

Mikroplastik

Wir decken auf!

Finn Luca Miks, Ben Schütte und Frau Kerstin Fieberg



Kurzfassung:

In diesem Projekt geht es um die Belastung von Kunststoffen in Form von Mikroplastik in Gewässern. Umweltverschmutzung in Form von Überdüngung oder Plastikverschmutzung werden oft in den Medien gezeigt und es wird stark darüber debattiert. Die Plastikverschmutzung scheint ein Thema zu sein, welches aus den heutigen Medien nicht mehr wegzudenken ist. Vor allem findet man immer wieder Bilder von Plastikmüll in Gewässern wie Flüsse, Seen und Meere.

Um eine Methode zu entwickeln, die das Herausfiltern von Mikroplastik aus einer Probe ermöglicht, setzten wir uns in Verbindung mit Herrn Dr. Jörg Klasmeier von der Universität Osnabrück, Institut für angewandte Systemforschung. Er informierte uns, welche Verfahren dort angewandt werden, um Mikroplastik herauszufiltern. Dabei wird durch den Unterdruck einer Wasserstrahlpumpe die Probe durch eine Nutsche durch einen Filter gezogen. Gleichzeitig haben wir mit dem Klärwerk Melle Kontakt aufgenommen. Unser Ansprechpartner dort war Herr Jens Gansefort in seiner Funktion als Klärmeister. Er hat uns die Möglichkeit gegeben, nach Terminabsprache dort Proben der einzelnen Klärstufen zu entnehmen und im dort vorhandenen Labor zu filtern.

Zu erst galt es herauszufinden, welcher Filter am geeignetsten sei in Bezug auf die Dauer der Filtration. Herr Dr. Klasmeier empfahl uns ebenfalls Wasserstoffperoxid nach dem Filtern der Probe auf den Filter zu geben, um organische Partikel abzutöten. Dies sollte helfen, später unter dem Mikroskop synthetische, von organischen Partikeln zu unterscheiden. Im Klärwerk testeten wir dann die Belastbarkeit von den Filtern auf das Wasserstoffperoxid. Am Ende stellte sich heraus, dass der Glasfaserfilter eine relativ hohe Filterleistung besaß und ebenfalls durch das Wasserstoffperoxid nicht beschädigt wurde. Für diese Experimente wurden Proben direkt aus dem Zulauf des Klärwerks verwendet. Da dann die beste Methode entwickelt war, konnten wir beginnen, Proben aus unterschiedlichen Klärstufen zu filtrieren und anschließend unter dem Mikroskop zu untersuchen. Wir entschieden uns, jeweils zwei Proben aus dem Zulauf, hinter dem Rechen und aus dem Ablauf zu nehmen. Um das Filtrieren zu beschleunigen, ließen wir die Proben (jeweils 500 ml), 30 Minuten lang vor dem Filtrieren in einem Imhofftrichter sedimentieren. Nach dem Filtrieren wurden die Proben in eine Petrischale gelegt und mit Wasserstoffperoxid beschichtet.

Um die Proben zu untersuchen, nahmen wir diese mit in die Schule um dort mit einem Binocular zu beobachten, was auf dem Filter übrig geblieben war. Wir konnten tatsächlich bunte Partikel entdecken, sowie dünne Fasern. Um aber eindeutige Ergebnisse zur Belastung von Mikroplastik im Klärwasser präsentieren zu können, mussten vergrößerte Fotos gemacht werden, hierbei konnte auch die Anzahl der Partikeln gezählt werden. Herr Priv. Doz. Dr. Henrik Buschmann von der Universität Osnabrück, Fachbereich Biologie hat uns hierfür dort die Ausstattung zur Verfügung gestellt, so dass wir die Proben unter einem Binocular in Verbindung einer Kamera fotografieren konnten. Hierbei war es nun auch möglich, die Anzahl der einzelnen Partikel zu zählen. Somit kann man Aussagen machen, wie viel Mikroplastik entsteht, indem man sich die Belastung des Zuflusses anguckt und anhand der Belastung des Abflusses, wie viel Mikroplastik wieder in die Umwelt gelangt. Wir konnten feststellen, dass unser Klärwerk in Melle Mikroplastik nur in einem gewissen Maße herausfiltern kann.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	Seite 2
2. Methodenentwicklung	Seite 4
2.1 Expertengespräch	Seite 4
2.2 Versuche im Klärwerk	Seite 4
3. Analyse der unterschiedlichen Klärstufen	Seite 8
3.1 Die verschiedenen Klärstufen	Seite 8
3.2 Die Durchführung der Versuche	Seite 9
3.3 Expertengespräch zur Analyse der Proben unter dem Mikroskop	Seite 9
3.4 Ergebnisse der Analyse der Filter	Seite 10
4. Ergebnisdiskussion	Seite 12
4.1 Mikroplastik in Klärwässern	Seite 12
4.2 Mögliches Verhalten von Mikroplastik in der Kläranlage	Seite 13
4.3 Herkunft des Mikroplastiks	Seite 13
4.4 Bedeutung der Ergebnisse für die Menschen	Seite 13
4.5 Optimierung der verwendeten Methode	Seite 13
5. Zusammenfassung	Seite 14
6. Quellenverzeichnis	Seite 14
7. Dank	Seite 14
8. Unterstützungsleistungen	Seite 14

1. Einleitung

Das Problem von Plastik ist, dass es unglaublich lange hält und sich sehr langsam nur natürlich zersetzt. Nimmt man als Beispiel die alltägliche Plastiktüte: Wird sie unachtsam weggeworfen, gelangt sie wahrscheinlich über Wind in die nahen Gewässer und darüber hinaus in das Meer. Dies kann zuweilen sehr lange dauern, aber Plastik braucht auch lange, bis es verrottet. Ist es erst einmal in den Ozeanen angekommen, wird es dort zur unwideruflichen Gefahr für die dort lebenden Tiere.

Plastik ist für uns Menschen nicht mehr wegzudenken, da es fast in allen Produkten vorhanden ist und in der Industrie stark benötigt wird. Ein Begriff den man auch oft in den Medien findet ist „Mikroplastik“. Unter Mikroplastik versteht man alle Kunststoffpartikel, die kleiner sind als 5 mm (größer als 5 mm nennt man Makroplastik). Mikroplastik gibt es in vielen verschiedenen Arten, wie z. B. Polyethylen, welches vor allem in Flaschen, Spielzeugen, Tragetaschen, Müllbeutel, Beschichtungen, Verpackungen, Gas und Wasserrohren vorkommt. Mikroplastik kann im Meer von Zooplankton aufgenommen werden und über die Nahrungskette auch zu uns Menschen gelangen. Bis heute ist noch nicht bewiesen, ob Mikroplastik schädlich für den Menschen und/oder die Umwelt ist. Man kann nur so viel sagen, dass man es fast überall finden kann. Mikroplastik findet man in Meeren, Flüssen und anderen Gewässern, sowie in Kosmetikprodukten und durch Ablagerung in und auf Lebensmitteln. Ebenfalls wurde Mikroplastik im menschlichen Urin und im Blut gefunden. Menschen nehmen im globalen Durchschnitt pro Woche bis zu 5 g Mikroplastik auf – das entspricht in etwa dem Gewicht einer Kreditkarte.

