

Die Bedeutung der Abwasserbehandlung für Mikrokunststoffeinträge in die Gewässer

Qualitative und quantitative Untersuchungen
zur Reinigungsleistung

Today plastics are the most ubiquitous materials used globally. The global production has increased by about 9 percent per year since 1950, and the plastic industry has become major economic actor. This is also shown by the high contamination of inland waters and the sea by plastic waste. For a long period, wastewater treatment plants (WWTP) were held responsible for the microplastics (MP) pollution of the aquatic environment. But first results show that MP concentrations are higher in discontinuously appearing stormwater tank overflows than in continuously discharging WWTP effluents. The Institute of Environmental Engineering (ISA) is working on several projects researching the MP discharge of drainage systems to answer the question which pathway is more relevant. There is a lack of knowledge of how and how many MP end up in waterbodies according to different discharges.

Im Jahr 2018 lag die weltweite Kunststoffproduktion bei etwa 360 Millionen Megagramm. Kunststoffe sind in ihren verschiedensten Erscheinungsformen und vielfältigen Einsatzmöglichkeiten zu einem festen Bestandteil des Lebens geworden. Dies zeigt sich auch durch die hohe Kontamination der Binnengewässer und der Meere durch Plastikmüll. Erstmals wurde in den 1970er Jahren über Kunststoffgranulat an der Oberfläche des Nordatlantiks berichtet und die Öffentlichkeit auf diese Problematik aufmerksam. Seitdem beschäftigt die Thematik sowohl Politik und Wissenschaft als auch die Verbraucher. Der Einsatz von Kunststoffen als Rohstoff sowie von bereits weiterverarbeiteten Kunststoffprodukten wird kritisch verfolgt und an manchen Stellen reglementiert. Die EU-Staaten einigten sich im Dezember 2018 darauf, Einweg-Plastikartikel, beispielsweise Trinkhalme, zu verbieten. Im Fokus stehen dabei vor allem die Reduzierung der Gewässerbelastung und die

Frage, welche Eintragspfade für die Gewässerverunreinigung relevant sind. Die Eintragspfade für Mikrokunststoffe kleiner als 5 mm in Gewässer sind vielseitig und die eingetragenen Mengen nur schwer abzuschätzen. Mikrokunststoffe werden unter anderem durch Abfälle direkt oder mit Abwasser über die Entwässerungssysteme indirekt eingetragen. Es wird zwischen primären und sekundären Mikrokunststoffen unterschieden: Primäre Mikrokunststoffe sind Kunststoffgranulate und -zusätze vorrangig als Bestandteile von Kosmetika. Kunststoffabfälle, die im Laufe der Zeit einen immer geringeren Durchmesser infolge von Alterungsprozessen oder mechanischem Abrieb aufweisen, werden als sekundäre Mikrokunststoffe klassifiziert. Lange wurde Kläranlagen eine unzureichende Reinigungsleistung bezüglich Mikrokunststoffen zugeschrieben. Nicht zu vergessen sind jedoch die Misch- und Regenwasserbehandlungsanlagen, die in den verschiedenen

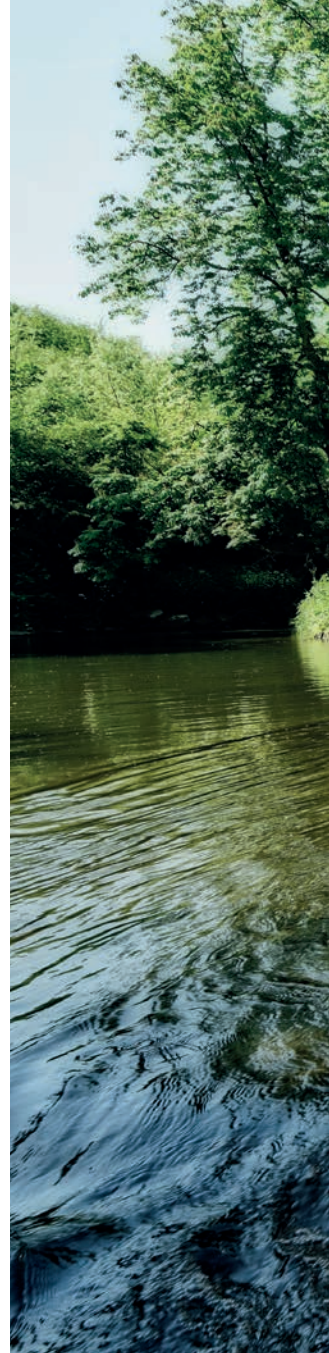




Bild 1: Probenahme in der Wurm am Ablauf der Kläranlage Aachen Soers

Foto: Peter Winandy

Entwässerungssystemen – Misch- und Trennsystem – angeordnet sind.

