



Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW - 40190 Düsseldorf

Vorsitzender des Ausschusses für Klimaschutz, Umwelt,
Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landtags Nordrhein-Westfalen
Herr Friedhelm Ortgies MdL
Platz des Landtags 1
40221 Düsseldorf



Johannes Remmel

14.01.2016

Seite 1 von 1

Aktenzeichen IV-5
bei Antwort bitte angeben

Dr. F. Vietoris
Telefon 0211 4566-317
Telefax 0211 4566-388
poststelle@mkulnv.nrw.de

60-fach

Mikroplastik in nordrhein-westfälischen Gewässern

Sehr geehrter Herr Vorsitzender Ortgies, *Friedhelm Ortgies*

hiermit übersende ich Ihnen zum Thema „Mikroplastik in nordrhein-westfälischen Gewässern“ einen Bericht mit der Bitte um Weiterleitung an die Mitglieder des Ausschusses für Klimaschutz, Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Im Bericht werden die Ergebnisse erster Untersuchungen einiger größerer Gewässer in NRW auf Mikroplastik kurz dargestellt.

Mikroplastik-Partikel sind ein anthropogener und unerwünschter Bestandteil in Fließgewässern. Insbesondere im Hinblick auf die Meeresschutzstrategie-Rahmenrichtlinie sind die Frachten zu reduzieren.

Mit freundlichen Grüßen

Johannes Remmel
Johannes Remmel

Dienstgebäude und
Lieferanschrift:
Schwannstr. 3
40476 Düsseldorf
Telefon 0211 4566-0
Telefax 0211 4566-388
Infoservice 0211 4566-666
poststelle@mkulnv.nrw.de
www.umwelt.nrw.de

Öffentliche Verkehrsmittel:
Rheinbahn Linien U78 und U79
Haltestelle Kennedydamm oder
Buslinie 721 (Flughafen) und 722
(Messe) Haltestelle Frankenplatz

Bericht der Landesregierung

Mikroplastik in nordrhein-westfälischen Gewässern

Vorbemerkung

Seite | 1

Das Thema „Mikroplastik in Gewässern“ gewinnt immer mehr an Relevanz, da Mikroplastik in der Umwelt zunehmend öffentliche Diskussionen hervorruft. Gerade im dicht besiedelten und hochindustrialisierten Nordrhein-Westfalen sind die Gewässer durch von Menschen verursachte Belastungen - wie hier am Beispiel des Mikroplastiks - besonders betroffen.

Vor diesem Hintergrund hat das MKULNV im September 2014 das LANUV beauftragt im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Bayreuth, Lehrstuhl Tierökologie, Prof. Dr. Laforsch, durch Probenahme und Analytik eine erste Beurteilung der Relevanz von Mikroplastik in Binnengewässern Nordrhein-Westfalens zu ermöglichen. Die Kooperation wurde vereinbart, um eine erste Übersicht über den Gehalt von Mikroplastik in den Gewässern in NRW zu erhalten. Das Messprogramm wurde mit den Landesämtern Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen abgestimmt, die ebenfalls Untersuchungsaufträge an die Universität Bayreuth gegeben haben. Damit sind eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse und ein möglichst großer Erkenntnisgewinn sichergestellt.

Die ersten Zwischen-Ergebnisse aus der Studie der Universität Bayreuth liegen nun vor und werden derzeit ausgewertet und bewertet. Erste Ergebnisse werden im Rahmen dieses Landtagsberichtes veröffentlicht.

Aber was ist Mikroplastik? Bei Mikroplastik handelt es sich um kleine bis sehr kleine Kunststoff-Partikel unterhalb 5 mm Durchmesser (Einteilung: siehe Tabelle 1). Das Gros des Mikroplastiks entsteht durch die Zerkleinerung bzw. Fragmentierung von Kunststoffprodukten, dem sogenannten Makroplastik (Durchmesser > 5 mm). Von Nanoplastik spricht man bei sehr kleinen Partikelgrößen kleiner 20 µm. Im jetzigen Bericht der Universität Bayreuth für NRW sind Ergebnisse für Partikel größer 500 µm bzw. 0,5 mm aufgeführt. Die Partikel kleiner 500 µm sind Gegenstand eines nachfolgenden Berichtes in 2016.