Man unterscheidet zwischen primären und sekundären Mikroplastik. Primäres Mikroplastik wird industriell hergestellt. Es kommt beispielsweise in Putzmitteln und Kosmetika zum Einsatz, um die reinigende Wirkung eines Produkts zu verstärken. Zum primären Mikroplastik zählen auch Kunststoffpellets, die in der Industrie zur Herstellung von Plastikprodukten genutzt werden.

Sekundäres Mikroplastik entsteht durch die Zersetzung größerer Kunststoffteile. Dies geschieht zum Beispiel, wenn Plastikmüll in die Umwelt gelangt und dort durch Sonne, Reibung und andere Einflüsse immer mehr zerfällt. Auch Kunststofffasern, die sich beim Waschen aus Textilien lösen, gelten als sekundäres Mikroplastik.

Es wäre besser, wenn Mikroplastik überhaupt nicht erst in unsere Umwelt und in unsere Körper gelangt. Zu verhindern, dass Mikroplastik überhaupt entsteht, ist ziemlich schwierig. Mikroplastik zu verhindern, wäre eine mögliche Lösung gegen die Umweltverschmutzung. Wenn z. B. eine Fleecejacke aus Polyester in die Waschmaschine gelangt, entsteht durch Reibung und Druck Mikroplastik, welches über die Abwasserleitungen zum Klärwerk geführt wird, genauso wie der Reifenabrieb auf der Straße (der den Großteil des weltweiten Mikroplastiks ausmacht) in den Straßenabfluss gelangt und so zum Klärwerk kommt.

Die Aufgabe eines Klärwerks liegt darin, Schmutzwasser, das über den Zufluss ins Klärwerk gelangt, zu säubern und über den Abfluss gesäubert in die Umwelt zu leiten. Es ist dann zwar noch nicht wieder trinkbar, sollte aber nicht mehr schädlich für die Umwelt sein. Ein Klärwerk besitzt bis zu vier Reinigungsstufen. Stufe eins ist die mechanische Reinigung in der ein Rechen, sowie ein Ölabscheider und ein Sandfang zum Einsatz kommen. Die zweite Stufe ist die biologische Reinigung in der ein Belebungsbecken zum Einsatz kommt. Im Belebungsbecken werden Bakterien gezüchtet die die meisten organischen Verbindungen zerstören. Die 3. Reinigungsstufe ist die Chemische Reinigung in der das Abwasser Chemikalien ausgesetzt wird, die ebenfalls das Wasser reinigen. Die letzte Reinigungsstufe, die erst Ende der 80er Jahre eingeführt wurde, ist noch nicht ganz serienreif. Hier wird mittels Tuchfiltration Mikroplastik herausgefiltert. Sie kommt aber nur in Klärwerken zum Einsatz, mit mehr als 80.000 angeschlossenen Personen. In Melle gibt es keine 4. Reinigungsstufe. Die Frage die wir uns stellten war, ob das Klärwerk Melle trotz fehlender 4. Reinigungsstufe Mikroplastik herausfiltert und wenn ja wie viel. Unsere Hypothese war, dass das Mikroplastik vom Klärwerk nicht oder nur begrenzt herausgefiltert werden kann, da das Klärwerk ja auch keine 4. Reinigungsstufe besitzt.

2. Methodenentwicklung

2.1 Expertengespräch

Im Institut für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück wird unter anderem an einer Methode zur quantitativen und qualitativen Identifizierung des Mikroplastiks in Gewässern geforscht. In einem Gespräch mit Herrn Jörg Klas Meier über die Möglichkeit der Trennung des Mikroplastiks aus wässrigen Proben ergab sich deren Behandlung mit Wasserstoffperoxid ($w = 30\%$) als leicht umsetzbare Möglichkeit.

2.2 Versuche im Klärwerk

In Kooperation mit dem Klärwerk Melle wurde eine Methode zur Untersuchung der Fragestellung von Mikroplastik in Klärwässern entwickelt.

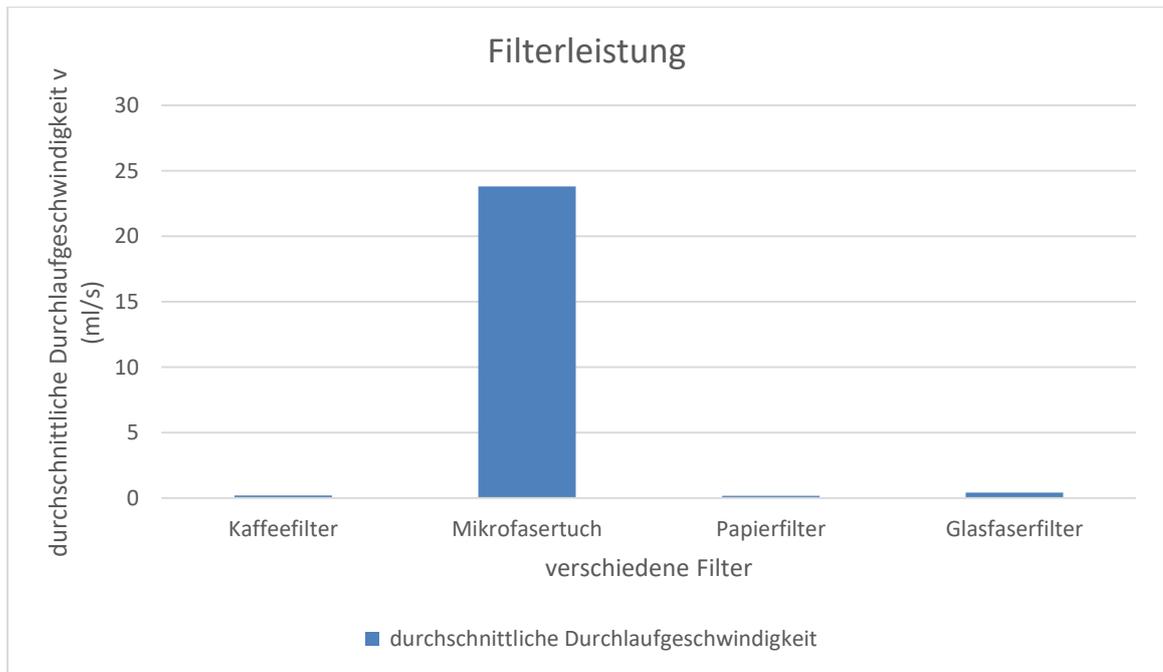
a.) Untersuchung eines geeigneten Filters

Zunächst wurde ein geeigneter Filter gesucht, um eine gute Filterleistung erzielen zu können. Dafür entnahm dem Zulauf frisch die verwendeten Proben. Die verwendeten Filtermaterialien waren ein Papierfilter, ein Kaffeefilter, ein Mikrofaser- tuch und ein Glasfaserfilter. Jeder Filter hatte einen Durchmesser von 90 Millimetern. Nach 30 Minuten Filtrationszeit wurde das Volumen des Filtrats $V(f)$ bestimmt. Bevor die Proben gefiltert wurden, wurden diese kräftig aufgewirbelt, um die größeren Partikel gleichmäßig zu verteilen. Die Proben wurden jedoch nicht sedimentiert, da keine brauchbaren Ergebnisse zu einer geeigneten Sedimentationszeit vorlagen. Man unterschied zwischen quantitativen und qualitativen Beobachtungen.

