

NICHT SAUBER, SONDERN RHEIN

Mikroplastik-
Untersuchungen
auf dem Rhein



STOPPT DIE
PLASTIKFLUT!
GREENPEACE



STOPPT DIE PLASTIKFLUT!
GREENPEACE
BELUGA II

GREENPEACE

DAS WICHTIGSTE IM ÜBERBLICK

Die Belastung von Flüssen mit Mikroplastik ist im Vergleich zu den Meeren wenig erforscht. Deswegen hat Greenpeace den Rhein zwischen Duisburg und Koblenz im Herbst 2020 genauer unter die Lupe genommen und primäres (fabrikneues) Mikroplastik untersucht.

- In allen 250 Wasserproben, die Greenpeace mit Manta-Netzen aus dem Rhein entnommen hat, wurden Mikroplastikpartikel gefunden.
- Die Partikel unterscheiden sich nach Größe, Form und Kunststoffart (Polymere). Überwiegend wurden kleine Plastik-Kugeln gefunden, sogenannte Microbeads, mit Durchmessern zwischen 0,24 bis 0,86 mm. Unterschieden werden opake Microbeads, deren Hauptbestandteil Polystyrol (PS) ist, und transparente Beads mit Gaseinschluss, meist mit Hauptbestandteil Polymethylmethacrylat (PMMA). Zwischen Duisburg und Köln überwiegen die Funde an PS-Microbeads und zwischen Köln und Koblenz die Funde an PMMA-Microbeads.
- Die mittlere Konzentration an primärem Mikroplastik zwischen Duisburg und Koblenz liegt bei 0,88 Partikeln pro Kubikmeter Flusswasser. Die Konzentration der opaken Microbeads beträgt im Mittel 0,51 P/m³, die der Microbeads mit Gaseinschluss (PMMA-Partikel) beträgt 0,26 P/m³.
- Die höchsten Konzentrationen an primärem Mikroplastik wurden in der Nähe der „Chemoparks“ Krefeld-Uerdingen (3,2 P/m³) und Dormagen (3,3 P/m³) ermittelt.

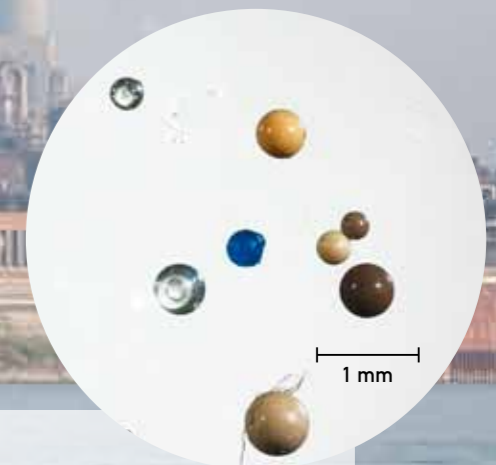
- An den Standorten Krefeld-Uerdingen und Dormagen wurde die Mikroplastik-Belastung erstmals über 24 Stunden bestimmt: Die Ergebnisse bestätigen, dass kontinuierlich Mikroplastik den Rhein stromabwärts gespült wird, die Mikroplastik-Konzentration ist nachts niedriger als tagsüber.
- Greenpeace:innen fanden an den Ufern von Krefeld und Dormagen regelmäßig Plastik-Pellets, die in kugelförmiger oder länglicher Form zwischen 1,6 und 5 mm im Durchmesser sind und als Rohstoff in der Plastikherstellung eingesetzt werden. Zehn Prozent dieser Pellets wurden analysiert. Sie bestehen aus den Polymeren Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polycarbonat (PC).
- Regen kann Mikroplastik-Pellets vom Ufer in den Rhein spülen und trägt dadurch zu einer verstärkten Konzentration an Mikroplastikpartikeln im Fluss bei.
- Als mögliche Eintragsquelle von Mikroplastik in den Rhein kommen Klärwerke, industrielle Einleitungen, Verluste bei Produktion und Lagerung in Ufernähe und fahrlässiger Umgang in Betracht. Partikel wie die gefundenen Microbeads können beispielsweise in Ionenaustauschern von Wasseraufbereitungsanlagen verwendet werden oder aus der Polymer-Produktion für Acrylglas (PMMA) stammen.
- Das im Rhein gefundene Mikroplastik kann Studien zufolge von Wasserlebewesen wie Flusskrebsen und Fischen, aber auch von Vögeln statt der Nahrung aufgenommen werden und zu schweren Schädigungen führen.

KEY FINDINGS

Compared to the oceans, microplastic pollution in rivers has not been well researched. So, in autumn 2020, Greenpeace set out to examine primary microplastics in the Rhine River between the German cities Duisburg and Koblenz.

- Microplastic particles were found in all 250 water samples that Greenpeace collected using Manta nets.
- The particles differed in size, shape, and type of plastic (polymers). Most of the particles were microbeads, with diameters ranging from 0.24 to 0.86 mm. A distinction was made between opaque microbeads, the main component of which is polystyrene (PS), and transparent microbeads with gas inclusion, the main component of which is polymethyl methacrylate (PMMA). Between Duisburg and Cologne, PS microbeads were most abundant, and between Cologne and Koblenz, PMMA microbeads were the most common.
- The average concentration of primary microplastics between Duisburg and Koblenz was 0.88 particles per cubic meter (P/m³) of river water. The average concentration of opaque microbeads was 0.51 P/m³; that of the microbeads with gas inclusion (PMMA particles) was 0.26 P/m³.
- The highest concentrations of primary microplastics were found near the Krefeld-Uerdingen (3.2 P/m³) and Dormagen (3.3 P/m³) industrial facilities.

- For the first time on the Rhine River, microplastics sampling was conducted around the clock. At the Krefeld-Uerdingen and Dormagen sites, the microplastic load was determined by taking one sample per hour over 24 hours. The results confirmed that microplastics are continuously washed down the Rhine; the microplastic concentration was lower at night than during the day.
- Greenpeace activists regularly found plastic pellets on the riverbanks near the Krefeld-Uerdingen and Dormagen industrial facilities. These particles were 1.6 to 5 mm in diameter and are used as a raw material in the production of plastic. Ten percent of these pellets were analyzed and were found to be made of the polymers polyethylene (PE), polypropylene (PP), and polycarbonate (PC).
- Rain can wash microplastic pellets from the shore into the Rhine and thereby contributes to an increased concentration of microplastic particles in the river.
- Possible sources of microplastics in the Rhine are sewage treatment plants, industrial discharges, losses during production and storage near the shore, and negligent handling. For example, particles like the microbeads found can be used in ion exchangers in water treatment plants or from polymer production for acrylic glass (PMMA).
- Previous studies have shown that microbeads and pellets can be intaken by aquatic organisms and birds and seriously damage their health.



Microbeads finden sich im Rhein in den unterschiedlichsten Farben und Größen.

Das Greenpeace-Schiff Beluga II ist auch für Flussfahrten ausgerüstet. Mit seinen klappbaren Masten kann es unter Brücken durchfahren.

EINFÜHRUNG

Plastikmüll ist eines der größten Umweltprobleme unserer Zeit. Das vielleicht prominenteste Beispiel dieses Verschmutzungsphänomens ist der Great Pacific Garbage Patch, ein Müllstrudel im Nordpazifik, in dem sich auf einer Fläche von 1,6 Millionen Quadratkilometer etwa 1,8 Billionen Plastikteilchen befinden sollen (Lebreton et al., 2018). Das Dramatische daran: Plastik verrottet nicht oder nur sehr langsam, allerdings zerfällt es mit der Zeit in immer kleinere Teile.

Mikroplastikpartikel sind allein schon wegen ihrer physikalischen Eigenschaften für viele Wasserorganismen, Fische und Vögel gefährlich, da sie unverdaulich sind und zu irreparablen Schäden an den Verdauungsorganen führen können.

An diesen Plastikpartikeln können sich Umweltgifte anlagern, wodurch potenziell gesundheitsschädigende Stoffe in die

Nahrungskette gelangen, wenn das kontaminierte Mikroplastik von Meereslebewesen verschluckt wird. Und schließlich können diese Partikel auf unseren Tellern landen.

Um herauszufinden, woher das Mikroplastik in den Flüssen kommt, war die Besatzung des Greenpeace-Schiffs Beluga II von Mitte September bis Anfang Oktober 2020 auf dem Rhein unterwegs und hat Wasserproben entnommen. Das Ziel der Forscher:innen an Bord: die Belastung des Flusses mit den kleinen Kunststoffpartikeln zu dokumentieren und mögliche Verursacher:innen zu identifizieren. Für die Untersuchungen wurden zwischenzeitlich auch Schlauchboote eingesetzt.

Zwischen Duisburg und Koblenz hat die Crew insgesamt 250 Proben genommen. Die ernüchternde Erkenntnis der Schiffstour: Wer Mikroplastik sucht, findet es.

MIKROPLASTIK IN GEWÄSSERN

In Deutschland beträgt die Pro-Kopf-Emission von Kunststoffen in die Umwelt geschätzt 5,4 kg pro Jahr. Diese besteht zu 26 Prozent aus Makroplastik und zu 74 Prozent aus Mikroplastik (Bertling et al., 2018).

Mikroplastik (MP) ist allgegenwärtig in unserer Umwelt. Die kleinen Kunststoffpartikel sind nahezu überall zu finden, sowohl in entlegenen Gebieten der Erde wie der Antarktis oder dem Mount Everest als auch in den Organen von Menschen und Tieren (Waller et al., 2017; Napper et al., 2020; Barboza et al., 2018). Mikroplastikpartikel im Boden können das Wachstum von Pflanzen beeinflussen (Taylor et al., 2020) und neuere Studien weisen darauf hin, dass sich die Partikel auch in der menschlichen Plazenta (Ragusa et al., 2021) finden lassen.

Mikroplastikpartikel, hier definiert durch das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) als „feste Kunststoffpartikel in der Größe von 1 Nanometer bis kleiner als 5 Millimeter“ (UNEP, 2016; GESAMP, 2015), gibt es in den unterschiedlichsten Formen und Größen. Während **primäres Mikroplastik** fabrikneue Kunststoffpartikel wie Basispellets oder Granulate für die Plastikproduktion und auch sogenannte Microbeads für Hygieneartikel beschreibt, wird **sekundäres Mikroplastik** definiert als Plastikpartikel, die aus der von Witterungseinflüssen oder mechanischer Beanspruchung resultierenden Zerkleinerung von Makroplastikteilen entstehen, wie zum Beispiel Fragmente (Umweltbundesamt, 2020; Laskar und Kumar, 2019). Mikroplastikpartikel sind prinzipiell Feststoffe.

Mit **Mikrokunststoffen** sind neben den festen Partikeln alle synthetischen Polymere gemeint, die auch in flüssiger, wachs- oder gelartiger Form vorkommen, etwa in Kosmetikartikeln (Greenpeace, 2018).

Ganz gleich, von welcher Art von Mikroplastik gesprochen wird, die Partikel werden in der Umwelt nur sehr langsam abgebaut, sie können Schadstoffe enthalten und gefährliche Chemikalien können an ihnen anhaften. Außerdem dienen sie als Lebensraum für Mikroorganismen (Amaral-Zettler et al., 2015 und 2020). Dazu zählen auch potenziell krankheitserregende Keime, die mit dem Mikroplastik weite Entfernungen zurücklegen können (Zettler, 2019). Damit stellt Mikroplastik eine Bedrohung für die gesamte Umwelt dar.



Greenpeace hat auch arktische Gewässer auf Mikroplastik untersucht.

In aller Welt verhungern Seevögel mit Plastik im Magen. Sie verwechseln die Kunststoffteile mit Nahrung.

