

Der Rhein ist eine Plastikmühle

Ergebnisse Mikroplastik Projekt Rheines Wasser



Im August 2014 schwamm Prof. Dr. Andreas Fath den Rhein stromabwärts von der Quelle am Tomasee bis in die Nordsee bei Hoek van Holland. Begleitet wurde dieses Sports meets Science Projekt „Rheines Wasser“ von Studenten der Hochschule Furtwangen (HFU) und einigen internationalen wissenschaftlichen Instituten (EAWAG/TZW/AWI/Wetsus). Um die Gewässergüte des Rheins zu untersuchen wurden eine Vielzahl von Analysen durchgeführt. Angefangen von den Schnelltests auf Nitrate, Phosphate, CSB, pH, O₂, Trübung über instrumentelle Analyse von Schwermetalle, Pharmazeutika, Industriechemikalien, Röntgenkontrastmittel, perfluorierte Tenside bis hin zu Mikroorganismen und Mikroplastik. Ein Hauptziel war und ist es die Bevölkerung auf den Gewässerschutz aufmerksam zu machen mit einer spektakulären Aktion.

Erstmals wurde innerhalb dieses Forschungsprojekts der Rhein als Binnengewässer in seinem gesamten Verlauf auf Mikroplastik untersucht. Von Plastikmüllstrudel im Nordpazifik und Plastik im Bodensee, sowie an Deutschlands Küsten sind wir bereits informiert. Wie aber sieht es im Rhein aus? Auf der 1200 km langen Strecke wurde alle 100 km mit einer an der HFU gefertigten transportablen Filterpumpe jeweils 1000 Liter durch einen 10 µm Metallsieb gefiltert. Am Alfred Wegner Institut in Helgoland (Birte Beyer; Dr. Gunnar Gerdts, Dr. Martin Löder) und an der HFU (Jonas Loritz, Helga Weinschrott; Dr. Andreas Fath) wurden die Filter in einem mehrstufigen langwierigen Prozess, bei dem sukzessiv alle Begleitmaterialien wie Insekten, Halme, Rindenstücke, Sand, Muscheln etc. im Filter durch den Einsatz von Enzymen und Wasserstoffperoxid eliminiert werden, aufgearbeitet.

Mit Hilfe der Infrarotspektroskopie konnte eine Identifikation und eine Quantifizierung der Mikroplastikpartikel im Oberflächenwasser des Rheins ermittelt werden.

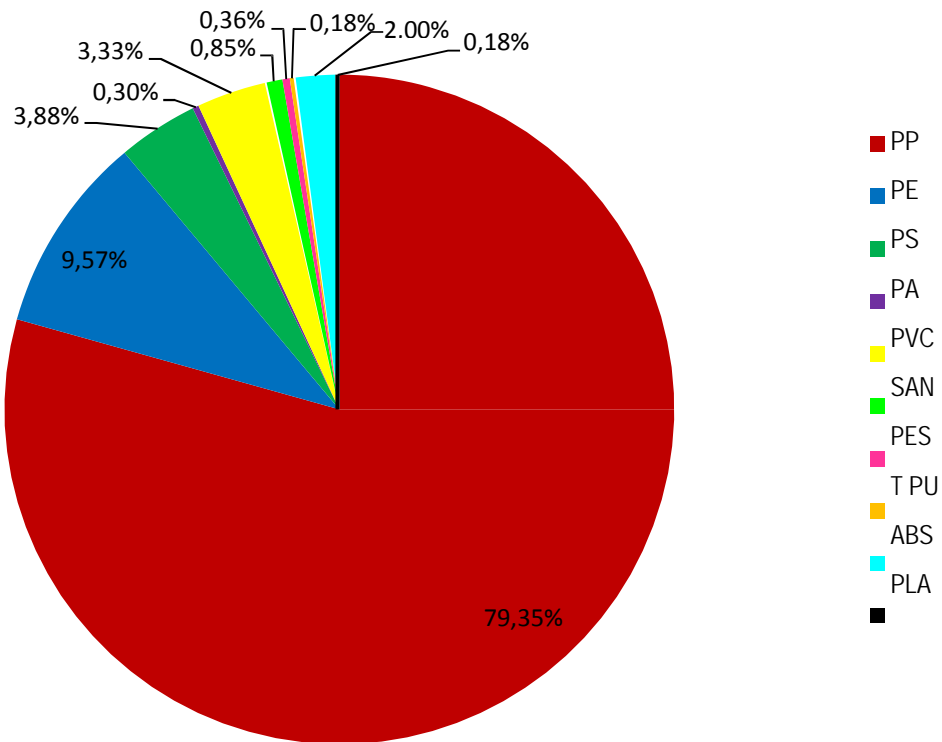


Abb. 1: Kunststofftypanteil dergesamten Mikroplastikproben < 0,5 mm Partikelgröße

Im Oberflächengewässer des Rheins konnten im August 2015 zehn verschiedene Kunststoffe etwa 15 cm unter der Wasseroberfläche beim Filtrieren von 1000 Liter Wasser detektiert werden. Die Kunststoffe sind mit ihren Abkürzungen aufgelistet. Es handelt sich um Kunststoffe, die wir im täglich gebrauchten und verbrauchen. Eine Übersicht über die am weitesten verbreiteten Kunststoffe und ihre Verwendung zeigt die folgende Tabelle.