Seite | 2

Übersicht über den jetzigen Stand der Untersuchungen von Gewässern in NRW

Für die Übersicht über die Gewässer in NRW werden neben den Erkenntnissen aus der Studie der Universität Bayreuth auch weitere veröffentlichte Ergebnisse verwendet. Bei Vergleichen mit anderen Studien ist zu beachten, ob Probenahmetechniken, berücksichtigte Partikelgrößen sowie die angegebenen Einheiten (z.B. pro Volumen oder pro Oberfläche) tatsächlich vergleichbar sind. Da die Partikelmengen von der Universität Bayreuth als Partikel/m³ Wasservolumen angegeben werden, wurde bei der Auswahl anderer Studien auf vergleichbare Messungen geachtet. Keine der anderen Studien weist eine durchgehende Identifizierung aller Plastikpartikel mit spektrometrischen Methoden aus, die Zuordnung erfolgt oft nur optisch oder in kleinen Anteilen (Stichproben) z.B. über IR (Infrarotspektroskopie)-Messung. Der Vorteil der von der Uni Bayreuth verwendeten FTIR Spektroskopie (Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie) besteht in der eindeutigen Identifizierung synthetischer Polymere, was mit rein visuellen Methoden nicht möglich ist.

Studie der Universität Bayreuth

Der Bericht der Universität Bayreuth enthält die Ergebnisse zu Makroplastik und Mikroplastik in der Fraktion von 0,5 bis 5 mm nach Analyse mittels FTIR Spektroskopie für die Oberflächenwasserproben aus Rhein, Ruhr, Lippe, Emscher, Wupper, Sieg und Weser (siehe Tabelle 1) sowie für die Abläufe der Kläranlagen Düsseldorf-Süd, Neuss-Ost und Dülmen.

Seite | 3

Untersuchungen in Oberflächengewässern

Der Rhein weist eine Konzentration von 1 - 4,5 Partikel/m³ auf, wobei die höchsten Konzentrationen im Bereich Düsseldorf gemessen wurden.

In der Lippe, Sieg, Wupper und Weser wurden an der Mündung sehr viel geringere Gehalte gemessen, alle <1 Partikel/m³. Die Emscher transportiert dagegen aufgrund des hohen Abwasseranteils mit 16 Partikel/m³ eine erwartete höhere Konzentration. Im Bereich der Ruhrquelle konnte kein Mikroplastik nachgewiesen werden.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Ergebnistabellen des Berichtes der Universität Bayreuth für Gewässerproben, alle Angaben in Anzahl Partikel pro m³ Wasservolumen (gerundet auf 3 signifikante Stellen):

Messstelle: Gewässer Messstellen-Nr/Ort	Makroplastik (> 5 mm)	großes Mikroplastik (1 – 5 mm)	kleines Mikroplastik (0,5 – 1 mm)	Gesamtzahl Plastikpartikel
Rhein 000103 / Bad Honnef	0,071	0,685	0,171	0,928
Rhein 000309 / Düsseldorf- Flehe	0,101	1,78	2,57	4,45
Rhein 000504 / Kleve Bimmen	0,153	1,07	1,47	2,69
Ruhr 400014 / Winterberg, Quelle	0,000	0,000	0,000	0,000
Ruhr --- / Duisburg oberhalb KA *	0,130	2,18	2,50	4,81
Ruhr --- / Duisburg unterhalb KA *	1,59	48,1	116	166
Lippe --- / Wesel Mündung	0,000	0,155	0,000	0,155
Sieg 001004 / Menden	0,000	0,000	0,000	0,000
Wupper 002008 / Opladen	0,000	0,000	0,594	0,594
Emscher 005009 / Dinslaken	0,527	11,4	3,79	15,7
Weser 702705 / Porta- Westfalica	0,037	0,449	0,000	0,487

Seite | 4

* KA = Kläranlage Kaßlerfeld, Probenahmen erfolgten unterhalb des Ruhr-Wehres

Auffällig sind die Befunde an der Ruhrmündung. Da im Bereich der zunächst angefahrenen Messstelle an der Mündung auch eine Kläranlage einleitet, wurde eine weitere Probe oberhalb der Einleitung entnommen. Während die Ruhr oberhalb der Kläranlageneinleitung hinsichtlich der Anzahl an Mikroplastikpartikeln vergleichbar ist mit dem Rhein bei Düsseldorf, sind die Konzentrationen im Bereich der

Kläranlageneinleitung 30fach höher (kleines Mikroplastik überwiegend aus PP-Fragmenten).