Im Mischsystem gelangen Schmutz- und Regenwasser (Mischwasser) gemeinsam über einen Mischwasserkanal zur Kläranlage. Im Trennsystem wird das Schmutzwasser über einen Schmutzwasserkanal zu einer Kläranlage und das Regenwasser über einen Regenwasserkanal in ein Gewässer geleitet, siehe Bild 2. Das Regenwasser im Trennsystem wird teilweise vor Einleitung ins Gewässer in einem Regenbecken vorbehandelt. Gering verschmutztes Regenwasser kann versickert werden. Sehr stark verschmutztes Regenwasser, wie es auf Straßen in Industriegebieten mit Schwerlastverkehr anfällt, wird zur Kläranlage geleitet und dort mitbehandelt. Das in Haushalten und Gewerbe anfallende Schmutzwasser wird ebenfalls in der Kläranlage gereinigt.

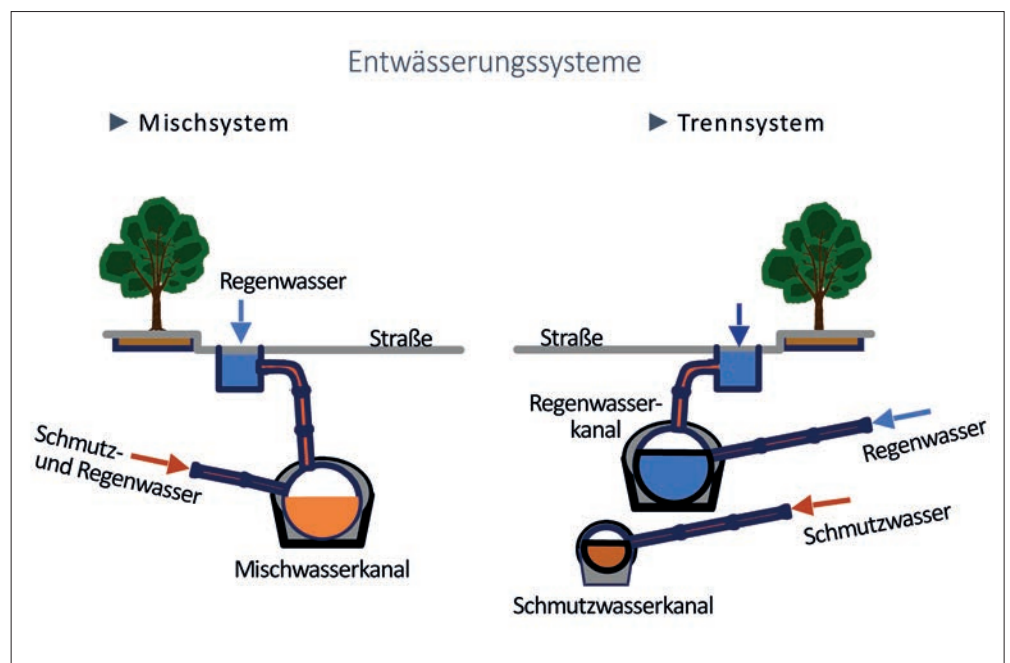


Bild 2: Abwasser kann im Misch- oder Trennsystem abgeleitet werden

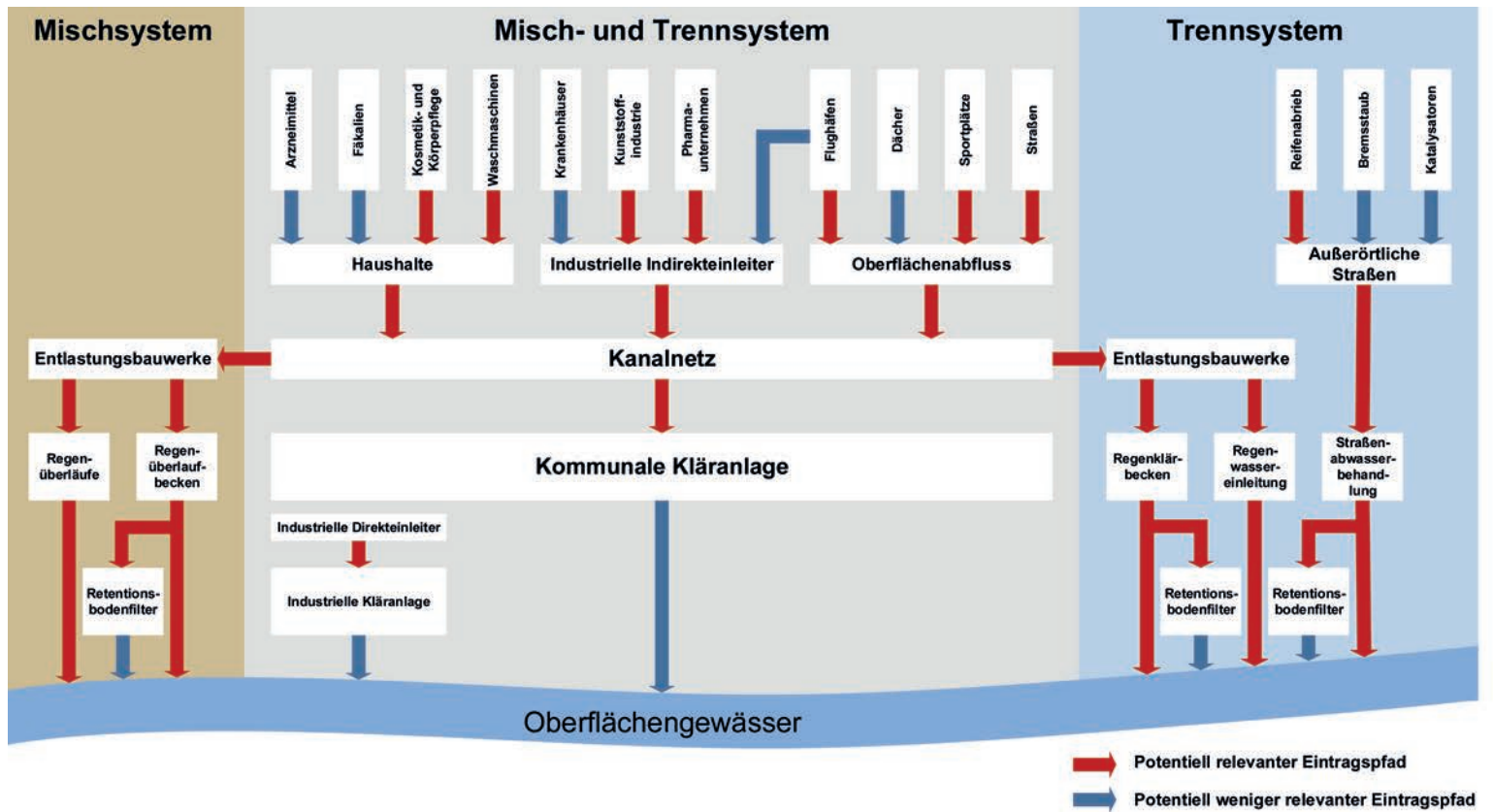


Bild 3: Überblick über die Eintragspfade für Mikrokunststoffe in die Oberflächengewässer

Quelle: Institut für Siedlungswasserwirtschaft

Regenbecken entlasten Mischwasser in die Gewässer

Bei sehr starken Regenereignissen kann die Kläranlage im Einzugsgebiet einer Mischkanalisation nicht die gesamte Abwassermenge aufnehmen und behandeln, Kläranlage und Kanalnetz müssen dann entlastet werden. Über Trennbauwerke wird das überschüssige Abwasser beispielsweise zu Regenbecken geleitet. In diesen sammelt sich das Abwasser und partikuläre Stoffe sedimentieren. Ist die Kapazitätsgrenze erreicht, wird das Abwasser, das unter anderem Mikrokunststoffe und Reifenabrieb enthält, in das nächstgelegene Gewässer entlastet. Hier erfolgt zwar keine kontinuierliche Abwassereinleitung, dennoch gelangen über das Jahr betrachtet diskontinuierlich erhebliche Abwassermengen während Abschlagsereignissen in die Gewässer.