Tab. 1: Kunststoffe und deren Verwendung

| Bezeichnung | kurz | Verwendung |
|---------------------------|------|---|
| Polypropylen | PP | Becher, Rohre, Behälter, Maschinen und Fahrzeugbau, Fahrradhelm |
| Polyethylen | PE | Plastiktüten, Verpackungen, Tuben, Kosmetikbehältnisse |
| Polystyrol | PS | Dämmung, Isolierung, Verpackung (Styropor) |
| Polyamid | PA | Kunstfasern (Nylon, Perlon), Textilien (Flies), Zahnbürsten, |
| Polyvinylchlorid | PVC | Verpackungsfolien, Lebensmittelverpackungen, Schläuche, Bodenbelag, Kabelisolierungen |
| Styrolacrylnitril | SAN | Schüsseln, Gehäuse, Küchengeräte, Reflektoren, Lichtleiter (Duschabtrennungen) |
| Polyester epoxy | PEST | Lacke, Harze, Beschichtungen |
| Polyurethan | PU | Haushaltsschwämme, Lacke, Dicht- und Klebstoffe, Matratzen |
| Acrylnitrilbutadienstyrol | ABS | Metallisierte Kunststoffe, Lego, Automobilteile, Snowboards, 3-D-Drucker, Gehäuse |
| Polylactic acid | PLA | auf Milchsäure basierender Biokunststoff; Trinkhalme, Verpackungen, Büroartikel |
| Polyethylenterephthalat | PET | Verpackungen, Plastikflaschen, Folien, Textilfasern |

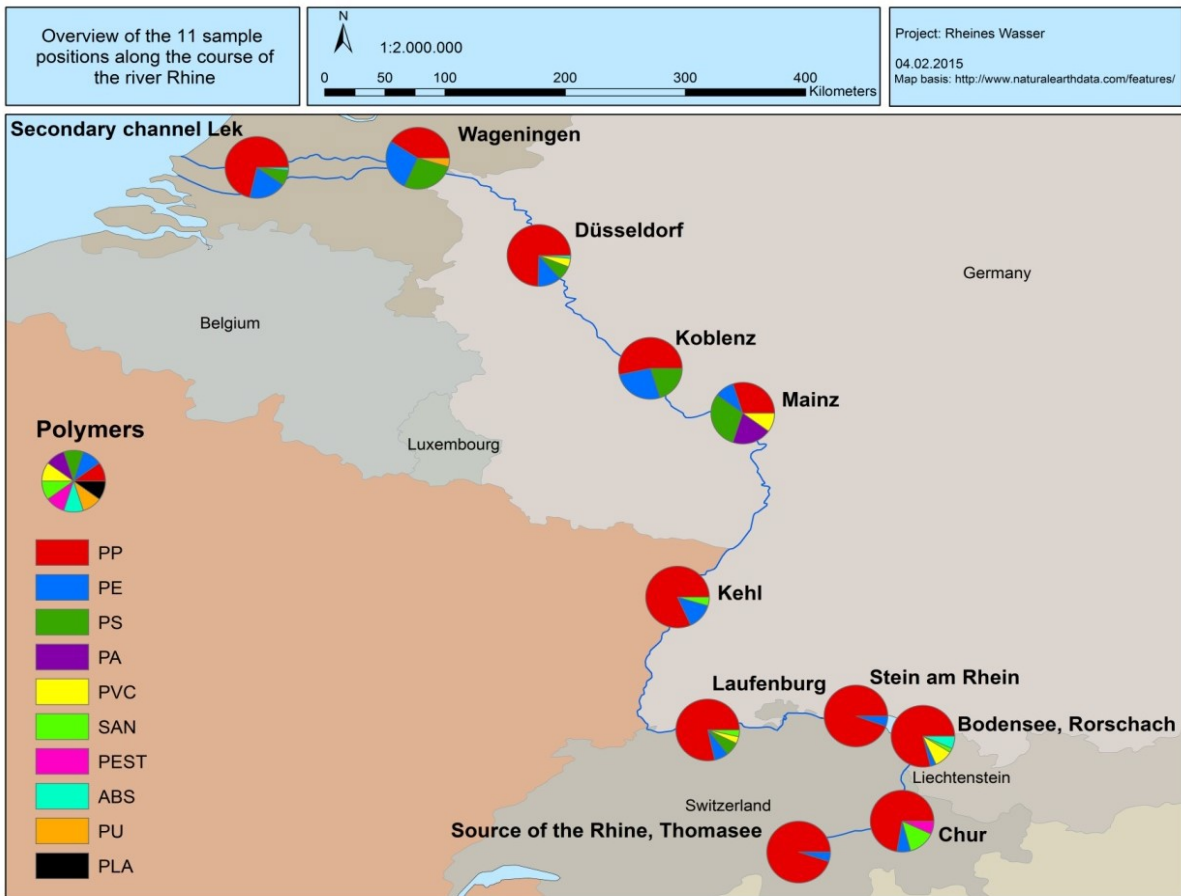


Abb.2: Mikroplastikverteilung entlang des Rheins

Tab.2: Kunststoffe und deren Dichte

| Polymer | density (g/cm ³) |
|----------------------------|------------------------------|
| polypropylene | 0.85 - 0.92 |
| polyethylene | 0.88 - 0.98 |
| polyamide (nylon) | 1.01 - 1.16 |
| polystyrene | 1.05 - 1.08 |
| styrene acrylnitrile | 1.06 - 1.10 |
| polymethylmethacrylate | 1.16 - 1.20 |
| polyester epoxy | 1.10 - 1.40 |
| polyvinylchloride | 1.19 - 1.41 |
| polycarbonat | 1.20 - 1.22 |
| polyurethane | 1.20 - 1.26 |
| polyvinyl alcohol | 1.21 - 1.31 |
| polyethylene terephthalate | 1.33 - 1.41 |
| polyoximethylene | 1.41 - 1.43 |