Untersuchungen in kommunalen Kläranlagen

Seite | 5

Plastikpartikel gelangen über verschiedene bekannte und diffuse Quellen aus Industrie und Haushalten in die Binnengewässer. Erste Studien zeigten, dass Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nicht vollständig zurück gehalten wird und somit – ähnlich wie bei den Spurenstoffen - ein Teil des Mikroplastiks aus den Kläranlagen in die Gewässer eingeleitet wird.

Ergänzend zu den Untersuchungen in Oberflächengewässern wurden daher durch die Universität Bayreuth drei Kläranlagenabläufe auf Mikroplastikpartikel untersucht. Ausgewählt wurden die Kläranlagen Düsseldorf-Süd, Neuss Ost und Dülmen. Die Aktivkohleanlage der Kläranlage Dülmen war zum Zeitpunkt der Probenahme nicht in Betrieb.

Im Ablauf der Kläranlagen wurden Partikelkonzentrationen $> 500 \mu\text{m}$ gefunden, die in gleicher Größenordnung wie die Gewässerbefunde liegen:

- KA Düsseldorf-Süd: 2 Partikel/ m^3
- KA Neuss-Ost: 8 Partikel/ m^3
- KA Dülmen: 4 Partikel/ m^3

Das Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI, 2014) weist für 13 Kläranlagen aus Niedersachsen Werte mit 0 – 52 Mikroplastikpartikeln $> 500 \mu\text{m}$ pro m^3 bei vergleichbarer Probenahme und Identifikationsmethodik aus.

Literaturdaten zu Oberflächenwasser in NRW

Eine schweizer Studie untersuchte den Rhein mit vergleichbaren Probenahmemethoden von Basel bis Rotterdam (Mani 2014 und Mani et al. 2015). Diese Studie enthält eine Auswertung der Daten mit flächenbezogenen und volumenbezogenen Angaben zu gleichen Probenahmen. Die Umrechnung nach Mani et al (2015) erfolgt über die Höhe der Öffnung des eingesetzten Netzes für die Probenahme. Beispiel: Honnef, $3271 \text{ Partikel}/1000\text{m}^3 * 0,18 \text{ m Höhe} = 588,825 \text{ Partikel} * \text{m}/1000\text{m}^3 = 588825 \text{ Partikel}/\text{km}^2$. Zur besseren Vergleichbarkeit mit der Studie der Uni Bayreuth werden hier die Angaben pro Volumen zitiert. Mani (2014) gab in seinem Vortrag einen Bereich von $0,3 - 0,4 \text{ Partikel}/\text{m}^3$ für den Rhein an (Seitz, Mainz, Bad Honnef). In einer Veröffentlichung aus 2015 ergänzen Mani et al (2015), für NRW: Bad Honnef $3,2 \text{ Partikel}/\text{m}^3$, Köln $3,7 \text{ Partikel}/\text{m}^3$, Leverkusen $4,8 \text{ Partikel}/\text{m}^3$, Duisburg (Höhe Ruhrmündung) $14 \text{ Partikel}/\text{m}^3$, Rees $17 \text{ Partikel}/\text{m}^3$. Damit wurden in den Untersuchungen von Mani et al. (2015) die höchsten Konzentrationen an Mikroplastikpartikel nicht in Düsseldorf sondern in Höhe Rees gemessen. Mani et al. betrachten Partikel ab $300 \mu\text{m}$ und damit einen etwas weiteren Bereich als die Universität Bayreuth (ab $500 \mu\text{m}$).

Seite | 6

Eine Masterarbeit (Urgert 2015) untersuchte den Rhein an der Grenze zu den Niederlanden hinsichtlich Mikroplastik. Urgert stellte Konzentrationen von $5 - 25 \text{ Partikel} > 250 \mu\text{m}$ fest, wobei sich die dieser Arbeit zugrunde liegende Probenahmetechnik von den anderen Studien unterscheidet.