Tabelle 1

Filter (Durchmesser: 90mm)	V_f (Milliliter) Quantitative Beobachtungen	Qualitative Beobachtungen	v (ml/s)
1.) Kaffeefilter	350 ml	- Trübung und leichte Gelbfärbung des Wassers - Nach ca. 3 min. deutliche Abnahme der Durchflussleistung	0,194
2.) Mikrofaser- tuch	1000 ml (42 s)	- Sehr trübe und gelbe Färbung des Filtrats	23,81
3.) Papierfilter	300 ml	(siehe Beobachtungen Kaffeefilter)	0,183
4.) Glasfaserfilter	750 ml	- Kaum Trübung und Gelbfärbung - Nach 3 min. ebenfalls nachlassen der Filterleistung, aber stetig weiteres tropfen	0,416

Wie man in *Tabelle 1* erkennen kann, gab es deutliche Unterschiede bei den quantitativen Beobachtungen, wobei aber eine Ähnlichkeit beim Kaffeefilter und beim Papierfilter besteht. So wurden innerhalb von 30 Minuten jeweils etwa 300 ml gefiltert. Dies entspricht beim Papierfilter einer Geschwindigkeit von 0,183 ml/s und beim Kaffeefilter eine Geschwindigkeit von 0,194 ml/s. Der Glasfaserfilter wies eine doppelte Filtergeschwindigkeit auf, denn er schaffte 750 ml in 30 Minuten, was einer Geschwindigkeit von 0,416 ml/s entspricht. Das Mikrofaser- tuch war mit Abstand das schnellste Filtermaterial. Es benötigte für 1000 ml 23 Sekunden, dies zeigt also die schnellste Geschwindigkeit mit 23,81 ml/s. Alle quantitativen Ergebnisse werden in *Säulendiagramm 2* verdeutlicht dargestellt.



Säulendiagramm 1

Der Durchlaufgeschwindigkeit nach zu urteilen, ist das Mikrofasertuch am besten geeignet. Auch bei den qualitativen Beobachtungen kam es zu deutlichen Unterschieden, ebenfalls erkennbar in S. Papierfilter und Kaffeefilter wiesen auch hier wieder Parallelen auf. So konnte man bei beiden Filtern eine leichte Trübung und Gelbfärbung des gefilterten Wassers erkennen sowie eine deutliche Abnahme der Durchflussleistung nach ca. 3 Minuten. Beim Mikrofasertuch kam es zu einer starken Gelbfärbung und Trübung des gefilterten Wassers, es war jedoch keine Abnahme der Durchlaufgeschwindigkeit erkennbar. Der Glasfaserfilter hingegen wies lediglich eine leichte Gelbfärbung und Trübung hervor, nach ca. 3 Minuten war auch bei diesem Filtermaterial eine Abnahme der Durchlaufgeschwindigkeit erkennbar, jedoch gab es stetig weiteres Tropfen. Den quantitativen Ergebnissen nach ist der Glasfaserfilter am besten geeignet, da er die geringste Trübung und Färbung hervorwies. Die Filter untersuchte man anschließend auf Mikroplastik unter dem Binokular. Zuvor wurden diese mit Wasserstoffperoxid in einem Vorversuch zu der Behandlung der Proben mit Wasserstoffperoxid beschichtet. (siehe Behandlung der Filter mit Wasserstoffperoxid) Bei der Analyse unter dem Binokular fand die obere Lampe Verwendung. Sowohl der Papierfilter als auch der Kaffeefilter zeigten beide zwar eine starke Wölbung, aber die Plastikpartikel waren gut erkennbar. Eine Analyse wäre also gut machbar. Bei der Analyse des Mikrofasertuchs unter dem Binokular erkannte man sehr stark die Filterstruktur. Die Plastikpartikel lagen „im“ Filter. Eine Analyse des Mikrofasertuchs ist also nicht sorgfältig machbar. Bei der Analyse des Glasfaserfilters wurde eine sehr genaue und saubere Filterleistung erkennbar. Die gefundenen Plastikpartikel waren sehr deutlich erkennbar. Die Analyse des Glasfaserfilters folglich funktioniert sehr gut. Insgesamt erzielte der Glasfaserfilter das beste Ergebnis. Die qualitative Filterleistung war sehr gut, besonders in Bezug auf die Durchlaufgeschwindigkeit, die in Ordnung war. Hinzu kommt eine sehr gut machbare Analyse unter dem Binokular.

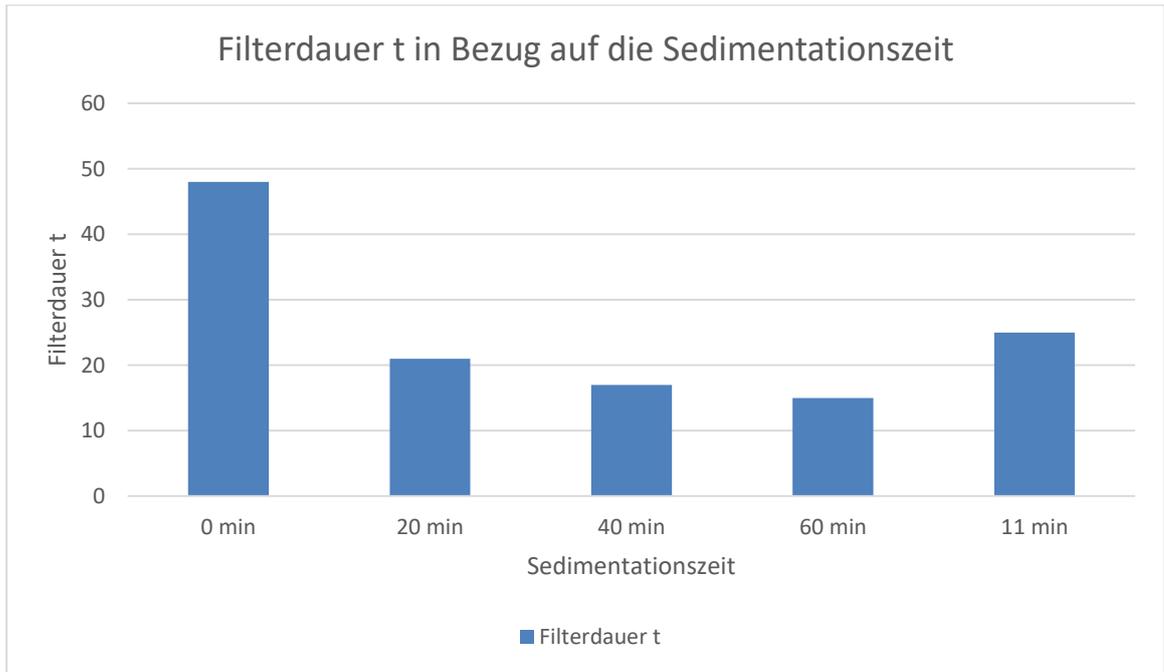
b.) Untersuchung einer geeigneten Sedimentationszeit

Für die Untersuchung der Filterleistung in Abhängigkeit von der Sedimentationszeit wurde wieder eine Probe dem Zulauf frisch entnommen. Verwendetes Filtermaterial war, der sich aus dem Versuch zur Untersuchung eines geeigneten Filtermaterials ergebenden, Glasfaserfilter mit einem Durchmesser 90 mm. Die Proben ließ man im Imhoff-Trichter sedimentieren.