Im Jahr 2016 gab es in Deutschland 9.105 Kläranlagen, davon 619 in Nordrhein-Westfalen. Dem standen deutschlandweit 49.641 und NRW-weit 5.809 Regenentlastungsanlagen im Misch- und Trennsystem gegenüber. Unberücksichtigt hierbei sind Regenrückhaltanlagen, die nur über eine Notentlastung verfügen, das anfallende Regenwasser zwi-

schenspeichern und zeitlich verzögert zur Kläranlage leiten. In Bild 3 sind die möglichen Eintragspfade für Mikrokunststoffe über Entwässerungssysteme in Oberflächengewässer dargestellt.

Am Institut für Siedlungswasserwirtschaft forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Reinigungsleistung von Kläranlagen verschiedener Ausbaugrößen und unterschiedlicher Reinigungstechnologien. Auch werden die Einträge über Regenbecken untersucht. Dies erfolgt unter anderem in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie.

Das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz fördert seit dem Jahr 2016 das Projekt „Eintrag von Mikrokunststoffen aus abwassertechnischen Anlagen – Kläranlagen und Mischwasserbehandlungsanlagen (MiKaMi)“. Drei Kläranlagen in Aachen-Soers, Aachen-Horbach und in Simmerath sowie ein Regenüberlaufbecken (Aachen-Soers, des Wasserverbands Eifel-Rur (WVER)) wurden untersucht. Außerdem wurden Proben am und im Einleitgewässer der Kläranlage Aachen-Soers vor und hinter der Einleitstelle der Kläranlage genom-

men, um die Grundbelastung des Gewässers und den Einfluss der Kläranlageneinleitung festzustellen. Zusätzlich wurde an diesen Stellen das Gewässersediment geprüft. Auch im Projekt „Monitoring und Modellierung von Mikroplastikeinträgen in Gewässer (ReMiEKu)“ – gefördert vom Umweltbundesamt – steht die Probenahme an Regenbecken im Misch- und Trennsystem im Fokus. Hier werden die Konzentrationen in den Entlastungsabflüssen bestimmt und anschließend in ein vom Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie entwickeltes Flussgebietsmanagementsystem „Modeling of Regionalized Emissions“ eingepflegt, so dass Jahresfrachten, die durch Kläranlagen und Regenbecken in die Gewässer gelangen, simuliert und berechnet werden können.

Probenahme und Probenvorbereitung

Zunächst wurde eine Strategie zur Beprobung verschiedener Matrices und Volumenströme erarbeitet. Für die Untersuchung großer, wenig partikulär belasteter Volumenströme, wie Kläranlagenablauf oder Oberflächenwasser, wurde eine automatisierte Anreicherungsapparatur, siehe Bild 4, entwickelt.