Einordnung der vorliegenden Ergebnisse der Universität Bayreuth

Die von der Universität Bayreuth vorgelegten Ergebnisse bezüglich der großen Mikroplastikfraktion sind komplett quantitativ und damit auch ohne die Fraktion < 500 µm umfassender als die meisten Studien die für die Meeresumwelt bzw. für Fließgewässer publiziert wurden. Die Quantifizierung bezieht sich auf die Partikelzahl, nicht auf die Partikelmasse.

Seite | 7

Die spektroskopische Charakterisierung jedes Partikels garantiert hierbei eine zuverlässige Aussage im Gegensatz zu den Studien, die rein visuell arbeiten oder nur vereinzelt Partikel mittels FTIR analysiert haben. Die Ergebnisse lassen einen Vergleich mit den meisten bis dato durchgeführten Studien zur Kontamination von aquatischen Ökosystemen mit Mikroplastik zu, da nur sehr wenige Studien Mikroplastik kleiner als 500 µm aufgrund analytischer Schwierigkeiten untersucht haben.

Die Messwerte der Universität Bayreuth für den Rhein liegen höher, als die von Mani (2014) publizierten Werte (Rhein bis Bad Honnef), die aber vergleichbar sind mit den Messwerten in den Nebenflussumündungen Lippe, Wupper und Sieg sowie der Weser. Mani et al. (2015) berichten für den Rhein ab Bad Honnef Werte, die sich mit den Befunden der Universität Bayreuth decken. Die Messwerte in der Emschermündung liegen erwartungsgemäß höher.

Auffällig sind die Werte an der Ruhrmündung unterhalb der Kläranlage Kaßlerfeld. Die Indirekteinleiter der Kläranlage umfassen eine Vielzahl von möglichen Emissionsquellen (u.a. Recycling-Betriebe, Autohäuser, Tankstellen, Autowaschanlagen, Zahnärzte, Reinigungen). Allerdings kann auch die niedrige Strömungsgeschwindigkeit und Schaumbildung

auf der dort sehr langsam fließenden Ruhr zu einer Akkumulation der Mikropartikel geführt haben.

Die Ursachen für die erhöhten Befunde unterhalb der Kläranlage Kaßlerfeld sind im Weiteren gezielt zu untersuchen. Im Bereich der Ruhrquelle konnte kein Mikroplastik nachgewiesen werden.

Seite | 8

Die untersuchten Kläranlagen Düsseldorf-Süd, Neuss-Ost und Dülmen gehören im Vergleich zu den Literaturdaten des AWI (2014) wohl eher zu den unauffälligen Anlagen.

Die Untersuchung der Gewässer und Kläranlagenabläufe wird in den nächsten 2 Jahren fortgesetzt.

Einschätzung zu den Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt

Auswirkungen auf die Umwelt

Eine Vielzahl potentieller Effekte durch Mikroplastik auf Flora und Fauna wird in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert. Dazu gehören u.a. die Verletzungen des tierischen Verdauungstraktes und der Kiemen bei Fischen oder Blockaden im Verdauungstrakt und dadurch verminderte Nahrungsaufnahme mit weiteren Folgen.

Dass diese Effekte durch verschiedene Kunststoffpartikel verursacht werden können, belegen inzwischen zahlreiche ökotoxikologische Studien. Zwar beziehen sich die meisten Studien auf Meeres-Organismen – generell kann aber davon ausgegangen werden, dass beobachtete Effekte weitgehend auf verwandte limnische Taxa, d.h. in den Binnengewässern lebende Tiere und Pflanzen, übertragbar sind.

Inwieweit diese Effekte tatsächlich durch in Fließgewässern relevante Konzentrationen verursacht werden, bleibt aber offen, da zum Beispiel die Laborstudien häufig mit Partikelgrößen arbeiten, die deutlich unter der in Umweltproben nachweisbaren unteren Größe liegen (meist kleiner 500 μm). Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

Seite | 9

Die wiederholt in den Medien aus den Untersuchungen der Universität Basel (Mani et al. 2015) zitierte Zahl von 3,9 Mio. Mikroplastikpartikel pro Quadratkilometer im Rhein entspricht weniger als 4 Plastikpartikel/ m^3 (Umrechnung: siehe Literaturdaten zu Oberflächenwasser in NRW, 1 m^3 entspricht 100 Putzeimer Wasser).