Tabelle 2

<u>Sedimentationszeit</u>	<u>Filterdauer t</u>	<u>Filterleistung v/t</u>	<u>Volumen des Sediments im Imhoff Trichter</u>
1.) 0 min	48 min	33,3 ml/min	0 ml
2.) 20 min	21 min	23,809 ml/min	11 ml
3.) 40 min	17 min	29,4117 ml/min	15 ml
4.) 60 min	15 min	33,3 ml/min	10 ml
5.) 11 min	25 min	20 ml/min	17 ml

Wie man *Tabelle 2* entnehmen kann, wurden die Sedimentationszeiten 0 Minuten, 20 Minuten, 40 Minuten, 60 Minuten und 11 Minuten untersucht. Bei keiner Sedimentationszeit betrug die Filterdauer 48 Minuten. Das Volumen der Probe wurde aufgrund eines Verstopfen des Filters von 750 ml, dem Ergebnis des gefilterten Probenvolums innerhalb von 30 Minuten in Versuch 1, auf 500 ml reduzierte, da es schnell zu einem Verstopfen des Filters kam. Die Filterleistung war folglich 33,3 ml/min. Bei einer Sedimentationszeit von 20 Minuten hingegen betrug die Filterdauer nur noch 20 Minuten, hat sich also in etwa halbiert. Die Filterleistung betrug 23,89 ml/min und es setzte sich ein Sediment mit dem Volumen von 11 ml im Imhoff-Trichter ab. Nach einer Sedimentationszeit von 40 Minuten dauerte der Filtervorgang 17 Minuten. Die Filterleistung entsprach also 29,4117 ml/min. Bei einer Sedimentationszeit von 60 Minuten dauerte die Filterzeit 15 Minuten an. Damit hat diese sich im Gegensatz zu keiner Sedimentationszeit gedrittelt. Die Filterleistung betrug 33,3ml/min und es setzte sich ein Sediment von 10 ml im Imhoff-Trichter ab. Innerhalb von einer Sedimentationszeit in Höhe von 11 Minuten sammelte sich ein Sediment von 17 ml an. Obgleich dieses hohen Sediments in dieser Zeit, betrug die Filterdauer 25 Minuten. Die Filterleistung war folglich 20 ml/min. Man erkennt also, dass die Filterdauer mit zunehmender Sedimentationszeit abnimmt, besonders stark ist dieser Rückgang zwischen 0 und 20 Minuten zu erkennen. Während eine Sedimentationszeit von 40 Minuten ebenfalls einen Unterschied darstellt, erkennt man kaum einen zwischen 40 Minuten und 60 Minuten. Aus diesem Grund entschied man sich eine Sedimentationszeit von mindestens 30 Minuten zu verwenden, da dieses einen guten Mittelwert darstellt. Dies wird in *Säulendiagramm 2* verdeutlicht.



Säulendiagramm 2

Das Volumen des Sediments jedoch, unterschied sich von Probe zu Probe. Dies zeigt, dass die Filterleistung auch von unterschiedlichen Proben an unterschiedlichen Tagen abhängig ist, d.h. die Filterleistung ist gleich die Tagesabhängigkeit, da in jeder Probe unterschiedlich viel Sediment enthalten ist. Insgesamt lässt sich dennoch sagen, dass sich mehr Sediment mit zunehmender Sedimentationszeit absetzt.

c.) Behandlung der Filter mit Wasserstoffperoxid (H_2O_2)

Das organische Material, das in den Proben, insbesondere in Proben des Zulaufs, enthalten ist, muss abgetötet werden, damit die Filter auf Mikroplastik analysiert werden können. Die gut umsetzbare Methode ist das Beschichten mit Wasserstoffperoxid. Es wurde ein Versuch durchgeführt, um zu schauen wie die unterschiedlichen Filtermaterialien Papierfilter, Kaffeefilter, Mikrofaserstoff und Glasfaserfilter auf H_2O_2 reagieren. Zunächst wurde ein Vorversuch mit den Filtern von dem Versuch der Untersuchung eines geeigneten Filters durchgeführt. Diese wurden jeweils direkt mit 100 ml H_2O_2 behandelt. Alle Filter fingen an zu schäumen und das organische Material wurde abgetötet, jedoch wurde noch zu viel Wasserstoffperoxid verwendet, da dieses recht teuer ist. Deshalb wurde versucht ein „Bad“ für die Filter zu schaffen.

Also wurden wieder frische Proben dem Zulauf entnommen. Eine Probe hatte ein Volumen von 500 ml und sedimentierte ca. 40 Minuten. Es wurden Filter mit einem Durchmesser von 90 mm verwendet. Bei dem Papierfilter kam es nach gut 1 Stunde zum Abbruch des Experiments, da der Filter zugesetzt war, das Gleiche passierte mit dem Kaffeefilter nach 30 Minuten. Anschließend wurden die Filter in Petrischalen übertragen und mit 10 ml Wasserstoffperoxid beschichtet.