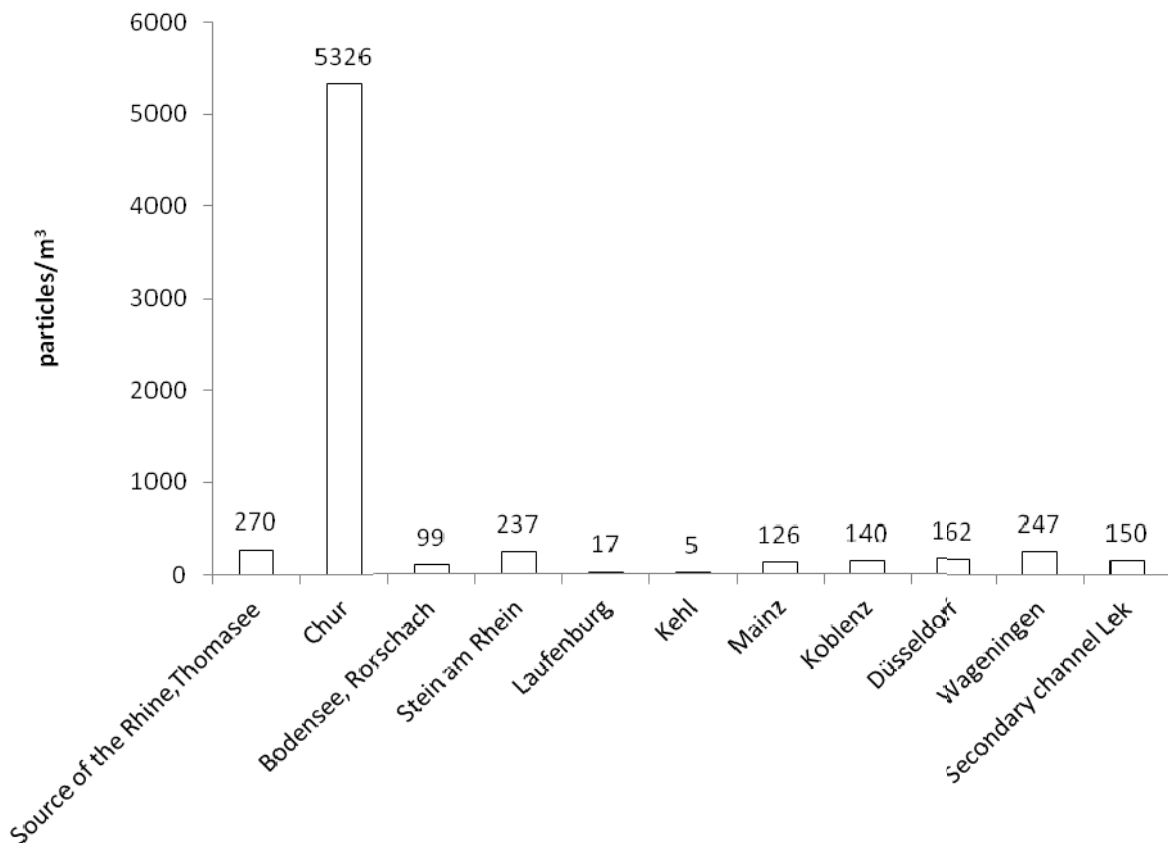


Abb.3:Anzahl der Mikroplastikpartikel <0,5mm lang des Rheins

Als Ergebnis der Untersuchung des Rheinverlaufs auf Mikroplastikpartikel etwa 15 cm unter der Wasseroberfläche kann man folgendes feststellen. Insgesamt wurden 10 verschiedene Plastiktypen gefunden. Dabei handelt es sich um Kunststoffe, des täglichen Gebrauchs. Eine Übersicht über die häufigsten Kunststoffe und deren Verwendung zeigt die Tabelle 1.

Den größten Anteil stellt mit rund 80 % das Polypropylen, gefolgt von Polyethylen mit rund 10 %. Die restlichen 10 % teilen sich hauptsächlich auf Polystyrol, PVC und ABS auf.

Aufgrund der ermittelten Häufigkeit der Kunststoffe kann keine Massenbilanz über die gesamte Kunststofffracht im Rhein gezogen werden, denn 15 cm unter der Wasseroberfläche findet man vorzugsweise jene Kunststoffteilchen, die aufgrund ihrer geringen Dichte, die im Fall des PP's und PE sogar kleiner ist als die des Wassers, an der Wasseroberfläche schweben. Eine Probenahme in größerer Tiefe oder aus dem Sediment würde eine andere Kunststoffverteilung ergeben, zumal die Dichte von PET, bekannt von den PET Flaschen, die zu Hauf an den Staustufen des Hochrheins im Grund des Flusses stecken, mit $1,4 \text{ g/cm}^3$ deutlich höher ist als bei PP mit nur $0,9 \text{ g/cm}^3$. Je kleiner die Dichte der Mikroplastikpartikel,

desto häufiger findet man sie an der Oberfläche im Aufenthaltsbereich eines Schwimmers (Vergleiche hierzu das Kuchendiagramm und die Dichtetabelle 2)

Der Anteil des Polyamids ist trotz geringer Dichte kleiner als erwartet. Da Polyamide größtenteils über Textilfasern in die Abwässer gelangen, und diese Faserstrukturen sich überall festhaken z.B. an Fischschuppen, Kiemen, in Fischmägen, an Treibholz und Wasserpflanzen, ist das eine Erklärung für den geringen Anteil im Oberflächenwasser des Rheins.

Das zunächst unerwartete Ergebnis der Kunststoffpartikelhäufigkeit entlang des kompletten Rheinverlaufs, in Abbildung 3 dargestellt, und die ortsspezifische Verteilung in Abbildung 2 lässt sich durch das Naherlebnis Rhein, wenn man die 1231 km selbst geschwommen ist und alle vertikalen und horizontalen Strömungen gespürt hat besser interpretieren.

Ebenso wie beispielweise bei den Arzneimitteln wie Diclofenac, Sulfametoxazol, Metoprolol oder den Süßstoffen wie Acesulfam und Sucralose, hätte man einen kontinuierlichen Anstieg der Mikroplastikpartikelanzahl parallel zu Anstieg der Population mit jedem Rheinkilometer erwartet. Doch es ergibt sich ein wie die Abbildung 3 zeigt ein zum Teil anderer Verlauf.

Ab der letzten Schleuse in Iffezheim bleibt das Gefälle bis zur Mündung annähernd konstant zwischen 0,1 und 0,2 ‰ (Ausnahme St. Goar 0,4‰, keine Probenahme). Auf dieser Strecke ist ein kontinuierlicher Anstieg von 126 auf 247 Mikroplastikpartikel < 500 µm zu verzeichnen. Die letzte Messung in einem Seitenkanal des Niederrheins ist nicht mit der Strömung verbunden und somit als Einzelmessung zu betrachten. Es ist auch festzustellen, dass ab Mainz der Anteil der anderen Kunststofftypen neben PP und PE zunimmt. Das kann zwei Gründe haben. Entweder ist der Eintrag dieser Kunststofftypen angestiegen durch die Abwassereinleitungen oder der Mahleffekt des Rheins hat Makroplastik zu Mikroplastik transformiert. Außerdem ist in diesem Teilabschnitt des Mittelrheins die Strömung im Vergleich zum Kanal zwischen Basel und Karlsruhe stärker und nicht durch Schleusen unterbrochen. Turbulenzen, durch hohes Schiffsverkehrsaufkommen sorgen außerdem für einen Rühreffekt und lassen den schwereren Kunststoffpartikeln keine Zeit sich abzusetzen

Im Kanal von Basel bis zur Schleuse Iffezheim wird mit 5 Partikeln pro m³ der kleinste Wert gemessen. Das liegt einerseits an der sehr schwachen bis gar keiner Strömung, wodurch sich auch Kunststoffpartikel mit niedrigerer Dichte absetzen können (der hohe PP Anteil ist ein Indikator dafür).