Die Zahl der Plastikpartikel ist im Vergleich zur Zahl natürlicher Partikel in Gewässern gering. 4 Partikel ergeben eine Masse von einigen wenigen mg, während in einem Fließgewässer durchschnittlich 10 - 25 g/m^3 natürliche feste Partikel zu finden sind.

Auf dieser Grundlage ist die zusätzliche mechanische Belastung des Verdauungstraktes von Lebewesen durch Mikroplastik eher gering.

In den Meeren akkumulieren sich die Einträge und stellen daher für die Meeresumwelt ein deutlich größeres Problem dar.

Auswirkungen auf die Gesundheit

Der Mensch kann prinzipiell über zwei Wege mit Mikroplastik aus Fließgewässern in Kontakt kommen: über das Trinkwasser und über den Verzehr von Tieren.

Der Trinkwasserpfad kann für Partikel in der nachgewiesenen Größenordnung weitgehend ausgeschlossen werden, da herkömmliche Gewinnungs- und Aufbereitungsmethoden die Partikel aus dem Rohwasser filtern. Über kleinere Partikel (Nano-Bereich), die sich aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit und Ladung von anderen natürlichen und nicht-natürlichen Partikeln unterscheiden, können dagegen keine Aussagen getroffen werden (GWRC 2015). Hier besteht dringender Forschungsbedarf.

Die Aufnahme über den Verzehr von Tieren wird in Studien insbesondere für den Verzehr mariner Muscheln genannt.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat im April 2015 in der Stellungnahme Nr. 013/2015 aufgrund des Fehlens belastbarer Daten keine gesundheitliche Risikobewertung für den Verzehr von mit Mikroplastikpartikeln verunreinigten Lebensmitteln (insbesondere Honig, Bier und Mineralwasser) abgegeben. Stattdessen hat das BfR die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) um eine wissenschaftliche Stellungnahme zum Vorkommen von Mikroplastikpartikeln und Nanoplastikpartikeln in Lebensmitteln, insbesondere in Meerestieren, ersucht. Diese liegt noch nicht vor.

Auch wenn derzeit daher keine Stellungnahme bzgl. einer gesundheitlichen Risikobewertung vorgenommen werden kann sind Mikroplastik-Partikel ein anthropogener und unerwünschter Bestandteil für Fließgewässer in NRW von Gewässern. Insbesondere im Hinblick auf die Meeresschutzstrategie-Rahmenrichtlinie sind die Frachten zu reduzieren.

Minimierungsstrategien

Minderungsstrategien sollten generell bei der Vermeidung und der Beseitigung ansetzen. Wesentliche Quellen für Mikroplastik in Gewässern sind der Eintrag von gezielt produzierten und verwendeten Mikroplastikpartikeln (z.B. Strahl- oder Reinigungsmittel, Körperpflegeprodukte) und die Zerkleinerung von Makroplastikpartikeln durch natürliche Prozesse.

Seite | 11

Geeignet ist auch jede Maßnahme, die den Eintrag von Makroplastik in die Umwelt reduziert: Aus einer weggeworfenen Plastiktüte von 20 x 30 cm Größe (Vorder- und Rückseite, 2 x 600 cm²) können 1200 Fetzen von 1 cm² Fläche bzw. 120.000 Mikroplastikpartikel von 1 mm² Fläche entstehen. Daher wird der Beschluss des Europäischen Parlaments und des EU-Ministerrats aus 2015 für eine Richtlinie zur Verringerung des Verbrauchs von leichten Kunststofftragetaschen, mit der der derzeit durchschnittliche Verbrauch in den EU-Ländern von rund 200 Plastiktüten pro Kopf und Jahr bis 2025 auf nur noch 40 Stück reduziert werden soll, von der Landesregierung als erster Schritt sehr begrüßt.