Einmal freigesetzt, scheint es unmöglich, die kleinen Plastikpartikel wieder aus der Umwelt zu bergen, und somit verteilen sie sich in alle Welt: vom Land über die Flüsse bis in die Meere. Es wird geschätzt, dass sich 14 bis 196 Millionen Tonnen Mikroplastik auf dem Meeresboden befinden (Barrett et al., 2020; Koelmans et al., 2017).

Damit die Meere künftig besser vor den Auswirkungen von Makro- und Mikroplastik geschützt werden können, muss erforscht werden, welche Bedeutung der Eintrag durch Flüsse am gesamten Verschmutzungsgrad hat. Studien belegen inzwischen hohe Konzentrationen an Mikroplastikpartikeln in Flüssen, sowohl weltweit als auch in Deutschland (Mani et al., 2015, 2019 und 2020; Scherer et al., 2019; Greenpeace UK, 2019). Diese Studien zeigen, dass Flüsse bedeutende Pfade für den Transport von Mikroplastik in die Meere sind. Dabei bleibt allerdings bisher weitestgehend ungeklärt, in welchem Ausmaß dies geschieht. Bislang gibt es kaum Studien, die über Stichproben hinausgehen und den Plastikeintrag über einen längeren Zeitraum untersuchen.

Eine der ersten Untersuchungen zur Mikroplastikbelastung im Rhein erschien im Jahr 2015 (Mani et al., 2015). Berichtet wurden die Häufigkeit und die Zusammensetzung von Mikroplastik, das in oberflächennahen Schichten des Rheins gesammelt wurde. An elf Probenahmestellen über eine Strecke von 820 km wurden Mikroplastikpartikel in allen Proben gefunden, mit durchschnittlich 892.777 Partikeln pro km² (5,0 P/m²). Im Ballungsraum Rhein-Ruhr wurde eine Spitzenkonzentration von 3,9 Mio. Partikeln pro km² erfasst. Die Mikroplastik-Konzentrationen im Rhein korrelierten mit dem durchschnittlichen Wasserabfluss und der Einzugsgebietsgröße der untersuchten Standorte.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass zeitliche Variationen der MP-Fracht in Richtung Nordsee im Laufe des Jahres von den unterschiedlichen Abflussregimen entlang des Flusslaufs dominiert werden. Die höchsten MP-Frachten fließen den Rhein stromabwärts während der europäischen Wintermonate (Mani und Burkhardt-Holm, 2020).

Vergleichende Daten zum MP-Gehalt in Süßwassersystemen sind noch rar. Neben den Studien über den Rhein wurde eine Studie veröffentlicht, die die MP-Häufigkeit im Wasser und Sediment des norddeutschen Elbe-Stroms untersuchte (Scherer et al., 2020). An elf Standorten entlang der Elbe wurden sowohl Wasser- als auch Sedimentproben gesammelt, um MP-Senken und Transportmechanismen besser zu verstehen. Die Mikroplastik-Konzentrationen (von Partikeln größer als 0,3 mm) spiegeln



verschiedene Quellen und Senken entlang des Flussverlaufs wider, wie zum Beispiel Kläranlagen, Nebenflüsse und Wehre.

Ein zentrales Ergebnis der Studie: Im Sediment fanden sich hohe Konzentrationen an Mikroplastik, im Mittel 3.350.000 Partikel pro Kubikmeter (Größe 0,125 bis 5 Millimeter MP). Der Mittelwert der Wasserkonzentrationen betrug im Mittel 5,57 Partikel pro Kubikmeter (Größe 0,15 bis 5 Millimeter MP). In den Sedimenten nahm die Häufigkeit im Flussverlauf ab, während in den Wasserproben kein solch klarer Trend zu beobachten war.

Außerdem wurden an einem Standort außergewöhnlich hohe Mengen an Mikroplastikkugeln, so genannte Microbeads, gefunden, die wahrscheinlich auf industrielle Emissionen von PS-DVB-Harz-Kügelchen (Polystyrol/Divinylbenzol) zurückzuführen sind. Ähnliche Kügelchen wurden für den Rhein (Mani et al., 2015, 2019 und 2020) als einer der Hauptfunde beschrieben.

Im Rhein wurden außerdem auffällig häufig transparente Kügelchen mit Gaseinschluss gefunden. Diese bestehen in der Regel aus PMMA (Polymethylmethacrylat) (Mani et al., 2015; Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2018; Klein et al., 2015).

Um die Ursachen der Verschmutzung besser eingrenzen zu können, hat Greenpeace einen stark mit Mikroplastik belasteten Fluss genauer unter die Lupe genommen: **den Rhein**.

GREENPEACE AUF DEM RHEIN

Die Greenpeace-Untersuchungen auf dem Rhein tragen dazu bei, die Verbreitung von Mikroplastik in unseren Gewässern besser zu verstehen – wo kommen die Partikel her, welche Wege nehmen sie, wie viel Mikroplastik ist vorhanden und welche Kunststofftypen befinden sich im Rhein?

Weltweit gelangen mit den Flüssen nach Schätzungen von Wissenschaftler:innen jeden Tag rund 60 Milliarden Plastikpartikel in die Meere (GESAMP, 2016). Allein der Rhein spült jährlich etwa acht bis zehn Tonnen Mikroplastik in Richtung Nordsee (Fath, 2016; Mani et al., 2015).

Erste Studien haben sich zwar mit dem Vorkommen von Mikroplastik im Rhein auseinandergesetzt (Mani et al., 2015, 2019 und 2020), das quantitative Ausmaß der Mikroplastikverschmutzung ist bisher allerdings wenig erforscht. Auch Greenpeace war bereits 2016 auf dem Rhein unterwegs (Greenpeace, 2017). Um weitere Erkenntnisse über die Belastung des Rheins mit Mikroplastik zu sammeln, machte sich Greenpeace im Frühjahr 2019 erneut mit dem Schiff Beluga II auf den Weg von Wesel am Niederrhein bis in die Schweiz.

Es wurden neun Proben zwischen Duisburg und Basel entnommen und auf Mikroplastik untersucht. Weitere 13 Proben wurden 2019 in einer zweiten Tour zwischen Worringen und Duisburg entnommen.

Da die Ergebnisse (siehe Tabellen 6 und 7 im Anhang) erhöhte Konzentrationen an Mikroplastik flussabwärts einzelner Industriegebiete am Rhein zeigten, unternahm Greenpeace im Herbst 2020 eine weitere Schiffstour. Dieses Mal wurden Wasserproben von Duisburg bis Koblenz genommen und die Distanz zwischen den Probenahmeorten verkürzt, um aussagekräftige Ergebnisse über den Verschmutzungsgrad zu bekommen.



Prominente Unterstützung bei der Suche nach Mikroplastik entlang des Rheins: Schwimmerin und Olympia-Siegerin Britta Steffen.

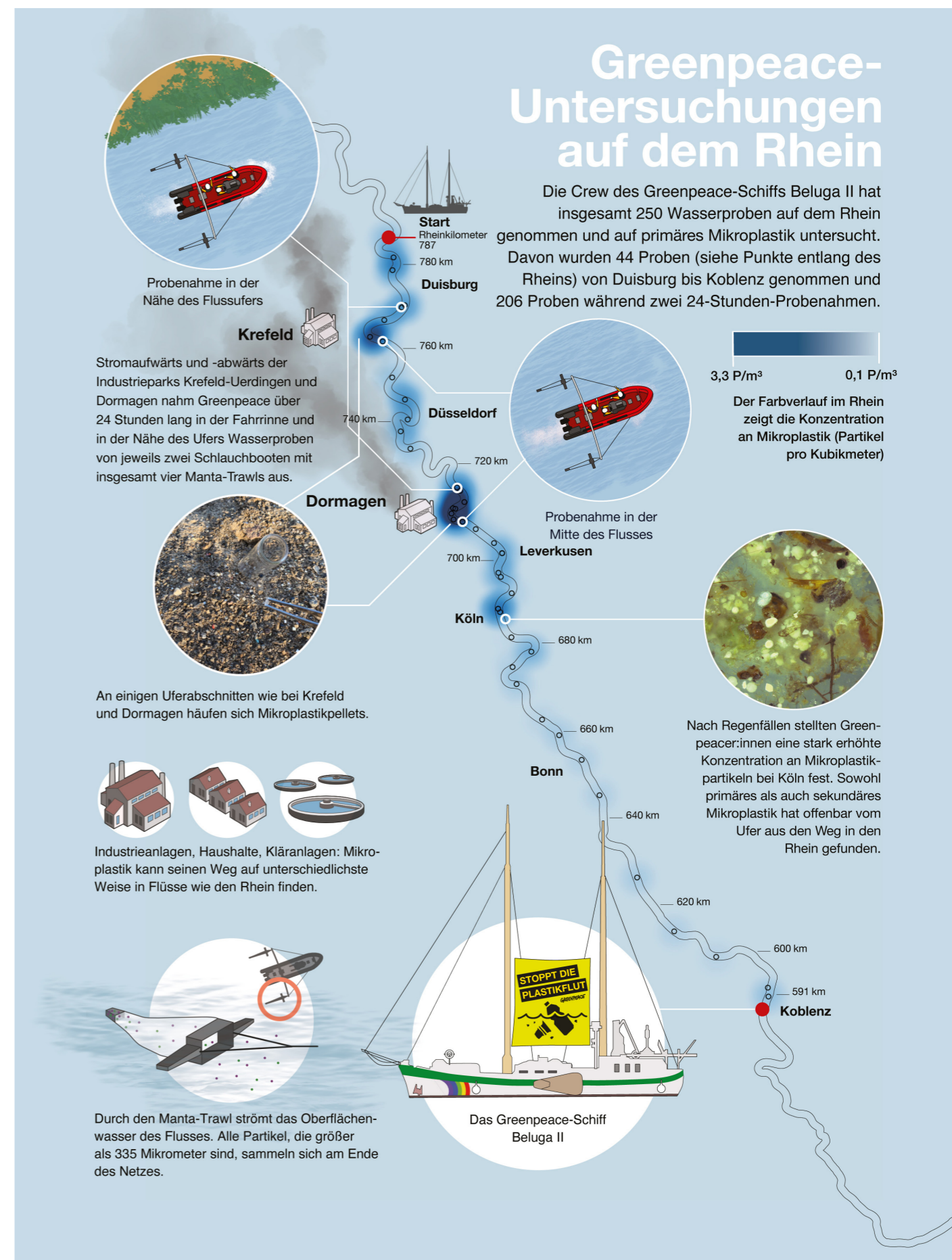
Zusätzliche Untersuchungen an verschiedenen Uferabschnitten entlang des Rheins sollten Erkenntnisse darüber liefern, woher das im Wasser gefundene Mikroplastik stammt.

Kern dieser Untersuchungen bildeten zwei 24-Stunden-Probenreihen, mit denen erstmals untersucht wurde, in welchem Ausmaß Industrieparks entlang des Rheins zur Mikroplastikverschmutzung im Fluss möglicherweise beitragen. Mit einer Probenahme pro Stunde (jeweils zehn Minuten pro Probenahme) liefern die Ergebnisse Aussagen darüber, welchen Schwankungen die Mikroplastik-Konzentration über einen Tagesverlauf an dem gewählten Ort unterliegt.

Die Probenahmeorte ermittelte Greenpeace anhand von mehreren Beprobungen zwischen Duisburg und Koblenz, die in den Flussabschnitten bei Krefeld und Dormagen erhöhte Konzentrationen an Mikroplastikpartikeln ergaben.

Greenpeace-Untersuchungen auf dem Rhein

Die Crew des Greenpeace-Schiffs Beluga II hat insgesamt 250 Wasserproben auf dem Rhein genommen und auf primäres Mikroplastik untersucht. Davon wurden 44 Proben (siehe Punkte entlang des Rheins) von Duisburg bis Koblenz genommen und 206 Proben während zwei 24-Stunden-Probenahmen.