Im Vorderrhein und dem Alpenrhein bleiben keine Kunststoffpartikel am Boden oder im Sediment. Alles was durch die Wildwassermassen weggespült werden kann wird in den Bodensee als „stehendes Gewässer“ mit 99 Partikel/m³ eingetragen. Bis zum Auslauf des Untersees in Stein am Rhein ist steigende Strömung und Turbulenzen stark an und somit auch die Partikelanzahl auf 237. Der extrem hohe Wert bei Chur zeigt deutlich die Abhängigkeit des Messergebnisses vom Fließverhalten des Rheins. Im Wildwasser erleiden

Kunststoffpartikel keine Dichteseparation, sodass man wegen der Durchmischung den komplette Mikroplastikanteil was die Anzahl und den Kunststofftyp angeht erfasst. Die hohe Partikelanzahl von 5326 /m³ kann ein Hinweis darauf sein, dass sich in ruhigeren Abschnitten des Rheins nur der kleinere Anteil von Mikroplastikpartikeln nahe der Oberfläche aufhält, während sich der Rest in der Tiefe und am Boden verteilt, befindet.

Eine weiteres unerwartetes und überraschendes Ergebnis ist die relativ hohe Anzahl von 270 Kunststoffpartikeln im Tomasee, der Quelle des Rheins in den graubündener Alpen auf 2345 m Höhe. Dort oben gibt es weder Industrie noch Landwirtschaft. Außer den Ziegen und den Maultieren, die dort anzutreffen sind gibt es auch vereinzelt Wanderer. Die allerdings könnten höchstens für Makroplastikverunreinigungen durch verantwortungsloses Entsorgen Ihrer Proviantverpackungen verantwortlich gemacht werden, nicht aber für die Mikroplastikverunreinigungen im Tomasee, der eigentlich die Nullprobe unserer Analysereihe sein sollte. Wie gelangt Mikroplastik in den Tomasee? Zunächst kann man festhalten, dass der Tomasee sich von Schmelzwasser speist und eine sehr geringe Abflussmenge hat, wodurch sich eingetragenes Mikroplastik in dieser Senke über einen längeren Zeitraum akkumulieren kann. Die abschmelzenden Schneefelder um den See enthalten bereits das Mikroplastik, welches durch unvollständiges und unsachgemäßes Verbrennen von Kunststoffen (Pampers im Kamin etc. Info Schornsteinfeger) mit der heißen Abluft und anderen Stäuben in die Atmosphäre aufsteigt und mit dem Niederschlag anderorts wieder deponiert wird z.B. in den Alpen. Über diesen Weg ist es auch zu erklären weshalb auch im Tomasee schon perfluorierte Tenside (z.B. durch den Einsatz von pft enthaltenden Feuerlöschschaum bei Großbränden) nachzuweisen sind.

Wollte man anhand der vorliegenden Untersuchung allein der oberflächennahen Rheinwasserschicht einen groben Anhaltspunkt darüber erhalten, welche Mikroplastikfracht jährlich in die Nordsee strömt käme man auf ein Minimum von 8 Tonnen. Hierbei geht man von einer durchschnittlichen Partikelanzahl von 200 pro m^3 aus. Bei einem Abflussvolumen von $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ im August 2015 und einem Partikeldurchmesser von $500 \mu\text{m}$ (Dichte etwa 1 g/cm^3 und kugelgestalt) erhält man näherungsweise 8 Tonnen Mikroplastik pro Jahr. Das wäre die untere Grenze, denn dass es durchaus ein Vielfaches davon sein kann zeigt das Ergebnis der Probe in Chur. Bei den dortigen Strömungsverhältnissen im Alpenrhein gibt es durch die starken Turbulenzen keine Wasserschichten, sodass man mit dem Absaugen von 1000 Liter Wasser, den Partikelgehalt des kompletten Wassertiefenquerschnitts erfasst. Damit ergibt sich eine höhere Partikelanzahl.

Diese Mikroplastikpartikelfracht, wie viele Tonnen pro Jahr es auch letztlich definitiv sein mögen, stellt ein unterschätztes Gefahrenpotential für Flora und Fauna dar. Es ist bekannt, dass Mikroplastikpartikel wie ein Magnet auf organische Schadstoffe wie beispielsweise PFTs (Bezug PFT Skandal Düsseldorf) wirken und diese adsorbierbaren Substanzen adsorbieren. Somit umgehen Schadstoffe die Analytik, auch die der Rheinüberwachungssationen, denn die Wasserproben werden bevor sie in die HPLC (high performance oder high pressure liquid Chromatographie) injiziert werden und massenspektroskopisch analysiert werden, gefiltert, um die Säulen nicht zu verstopfen. Die Schadstoffe, die an den Plastikpartikeln hängen werden somit nicht erfasst.

Das heißt die Fracht von PFTs und auch die der anderen Spurenstoffe, die in Kläranlagen nicht vollständig eliminiert wurden sind höher als es uns die Analytik offenbart. Je nach Art, Menge und Oberflächenstruktur der Mikroplastikfracht und dem Verteilungsgleichgewicht kann die Diskrepanz unterschiedlich groß sein.

Plastikpartikel werden der Größe nach wie folgt eingeteilt: Makroplastik (Partikel > 20 mm), Mesoplastik (Partikel zwischen 5 und 10 mm), großes Mikroplastik (Partikel zwischen 2 und 5 mm) und kleine Mikroplastikpartikel (zwischen 2 und 0,2 mm).

Man unterteilt Mikroplastik weiter in primäres und sekundäres Mikroplastik.