Filter:	Beobachtungen:
1.) Kaffeefilter	- Schäumt lange kräftig
2.) Mikrofaserstoff	- Schäumt sehr kräftig, lässt nach
3.) Papierfilter	- Schäumt kräftig auf
4.) Glasfaserfilter	- Schäumt sehr stark

Tabelle 3

Wie man *Tabelle 3* entnehmen kann reagieren alle Filter ähnlich, denn es fängt immer an zu schäumen. Jedoch schäumen Papierfilter und Kaffeefilter kräftig auf, während das Mikrofaser Tuch zunächst kräftig schäumt, dann diese Reaktion wieder nachlässt. Der Glasfaserfilter schäumt hingegen lange sehr stark. Das unterschiedlich starke Schäumen kam durch verschiedene Mengen an organischen Schwebstoffen in den Proben zustande, denn je mehr organische Schwebstoffe enthalten sind, desto mehr schäumt es und desto mehr Wasserstoffperoxid muss ggf. Verwendung finden. Dieses kann auch noch später hinzugefügt werden. Bei allen Filtern wurde das organische Material abgetötet und sie hielten alle dem H_2O_2 stand. Es könnten also alle Filter diesem Aspekt nach verwendet werden und die kostengünstigere Methode mit dem „Bad“ für die Filter funktioniert, denn das Wasserstoffperoxid verdunstet mit der Zeit, so dass sich die Filter unter dem Binokular analysieren lassen.

d.) Die vollständige Methode

Nach der Durchführung all dieser Versuche konnte schließlich die vollständige Methode entwickelt werden, die wie folgt aussieht:

Zunächst muss die Probe frisch entnommen werden. Jede Probe hat ein Volumen von 500ml, damit der Filter nicht verstopft. Sie muss für mindestens 30 Minuten sedimentieren. Anschließend wird diese mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe durch einen Glasfaserfilter mit dem Durchmesser von 90 mm gefiltert und der Filter wird in eine Petri-Schale überführt, in der er zunächst mit 10 ml Wasserstoffperoxid beschichtet wird. Wenn nicht das gesamte organische Material sichtbar abgetötet wird, kann noch mehr H_2O_2 hinzugefügt werden. Abschließend werden die Proben unter dem Binokular analysiert.

3. Analyse der unterschiedlichen Klärstufen

Mit der eigens entwickelten Methode sollten nun die verschiedenen Klärstufen auf Mikroplastik analysiert werden.

3.1 Die verschiedenen Klärstufen

Das Klärwerk Melle hat drei Reinigungsstufen, nämlich die mechanische Vorreinigung, die biologische Reinigungsstufe sowie die chemische Reinigungsstufe. Durch den Zulauf gelangt das aus der Kanalisation stammende Wasser in die Kläranlage. Es ergab sich als sinnvoll dort eine Probe zu entnehmen, damit untersucht werden konnte wie viel Mikroplastik überhaupt in das Klärwasser gelangt. Die Größe der Herausforderung Mikroplastik für Kläranlagen konnte so ermittelt werden. Über den Zulauf gelangt das Abwasser nun in die erste Reinigungsstufe, der mechanischen Reinigung. Sie besteht im Klärwerk Melle aus einem Rechen, einem Sandfang und aus einem Ölabscheider. Eine Analyse nach dem Rechen war wichtig, da man schauen wollte, ob ein Rechen als „Filter“ für Mikroplastik eingesetzt werden kann, also ob er neben den groben Verschmutzungen auch die kleinsten Plastikpartikel festhält. Außerdem befindet sich nach dem Rechen weniger organisches Material im Abwasser, weshalb auch eine Analyse der Filter besser machbar war, da das Wasserstoffperoxid nie vollständig das organische Material zerstört. Der Sandfang wird als großes Absetzbecken verwendet, d.h. alle absetzbaren Verunreinigungen werden dort aus dem Abwasser entfernt. Durch den Ölabscheider werden alle an der Oberfläche schwimmende Verunreinigungen vom Abwasser abgetrennt. Es folgt ein Vorklärbecken, wo die Strömungsgeschwindigkeit des Abwassers derart herabgesetzt wird, so dass sich weitere Stoffe absetzen können. Der dabei entstehende Schlamm wird nun weiter behandelt. Nun gelangt das vorgeklärte Wasser in den zweiten Reinigungsprozess, die biologische Reinigungsstufe. Dort werden durch Mikroorganismen und Sauerstoff organische Schadstoffe abgebaut. Zu guter Letzt folgt eine chemische-physikalische Reinigung, bei der z. B. Mineralsalze ausgefällt werden.

Das Abwasser gelangt dann noch in ein Nachklärbecken, das eine Prozesseinheit mit dem Belebungsbecken bildet. Dort entsteht Belebtschlamm, der wieder zurück ins Belebungsbecken geführt wird. Während des gesamten Reinigungsprozesses entsteht Klärschlamm, der im Anschluss behandelt wird. Das geklärte Wasser gelangt über den Ablauf in die Else, der größte Fluss in Melle. Es war auch hier wieder sinnvoll eine Probe zu nehmen, da man so zum einen die zugeführte Belastung der Else durch die Kläranlage bestimmen konnte, zum anderen so auch ein Ergebnis darüber vorliegt, wie viel Mikroplastik in der Kläranlage Melle hinausgefiltert wird.

3.2 Die Durchführung der Versuche

Es wurden aus den Klärstufen Zulauf, Rechen und Ablauf nun jeweils an zwei Tagen aufgrund der Tagesabhängigkeit Proben entnommen. An jedem Tag wurden jeweils fünf Proben mit einem Probenvolumen von 500 ml gefiltert, so dass insgesamt zehn Filter pro Klärstufe vorliegen. Diese wurden schließlich mit 10 ml Wasserstoffperoxid pro Filter beschichtet, jedoch musste bei allen Proben anschließend nochmals 10 ml Wasserstoffperoxid ergänzt werden, da noch nicht sichtbar das organische Material vollständig zerstört worden ist. Bei den Proben des Ablaufs wurde auf eine Sedimentation im Imhoff-Trichter verzichtet, da in dem Wasser des Ablaufs kein Sediment mehr enthalten war, folglich mussten die Proben nur mit 5 ml Wasserstoffperoxid beschichtet werden, da keine organischen Materialien enthalten waren. Es ergaben sich einige Beobachtungen beim Durchführen der Versuche:

Zum einen war die Filtrationsgeschwindigkeit sowohl bei den unterschiedlichen Klärstufen als auch bei jedem Filter unterschiedlich. Insgesamt war zu beobachten, dass die Filtrationsgeschwindigkeit beim Zulauf am langsamsten und beim Ablauf am schnellsten war. Die Filtrationsgeschwindigkeit der Proben vom Rechen lässt sich ungefähr mit der vom Zulauf gleichsetzen. Die entnommenen Proben der unterschiedlichen Klärstufen wiesen zudem eine unterschiedliche Färbung und Trübung auf. Die Proben des Zulaufs waren am stärksten gelb gefärbt und waren am trübsten, während die Proben des Ablaufs fast klar waren und farblos erschienen. Die Proben des Rechens ließen sich mit denen des Zulaufs vergleichen. Das Volumen des abgesetzten Sediments unterschied sich bei den Proben des Zulaufs und Rechen nicht, während es wie schon erwähnt bei den Proben vom Ablauf kein Sediment gab. Das Schäumen der Filter durch Hinzufügen von Wasserstoffperoxid war bei den Proben des Zulaufs und Rechen ungefähr gleich, während bei den entnommenen Proben vom Ablauf kein Schäumen zu beobachten war.