Ausleger an den Schlauchbooten halten die Manta-Trawls an der Wasseroberfläche, so dass diese das Flusswasser filtern können.

ERGEBNISSE

In jeder der insgesamt 250 Wasserproben, die innerhalb von drei Wochen im September und Oktober 2020 von Greenpeace aus dem Rhein entnommen wurden, findet sich Mikroplastik. Insgesamt 9766 primäre Mikroplastikpartikel (durchschnittlich 0,94 Partikel pro Kubikmeter = 0,94 P/m³) sammelten die Greenpeacer:innen mit einem Manta-Trawl-Netz (Maschenweite 335 Mikrometer μm) aus dem Rhein und untersuchten sie mittels Mikroskopie und Infrarot-Spektrometrie (FTIR). Dies erfolgte im mobilen Greenpeace-Labor an Bord der Beluga II sowie im Greenpeace-Labor in Hamburg. Die Ergebnisse (siehe Tabellen 1 bis 5 im Anhang) sind in drei Abschnitte unterteilt:

- Probenahme mit einem Manta-Trawl von dem Schiff Beluga II aus: Ein Längsschnitt des Rheins von Duisburg bis Koblenz mit 44 Probenahmestellen. Der Abstand zwischen den Probenahmeorten beträgt zwischen 0,1 km und 17 km. Die Konzentration der primären Mikroplastikpartikel beträgt 0,88 P/m³.
- Probenahme mit vier Manta-Trawls von Schlauchbooten aus: Zwei 24-Stunden-Probenahmen mit je zwei Booten bei Krefeld-Uerdingen und Dormagen, vergleichend flussauf- und flussabwärts von Industrieanlagen. Mit zwei Manta-

Netzen pro Schlauchboot (steuerbords und backbords) wurden jeweils einmal pro Stunde für zehn Minuten zwei Proben entnommen.

- An Land: stichprobenartige Untersuchungen an Stränden entlang des Rheinufer bei Krefeld und Dormagen auf primäre Mikroplastikpartikel.

Die beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf primäres Mikroplastik in Form von vier Kategorien, die wie folgt klassifiziert wurden¹:

- **Microbeads (A):** kugelförmig, zumeist opak (nicht durchsichtig) mit glatter Oberfläche, Durchmesser 0,24 mm (Probe M 38) bis 0,86 mm (M 41).
- **Microbeads mit Gaseinschluss (B):** zumeist kugelförmig, transparent, Durchmesser von 0,23 mm (M 41) bis 1,3 mm (M 10).
- **Kugelförmige Pellets (C):** kugelförmiges oder abgeflachtes, linsenförmiges Kunststoffgranulat, auch als Nurdles be-

¹ Die angegebenen Größen beziehen sich auf die untersuchten Mikroplastikpartikel (10% der Gesamtzahl); die Proben-Bezeichnungen in Klammern sind in Tabelle 1 im Anhang zu finden.

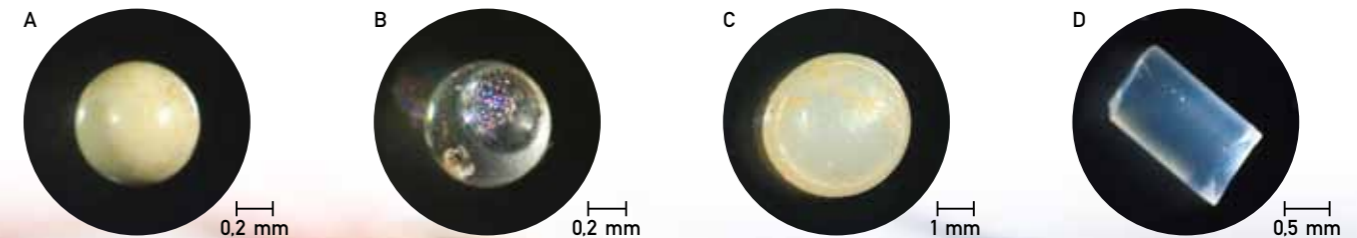
zeichnet, Durchmesser 1,0 mm (M 7) bis 3,9 mm (M 40). Solche Partikel finden zum Beispiel in Granulat-Form als Rohstoff für die Herstellung von Kunststoffprodukten Verwendung.

- **Längliche Pellets (D):** längliches, zylinder- oder quaderförmiges Kunststoffgranulat mit einer Länge von 0,83 mm (M 6) bis 2,6 mm (M 40), ebenso als Nurdles bezeichnet.

Von Duisburg bis Koblenz: Jede Probe ein Fund

Innerhalb von 16 Tagen wurden auf dem Rhein 44 Stichproben mit dem Manta-Trawl von der Wasseroberfläche bis in eine Tiefe von etwa zehn bis 15 Zentimetern entnommen. Die Probenahmedauer betrug in der Regel 20 Minuten und das filtrierte Wasservolumen betrug durchschnittlich 66,2 Kubikmeter. In allen Proben wurde Mikroplastik gefunden. Der nördlichste (stromabwärts) Probenahmepunkt dieses Längsschnitts liegt bei

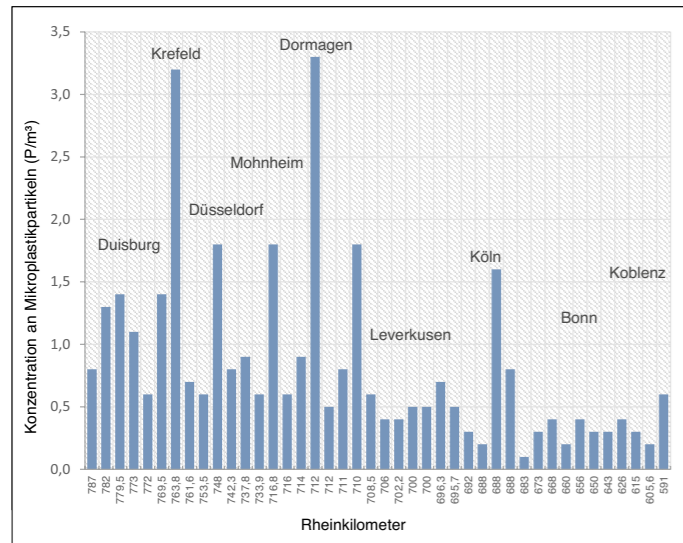
Duisburg (M 2, Rheinkilometer 787) und die südlichste (stromaufwärts) Probenahmestelle liegt bei Koblenz (M 39, Rheinkilometer 591). Opake Microbeads finden sich in fast allen (246 von 250) Proben. Daneben finden sich transparente Microbeads mit Gaseinschluss in allen 250 Proben. Pellets wurden insgesamt seltener gefunden. Bei Dormagen (M 16, Rheinkilometer 712) wurde die höchste Konzentration an primärem Mikroplastik gefunden. Pro Kubikmeter Flusswasser wurden 3,3 Mikroplastikpartikel ermittelt (3,3 P/m³). Das entspricht einer Gesamtanzahl von 237 Mikroplastikpartikeln, die im Durchmesser zwischen 0,36 und 3,8 mm groß sind. Unter den 237 Mikroplastikpartikeln bei Dormagen wurden 212 zumeist opake, kugelförmige Microbeads, 5 transparente Microbeads mit Gaseinschluss, 6 kugelförmige Pellets und 14 längliche Pellets gefunden (siehe Tabelle 1 im Anhang). Die zweithöchste Konzentration fand sich in einer Probe mit 230 Mikroplastikpartikeln (3,2 P/m³) bei



Unter dem Mikroskop lassen sich die Kunststoffpartikel von kleinsten Lebewesen und Pflanzen unterscheiden. Hier markiert: Ein Microbead mit Gaseinschluss (B).



Greenpeace-Kampagnerin Daniela Herrmann untersucht im Labor der Beluga II die frisch genommenen Wasserproben auf Mikroplastik.



Ergebnisse der Untersuchungen auf dem Rhein im Längsschnitt von Duisburg bis Koblenz, angegeben in Konzentration an Mikroplastikpartikeln pro Kubikmeter (P/m³) an den Probenahmestellen (hier in Rheinkilometer).

Krefeld (M 7, Rheinkilometer 763,8). Auch bei Krefeld dominieren die zumeist opaken Microbeads mit einer Anzahl von 165 Partikeln, daneben finden sich 61 transparente Microbeads mit Gaseinschluss sowie 3 kugelförmige Pellets und 1 längliches Pellet. Die höchsten Konzentrationen transparenter Partikel mit Gaseinschluss finden sich mit 0,84 P/m³ bei Krefeld-Uerdingen (M 7, Rheinkilometer 763,8) sowie mit 0,62 P/m³ bei Köln-Niehl (M 42, Rheinkilometer 696,3).

Die niedrigste Konzentration an primärem Mikroplastik wurde mit 0,02 Partikeln pro Kubikmeter (insgesamt 10 Partikel pro Probe) bei Köln Rodenkirchen (M 27) gefunden. Auffällig ist, dass die höheren Konzentrationen an Pellets stromabwärts des Rheins gefunden wurden. Die höchste Anzahl an linsenförmigen Pellets beträgt 40 Partikel (0,97 P/m³) in einer Probe in Köln am Anleger zwischen Deutzer Brücke und Hohenzollernbrücke, die nach einem Starkregenereignis entnommen wurde. Die höchste Anzahl an Pellets in länglicher, eckiger Form wurde mit 14 Partikeln pro Probe bei Dormagen gefunden (M 16, Rheinkilometer 712). Das Diagramm oben zeigt die Konzentrationen aller Mikroplastikpartikel der Proben von Duisburg bis Koblenz. Insgesamt lagen die Konzentration an MP-Partikeln auf Höhe der Industriegebiete Krefeld und Dormagen hoch im Vergleich zu den anderen beprobten Stellen, so dass sich Greenpeace entschied, diese beiden Standorte 24 Stunden lang genauer unter die Lupe zu nehmen.

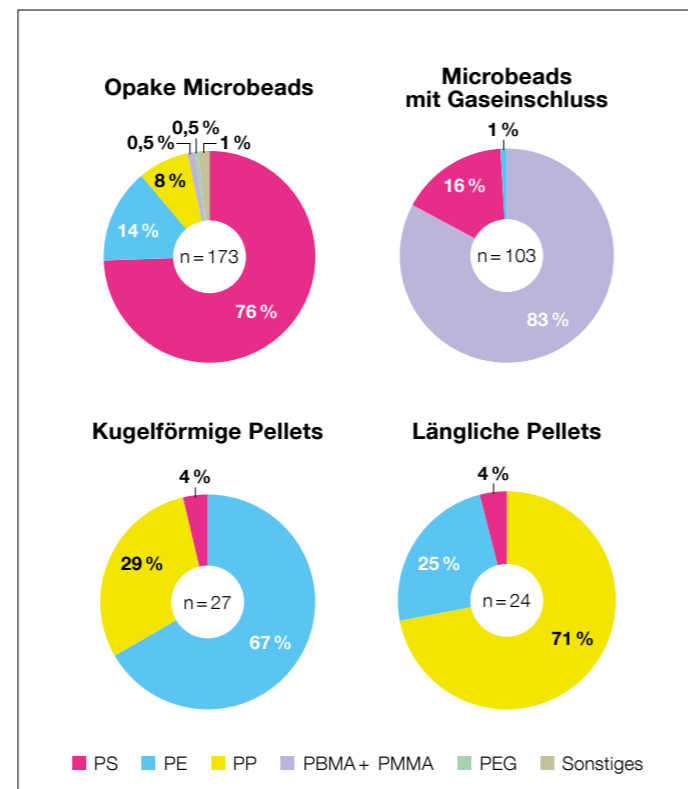
Die FTIR-Analyse zeigt, dass die Mikroplastikpartikel aus verschiedenen Kunststoffarten bestehen. Die zumeist opaken Kugeln bestehen überwiegend aus dem Polymer PS (Poly-

styrol) und die transparenten Microbeads mit Gaseinschluss bestehen überwiegend aus dem Polymer PMMA (Polymethylacrylat). Die kugelförmigen Pellets weisen hauptsächlich das Polymer Polyethylen (PE) auf, während die länglichen Pellets hauptsächlich aus Polypropylen (PP) bestehen (siehe Grafik unten).