Zu primärem Mikroplastik zählen kleinste Plastikpartikel im Mikrometerbereich, sogenannte „Microbeads“.

Diese Kunststoffformkörper werden von der Industrie zur Weiterverarbeitung produziert. Kleinste Plastikteilchen finden Verwendung in der Kosmetikindustrie. In Pflegeprodukten wie etwa Duschgel, Waschpeelings, Make-up oder sogar in Zahnpasta wird Kunststoff hinzugegeben. Viele Zahnpasta-Hersteller haben aufgrund der „unsichtbaren Gefahr“ auf den Einsatz von Mikroplastik in ihren Produkten mittlerweile verzichtet. Dieser Teilerfolg ist sicher auch ein Verdienst des Bundes für Umwelt und Natur in Deutschland, der auf seiner Webseite www.bund.net/mikroplastik Firmen und deren Produkte, die Mikroplastik enthalten auflistet und damit gewissermaßen als „Umweltsünder“ anprangert. Die Produktpalette ist einige Seiten lang und enthält Gesichtspflege-, Körperpflege-, Fußpflege-, Handpflegeprodukte sowie Shampoos, Duschgels, Puder, Makeup, Concealer, Rouge, Lidschatten, Mascara, Eyeliner, Augenbrauenstifte, Lippenstifte, Lipgloss, Lippliner, Sonnencremes, Rasierschaum und Deodorants.

Einige Firmen schwenken bereits ein und verwenden keine Kunststoffpartikel mehr in ihren Produkten oder setzen alternative Feststoffe mit den gleichen Effekten ein. An einer Alternative zu Mikroplastik forscht derzeit das Institut Fraunhofer UMSICHT. Dabei stellen sie kleinste Partikel aus Biowachs im Hochdruckverfahren her. Die kaltgemahlene Partikel entsprechen in Form und Größe dem klassischen Mikroplastik. Dadurch können diese bedenkenlos in Hygiene- und Pflegeprodukten eingesetzt werden. Andere Naturprodukte wie beispielsweise zermahlene Walnussschalen oder Traubenkerne erfüllen ebenfalls die Funktion eines abrasiven Effekts in Peelings.

Desweiteren werden feinste Plastikpartikel aus Polyethylen zur Luftdruckreinigung eingesetzt, um Schmutz und Rost zu entfernen. In der Medizin kommen kleine Plastikpartikel als Vektor für diverse Wirkstoffe zum Einsatz. Bei der Herstellung von Prototypen bevor es in die Massenproduktion geht wird Mikroplastik in Form von Polyamidpulver eingesetzt, welches mittels eines positionsgesteuerten Laserstrahls zu einem dreidimensionalen Bauteil zusammengeschmolzen wird.

Sekundäres Mikroplastik entsteht durch den Zerfall von Makroplastik. Größere Plastikteile werden durch physikalische (mechanischer Abrieb), chemische (UV-Oxidation) oder biologische Prozesse (Abbau durch Mikroorganismen) in immer kleinere Bestandteile zersetzt.

Sekundäres Mikroplastik kann auch bei einer unvollständigen Verbrennung entstehen zum Beispiel durch das Verbrennen von Windeln im Kamin. Neben der Oxidation und vollständigen Verbrennung zu Kohlendioxid enthält der Rauch der Brandwolke Plastikpartikel die in die Atmosphäre geschleudert werden. In Müllverbrennungsanlagen werden diese Partikel durch Rußfilter aufgefangen. Es ist nicht auszuschließen, dass Mikroplastikpartikel bei Bränden an Rußteilchen anhaftend in die Luft geschleudert werden.

Wie sonst ließe sich erklären, dass auch in zivilisationsfernen Gewässern Mikroplastikpartikel gefunden werden.

Die mechanische Zersetzung von Kunststoffflaschen beispielsweise kann ich sehr gut nach meiner hautnahen Erfahrung im Rhein nachzuvollziehen. Der Rhein ist unter Wasser unheimlich laut. Man hört permanent den Kies über den Grund schaben, mal ein größere Brocken mit tieferer Frequenz und auch zwischendurch Schiffsschrauben. Der Kies, Sand und Gesteine sind härter als Kunststoffe trotz Glasfaseranteilen bis zu 40 %. Wenn Felsbrocken aus den Alpen bis zum Strand in Hoek van Holland zu feinem Sand zermahlen werden, kann man sich gut vorstellen was mit dem Kunststoff passiert auf seinem Weg zum Meer. Wenn Sand und Gesteine über Kunststoffe schmirgeln oder umgekehrt, wie bei den Gezeiten und

der starken Wellenbewegungen oder Kies in stark strömenden Flüssen wie dem Rhein über abgesunkene Kunststoffflaschen, die sich an den Staustufen zu Hauf sammeln, schaben, entsteht rein mechanisch partikulärer Abrieb und aus Makroplastik Mikroplastik.

Eine chemische Zersetzung kann durch Sauerstoffeinwirkung (Oxidation), UV-Strahlung oder durch eine Reaktion mit Wasser (Hydrolyse) erfolgen. Der aggressive Sauerstoff greift als Diradikal beispielsweise ungesättigte Verbindungen wie Polybutadien an, die energiereiche UV Strahlung führt zum Aufbrechen von kovalenten Bindungen und Polyamide, Polyester oder Polyether können je nach pH-Wert früher oder später in kürzere Fragmente hydrolysiert werden. All die genannten Reaktionen führen zu einer Versprödung der Polymere. Die Kunststoffe werden mit der Zeit brüchig und fallen, durch mechanische Einwirkung unterstützt, in kleinere Teile auseinander.