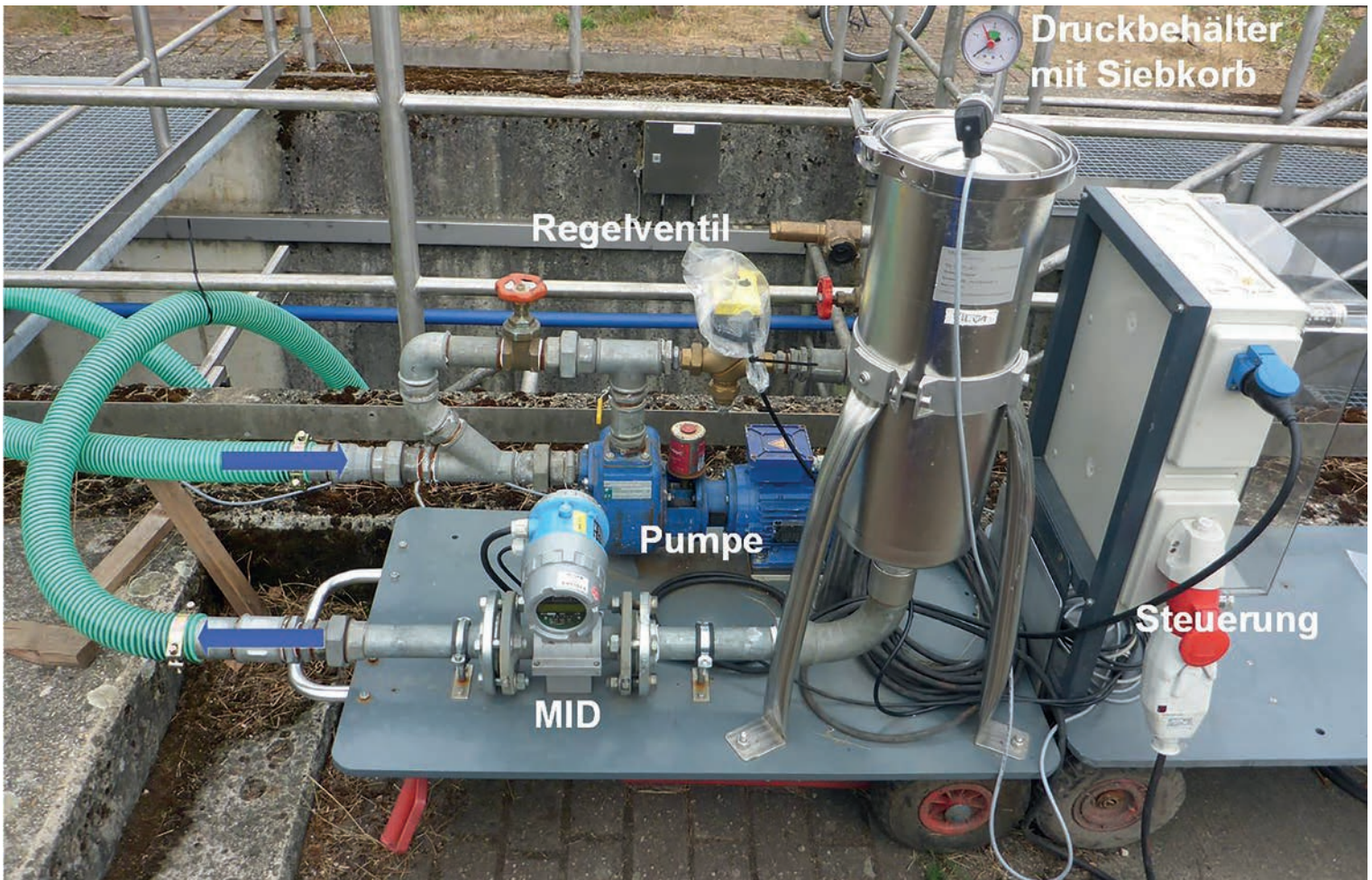


Bild 4: Vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft entwickelte und gebaute Anreicherungsapparatur zur Beprobung feststoffarmer Matrices

Eine Pumpe fördert den Wasserstrom in ein Edelstahl-Beutefiltergehäuse mit Siebkorb-einsatz, dabei findet eine Druckfiltration über den Siebkorb mit einer Maschenweite von 20 μm statt. Die Feststoffe reichern sich auf dem Siebkorb an. Die Beprobung erfolgt also über eine Partikelanreicherung und ohne Wasserentnahme. Mit einem nachgeschalteten induktiven Durchflussmessgerät am Ablauf wird der Durchfluss und das kumulierte filtrierte Volumen erfasst. Eine volumenproportionale Probenahme ist mit Hilfe des Durchflusssignals der Kläranlage, einer speicherprogrammierbaren Steuerung und einem Regelventil an der Apparatur ebenfalls möglich. Eine Beschränkung der oberen Partikelgröße auf die relevante Mikrokunststofffraktion erfolgt durch einen Vorfilter mit fünf Millimeter Maschenweite am Ansaugschlauch der Pumpe. Im Vergleich kann mit dieser Anreicherungstechnik ein großes Volumen untersucht werden. Dies ist für die Aussagekraft entscheidend, da besonders im Ablauf der Kläranlage meist nur wenige Partikel pro Liter vorhanden sind. Außerdem wurde ein analytisches Verfahren zum Nachweis von Mikrokunststoffpartikeln entwickelt und validiert. Das Verfahren bein-

haltet eine Probenvorbereitung, um die organischen und anorganischen Bestandteile der Abwasser-, Gewässer- und Sedimentproben zu entfernen. Die organische Hintergrundmatrix wird mit Chemikalien und Enzymen entfernt, die anorganische wird mittels Dichteseperation abgetrennt. Dafür wird die Probe in eine Lösung mit definierter Dichte gegeben, diese wurde aufgrund der höchsten Dichte der in den Projekten zu untersuchenden Polymerarten ausgewählt. Untersucht werden Polyamid (PA), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS) und Polvinylchlorid (PVC), da diese den größten Marktanteil haben. Nach einer Stunde Einwirkzeit haben sich die Kunststoffpartikel von den anorganischen Partikeln getrennt und können abgelassen werden. Durch das Wiegen der Proben, vor und nach der Matrixentfernung, lässt sich zu diesem Zeitpunkt bereits eine Aussage zur Mikrokunststoff-Konzentration in der Ursprungprobe treffen. Weitere Untersuchungen zur Polymerart und Masse werden mittels Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskop und Thermo-Extraktion-Desorption-Gaschromatografie-Massenspektrometrie durchgeführt.