3.3 Expertengespräch zur Analyse der Proben unter dem Mikroskop

Im Institut für Botanik an der Universität Osnabrück wird zur Analyse von unterschiedlichsten Pflanzenproben ein hochauflösendes Mikroskop verwendet. In einem Gespräch mit Herrn Jörg Buschmann stellte sich heraus, dass dieses Mikroskop optimal für die Analyse der Proben geeignet ist. Es stellte sich die Methode, ein Bild von jedem Filter zu machen, als gut umsetzbar heraus. Dabei ist es die beste Möglichkeit genau das Zentrum der Filter zu fotografieren. Außerdem wurde die These, dass alle auf den Filter erkennbare Partikel nicht organisch sein können, als falsch bewertet. So wurden zwar die groben organischen Rückstände entfernt, jedoch konnten sich neue Organismen wie Pilze bilden. Noch dazu können weiterhin Algen oder andere organische Stoffe auf den Filtern vorhanden sein. Um organische Stoffe vollständig zu zerstören und abzutöten, müsste eine Säure verwendet werden, die jedoch auch die Plastikpartikel zerstören würde. Eine vollständige Zerstörung von organischen Stoffen ist also unmöglich. Es wurde deutlich, dass Mikroplastik bei solchen Proben an seiner bunten Färbung erkennbar ist und es durchaus ziemlich gleich geformt sein kann. Bei bunten Fäden handelt es sich um Fasern.

3.4 Ergebnisse der Analyse der Filter

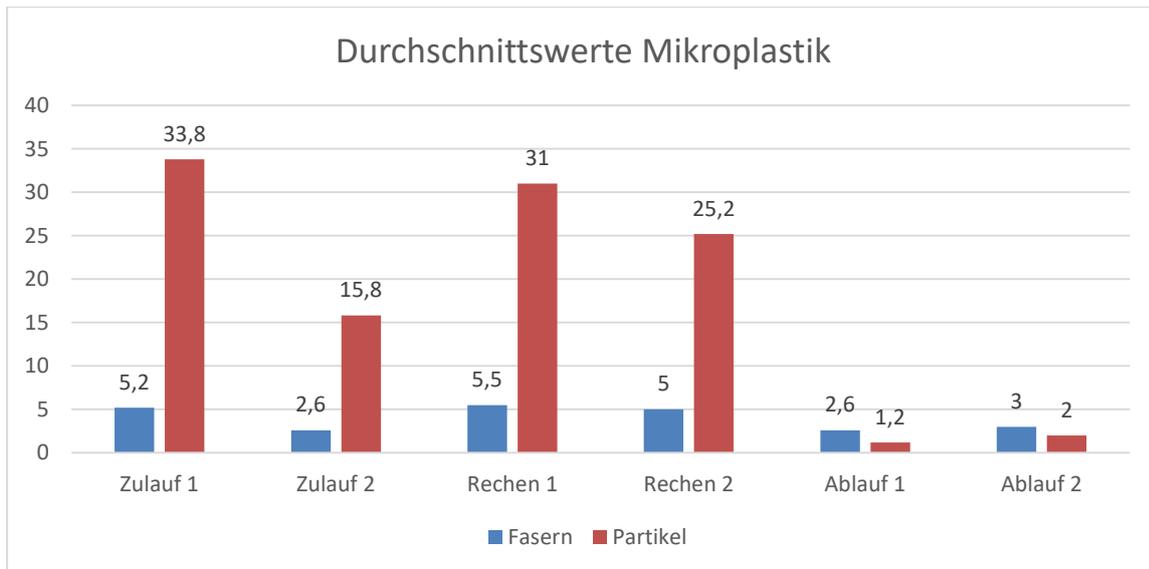
Die Filter wurden mit dem Mikroskop *LEICA M1657C* der Universität Osnabrück analysiert, indem mit der Kamera *LEICA D7C490* die Zentren der Filter fotografiert wurden. Zum Fotografieren wurde außerdem die externe Lichtquelle *LEICA KL1800LCD* verwendet.

In *Tabelle 4* sind die Ergebnisse der ausgezählten Fasern und Partikel für jeden Filter dargestellt.

Tabelle 4

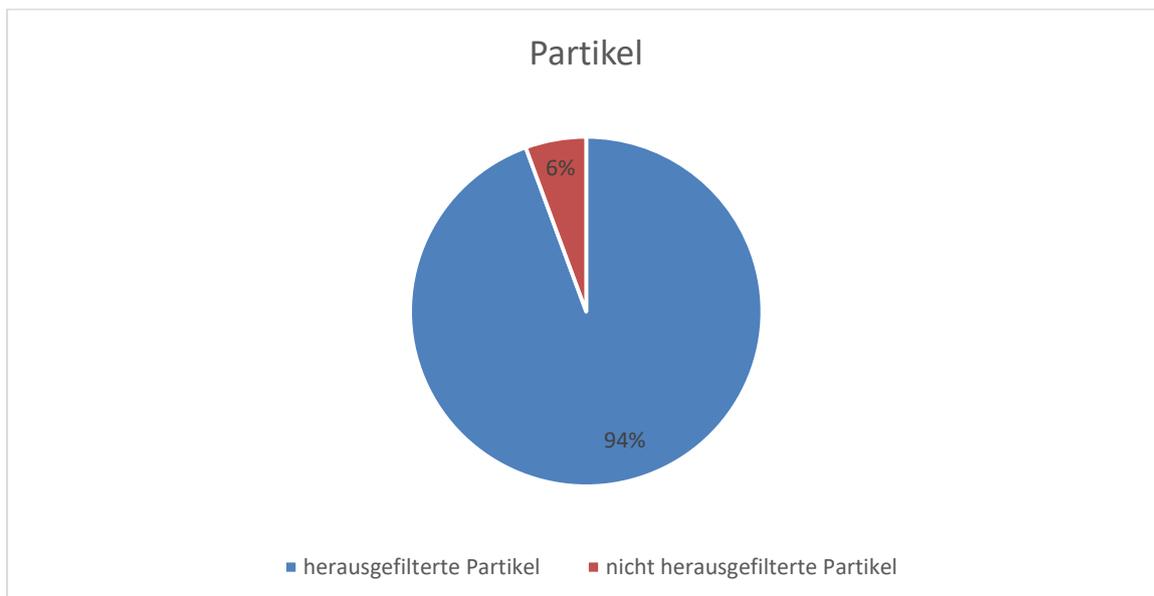
<u>Filter</u>	<u>Anzahl der Partikel</u>
Zulauf 1.1	8 Fasern, 26 kleine Partikel
Zulauf 1.2	5 Fasern, 38 kleine Partikel
Zulauf 1.3	4 Fasern, 11 kleine Partikel
Zulauf 1.4	4 Fasern, 34 kleine Partikel
Zulauf 1.5	5 Fasern, 60 kleine Partikel
Zulauf 2.1	2 Fasern, 10 kleine Partikel
Zulauf 2.2	1 Faser, 10 kleine Partikel
Zulauf 2.3	4 Fasern, 15 kleine Partikel
Zulauf 2.4	4 Fasern, 20 kleine Partikel
Zulauf 2.5	2 Fasern, 24 keine Partikel
Rechen 1.1	5 Fasern, 42 kleine Partikel
Rechen 1.2	6 Fasern, 20 kleine Partikel
Rechen 1.3	11 Fasern, 53 kleine Partikel
Rechen 1.4	2 Fasern, 16 kleine Partikel
Rechen 1.5	4 Fasern, 24 kleine Partikel
Rechen 2.1	5 Fasern, 13 kleine Partikel
Rechen 2.2	4 Fasern, 29 kleine Partikel
Rechen 2.3	5 Fasern, 35 kleine Partikel
Rechen 2.4	5 Fasern, 25 kleine Partikel
Rechen 2.5	6 Fasern, 24 kleine Partikel
Ablauf 1.1	1 Faser, 3 kleine Partikel
Ablauf 1.2	2 Fasern, 2 kleine Partikel
Ablauf 1.3	4 Fasern, 2 kleine Partikel
Ablauf 1.4	3 Fasern, 1 kleiner Partikel
Ablauf 1.5	3 Fasern, 1 kleiner Partikel
Ablauf 2.1	3 Fasern, 1 kleiner Partikel
Ablauf 2.2	1 Fasern, 4 kleine Partikel
Ablauf 2.3	4 Fasern , 1 kleiner Partikel
Ablauf 2.4	3 Fasern, 2 kleine Partikel
Ablauf 2.5	4 Fasern, 2 kleine Partikel