Anstelle des zersetzenden Angriffs von Wasser, UV-Strahlung und Sauerstoff können auch Bakterien treten. Diese bakterielle Zersetzung von Kunststoffen kann man natürlich auch

kontrolliert zur Reduktion von Kunststoffabfällen einsetzen. Die westfälische Wilhelms- Universität Münster im Institut für Molekulare Mikrobiologie und Biotechnologie beschäftigt sich mit dem mikrobiellen Abbau synthetischer Polymere (<http://mibi1.unimuenster.de/Biologie.IMMB.Steinbuechel/Steinbuechel/Index.html>). Die Arbeitsgruppe um Prof. Steinbüchel untersucht den biologischen Abbau verschiedener synthetischer Polymere, in erster Linie Polyethyleneglykol (PEG) und Polypropylenglykol (PPG), aber auch Polyvinylalkohol (PVA) oder Polyacrylat (PA). Dem biologischen Abbau dieser wasserlöslichen Polymere kommt eine besondere Bedeutung zu, da sie aufgrund ihrer Verwendung als nicht-ionische Detergenzien (PEG) in Waschmitteln, aber auch als Emulgatoren in Kosmetika (PPG) oder Chelatbildnern (PA) nicht recycelt und wiederverwertet werden.

Mikroplastik gelangt auf unterschiedliche Weise in unsere Flüsse und Seen. Dabei kann man zwischen direkten und indirekten Wegen in das Gewässer unterscheiden. Vor allem in der industriellen Schifffahrt, in der Fischerei oder auch durch die Folgen von Tourismus gelangen Kunststoffe bewusst oder unbewusst auf direktem Wege in die Gewässer. Quellen von Mikroplastik sind Granulate aus der Kunststoffproduktion, so ist es möglich, dass Plastikgranulate schon während der Produktion oder beim Transport versehentlich in die Umwelt gelangen. Dies wird von mehreren Funden von Granulaten an Meeresstränden belegt. In den Meeren zählen nicht mehr gebrauchte oder abgerissene Fischernetze zu dem größten Anteil an gefundenem Plastikmüll. Sogenannte „Geisternetze“ verbleiben am Grund der Gewässer und fangen weiter Fische nachdem sie versenkt worden und verloren gegangen sind. Zur indirekten Eintragung von Mikroplastik in ein Gewässer kommt es häufig durch die Nutzung von mikroplastikbelasteten Hygiene- und Pflegeprodukten. Durch den häuslichen Gebrauch der genannten Produkte gelangen Plastikpartikel über das Abwasser in die Kläranlage. Da in den Kläranlagen eine zureichende Filterung momentan noch nicht umsetzbar ist, gelangen die Plastikteilchen fast ungehindert in unsere Flüsse und Seen. So gelangen etwa Textilfasern aus Polyester bei jedem Waschvorgang in das Abwasser. Eine Studie von Browne et al. zeigte, dass pro Kleidungsstück etwa 1900 Kunststofffasern freigesetzt werden. Aber auch Plastiktüten und Plastikflaschen sind Quellen für Mikroplastik, sie gelangen entweder direkt in ein Gewässer oder der Kunststoff zersetzt sich und kleinere Partikel versickern ins Grundwasser und gelangen auf diese Weise in das Gewässer. So fanden Zubris und Richards kleinste Plastikfasern in Klärschlamm. In der Agrarwirtschaft wird häufig Klärschlamm als Düngemittel für die Felder eingesetzt und so kommen Agrarprodukte in direkten Kontakt mit Mikroplastik oder Regen führt zu einer Versickerung der Teilchen. Extreme Wetterbedingungen sind ebenfalls für den Eintrag von Plastikpartikel verantwortlich. Starke Regenfälle spülen die Partikel über die Kanalisation in

die Gewässer. Stürme und starke Winde befördern feinste Partikel in bodennahe Schichten der Erdatmosphäre, auf diese Weise kann Mikroplastik kilometerweit an alle erdenklichen Orte gelangen.

Nicht nur der Klärschlamm sorgt für Plastik-Dünger auf deutschen Feldern. Unlängst sorgte ein Bericht in der Sendung Kontraste (<http://www.rbb-online.de/kontraste/archiv/kontraste-18-06-2015/oekoirrweg-biotonne.html>) zu allgemeiner Verwirrung unter den umweltbewussten Verbrauchern. Ob Eierschalen, Obst- und Gemüsereste, Kaffeesatz oder welke Blumen all das gehört in die Biotonnen und kann dadurch als Kompost wiederverwertet werden. Aus dem Bioabfall wird notwendiger günstiger Dünger für die industrialisierte Landwirtschaft. Eigentlich eine sinnvolle Sache, doch bei genauerer Betrachtung wurde festgestellt, dass die Biotonne die Ursache für eine Umweltverschmutzung mit Mikroplastik ist. Es gelangen immer noch zu viele Kunststoffe in den Kompost. Bei der Verarbeitung des Komposts zu Dünger für die Landwirtschaft wird er zur Homogenisierung geschreddert und dann ausgebracht. Der Kunststoff wird mitgeschreddert und landet ebenfalls auf den Äckern. Da die Bauern ihren Dünger am liebste vor einen Regenereignis ausbringen, damit er durch den Regen gut in den Boden eindringt besteht dadurch natürlich die Gefahr, daß die leichten Kunststoffpartikel mit dem Oberflächengewässer abfließen ohne dabei eine Kläranlage zu passieren. Durch dieses vermeintlich umweltbewusste Handeln wird auch Mikroplastik in unserer Umwelt verteilt und genau das Gegenteil eines nachhaltigen Handelns praktiziert.

Dass bei diesem Vorgehen aus den Kunststoffen durch periodischen Auswaschen von Additiven und dem Eindringen derselben unsere Nahrung und das Grundwasser gefährdet ist versteht sich von selbst.

Gefahren:

Die Auswirkungen von Mikroplastik auf die Flüsse und Seen ist bisher noch weitestgehend unerforscht. Zahllose Untersuchungen an marinen Ökosystemen und deren Bewohnern zeigen jedoch deutlich, welche Folgen Mikroplastik haben kann.

Um an das Thema heranzuführen ist es zuvor wichtig zu klären wie Kunststoffe aufgebaut sind, wie es zu den vielfältigen Eigenschaften von Plastik kommt und welche Gefahren damit verbunden sind.

Kunststoffe werden in Thermo-, Endo- und Duroplasten eingeteilt. Thermoplasten sind linear angeordnete Kohlenstoffketten bestehend aus tausenden aneinandergereihten Monomeren. Dieser Kunststoff wird formbar und schmilzt bei erhöhten Temperaturen.