Bild 5: Direkt am Belebungsbecken der Kläranlage Aachen-Soers befindet sich das Forschungszentrum $\mu 3$ des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft, in dem die Probenvorbereitung und Mikrounststoffanalytik durchgeführt wird.
Foto: Peter Winandy

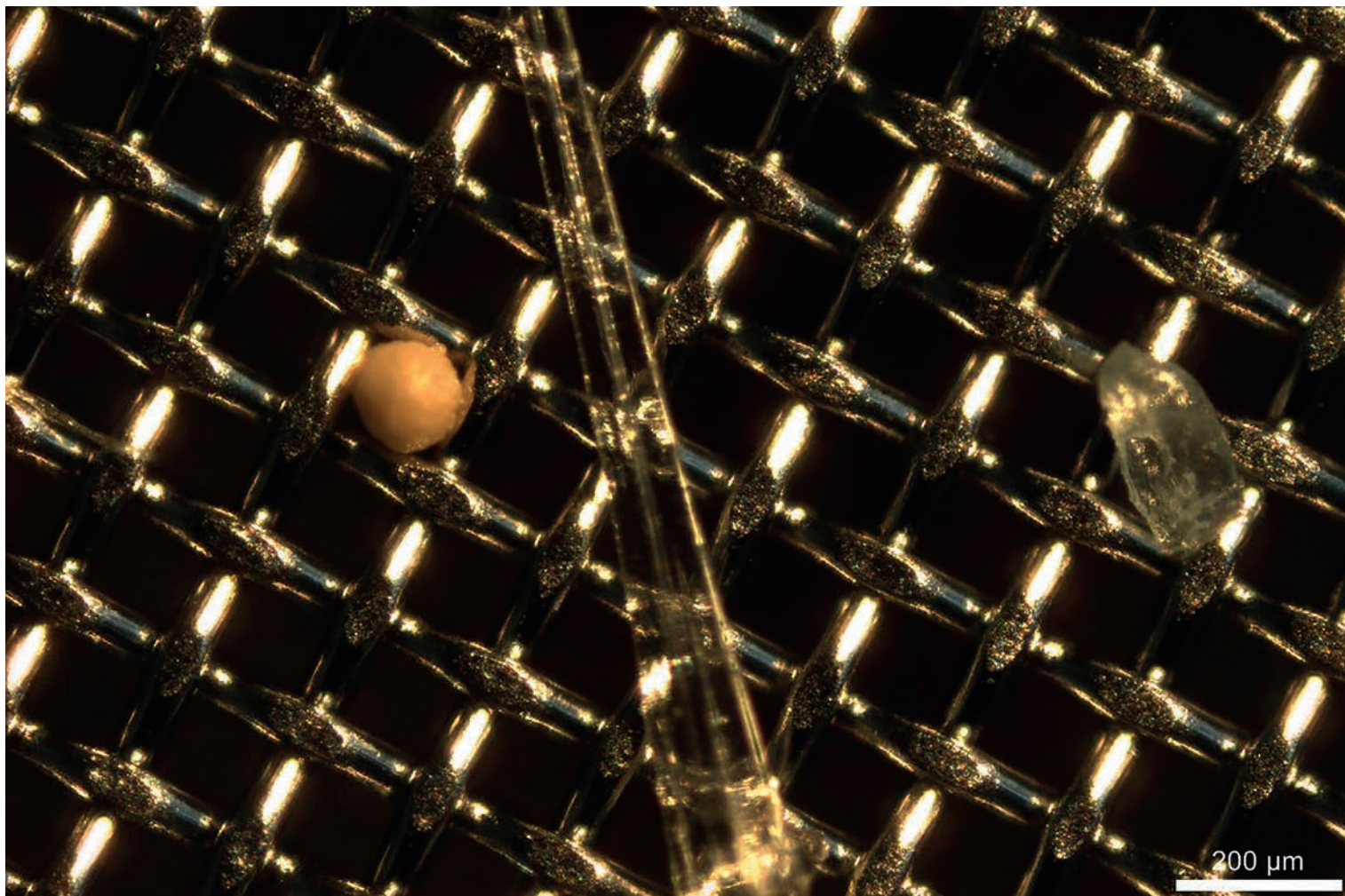


Bild 6: Mikroskopisches Bild einer 100 µm-Edelstahl-Filterrunde nach der Matrixentfernung. Zu sehen sind ein Pellet, eine Faser und ein Fragment, die sich im Entlastungsabfluss eines Regenklärbeckens befanden.