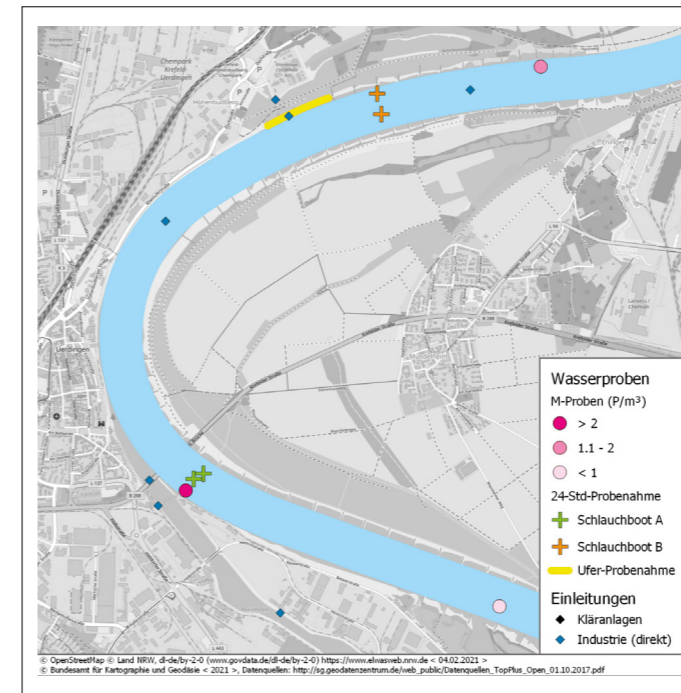
Mikroplastik schwimmt kontinuierlich im Rhein

Während der zwei 24-Stunden-Probenahmen wurden an den ausgewählten Orten jeweils einmal pro Stunde Proben entnommen. Bei Krefeld waren es insgesamt 96 Wasserproben und bei Dormagen 110 Wasserproben. Die Probenahme erfolgte jeweils für zehn Minuten von zwei Schlauchbooten aus, versetzt stromaufwärts (Boot A) und -abwärts (Boot B) der örtlichen Chemieparks (siehe Seite 11). Die Schlauchboote beprobten zeitlich versetzt in der Fahrrinne und in der Nähe des Ufers außerhalb der Fahrrinne.

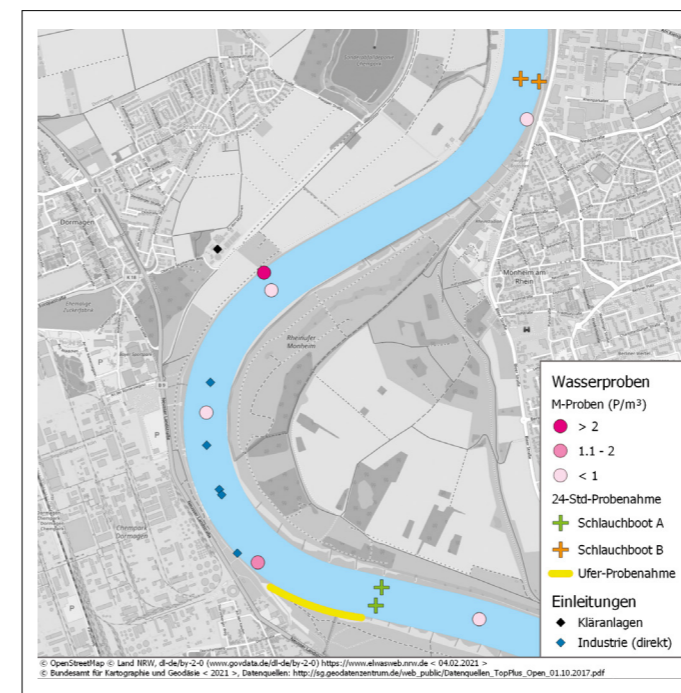
Es wurden die Mittelwerte der zwei Beprobungen von einem Boot (zwei Manta-Trawls pro Schlauchboot, je einer steuerbords und einer backbords) bestimmt. In Krefeld-Uerdingen belaufen sich die Konzentrationen auf 0,34 P/m³ (KR_A19/20) bis 1,7 P/m³ (KR_B39/40). Hier wurde um



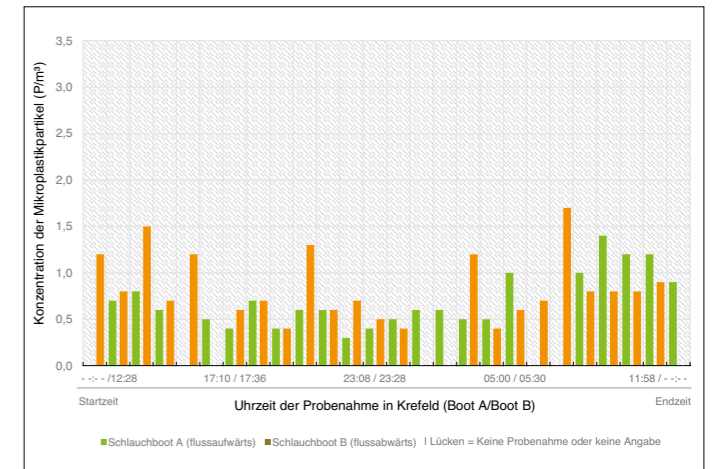
Kunststoffzusammensetzung der Mikroplastikpartikel, die in den Wasserproben zwischen Duisburg und Koblenz gefunden wurden (M-Proben). Insgesamt wurden 327 Partikel im FTIR analysiert (Polymere in Prozent).



Wasserprobenahmen entlang des Rheins bei dem Chempark Krefeld-Uerdingen, unterteilt in M-Proben (Längsschnitt von Duisburg bis Koblenz), die 24-Stunden-Probenahme (Probenahme im Fahrwasser und in Ufernähe) sowie die Ufer-Probenahme (Kartendaten zu Einleitungen: ELWAS, 2021).



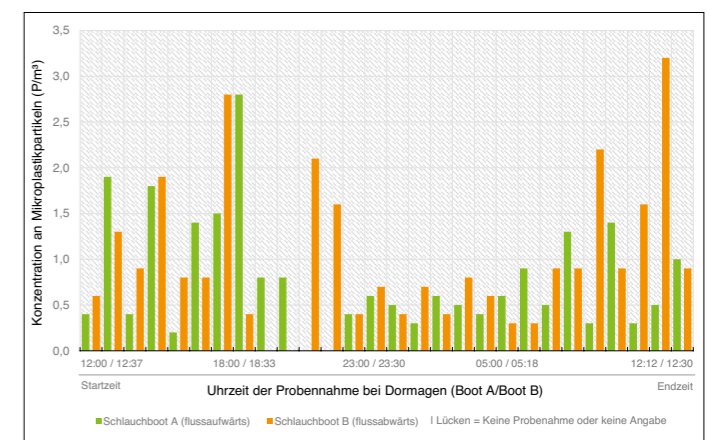
Wasserprobenahmen entlang des Rheins bei dem Chempark Dormagen, unterteilt in M-Proben (Längsschnitt von Duisburg bis Koblenz), die 24-Stunden-Probenahme (Probenahme im Fahrwasser und in Ufernähe) sowie die Ufer-Probenahme (Kartendaten zu Einleitungen: ELWAS, 2021).



24-Stunden-Probenahme bei Krefeld: Schlauchboot A befand sich bei Rheinkilometer 764 flussaufwärts und Schlauchboot B bei Rheinkilometer 767 flussabwärts des Chemparks Krefeld-Uerdingen. Die Konzentration der Mikroplastikpartikel stellt jeweils das arithmetische Mittel aus dem Ergebnis zweier Manta-Trawls pro Schlauchboot dar.

07:20 Uhr die höchste Konzentration an primären Mikroplastikpartikeln stromabwärts des Chemieparks ermittelt. Die Konzentrationen in Dormagen liegen zwischen 0,17 P/m³ (DO_A9/10) und 3,2 P/m³ (DO_B51/52). Die höchste Konzentration an primären Mikroplastikpartikeln wurde um 11:30 Uhr stromabwärts des Chemieparks Dormagen ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen, dass außerhalb der Fahrrinne in der Regel leicht höhere Konzentrationen an Microbeads gefunden werden als in den Proben in der Fahrrinne. In der Untersuchung bei Krefeld fällt dieser Trend schwächer aus. Eine Schätzung aufgrund der Ergebnisse lässt ahnen, wie



24-Stunden-Probenahme bei Dormagen: Schlauchboot A befand sich bei Rheinkilometer 709 flussaufwärts und Schlauchboot B bei Rheinkilometer 714 flussabwärts des Chemparks Dormagen. Die Konzentration der Mikroplastikpartikel stellt jeweils das arithmetische Mittel aus dem Ergebnis zweier Manta-Trawls pro Schlauchboot dar.

viele Microbeads pro Tag oder Jahr mit dem Rheinwasser in Richtung Nordsee transportiert werden. Das arithmetische Mittel aus den 24-Stunden-Probenahmen beträgt bei Krefeld 835 P/1000 m³ und bei Dormagen 1280 P/1000 m³. Unter der Annahme, dass die Konzentrationen an Mikroplastikpartikeln über den Tagesverlauf und aufgrund der Durchmischung durch die starke Strömung des Rheins nur leicht sinken, beträgt die tägliche Fracht grob geschätzt 166 bis 254 Millionen Partikel², die in Richtung Nordsee transportiert werden. In einer vergleichbaren Studie von 2020 wird eine tägliche Fracht von 191 Millionen Plastikteilchen geschätzt, die der Rhein in Richtung Nordsee trägt (Mani et al., 2020).

Die zwei durchgeführten 24-Stunden-Probenahmen auf dem Rhein belegen, dass zu jeder Tages- und Nachtzeit Mikroplastik im Rhein stromabwärts gespült wird. Die Probenahmen in Dormagen weisen gegen 11:30 Uhr mittags eine deutlich höhere Konzentration auf als zu Zeiten der anderen Probenahmen. Für Krefeld lässt sich diese Aussage nicht bestätigen.

Die Untersuchungen zeigen, dass die mittlere Konzentration der opaken Microbeads in Krefeld 0,56 P/m³ beträgt, die der transparenten Partikel mit Gaseinschluss 0,21 P/m³. Die opaken Mikroplastikpartikel in Dormagen werden in einer mittleren Konzentration von 1,0 P/m³ gefunden, die transparenten Partikel mit Gaseinschluss im Mittel mit 0,25 P/m³.

Die Betrachtung der mit dem Manta-Netz gefundenen Pellets zeigt: Pellets werden sowohl in Krefeld-Uerdingen als auch in Dormagen überwiegend in den Manta-Netzen des jeweils flussabwärts operierenden Schlauchboots B gefunden.

In den Wasserproben, die am 3./4. 10. 2020 vom Schlauchboot aus bei Krefeld-Uerdingen entnommen wurden, dominieren zylindrische, transparente Pellets aus Polypropylen (24 von 29 untersuchten Pellets in der Länge zwischen 1,4 und 2 mm). Ähnliche Pellets wurden bei einer Begehung des Ufers stromabwärts des Chemparks in Krefeld-Hohenbudberg gefunden. Daneben sind längliche, zylindrische und transparente Pellets aus Polycarbonat (3 von 29 mit einer Länge zwischen 2,1 und 3 mm) und Polyethylen (3 von 29) vorhanden.