Man kann erkennen, dass sich die Anzahl der gefundenen Partikel und Fasern von Probe zu Probe stark unterscheidet, auch bei Proben von gleicher Klärstufe und am gleichen Tag, d.h. die Menge des gefundenen Mikroplastiks ist auch probenabhängig, weshalb mit Durchschnittswerten für 500 ml Abwasser gearbeitet wird.



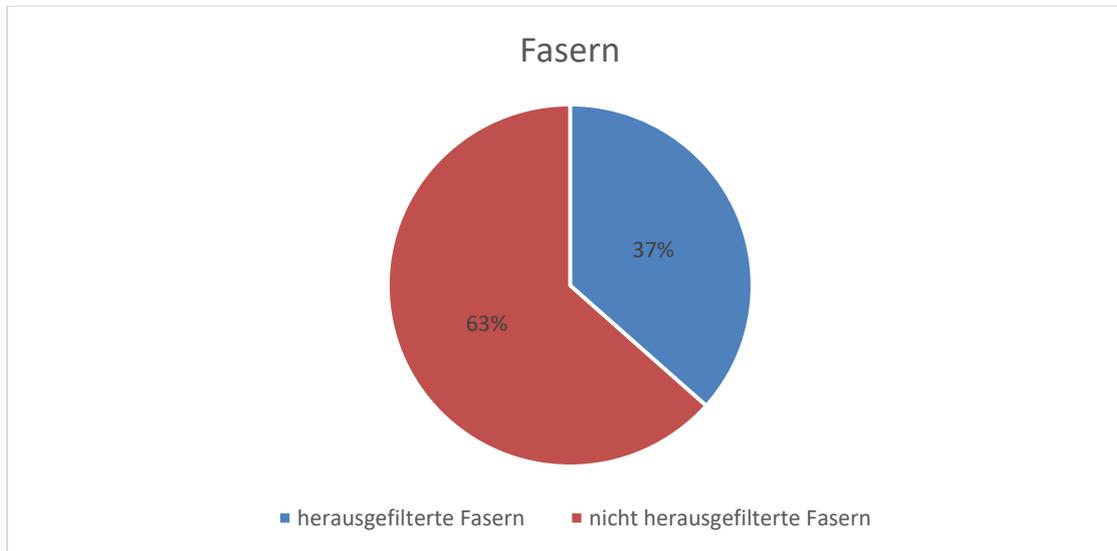
Säulendiagramm 3

In *Säulendiagramm 3* erkennt man, dass sich die Durchschnittswerte für gefundenes Mikroplastik sowohl bei den Fasern als auch bei den Partikeln bei gleicher Klärstufe unterscheiden. Bei den Werten für den Zulauf wird dies besonders deutlich. Die Tagesabhängigkeit wird also nochmals klar bestätigt. Aufgrund der auffallend niedrigen Ergebnissen für den Zulauf an dem zweiten Tag, werden diese nicht weiter berücksichtigt. Es zeigt sich, dass im Zulauf am meisten Mikroplastikpartikel in den Proben enthalten war. Bei den Proben des Rechens werden jedoch durchschnittlich kaum weniger Partikel gezählt. Die Werte liegen beim Zulauf und Rechen bei gut dreißig Partikel in 500 ml Abwasser, d.h. der Rechen filtert keine bzw. nur sehr wenige Partikel heraus. Bei den Proben des Ablaufs wurden aber deutlich weniger Mikroplastikpartikel ausfindig gemacht. So liegt dort der Wert durchschnittlich bei gut ein bis zwei Partikel pro 500 ml Wasser.



Kreisdiagramm 1

In *Kreisdiagramm 1* sind in Prozent die herausgefilterten und nicht herausgefilterten Partikel dargestellt. Es wird deutlich das mit 94 % schon sehr viele Partikel herausgefiltert werden, wobei die Else aber mit 6 % nicht herausgefilterten Partikel noch weiterhin belastet wird. In *Säulendiagramm 3* werden außerdem die gefundenen Fasern im Durchschnitt dargestellt. Man kann erkennen, dass beim Zulauf und Rechen die Durchschnittswerte für gefundene Fasern bei gut 5 Fasern pro 500 ml Abwasser liegt, d.h. der Rechen filtert diese nicht heraus. Im Ablauf wurden auch weiterhin Fasern gefunden. Dort liegt der Wert im Durchschnitt bei drei gefundenen Fasern pro 500 ml Abwasser.



Kreisdiagramm 2

In Kreisdiagramm 2 werden diese Werte prozentual dargestellt. Es ergibt sich, dass nur 37 % der Fasern herausgefiltert werden, während 63 % in die Else gelangen, was eine hohe Umweltbelastung darstellt. Diese Ergebnisse stimmen nicht mit den gestellten Hypothesen überein.

4. Ergebnisdiskussion

4.1 Mikroplastik in Klärwässern

Die allgemeine Meinung spricht von einer großen ausgehenden Gefahr durch Mikroplastik in Klärwässern, da es durch die Kläranlagen in die Flüsse und schließlich auch ins Meer gelangt. Die Ergebnisse stimmen dieser Meinung erst einmal zu. Es konnte festgestellt werden, dass wirklich viel Mikroplastik in die Flüsse durch Kläranlagen gelangt. Es war erstaunlich, dass so viel Mikroplastik im Ablauf bei einem noch nicht optimalen Probevolumen von nur 500 ml gefunden worden ist, besonders die hohe Anzahl an Fasern, da oftmals davon ausgegangen wird, dass größere Partikel wie Fasern effizienter aus dem Abwasser gefiltert werden als kleinere Partikel. Dies stellte sich aber als falsch heraus, denn die Kläranlage Melle filtert viele Mikroplastikpartikel heraus. Das Kläranlagen mit drei Reinigungsstufen schon gut 94% der Partikel im Abwasser herausfiltern überraschte und stimmt nicht mit der vorher gestellten Hypothese überein, zumal nur knapp 37% der Fasern hinausgefiltert werden. Nichtsdestotrotz bleibt aber eine Umweltbelastung für die Else in Melle und viele andere Flüsse bestehen, besonders, weil so viele Fasern in den Fluss gelangen. Diese stellen eine Problematik für Fische und andere Lebewesen im Wasser dar, da sie diese verschlucken können, was aufgrund der hohen Schadstoffkonzentration schwerwiegende Folgen haben kann. Deshalb ist die Idee einer vierten Reinigungsstufe ein wichtiger Schritt auch im Bereich Mikroplastik, da diese insbesondere das Eindringen von Fasern in die Gewässer verhindert. Bei diesem Filtersystem würden weiterhin kleinste Partikel in die Flüsse gelangen, jedoch besteht zwar eine Problematik in diesem Bereich, sie ist nur nicht so gravierend wie die ausgehende Gefahr von Fasern für die Ökosysteme.