Weiterhin wurde im Mai 2015 mit Beschluss der 84. Umweltministerkonferenz die Bundesregierung aufgefordert entsprechend dem Vorsorgeprinzip eine Verhinderung des Eintrags von Mikroplastikpartikeln in Gewässer aktiv anzustreben. Der Dialog des Umweltbundesministeriums mit der Kosmetikindustrie zum schnellstmöglichen, freiwilligen Ausstieg aus der Nutzung von Mikrokunststoffpartikeln in Kosmetikprodukten wird daher begrüßt und von der Landesregierung unterstützt.

Zudem haben die Umweltministerinnen, -minister und -senatoren der Länder den Bund gebeten, sich hinsichtlich produktbezogener Regelungen als weitergehende Maßnahmen zur Vermeidung des Einsatzes von Mikroplastik – sofern nicht zeitnah ein freiwilliger Ausstieg der Industrie erfolgt – auf europäischer Ebene dafür einzusetzen, dass die Verwendung ungebundener Mikroplastikpartikel zum Beispiel in Reinigungsmitteln, Kosmetika und Körperpflegemitteln verboten wird.

Seite | 12

Neben diesen Maßnahmen, die bei der Vermeidung an der Quelle ansetzen, ist nachrangig auch der Abwasserpfad im Rahmen der Minimierung zu betrachten. Mikroplastikpartikel sind Feststoffe, für deren Elimination aus dem Abwasser nach derzeitigem Kenntnisstand Verfahren der Feststoffabtrennung - in Abhängigkeit von der Partikelgröße - in Betracht kommen. Während größere Plastikteile durch Rechen und Sandfang zuverlässig zurückgehalten werden, gibt es zum Rückhaltevermögen von kommunalen Kläranlagen für Mikroplastik derzeit noch wenige belastbare Kenntnisse.

Untersuchungen des Oldenburgischen-Ostfriesischen Wasserverbandes an 12 kommunalen Kläranlagen zeigen beispielhaft, dass ein Rückhalt über eine Sandfiltration möglich erscheint (Frachtrückhalt gemäß Studie 97%, AWI (2014)). Darüber hinaus erscheinen Membranverfahren aufgrund ihrer Verfahrensweise zum Rückhalt einsetzbar. Für belastbare Aussagen sind weitere Untersuchungen zu möglichen Eliminationsmöglichkeiten erforderlich.

Im Rahmen eines aktuell vom LANUV beauftragten Untersuchungsvorhabens sollen die Kenntnisse über das Vorkommen von Mikroplastik im kommunalen sowie gewerblich/ industriellem Abwasser und über das Verhalten und den Verbleib von Mikroplastik innerhalb

des Abwasserreinigungsprozesses kommunaler Kläranlagen gewonnen werden. Das Vorhaben hat eine Laufzeit von 2 Jahren.

Des Weiteren findet Anfang Februar 2016 ein Erörterungstermin mit den anderen Bundesländern am Rhein statt, um die Untersuchungsergebnisse der Universität Bayreuth entlang des Rheins gemeinsam zu erörtern und zu bewerten. Ziel sind Vereinbarungen zu zweckmäßigen gemeinsamen Handlungsstrategien zwischen den Bundesländern.

Seite | 13

Literatur

AWI (2014): Mintenig, S, Int-Veen, I, Löder, M und Gerdts, G; Helgoland: Abschlussbericht Mikroplastik in ausgewählten Kläranlagen des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV) in Niedersachsen; Oktober 2014

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2015): Mikroplastikpartikel in Lebensmitteln. Stellungnahme Nr. 013/2015 des BfR vom 30. April 2015. www.bfr.bund.de

GWRC - Global Water Research Coalition (2015): Storck, FR, Kools, SAE and Rinck-Pfeiffer, S: Microplastics in Fresh Water Resources. <http://www.tzw.de/en/>

Mani (2014): Erste Untersuchungsergebnisse aus dem rheinland-pfälzischen Rheinabschnitt - MIKROPLASTIK IM RHEIN?; Vortrag; Mainzer Arbeitstage, 15. September 2014

Mani, T, Hauk, A, Walter, U, and Holm-Burkhardt, P (2015): Microplastics profile along the Rhine River. Scientific Reports 5, Article number: 17988, doi:10.1038/srep17988

Urgert, W (2015): Microplastics in the rivers Meuse and Rhine, Master's thesis for Master of Science Environmental Sciences, Open University of the Netherlands, Heerlen