In den Proben, die am 5./6. 10. 2020 in Dormagen entnommen wurden, dominieren kugel- oder linsenförmige Pellets aus Polyethylen mit einem Durchmesser von 0,77 bis 3,1 mm. 12 von 13 untersuchten Pellets bestehen aus Polyethylen, daneben findet sich ein Pellet aus Polystyrol.

² Im Schnitt werden 2300 m³ Wasser pro Sekunde durch den Rhein transportiert (gemessen am Pegel Rees, <https://de.wikipedia.org/wiki/Rhein>).

Im Hafen von Niehl (Köln) finden sich zahlreiche Kunststoffpellets. Das Mikroplastik liegt hier an Verladeplätzen direkt an der Kaimauer.

Zwar ließen die Untersuchungen der Stichproben dies bereits erahnen, das wirkliche Ausmaß des Verschmutzungsgrades liegt jedoch klar auf der Hand: Der Rhein wird kontinuierlich mit Mikroplastik verschmutzt.

Von Land in den Fluss: die Rolle des Rheinufers

Die Ufer des Rheins zwischen Duisburg und Koblenz sind überwiegend mit Steinen oder Beton befestigt, hin und wieder finden sich Kies- und Sandstrände. Bei jedem Kontrollgang, den Greenpeace-Aktivist:innen im September und Oktober an den Stränden in der Nähe der Chemparks Krefeld-Uerdingen und Dormagen vornahmen, fanden sie Pellets, das sind kleine kugel-, linsenförmige oder längliche Kunststoffpartikel, die mit einem Durchmesser beziehungsweise einer Kantenlänge von weniger als 5 mm in die Definition Mikroplastik fallen. Im Rahmen dieser Studie wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt.

Probenahme am 25. 9. 2020 in Krefeld-Hohenbudberg, Flussufer nördlich des Chemparks mit Produktionsstätten unter anderem von Lanxess und Covestro; am Sandstrand

flussabwärts eines Einleiters in den Fluss bei Rheinkilometer 767 wurden 62 Pellets in der Größe zwischen 1,6 und 5,0 mm gesammelt. Die Polymere wurden mittels FTIR bestimmt. Es wurden 32 kugel- und linsenförmige Pellets aus Polyethylen mit einem Durchmesser von 3,1 bis 4,3 mm sowie 15 würfelförmige Partikel aus Polycarbonat, 8 würfelförmige Partikel aus Polypropylen und 5 Partikel aus Polyethylenterephthalat (PET) gefunden.

Probenahmen am 28. 9. 2020 und am 6. 10. 2020 in Dormagen: Flussufer am Kölner Randkanal, in der Nähe des Chem-

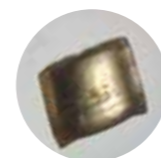
parks mit Produktionsstätten der Firmen Ineos, Covestro und Lanxess. Es wurden 28 Pellets zwischen 2,8 und 4,3 mm gesammelt und unter dem Mikroskop untersucht. Das Ergebnis: 23 Pellets bestehen aus Polyethylen, 5 aus Polypropylen.

Auf einem offenen Umschlagplatz für Kunststoff-Rohprodukte in Köln-Niehl fanden sich beispielsweise Hunderte auf Paletten gestapelte Säcke mit Kunststoffgranulaten der Firmen Lyondellbasell, Lanxess, Covestro, Sabic und Ineos. Die in den Säcken enthaltenen Granulate bestehen unter anderem aus Polymeren wie Polypropylen (PP), Polystyrol (PS) und Polycarbonat (PC). Auf dem Pflaster und vor allem in den Fugen zwischen den Pflastersteinen finden sich Pellets, die offenbar aus Verlusten beim Umschlagen der Paletten stammen. Am 17. 9. 2020 nahmen Greenpeace:innen Proben dieser Partikel. Die Untersuchungen mit dem Mikroskop und dem FTIR zeigen, dass es sich unter anderem um Pellets aus PP, PS und PC handelt.

Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass es offenbar auch am Rhein weitverbreitet zur Freisetzung von Pellets kommt, die als Rohmaterial für die Herstellung von weiteren Plastikprodukten verwendet werden.



Ein linsenförmiges, abgeflachtes Pellet mit einem Durchmesser von 3,3 mm, das am Ufer bei Dormagen gefunden wurde. Hauptbestandteil: Polyethylen.



Ein Pellet, das 3,6 mm in der Diagonalen misst und am Ufer bei Krefeld-Hohenbudberg gefunden wurde. Hauptbestandteil: Polycarbonat.

METHODIK

Die Entnahme von Wasserproben aus dem Rhein wurde mit Manta-Trawls vorgenommen. Dabei handelt es sich um ein Netzsystem mit der Maschenweite von 335 µm, das an einem offenen Aluminiumrahmen (rechteckige Form, 30 cm x 15 cm) befestigt ist.

Mit den seitlich angebrachten Schwimmkörpern ähnelt das Probenahmesystem einem Manta-Rochen mit einem drei Meter langen Netz, mit dem das Oberflächenwasser bis in eine Tiefe von 15 cm filtriert wird. Alle Partikel, die größer als 335 µm sind, sammeln sich am Ende der trichterförmigen Netzkonstruktion.

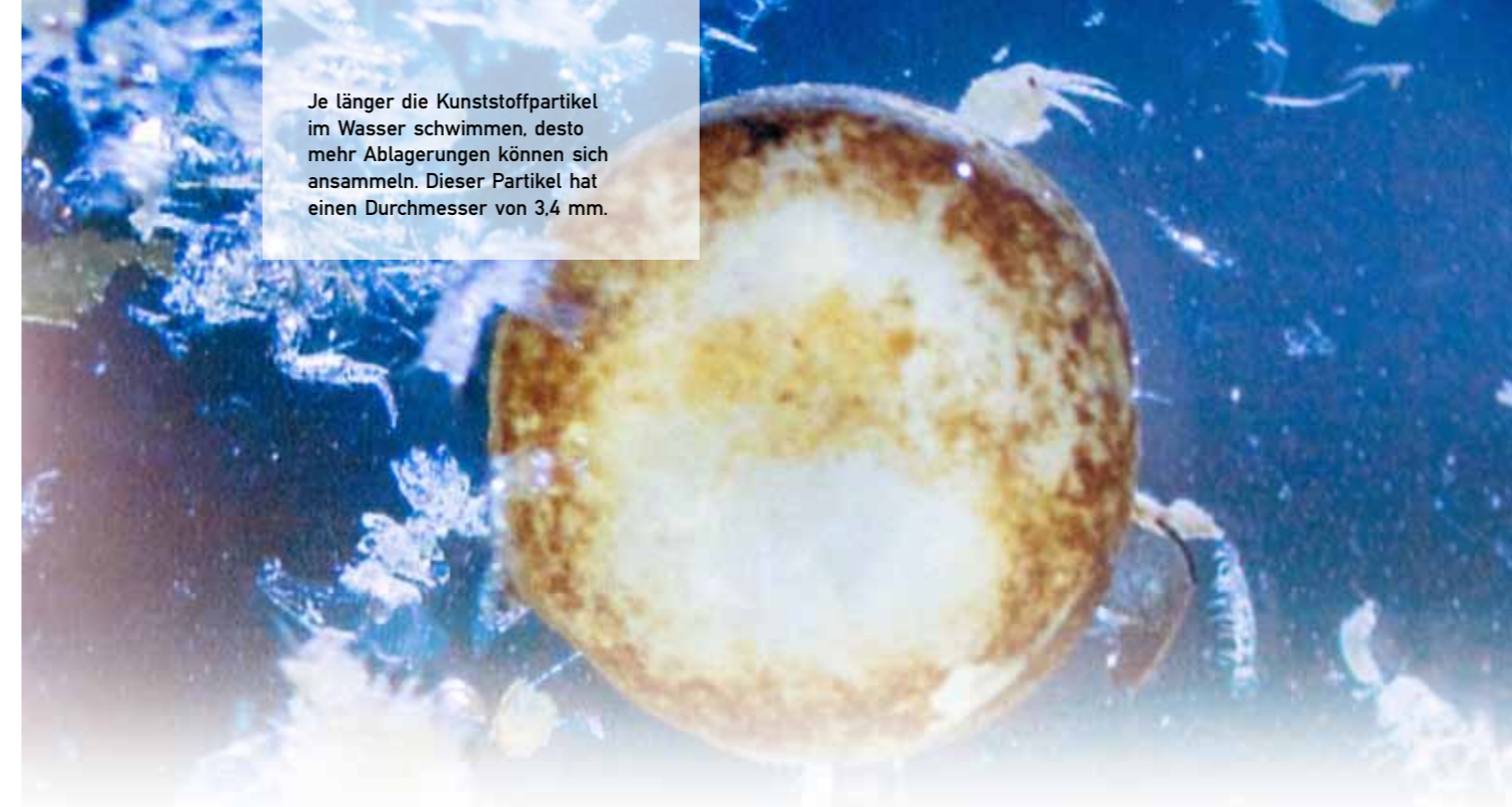
Für die Proben zum Längsschnitt des Rheins befand sich das Netz für jeweils 20 Minuten im Wasser. Die Probenahmen während der 24-Stunden-Probenahmen erfolgten über einen Zeitraum von jeweils zehn Minuten. Während die Probenahme von Duisburg nach Koblenz mit dem Greenpeace-Schiff Beluga II und einem Ausleger von 2,5 m Länge vorgenommen wurde, wurden die 24-Stunden-Probenahmen von jeweils zwei Schlauchbooten (mit je 2,5 m langen Auslegern steuerbords und backbords) aus durchgeführt. Ein Schlauchboot befand sich zur 24-Stunden-Probenahme stromaufwärts und eines stromabwärts der Industrieparks bei Krefeld und Dormagen.



Greenpeace-Aktivist:innen bereiten die Probenahme von den Schlauchbooten aus vor. Mit Auslegern werden die Manta-Trawls beidseitig auf die Wasseroberfläche abgesenkt.



Tragflächen beidseitig des Metallgehäuses halten den Manta-Trawl stabil an der Wasseroberfläche. Mit der Strömung des Rheins wird organisches und anorganisches Material in das Netz geschwemmt und sammelt sich im Netzbehälter an.



Je länger die Kunststoffpartikel im Wasser schwimmen, desto mehr Ablagerungen können sich ansammeln. Dieser Partikel hat einen Durchmesser von 3,4 mm.



Von den Schlauchbooten werden die Proben zur Beluga II gebracht. An Deck werden sie für die Analyse im Labor vorbereitet.



Im bordeigenen Labor lassen sich selbst kleinste Plastikpartikel unter dem Mikroskop erkennen. Mit einem FTIR-Spektrometer werden anschließend die Kunststoffarten bestimmt.



In allen Proben wurde Mikroplastik gefunden. Hier hat sich ein Microbead an einen Flohkrebs angelagert.

Nach der Probenahme wurde der Inhalt aus dem Sammelbecher des jeweiligen Manta-Trawls mit destilliertem Wasser ausgespült und die Probe durch ein Metallsieb mit 300 µm Maschenweite gefiltert. Die filtrierte Partikel wurden mit destilliertem Wasser in ein Probenröhrchen überführt und bis zur Analyse kühl aufbewahrt.

Für die Untersuchung wurde die Probe in eine Glas-Petrischale überführt, die Analyse erfolgte mit einem Stereo-Mikroskop (Zeiss Stemi 508). Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die zuvor beschriebenen Mikroplastikpartikel: Microbeads (meist opak, mit glatter Oberfläche), Microbeads (transparent) mit Gaseinschluss, kugel- und linsenförmige Pellets sowie längliche, zylindrische Pellets. Die vier Partikelarten unterscheiden sich unter anderem in Größe und Form, siehe Seite 9.