Thermoplaste sind der am häufigsten eingesetzte Kunststofftyp. Da dieser Typ aufgrund der schwachen physikalischen Bindungen wenig bis gar nicht verzweigt ist, zersetzt sich der

Kunststoff durch äußere Einflüsse am schnellsten. Neben Thermoplasten existieren vernetzte Makromoleküle: weniger vernetzte Kunststoffe sind elastisch, man ordnet sie den Elastomeren zu. Stark vernetzter Kunststoff ist hart und widerstandsfähig, genannt Duroplast.

Um Kunststoffe in deren Eigenschaften zu verbessern, werden ihnen in der Produktion Additive hinzugegeben, dazu zählen Weichmacher, Farbstoffe, UV-Stabilisatoren, Flammschutzmittel und weitere Inhibitoren. Einige der Zusatzstoffe sind toxisch. Phthalate werden u.a. in Lebensmittelfolien oder Kosmetika eingesetzt. Daneben finden sich andere Schadstoffe wie z. B. Bisphenol A oder Nonylphenol in vielen Kunststoffprodukten. Gelangt Plastik in ein Gewässer beginnt die Zersetzung. Physikalische, chemische und biologische Prozesse zersetzen den Kunststoff in immer kleinere Fragmente. Da Additive nicht chemisch an den Kunststoff gebunden sind laugen sie aus oder trennen sich beim Zersetzungsprozess vom Kunststoff und werden an die Umgebung abgegeben. Geschieht dies in einem Gewässer können die darin lebenden Organismen Schaden nehmen.

Eine weitaus größere Gefahr für die Wasserbewohner ist allerdings nicht der Zersetzungsprozess selbst, sondern das Endprodukt. Mikroplastik kann von verschiedenen Organismen aufgenommen werden. Beispielsweise verwechseln Fische kleinste Plastikfragmente mit ihrer Nahrung. Lusheretal. untersuchte 2013 zehn verschiedene Fischarten aus dem Ärmelkanal. Bei 36,5 % der insgesamt 504 gefangenen Fische wurde Mikroplastik im Magen-Darm-Trakt der Tiere gefunden. Möglich ist auch, dass die Nahrung der Fische bereits Mikroplastik enthält. Coleetal. wies die Aufnahme von kleinsten Plastikpartikel mit einem Durchmesser von 1.7–30.6 µm durch Zooplankton nach, in der Regel das unterste Glied der Nahrungskette.

Die Aufnahme von Mikroplastik kann wiederum zur Verstopfung des Magen-Darm-Traktes führen oder die Tiere verspüren bei einer Anhäufung von Plastik ein „scheinbares“ Sättigungsgefühl. Nicht nur Fische sondern auch Reptilien, Vögel und Säugetiere sind durch die Aufnahme von Mikroplastik gefährdet. In einer Langzeitstudie zu Seevögeln im Mittelmeerraum fand man im Zeitraum von 2003 bis 2010 fast in jedem Tier Mikroplastik im Magen. Von 44 Prozent aller bisher untersuchten Seevogelarten weiß man, dass sie Plastik durch ihre Nahrung aufnehmen. Wie viele Fische, Säugetiere und Vögel jährlich durch die Aufnahme von Plastik sterben ist nicht bekannt, man geht aber davon aus, dass es sich um eine Zahl im Millionenbereich handelt. Es ist anzunehmen, dass eine fortschreitende Zerkleinerung von Plastik in den Gewässern die Wahrscheinlichkeit der Aufnahme von Mikroplastik, der dort lebenden Organismen, erhöht. Mit der zunehmenden Fragmentierung der Kunststoffteile steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass Mikroplastik in das Gewebe von Organismen gelangt. Beispielsweise zeigten Untersuchungen an Miesmuscheln (*Mytilus edulis*), dass

Mikroplastikpartikel (80 µm im Durchmesser) in Zellen und sogar in Zellorganellen gelangen und dort zu schweren pathologischen Veränderungen der Organe führen kann.

Mikroplastikpartikel können wiederum Schadstoffe wie Additive und sogar Schwermetalle absorbieren. Da sich die Oberfläche der Partikel durch den andauernden Zersetzungsprozess vergrößert nimmt die Absorption von chemischen Schadstoffen zu. Matoetal. untersuchte 2001 Plastikgranulate aus Polyethylen, welche an der Küste Japans gefunden wurden. Sie wiesen hohe Konzentrationen an PCB, DDE und Nonylphenol auf, organische Giftstoffe mit zum Teil krebserregender Wirkung. In einem Experiment mit vergleichbaren Granulaten in Seewasser stellte er fest, dass sich die Konzentration der Schadstoffe innerhalb der Plastikgranulate deutlich erhöhte.

Bei der Aufnahme von Mikroplastik besteht ebenso das Risiko, dass Schadstoffe an die Tiere abgegeben werden. Tatsächlich zeigt eine Studie von Oehlmann 2009 et al., dass aufgenommene Schadstoffe von Plastikpartikel auf Organismen übertragen werden. Sogleich beschreibt Teuten 2009 et al. in einem Experiment an Seevögeln (*Calonectris leucomelas*), dass nach der Aufnahme kontaminierter Mikroplastikpartikel Schadstoffe sequenziell an den Körper abgegeben werden. Oehlmann untersuchte die Auswirkungen von Additiven auf die Entwicklung und die Reproduktivität von marinen Fischen, Krebstieren, Weichtieren und Amphibien. Dabei stellte sich heraus, dass Phthalate und Bisphenol A einen negativen Einfluss auf manche Lebewesen haben können, allerdings zeigten nicht alle untersuchten Arten negative Veränderungen. Bei Schwertfischen (*Xiphias gladius* L.) fand man bei einem Viertel der 162 untersuchten Fische intersexuelle Ausprägungen. Ebenso wurden weibliche Eisbären dokumentiert, welche zusätzlich rudimentäre, männliche Geschlechtsorgane ausgeprägt hatten. Man vermutet, dass das Hormonsystem der Tiere durch synthetisch hergestellte Pestizide gestört wurde.

Da entsprechende Langzeitstudien fehlen, lassen sich derartige Auswirkungen auf den Menschen nur vermuten. Es existieren Befürchtungen, dass im Plastik enthaltene Additive, Phthalate oder Bisphenol A, das Hormonsystem und andere biologische Mechanismen des menschlichen Körpers schädigen können.