Ökotoxikologisch sind kleine Partikel relevant

Es ist nachgewiesen, dass Schadstoffe an kleinen Partikeln mit großer spezifischer Oberfläche besser sorbieren als an großen Partikeln. Die Mikrokunststoffprobe wird daher größenfraktioniert, um die Massenanteile in den jeweiligen Fraktionen bestimmen und bewerten zu können. Die Trennschnitte liegen projektabhängig bei 20 µm, 63 µm, 500 µm und 1.000 µm (MiKaMi) oder 5 µm, 10 µm, 50 µm, 100 µm, 500 µm, 1.000 µm (ReMiEKu). Im Projekt MiKaMi wurden die Fraktionen in Abhängigkeit der ökotoxikologischen Relevanz und unter praktischen Aspekten ausgewählt. Die Trenngrenze 63 µm deckt sich mit dem Parameter des Feinanteils der abfiltrierbaren Stoffe (AFS_{fein}), der zukünftig einen wichtigen Parameter zur Bemessung von Mischwasserbehandlungsanlagen darstellen wird. 20 µm waren zum Zeitpunkt der Projektbeantragung die kleinstmögliche Maschenweite zur Probenahme. Die weiteren Trennschnitte sind in anderen Studien bereits untersucht worden, so dass die Möglichkeit zum Vergleich der Ergebnisse

gegeben war. Das Projekt ReMiEKu wurde später beantragt und die Entwicklung zur Probenahme und -verarbeitung war weiter fortgeschritten, so dass die untere Trenngrenze mit 5 µm gewählt werden konnte. Die restlichen Fraktionen ergaben sich aus der Angleichung an die Vorgehensweise für die Probenvorbereitung, die im Diskussionspapier des Forschungsschwerpunkts „Plastik in der Umwelt“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vorgeschlagen wird. Nach der Größenfraktionierung liegen also vier beziehungsweise sechs Fraktionen für die Untersuchung vor.

Die Ergebnisse zeigen, dass Mikrokunststoffkonzentrationen in den diskontinuierlich auftretenden Entlastungsabflüssen größer sind als in den kontinuierlich einleitenden Kläranlagenabläufen. Ein Vergleich der Jahresfrachten kann jedoch nur unter Berücksichtigung der zugehörigen jährlichen Abwassermenge in den Kläranlagen und den Niederschlagsereignissen inklusive der Entlastungsvolumenströme erfolgen. Zusätzlich ist die gute Reinigungsleistung der Kläranlagen mit einer Filtrationsstufe als letzter Reinigungsstufe zu

nennen. Über 99 Prozent der zufließenden Mikrokunststoffmasse wird in Kläranlagen zurückgehalten. Die Reinigungsleistungen sind für sehr komplexe Anlagen als auch für kleine Anlagen vergleichbar. Dabei trägt jede Reinigungsstufe zum Rückhalt bei. Es konnte festgestellt werden, dass bevorzugt die größeren Partikel im Verlauf des Abwasserreinigungsprozesses entfernt werden und die kleineren, ökotoxikologisch relevanteren Partikel in die Gewässer gelangen. Dies gilt auch für die Entlastungsabflüsse der Regenbecken. Es zeigt sich außerdem, dass vor allem Polyethylen und Polyamid in den Proben vorhanden sind, diese werden häufig in der Textilindustrie eingesetzt und können durch die Abwässer aus Waschmaschinen in die Umwelt eingetragen werden.

Autorin

Vanessa Spelthahn, M. Sc., ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Siedlungswasserwirtschaft.



Bild 7: Qualifizierte Stichproben wurden in Abhängigkeit der Probenahmestelle unter anderem manuell mit einem Edelstahlleimer geschöpft.
Foto: Peter Winandy