Für die Analyse wurden nur diese primären Mikroplastikpartikel separiert und untersucht. Sekundäres Mikroplastik, zum Beispiel Fragmente, wurde nicht analysiert, jedoch mit der restlichen Probe konserviert und kühl gelagert.

Die Mikroplastikpartikel aller 250 Proben wurden klassifiziert und gezählt. Von einer Auswahl an Proben wurden jeweils mindestens zehn Prozent der Gesamt-Partikelzahl pro Probe unter dem Mikroskop fotografiert (Axiocam ERc 5s) und vermessen (Zeiss Labscope). Die Kunststoffpartikel wurden anschließend auf ihre Zusammensetzung analysiert. Die Bestimmung der Kunststoffart erfolgte mit einem Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer (FTIR-Spektroskopie, Perkin Elmer Spectrum Two). Die Polymere wurden durch Abgleich mit Spektrendatenbanken identifiziert, mit einer Übereinstimmung von mindestens 70 %.

Zusätzlich zu den Probenahmen auf dem Wasser wurden stichprobenartig Uferabschnitte in der Nähe der Industriegebiete bei Krefeld-Uerdingen und Dormagen begangen. Die gefundenen Mikroplastikpartikel wurden im Stereo-Mikroskop fotografiert, vermessen und mit FTIR-Spektroskopie auf ihre Polymerarten analysiert. Für diese Untersuchungen wurden nur Pellets berücksichtigt.

WOHER KOMMT DAS MIKROPLASTIK?

Als Ursprung der Mikroplastikpartikel im Rhein kommen unterschiedliche Möglichkeiten in Frage, die in verschiedenen wissenschaftlichen Publikationen diskutiert werden. Es wird vermutet, dass PS-DVB-Microbeads (Polystyrol/Divinylbenzol) als Träger von Ionenaustauscherharzen in Klärwerken oder industriellen Anlagen verwendet werden (Mani et al., 2015; Scherer et al., 2020). Außerdem können auch Direkteinleitungen der Industrie zur Verschmutzung beitragen (Karlsson et al., 2018; Lechner und Ramler, 2015).

Die bei Krefeld-Uerdingen gefundenen transparenten Partikel aus Polycarbonat könnten ihres Aussehens und ihrer Morphologie zufolge aus der Makrolon-Herstellung stammen. Das Unternehmen Covestro beispielsweise betreibt Makrolon-Produktionsstätten in Krefeld-Uerdingen. Solche Partikel finden sich auch in Wasserproben flussabwärts des Chemparks Krefeld-Uerdingen. Desweiteren können während der Produktion und Verladung Plastik-Pellets verloren gehen oder werden offenbar mit dem Abwasser in die Umwelt eingebracht.

Das Greenpeace-Team hat während seiner Suche nach dem Ursprung des Mikroplastiks entlang des Rheins einen offen zugänglichen Lagerort für fabrikneue Mikroplastik-Granulate unterschiedlicher Unternehmen gefunden, darunter Ineos (Styrolution), Lanxess, Lyondellbasell und Sabic. Diese Unternehmen sind alle am Rhein ansässig. Die auf Paletten gestapelten Pellet-Säcke werden nahe des Hafens Beckens gelagert. Bei Transport oder Umladen der Paletten können die Verpackungen offenbar Schaden nehmen, denn rund um das Lager herum finden sich zahlreiche Mikroplastik-Pellets auf und zwischen Pflastersteinen sowie direkt an der Kaimauer. Es liegt nahe, dass Plastik-Pellets von Wind und Regen zunächst in das Hafenbecken gespült werden können und dann in den Strom des Rheins gelangen können. Die Hypothese, dass Witterung Mikroplastikpartikel in den Rhein trägt, wird durch einen Vergleich unterschiedlicher Probenahmen während der



Plastikgranulat im Hafen von Niehl, hier: Ineos Styrolution.

Greenpeace-Untersuchungen gestützt. Innerhalb eines Zeitraums von neun Tagen fuhr die Beluga II dreimal an dieselbe Stelle auf dem Rhein, bei Köln-Zentrum, Rheinkilometer 688, um Wasserproben zu nehmen und fand große Unterschiede in der Anzahl von Mikroplastikpartikel vor und nach Regenfällen.

Bei der ersten Probenahme am 18.9.2020 (Probe M 26) wurden insgesamt 14 primäre Mikroplastikpartikel ($0,23 \text{ P/m}^3$) gefunden. Zu diesem Zeitpunkt herrschte sonniges Wetter ohne Niederschläge vor. Die nächste Probenahme bei Rheinkilometer 688 (ca. 0,6 km entfernt von der ersten Probenahme-stelle) fand am 26.9.2020 statt. Seit mehreren Wochen hatte es kaum bis gar nicht geregnet, aber an diesem Tag fielen 33,6 Liter Regen pro Quadratmeter (l/m^2) bei Köln-Stammheim (siehe Wetterkontor³). In der Wasserprobe (M 40) wurden 67 primäre Mikroplastikpartikel ($1,6 \text{ P/m}^3$) gefunden, davon 40 kugelförmige Pellets. Das ist der höchste Wert an diesen Pellets der gesamten Probenahmen. Die Funde kugelförmiger Pellets lassen vermuten, dass Regen dazu beiträgt, Mikroplastik vom Ufer in die Flüsse zu spülen. In 9 der 40 Pellets dieser Probe M40 wurden die Polymere bestimmt. 5 Pellets bestehen aus Polypropylen, und sind in Zusammensetzung und Morphologie ähnlich den am Lagerplatz Niehl gefundenen Pellets, und 4 von 9 Pellets bestehen aus Polyethylen.

Einen Tag nach dieser Beprobung hatte sich die Konzentration an MP auf $0,82 \text{ P/m}^3$ verringert (M 41), mit einer Gesamtzahl von 33 primären Mikroplastikpartikeln, darunter keine Pellets. Die Pellet-Funde an Land und im Wasser bestätigen die Vermutung, dass Mikroplastikpartikel, die bei industriellen Produktionsprozessen oder durch Transport und Verladen unbeabsichtigt oder fahrlässig in die Umwelt freigesetzt werden, ihren Weg in den Rhein finden können.

³ Anzeige der Niederschlagsraten bei Köln-Stammheim vom 13.8.2020 bis 7.10.2020: <https://www.wetterkontor.de>



Im Chempark Dormagen werden unter anderem Kunststoffe hergestellt.

AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT

Plastik schadet der Umwelt auf unterschiedliche Weise und kann Jahrzehnte bis Jahrhunderte überdauern. Kunststoffe werden von Tieren mit Nahrung oder natürlichem Material für zum Beispiel den Nestbau verwechselt und führen dadurch oft zu schwerwiegenden Schädigungen bis hin zum Tod. Eine kürzlich erschienene Studie zeigt, dass Fragmente von gealterten Partikeln wie den im Rhein gefundenen Microbeads im Vergleich zu frisch produzierten Beads signifikant schneller von Zellen aufgenommen werden, wenn sie im Fluss- oder Meerwasser gealtert sind (Ramsperger et al., 2020). Doch nicht nur das Material an sich ist gefährlich, sondern auch potenzielle Anhaftungen von chemischen Inhaltsstoffen auf der Kunststoffoberfläche. Studien belegen, dass aufgenommenes Mikroplastik Entzündungen und Verhaltensänderungen in Organismen, wie zum Beispiel Zooplankton, auslösen kann (UNEP, 2016).

Pellets, egal ob kugelförmig, linsenförmig, zylindrisch oder eckig, stellen eine ernsthafte Bedrohung für die Tierwelt dar. Insbesondere Wasserorganismen und Fische können Pellets im Wasser mit Nahrung verwechseln und aufnehmen. Vögel können diese „Körner“ bei der Nahrungssuche am Stand aufpicken. Für alle Lebewesen sind die Kunststoffpartikel unverdaulich und sie können zu ernsthaften Schädigungen der Verdauungsorgane führen. Außerdem kann Mikroplastik als Träger von chemischen Additiven und Schadstoffen fungieren (Eriksen et al., 2014). Demnach ist nicht nur die physikalische Wirkung der Pellets bedrohlich für die Umwelt. Wissenschaftliche Studien beschreiben, dass Schadstoffe wie Phthalate (Weichmacher), polychlorierte oder polybromierte Verbindungen, z. B. Flammschutzmittel wie Polychlorierte Biphenyle (PCB) oder Polybromierte Diphenylester (PBDE), fluorierte Chemikalien wie Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluoroktansulfonat (PFOS) oder hormonwirksame Chemikalien wie Bisphenol A (BPA) die schädigende Wirkung von Plastik verstärken können (Talsness et al., 2009).

Dass auch Menschen Mikroplastik in sich tragen, zeigen verschiedene Studien (Ragusa et al., 2021; Barboza et al., 2018). Zwar sind die Auswirkungen auf Menschen noch nicht vollständig erforscht, allerdings zeigen einige Untersuchungen, dass sich die Mikroplastikpartikel, die Menschen etwa durch Nahrung zu sich nehmen, gesundheitsschädigend auswirken können (Prata et al., 2019). Zu diesen möglichen gesundheitlichen Folgen gehören Schäden am Herz-Kreislauf- und Reproduktionssystem, Nervenerkrankungen sowie Entwicklungsstörungen (Heinrich-Böll-Stiftung und BUND, 2019).

Eine weitere Gefahr für die Umwelt durch Kunststoffe geht von dem eigentlichen Produktionsprozess aus. Die Kunststoffproduktion trägt zu den globalen Treibhausgasemissionen bei. Über 99 Prozent der Kunststoffe und synthetischen Fasern werden aus Öl und Gas gewonnen. Weltweit nimmt der Ölverbrauch in keinem anderen Bereich so stark zu wie in der petrochemischen Industrie (Heinrich-Böll-Stiftung und BUND, 2019). Dabei werden nicht nur bei der Produktion von Plastik riesige Mengen an Treibhausgasen freigesetzt. Auch die Entsorgung von Plastik ist mit schweren Folgen für das Klima verbunden. Laut dem Zentrum für Internationales Umweltrecht könnten die Treibhausgasemissionen aus der Plastikproduktion und -verbrennung bis 2050 mehr als 56 Gigatonnen Kohlendioxidäquivalent ausmachen - das sind zwischen zehn und 13 Prozent des gesamt verbleibenden Kohlenstoffbudgets, um das 1,5-Grad-Ziel noch einzuhalten (CIEL, 2019). Landet der Plastikabfall schließlich in der Umwelt und durch Flüsse im Meer, bedrohen die Kunststoffe gesamte Ökosysteme und können sogar dazu beitragen, die „biologische Pumpe“ der Ozeane aus dem Gleichgewicht zu bringen, indem Organismen wie Plankton in ihrer Fähigkeit gestört werden, Kohlenstoff aus der Atmosphäre zu binden (CIEL, 2019). Somit stellt Plastik nicht nur eine Gefahr für die Ökosysteme an sich, sondern auch das gesamte Weltklima dar.



Mit Wind und Regen verteilt Plastik sich in der Umwelt. Dort können Wasservögel es mit Nahrung verwechseln und aufnehmen, oder sie nutzen es für den Nestbau.

WAS MUSS GETAN WERDEN?

Primäre Mikroplastikpartikel, die zur Verwendung von Einwegverpackungen hergestellt werden, belasten die Umwelt unnötig. Für viele Produkte existieren Mehrweglösungen sowie unverpackte Alternativen. Greenpeace und eine Reihe von Organisationen aus der Zivilgesellschaft haben im Februar 2020 Kernforderungen zur Lösung der Plastikkrise formuliert und an die Bundesregierung adressiert (Bundesverband Meeresmüll e. V. et al., 2020).

