteller gesetzt. Weltweit tätige Kosmetikunternehmen kündigen zum Teil das Auslaufen von partikelhaltigen Artikeln wie Duschgels und Zahnpasta an. Für den Umgang mit synthetischen Fasern in Kleidung und den ganzen Folgeprodukten der Zerkleinerung sind bislang aber keine Konzepte entworfen.

Den Politikern ist bewusst, dass der Einfluss auf die Entstehung der Verunreinigungen vornehmlich über Auflagen und Normen auf europäischer Ebene möglich ist. Es ist denkbar, dass die potenziellen Gefahren zum Beispiel über den Nachweis der Unschädlichkeit bewertet werden (REACH-Konformitätsnachweis). Von solchen Auflagen würden besonders die Pharmazeutik, die Kosmetikindustrie und die Textilfabrikation betroffen.

## 6.2. DEUTSCHLAND und BAYERN

Das Landesuntersuchungsamt Baden-Württemberg (LUBW) bestätigt, dass die Belastung der Gewässer weder nach Ausmaß noch in der Bedeutung der Partikel bekannt ist. Besonders die Wirkungspfade sind aufgrund ihrer Komplexität weitgehend unerforscht.

Standarduntersuchungen erfassen die Partikel nicht. Entsprechend werden auch keine Auffälligkeiten festgestellt. LUBW plant orientierende Untersuchungen in den Flüssen Rhein und Neckar.

Besondere Risiken für Menschen werden hingegen ausdrücklich nicht erwartet (Stellungnahme Umweltministerium Ba-Wü Februar 2014).

Über den Bodensee werden Millionen von Menschen mit Trinkwasser versorgt. Orientierende Untersuchungen wurden im Auftrag der internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) durch die Eidg. techn. Hochschule Lausanne (ETH) in 2013 durchgeführt.

Im Rohwasser der Bodenseewasserversorgung wurden keine Partikel nachgewiesen. Das ist auch nicht zu erwarten, weil die Entnahmestelle in 60 m Tiefe angeordnet ist und Plastikteilchen in den oberen Wasserschichten treiben. Das Ministerium erwartet darüber hinaus eine ausreichende Filtration durch Mikrosiebe und Schnellsandfilter der Rohwasseraufbereitung.

Die naheliegenden und wichtigsten Eintrittspfade neben dem Abwasser sind die Ent-

sorgung der Kunststoffprodukte. Die ist in Deutschland besonders vorbildlich geregelt. Bei der Abwasserentsorgung hingegen entstehen nicht kontrollierbare Gefahren für Fische und Krustentiere besonders durch Anreicherung. Indirekt sind dadurch auch Mensch und Tier betroffen.

Bei Düngung mit Klärschlamm auf Äckern besteht zudem die Gefahr der Aerosolbildung. Die Partikel könnten in Pflanzen und Organismen eingebaut werden.

## 6.3. METROPOLREGION NÜRNBERG

Für Nürnberg und Umgebung werden bislang keine schwerwiegenden Gefahren und gefährliche Auswirkungen auf die Umwelt erwartet. Dennoch wird nach Methoden geforscht, wie die Mikroverunreinigungen überhaupt gemessen und laufend überwacht werden können. Es wird festgestellt, dass das Thema bislang in der Abwasserentsorgung Deutschlands keinerlei Rolle spielt.

Der Klärschlamm Nürnbergs wird ausnahmslos thermisch behandelt. Dadurch ist sichergestellt, dass die besonders gefährlichen organischen Stoffe vollständig beseitigt werden. Partikel können nicht weiter in die Umwelt verbreitet werden.

Die Nürnberger Kläranlagen sind mit Sandfiltern ausgestattet. Hierdurch wird eine überdurchschnittliche Abreinigung von Mikroplastik erwartet.

Es ist jedoch klar, dass ein wesentlicher Teil der Partikel nicht erfasst wird, weil die kleinsten Fasern ungehindert mit der Wasserströmung den Filter passieren.

Mittel- bis langfristig ist eine weitergehende Reinigungsstufe zur Elimination der Mikroverunreinigungen und Spurenstoffe wie Arzneien, Hormone und sonstige gelöste Stoffe geplant. Dadurch würde auch ein weiterer Anteil der Kunststoffteilchen eliminiert.

Beseitigt werden die Plastikpartikel durch Ultrafiltration. Über große Membranen wird das Wasser von kleinsten Teilchen sicher und vollständig gereinigt. Solche Verfahren werden zum Teil in der Trinkwasserversorgung angewendet. Im Abwasserbereich ist das Verfahren noch im sehr frühen Versuchsstadium und wenig aussichtsreich, weil es sehr teuer ist und sehr viel Energie verbraucht.

Die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg  
ist zertifiziert nach:  
DIN EN ISO 9001 (Qualitätsmanagement)  
DIN EN ISO 14001 (Umweltmanagement)

Weitere Informationen sowie die Publikationen  
der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg  
finden Sie unter [www.sun.nuernberg.de](http://www.sun.nuernberg.de)