Am Ende der Nahrungskette steht nun mal der Mensch – durch den Verzehr von Fischen und anderen Meeres- und Flussbewohnern kann Mikroplastik ebenso vom Menschen aufgenommen werden und stellt daher eine große Gefahr dar. Mittlerweile haben Forscher Mikroplastik sogar in Lebensmittel nachgewiesen. So untersuchte Liebezeit et al. im Rahmen seiner Studien zu Mikroplastik deutsche Biere unterschiedlicher Hersteller. In allen 24 getesteten Biersorten fand er mikroskopisch kleine Plastikfragmente. Die Anzahl der Teilchen schwankte pro Biersorte

zwischen 5 und 79 pro Liter Bier. Laut Liebezeit ist dies allerdings noch keine besorgniserregende Menge, es zeigt jedoch, dass Mikroplastik allgegenwärtig in unserer Umwelt ist.

Das Umweltproblem Mikroplastik umfasst ein Ausmaß, das uns noch in ferner Zukunft beschäftigen wird. Besonders für den Menschen bedarf es weiterer Studien, welche die Auswirkungen von Mikroplastik erforschen. Folgen für die Gesundheit des Menschen sind noch nicht bekannt und können nur erahnt werden, doch zeigen zahllose Untersuchungen an Tieren alarmierende Resultate.

Nach der Auflistung der Eintragsquellen von Kunststoffen in den Rhein, das betrifft aber auch andere Binnengewässer, gibt also mindestens drei Möglichkeiten die Mikroplastikfracht des Rheins zu reduzieren.

1. Die Umstellung aller Kosmetikprodukte auf Mikroplastikfreiheit durch den Einsatz von biologisch abbaubaren Naturprodukten
2. Dem Rhein kein Mahlgut (Makroplastik) zur Verfügung stellen. Hier muss man am Verbraucherbewusstsein ansetzen und über die Auswirkungen einer nicht sachgerechten Entsorgung Aufklärungsarbeit leisten
3. Eintrag über Oberflächengewässer vermeiden beispielsweise durch mit Plastik belasteten Dünger

Fassen wir zusammen, dann ergibt sich eine Gefährdung des Menschen durch Mikroplastikverunreinigungen aus zweierlei Gründen. Aufgrund der kleinen Größe aber zum Teil sehr großen Oberfläche (siehe Fotos Mikroplastikpartikel) und der geringen Polarität sind mikrostrukturierte Kunststoffe sehr gut in der Lage organische Stoffe zu adsorbieren. Diese Eigenschaft haben wir uns in Form des Passiv Samplers ja auch zunutze gemacht, um organische Schadstoffe zu ermitteln, indem man sie auf einer Kunststoffmembran akkumuliert hat. Diesen Sampler trug ich während der Schwimmphasen immer am rechten Unterschenkel. Ein Fisch der Mikroplastikpartikel verzehrt kann somit u.U. ein höheres toxisches Potential in sich aufnehmen als wenn er einen Liter Wasser trinken würde. Man kann sich Mikroplastikpartikel wie einen Magneten für organische Substanzen vorstellen. Gerade oberflächenaktive Schadstoffe wie perfluorierte Tenside (PFT) suchen große Oberflächen um sich anzulagern. Einer Aufgabenstellung der sich A. Fath et al annimmt ist die Untersuchung von Mikroplastikpartikeln unterschiedlicher Größe und Struktur, um festzustellen ob es selektive Anlagerungen an bestimmte Kunststofftypen mit unterschiedlichen Größen und Oberflächenstrukturen gibt. Wenn das der Fall wäre, könnte man technische Kunststoffe, die ausgedient haben zermahlen und zur selektiven Reinigung von Gewässern einsetzen und nach einer Desorption die organische Verbindung, welche oftmals ein wertvoller Wirkstoff ist somit wieder gewinnen.

Dass Fische Mikroplastikpartikel von Ihrer Nahrung nicht unterscheiden können zeigt die Infrarotaufnahme des Magen-Darm Traktes eines Rapfen, der im April diesen Jahres im Rhein bei Karlsruhe gefangen wurde. Zu sehen sind die grünen Polyamidfasern eventuell aus unseren Fliertextilien. Beim Waschvorgang fließen mit dem Abwasser der Waschmaschine immer auch Fasern in Richtung Kläranlage. Dort werden diese nicht vollständig zurückgehalten. Ein Abstrich am Sieb des Trockners zeigt uns wie viel etwa pro Waschgang entsteht. Außerdem sind Polypropylen (rot) und Polyethylen (blau) Mikropartikel zu sehen.

Den Magen Darminhalt des Fisches essen wir nicht, aber die Schadstoffe, die an den Mikroplastikpartikeln hängen nimmt der Fisch in seinem Gewebe, während des Nahrungsabbaus auf. Die zweite Gefahr besteht darin, dass die aufgelisteten Kunststoffinhaltsstoffe wie beispielsweise Weichmacher durch die Magensekrete aus der Kunststoffmatrix herausgelöst und ebenfalls im Gewebe eingelagert werden.

Am Ende der Nahrungskette steht der Mensch, der kontaminierten Fisch zu sich nimmt.

Mikroplastikpartikel sind ein Vehikel (Trojaner), welches Schadstoffe in unsere Nahrungskette einschleusen kann. Somit ist jeder Chemieunfall oder Chemieskandal wie z. B. kürzlich der erneute PFT Skandal, indem berichtet wird vergiftetes Düsseldorfer Grundwasser in den Rhein fließt mit größter Sorge zu betrachten, da das „Gift“ nicht nur stromabwärts fließt, sondern auch in Flora und Fauna vor Ort verbleibt unter zu Hilfe nahem von Mikroplastik.

Mikroplastikpartikel und Mikrofasern finden sich nicht nur im Magen Darm Trakt sondern auch unter den Schuppen und zwischen den Kiemen des Rapfen. Welche Gefährdung für den Menschen durch das Grillen eines Fisches entsteht, wobei über der Glut auch der Kunststoff verbrennt und dabei toxische Gase freigesetzt werden können, wird derzeit an der HFU untersucht.