Die Plastik- und Mikroplastikkrise lässt sich nur durch eine drastische Reduzierung des Kunststoffverbrauchs lösen. Unternehmen müssen dazu verpflichtet werden, keine unnötigen Einwegverpackungen herzustellen und ihre Produkte von Beginn der Herstellung bis zur Entsorgung zu verfolgen; sie sollen Transparenz gewährleisten und die fahrlässige Einleitung von Kunststoffprodukten jeglicher Art, Größe und Form in die Umwelt vermeiden. Um die globale Plastikflut einzudämmen, müssen Unternehmen und Verkäufer:innen dazu verpflichtet werden, Alternativen zu Einwegverpackungen anzubieten und auf recyclebare Materialien zu setzen. Produkte müssen so hergestellt werden, dass sie lange halten, reparierbar sind und vollständig recycelt werden können. Die eingesetzten Rohstoffe müssen über den Lebenszyklus einer Ware hinaus wieder vollständig in den Produktionsprozess zurückgelangen.

Beim Einsatz von gezielt hergestelltem primären Mikroplastik wie Microbeads und Pellets muss sichergestellt werden, dass die Partikel während der Produktion, des Transports, der Verwendung und der Entsorgung zu keinem Zeitpunkt in die Umwelt gelangen. Um den Pelleteintrag in die Umwelt an der Quelle zu stoppen, muss die Bundesregierung, entsprechend

des Verursacherprinzips, verpflichtende Zielvorgaben und Maßnahmen für die Pellet-Produktion, Logistikunternehmen und Verarbeiter:innen erlassen, die eine sichere Handhabung in Produktions- und Verarbeitungsstätten sowie den sicheren Umschlag und Transport gewährleisten und die Säuberung betroffener Gebiete beinhalten. Um das Ziel einer echten Kreislaufwirtschaft zu erreichen, müssen aus Nachhaltigkeitssperspektive sinnvolle Wiederverwendungs-, Recycling- oder Entsorgungsoptionen gegeben sein.

Letztlich können auch Verbraucher:innen dazu beitragen, den Plastikverbrauch zu reduzieren, indem sie beim Einkauf von Waren stets die umweltfreundlichere Möglichkeit wählen: Mehrweg statt Einweg, unverpackt statt verpackt, recyclebare oder bereits recycelte Materialien, mikroplastikfreie Produkte statt mit Kunststoffpartikeln belastete. Durch eine bewusste Auswahl und den richtigen Umgang mit Ressourcen können Konsument:innen dazu beitragen, die Verschmutzung durch Plastik in der Umwelt zu verringern. Dadurch rücken auch die von uns als Gesellschaft gesetzten Klimaschutzziele ein Stück näher.

Die Plastikflut muss jetzt gestoppt werden. Dies kann nur gelingen, wenn die Plastikproduktion drastisch heruntergefahren wird. In den vergangenen fünf Jahren wurde mehr Plastik hergestellt als in den fünf Jahrzehnten zuvor. Jährlich sind es 400 Millionen Tonnen. 40 Prozent der Plastikprodukte werden innerhalb eines Monats zu Abfall, eine Verschwendung von Ressourcen, verbunden mit gravierenden Folgen für die Umwelt. Die Zukunft der Verpackungsindustrie gehört den Mehrweglösungen (Heinrich-Böll-Stiftung und BUND, 2019).



Greenpeace-Aktivist:innen demonstrieren weltweit gegen die Produktion und den Verbrauch von Einwegplastik.

DANKSAGUNG

An: Lara Bedrich, Leah-Marie Petersen, Lena Engelmann, Milena Ferreira, Philipp Rohrer (Greenpeace Schweiz), Kevin Schröder, Timo von Schaper.

Wissenschaftliche Beratung: Thomas Mani (The Ocean Cleanup, NL), Florian Pohl (University of Plymouth, UK).

Universität Hamburg, Institut für Geographie, Arbeitsgruppe Microplastic Research at CEN: Felix Pfeiffer, Ann-Kristin Deuke, Matthias Schwarz, Prof. Dr. Elke Fischer.

Sowie: Beluga II-Crew, Lotsen und alle Greenpeace-Ehrenamtlichen und -Aktivist:innen, die das Team unterstützt haben.

QUELLEN

Amaral-Zettler, L.A., Zettler, E.R., Slikas, B., Boyd, G.D., Melvin, D.W., Morrall, C.E., Proskurowski, G., Mincer, T.J. (2015). The biogeography of the Plastisphere: implications for policy. *Frontiers in Ecology and the Environment* Vol. 13 (10), P. 541–546. <https://doi.org/10.1890/150017>

Amaral-Zettler, L.A., Zettler, E.R., Mincer, T.J. (2020). Ecology of the plastisphere. *Nature Reviews Microbiology* 18, P. 139–151. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0>

Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R.B.O., Lundebye, A.-K., Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 133, P. 336–348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>

Barrett, J., Chase, Z., Zhang, J., Holl, M. M. B., Willis, K., Williams, A., Hardesty, B. D., Wilcox, C. (2020). Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 7. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2020.576170>

Bertling, J., Bertling, R., Hamann, L. (2018). Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Oberhausen. http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-4971178.pdf

Bundesverband Meeresmüll e. V., Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND), Deutsche Meeresstiftung, Deutsche Umwelthilfe e. V. (DUH), Food & Water Europe, Greenpeace e. V., Heinrich-Böll-Stiftung, Health and Environment Justice Support e. V. (HEJ Support), Stiftung Grünes Bauhaus, Surfrider Foundation Germany e. V., Women Engage for a Common Future e. V. (WECF) (2020). Wege aus der Plastikkrise: Forderungen der deutschen Zivilgesellschaft. https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20200204_forderungskatalog_96ppi.pdf <https://act.greenpeace.de/wege-aus-der-plastikkrise>

Center for International Environmental Law (CIEL) (2019). Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet. <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf>

Elwas (2021). Elwas-Karte NRW. <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf#>

Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111913>

Fath, A. (2016). Rheines Wasser – 1231 Kilometer mit dem Strom. Carl Hanser Verlag, München.

Greenpeace UK (2019). Upstream: Microplastics in UK Rivers https://www.greenpeace.org.uk/wp-content/uploads/2019/06/plastics_v08.pdf

Greenpeace Research Laboratories: Santillo, D., Brigden, K., Pasteur, V., Nicholls, F., Morozzo, P. & Johnston, P. (2019). Plastic pollution in UK's rivers: a 'snapshot' survey of macro- and microplastic contamination in surface waters of 13 river systems across England, Wales, Scotland and Northern Ireland Greenpeace Research Laboratories Technical Report 04-2019:

Tabelle 2: Ergebnisse der Mikroplastik-Untersuchungen bei Krefeld (Schlauchboot A)

Die Ergebnisse zeigen die 24-Stunden-Probenahme stromaufwärts des Chemparks Krefeld-Uerdingen, zeitlich sortiert. Die erste Probenahme begann am 3. 10. 2020 um 13:00 Uhr und die letzte Probenahme am 4. 10. 2020 um 11:58 Uhr. Die Untersuchungen fanden in der Fahrrinne (F; Koordinaten: N 51°20.921 / E 006°39.665) und außerhalb der Fahrrinne, nahe des Ufers (U; Koordinaten: N 51°20.94 / E 006°39.72), statt. Die Konzentration an Mikroplastikpartikeln bezieht sich auf das arithmetische Mittel der Proben der beiden Manta Trawls (Steuerbord und Backbord) des Schlauchboots.

Probe	F/U	Startzeit der Probenahme	Volumen (filtriertes Wasser in m ³)	Microbeads, zumeist opak (Partikel/Probe)	Microbeads, transparent mit Gaseinschluss (Partikel/Probe)	Kugelförmige Pellets (Partikel/Probe)	Längliche Pellets (Partikel/Probe)	Konzentration (Partikel/m ³)
KR_A01/02	U	13:00	78,6	35	18	2	0	0,70
KR_A03/04	F	14:12	82,8	40	21	0	1	0,75
KR_A05/06	U	15:07	80	32	18	0	0	0,63
KR_A07/08	F	16:43	88,3	26	18	1	0	0,51
KR_A09/10	U	17:10	84,9	21	13	0	0	0,40
KR_A11/12	F	17:57	89,4	36	29	0	0	0,73
KR_A13/14	U	19:01	86	18	14	0	1	0,38
KR_A15/16	F	20:00	70,1	22	20	2	0	0,63
KR_A17/18	U	21:00	79	21	22	0	0	0,55
KR_A19/20	U	22:00	91,4	16	14	1	0	0,34
KR_A21/22	F	23:08	92,6	27	11	0	0	0,41
KR_A23/24	F	23:51	79,8	29	9	1	1	0,50
KR_A25/26	U	01:00	81,7	34	16	1	0	0,63
KR_A27/28	F	02:10	95,1	36	20	0	0	0,59
KR_A29/30	U	03:02	91,6	34	9	1	0	0,48
KR_A31/32	F	03:57	96,8	29	15	0	0	0,45
KR_A33/34	U	05:00	87,9	64	21	0	0	0,98
KR_A35/36	F	06:05	k. A.	89	35	0	0	k. A.
KR_A37/38	U	06:49	k. A.	82	17	0	0	k. A.
KR_A39/40	F	08:00	78,9	58	17	0	0	0,95
KR_A41/42	U	09:00	93,4	106	24	0	0	1,4
KR_A43/44	F	09:54	63,9	60	16	0	0	1,2
KR_A45/46	U	11:12	84,6	73	26	0	0	1,2
KR_A47/48	F	11:58	91	53	25	1	0	0,88

Tabelle 3: Ergebnisse der Mikroplastik-Untersuchungen bei Krefeld (Schlauchboot B)

Die Ergebnisse zeigen die 24-Stunden-Probenahme stromabwärts des Chemparks Krefeld-Uerdingen, zeitlich sortiert. Die erste Probenahme begann am 3. 10. 2020 um 12:28 Uhr und die letzte Probenahme am 4. 10. 2020 um 11:24 Uhr. Die Untersuchungen fanden in der Fahrrinne (F; Koordinaten: N 51°22.217 / E 006°40.733) und außerhalb der Fahrrinne, nahe des Ufers (U; Koordinaten: N 51°22.290 / E 006°40.709), statt. Die Konzentration an Mikroplastikpartikel bezieht sich auf das arithmetische Mittel der Proben der beiden Manta Trawls (Steuerbord und Backbord) des Schlauchboots.

Probe	F/U	Startzeit der Probenahme	Volumen (filtriertes Wasser in m ³)	Microbeads, zumeist opak (Partikel/Probe)	Microbeads, transparent mit Gaseinschluss (Partikel/Probe)	Kugelförmige Pellets (Partikel/Probe)	Längliche Pellets (Partikel/Probe)	Konzentration (Partikel/m ³)
KR_B01/02	U	12:28	81,9	69	22	6	0	1,2
KR_B03/04	F	13:28	90	42	24	2	0	0,77
KR_B05/06	U	14:28	67,6	90	14	0	0	1,5
KR_B07/08	F	15:28	56,6	32	12	0	0	0,73
KR_B09/10	U	16:28	48,3	53	7	0	0	1,2
KR_B11/12	F	17:36	80,3	29	16	1	0	0,58
KR_B13/14	U	18:38	82	14	12	0	28	0,67
KR_B15/16	F	19:41	73	15	14	0	0	0,41
KR_B17/18	U	20:39	61,9	37	14	1	27	1,3
KR_B19/20	F	21:32	87,3	33	20	0	2	0,62
KR_B21/22	U	22:29	79,1	32	18	0	1	0,65
KR_B23/24	F	23:28	76,7	23	14	0	0	0,49
KR_B25/26	U	00:20	87,3	23	12	0	0	0,40
KR_B27/28	U	01:30	k. A.	21	10	0	1	k. A.
KR_B29/30	F	02:30	k. A.	13	10	1	2	k. A.
KR_B31/32	F	03:30	55,7	38	21	0	0	1,2
KR_B33/34	U	04:30	71,2	16	11	0	0	0,37
KR_B35/36	F	05:30	89,5	37	13	0	0	0,56
KR_B37/38	U	06:30	82,7	49	10	0	0	0,72
KR_B39/40	F	07:20	54,5	48	24	0	0	1,7
KR_B41/42	U	08:31	82	47	20	0	0	0,81
KR_B43/44	F	09:29	84,1	54	17	0	0	0,84
KR_B45/46	U	10:27	79,6	46	15	0	0	0,77
KR_B47/48	F	11:24	96,8	67	15	0	0	0,85

Tabelle 4: Ergebnisse der Mikroplastik-Untersuchungen bei Dormagen (Schlauchboot A)

Die Ergebnisse zeigen die 24-Stunden-Probenahme stromaufwärts des Chemparks Dormagen, zeitlich sortiert. Die erste Probenahme begann am 5. 10. 2020 um 12:00 Uhr und die letzte Probenahme am 6. 10. 2020 um 12:12 Uhr. Die Untersuchungen fanden in der Fahrrinne (F; Koordinaten: N 51°06.172 / E 006°52.118) und außerhalb der Fahrrinne, nahe des Ufers (U; Koordinaten: N 51°04.219 / E 006°52.113), statt. Die Konzentration an Mikroplastikpartikeln bezieht sich auf das arithmetische Mittel der Proben der beiden Manta Trawls (Steuerbord und Backbord) des Schlauchboots.

Probe	F/U	Startzeit der Probenahme	Volumen (filtriertes Wasser in m ³)	Microbeads, zumeist opak (Partikel/Probe)	Microbeads, transparent mit Gaseinschluss (Partikel/Probe)	Kugelförmige Pellets (Partikel/Probe)	Längliche Pellets (Partikel/Probe)	Konzentration (Partikel/m ³)
DO_A01/02	F	12:00	79,3	4	23	0	0	0,35
DO_A03/04	U	13:00	75,6	125	15	0	0	1,9
DO_A05/06	F	14:00	93,5	22	16	0	0	0,41
DO_A07/08	U	15:00	99,3	170	13	1	0	1,8
DO_A09/10	F	16:00	151,8	10	15	0	0	0,17
DO_A11/12	U	17:00	82,4	110	7	0	0	1,4
DO_A13/14	F	17:30	74,7	89	21	0	1	1,5
DO_A15/16	U	18:00	53,8	132	13	0	0	2,8
DO_A17/18	F	18:53	78,9	41	24	0	1	0,84
DO_A19/20	S*	19:30	96,9	41	35	0	0	0,79
DO_A21/22	U	20:10	k.A.	44	18	0	0	k.A.
DO_A23/24	F	21:02	k.A.	2	18	0	0	k.A.
DO_A25/26	U	22:00	97,3	22	15	0	0	0,38
DO_A27/28	F	23:00	76,9	5	33	0	0	0,62
DO_A29/30	U	00:00	96	22	27	0	0	0,50
DO_A31/32	F	01:00	76,7	8	15	0	0	0,30
DO_A33/34	U	02:00	82	26	27	0	0	0,64
DO_A35/36	F	03:00	70,7	1	30	0	0	0,51
DO_A37/38	U	04:00	96,2	15	21	0	0	0,38
DO_A39/40	F	05:00	49	6	17	0	0	0,59
DO_A41/42	U	06:00	102,6	78	13	0	0	0,88
DO_A43/44	F	07:00	83,8	10	22	0	0	0,50
DO_A45/46	U	08:01	84,5	90	16	0	0	1,3
DO_A47/48	F	09:00	83,9	12	8	1	0	0,25
DO_A49/50	U	10:03	73,9	76	22	2	1	1,4
DO_A51/52	F	11:00	97,7	7	21	2	1	0,32
DO_A53/54	S*	11:30	101,4	24	23	1	0	0,48
DO_A55/56	F	12:12	92,4	70	22	2	0	1,0

* Probenahmestelle befindet sich zwischen den Punkten „F“ und „U“.

Tabelle 5: Ergebnisse der Mikroplastik-Untersuchungen bei Dormagen (Schlauchboot B)

Die Ergebnisse zeigen die 24-Stunden-Probenahme stromabwärts des Chemparks Dormagen, zeitlich sortiert. Die erste Probenahme begann am 5. 10. 2020 um 12:37 Uhr und die letzte Probenahme am 6. 10. 2020 um 12:30 Uhr. Die Untersuchungen fanden in der Fahrrinne (F; Koordinaten: N 51°06.162 / E 006°52.972) und außerhalb der Fahrrinne, nahe des Ufers (U; Koordinaten: N 51°06.152 / E 006°53.076), statt. Die Konzentration an Mikroplastikpartikeln bezieht sich auf das arithmetische Mittel der Proben der beiden Manta Trawls (Steuerbord und Backbord) des Schlauchboots.

Probe	F/U	Startzeit der Probenahme	Volumen (filtriertes Wasser in m ³)	Microbeads, zumeist opak (Partikel/Probe)	Microbeads, transparent mit Gaseinschluss (Partikel/Probe)	Kugelförmige Pellets (Partikel/Probe)	Längliche Pellets (Partikel/Probe)	Konzentration (Partikel/m ³)
DO_B01/02	F	12:37	87,2	29	20	0	0	0,56
DO_B03/04	U	13:35	85,2	100	10	0	0	1,3
DO_B05/06	F	14:38	87,7	54	21	0	0	0,86
DO_B07/08	U	15:31	79,2	139	15	0	0	1,9
DO_B09/10	F	16:33	83,2	46	18	1	0	0,79
DO_B11/12	S*	17:06	90,5	65	10	0	0	0,83
DO_B13/14	U	17:30	94	242	22	0	0	2,8
DO_B15/16	F	18:33	97,3	25	14	1	0	0,41
DO_B17/18	U	19:44	k.A.	251	25	0	0	k.A.
DO_B19/20	F	20:30	69,5	113	22	0	0	2,1
DO_B21/22	U	21:30	68,4	83	29	0	0	1,6
DO_B23/24	F	22:30	85,6	15	18	0	0	0,38
DO_B25/26	U	23:30	86,1	41	16	0	0	0,67
DO_B27/28	F	00:30	50,4	9	21	0	0	0,40
DO_B29/30	U	01:43	102,7	42	25	0	0	0,65
DO_B31/32	F	02:49	107	17	27	0	0	0,41
DO_B33/34	U	03:30	85,6	32	36	0	0	0,80
DO_B35/36	F	04:23	85,7	11	28	0	0	0,57
DO_B37/38	U	05:18	90,9	20	10	0	0	0,33
DO_B39/40	F	06:30	78,9	7	12	0	0	0,26
DO_B41/42	U	07:30	88,5	68	9	1	0	0,88
DO_B43/44	F	08:30	90	58	15	3	2	0,86
DO_B45/46	U	09:30	91,3	182	20	1	0	2,2
DO_B47/48	F	10:30	95,3	60	21	0	0	0,85
DO_B49/50	S*	11:00	83,6	93	30	0	0	1,6
DO_B51/52	U	11:30	89	247	30	3	0	3,2
DO_B53/54	F	12:30	76,5	33	24	3	0	0,92

* Probenahmestelle befindet sich zwischen den Punkten „F“ und „U“.

Tabelle 6: Ergebnisse der Mikroplastik-Untersuchungen auf dem Rhein aus dem Jahr 2019

Die Ergebnisse zeigen die Probenahmestellen auf dem Rhein von Duisburg bis Basel, sortiert nach den Probe-Bezeichnungen. Die Probenahmen fanden zwischen dem 26.3.2019 und dem 5.4.2019 statt.

Probe	Datum	Ort	Rheinkilometer	Partikel* pro Probe	Konzentration (Partikel/m ³)
M 1	26.3.2019	Duisburg-Hochfeld	775	37	0,69
M 2	28.3.2019	Köln-Stammheim	695	476	7,2
M 3	31.3.2019	Zündorf (Köln)	676	90	1,4
M 4	31.3.2019	Mülheim-Kärlich	605	81	1,4
M 5	1.4.2019	Kestert	564,2	59	1,1
M 6	1.4.2019	Mittelheim	519	78	1,5
M 7	2.4.2019	Worms	439,6	23	0,49
M 8	4.4.2019	Bei Straßburg	281,5	31	0,54
M 9	5.4.2019	Bei Basel	171,6	53	1,0

* Gesamtzahl primärer und sekundärer Mikroplastikpartikel

Tabelle 7: Ergebnisse der Mikroplastik-Untersuchungen auf dem Rhein aus dem Jahr 2019

Die Ergebnisse zeigen die Probenahmestellen auf dem Rhein von Duisburg bis Köln, sortiert nach den Probe-Bezeichnungen. Die Probenahmen fanden zwischen dem 8.5.2019 und dem 9.5.2019 statt.

Probe	Datum	Ort	Rheinkilometer	Microbeads/m ³	Microbeads mit Gaseinschluss/m ³	Pellets/Probe
MP 10	8.5.2019	Duisburg-Rheinhausen	772	0,92	0,1	1
MP 11	8.5.2019	Duisburg-Laar	781,5	2,1	0,3	10
MP 12	8.5.2019	Krefeld-Uerdingen	766	0,34	0,5	0
MP 13	8.5.2019	Düsseldorf-Niederkassel	747,5	1,2	0,2	0
MP 14	9.5.2019	Neuss	735	1,9	0,4	0
MP 15	9.5.2019	Zons (Dormagen)	717	0,70	0,2	0
MP 16	9.5.2019	Monheim am Rhein	713	0,13	0,2	0
MP 17	9.5.2019	Dormagen	711,4	0,12	0,3	0
MP 18	9.5.2019	Köln-Worringen	709	0,20	0,4	0
MP 19	9.5.2019	Langel (Köln)	705	0,01	0,6	1
MP 20	9.5.2019	Leverkusen-Wiesdorf	702,4	0,07	0,9	0
MP 21	9.5.2019	Köln-Stammheim	695	0,99	1,4	2
MP 22	9.5.2019	Köln-Mülheim	691	0,60	0,5	0

Impressum

Veröffentlicht von Greenpeace e.V., Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/306 18-0 **Pressestelle** Tel. 040/306 18-340, presse@greenpeace.de **V.i.S.d.P.** Manfred Santen **Autor:innen** Manfred Santen, Daniela Herrmann **Redaktion** Björn Jettka, Michael Weiland **Produktion** Maria Ljungdahl **Bildredaktion** Conny Böttger **Fotos** Titel: Oliver Tjaden, S. 2/3: Oliver Tjaden, S. 4: Esther Horvath, S. 5: Chris Jordan CC BY 2.0, S. 6: Oliver Tjaden, S. 8/9: Oliver Tjaden, S. 12-16: Oliver Tjaden, S. 16 unten: INEOS, S. 17: Jack Perks, S. 18: Nevio Smajic. Alle außer S. 5 und 16 © Greenpeace **Infografik** Erik Tuckow **Gestaltung** Johannes Groht Kommunikationsdesign **Stand** 3.2021

Greenpeace ist eine internationale Umweltorganisation, die mit gewaltfreien Aktionen für den Schutz der Lebensgrundlagen kämpft. Unser Ziel ist es, Umweltzerstörung zu verhindern, Verhaltensweisen zu ändern und Lösungen durchzusetzen. Greenpeace ist überparteilich und völlig unabhängig von Politik und Wirtschaft. Mehr als 600.000 Fördermitglieder in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt, der Völkerverständigung und des Friedens.