4.2 Mögliches Verhalten von Mikroplastik in der Kläranlage

Die Hypothese, dass der Großteil der Mikroplastikpartikel nicht von der Kläranlage aufgehalten wird, stellte sich als falsch heraus. Somit muss das Mikroplastik aufgehalten werden. Wie man bereits festgestellt hat, bleibt nur sehr wenig Mikroplastik beim Rechen durch Anhaftung hängen. Beim Sandfang könnte schon das erste Mikroplastik sedimentieren und dadurch abgetrennt werden. Beim Ölabscheider könnte das schwimmende Mikroplastik mit dem Fett abgeschieden werden. Die mechanische Reinigung könnte also durchaus schon einen Beitrag zur Abtrennung von Mikroplastik in Klärwässern haben. Beim folgenden Vorklärbecken sowie im Nachklärbecken könnte ebenfalls Mikroplastik sedimentieren und aufschwimmen, wodurch es vom Abwasser abgetrennt werden kann. Im Belebungsbecken, also bei der biologischen und chemischen Reinigung könnte es auch zur Sedimentation und zum Aufschwimmen von Mikroplastik kommen. Diese Theorien sind deshalb sinnvoll, da die kleinen Plastikpartikel vor allem entweder oben schwimmen oder sedimentieren, während die Fasern einfach in der „Mitte“ durchschwimmen. Doch wie schon gesagt, das alles sind Vermutungen, die noch nicht bestätigt sind. Die Fragestellung, wo genau sich das Mikroplastik absetzt, bleibt bestehen und soll weiter analysiert werden, d.h. es sollen noch Proben für die anderen Klärstufen entnommen und analysiert werden.

4.3 Herkunft des Mikroplastiks

Die Fasern stammen wahrscheinlich aus Waschmaschinen und sind über die Kanalisation schließlich ins Abwasser gelangt. Bei den Plastikpartikeln handelt es sich fast ausschließlich um primäres Plastik. Besonders auffällig waren kleine rote Partikel, die stark an Kautschuk erinnern. Das Kautschuk ins Abwasser gelangt ist sehr wahrscheinlich, da in Melle ein großer Kautschukhersteller ansässig ist. Neben diesen roten Partikeln wurden viele hellblau gefärbte Mikroplastikpartikel auffindig gemacht. Bei diesen könnte es sich auch um Kautschuk handeln. Da sie jedoch alle ziemlich gleich geformt und gefärbt sind, könnten sie auch gut aus Hygieneartikeln mit Mikroplastik stammen. Außerdem wurden unförmige schwarze Partikel gefunden, bei denen es sich um Reifenabrieb handeln muss. Jedoch kann das Mikroplastik nicht qualifiziert analysiert werden. Über die Herkunft können nur Vermutungen gemacht werden, da die verwendete Methodik keine qualifizierte Analyse möglich macht. Die weiteren sichtbaren schwarzen Punkte auf den Fotos können nicht als Mikroplastik identifiziert werden, da es immer noch Pilzrückstände auf den Filtern gibt sowie kleine Algen, die an einer grünen Färbung erkennbar sind.

4.4 Bedeutung der Ergebnisse für die Menschen

Die Ergebnisse sind soweit eindeutig, dass viel zu viel Mikroplastik überhaupt ins Klärwasser gelangt, denn die Kläranlagen stehen dadurch vor einer Herausforderung. Es sollte noch viel bedachter mit dem mittlerweile sehr populären Problem Mikroplastik umgegangen werden. Zwar wird die Verwendung von Hygieneartikeln mit Mikroplastik weniger, dennoch gelangen etliche Mikroplastikpartikel, stammend aus solchen Produkten ins Abwasser. Zwar wird ein Großteil dieser Partikel herausgefiltert, dennoch gelangt mit großer Wahrscheinlichkeit weiterhin diese Art von Mikroplastik in die Gewässer. Eine Verkleinerung des Problems mit Fasern in Abwässern wäre auch durch eine Verhaltensänderung machbar. Es sollte mehr Baumwolle getragen werden bzw. das Tragen von Kleidung aus synthetischen Stoffen reduziert werden. Da die Fasern über die Waschmaschinen in das Abwasser gelangen, sollte es Filter oder Ähnliches schon in den Waschmaschinen geben, die verhindern, dass Fasern überhaupt ins Abwasser gelangen. Des Weiteren sollte es einen ersten Waschgang von Synthetik Kleidung der Hersteller geben, da besonders beim ersten Waschgang Fasern in das Abwasser gelangen. Es würde außerdem eine Möglichkeit sein den Eintrag von Mikroplastik in die Abwässer zu reduzieren, indem bei Kläranlagen eine Pflicht für die vierte Reinigungsstufe eingeführt wird. Jedoch können viele Kläranlagen diese kostspielige Investition nicht bezahlen, weshalb auch dort die Politik einschreiten müsste. Eine Veränderung des Eintrags von Mikroplastik in Abwässer ist also möglich, doch die Politik muss sich in diesem Bereich mehr einsetzen und das Bewusstsein der Menschen im Bereich Mikroplastik sollte steigen.

4.5 Optimierung der verwendeten Methode

Insgesamt hat das Filtrieren der Proben gut funktioniert. Jedoch war die Methodik an einigen Stellen noch nicht optimal. So sollte das Probevolumen für ein ausschlagkräftigeres Ergebnis erhöht werden. Zum anderen hat die Analyse der Filter zwar gut funktioniert, doch der Zeitraum zwischen Durchführung der Versuche und Analyse dieser war noch nicht optimal, da sich recht viele Pilze, also Organisches, bilden konnte. Es sollte vielleicht noch ein Wasserstoffperoxid mit einer höheren Konzentration verwendet werden, um die Bildung von diesem maximal möglich zu reduzieren.

5. Zusammenfassung:

Unsere Projektfrage war ,ob und wie viel Mikroplastik ein Klärwerk auch ohne die 4. Reinigungsstufe herausfiltern kann. Wir fanden Mikroplastik auch im Abfluss. Es stellte sich also heraus, dass auch ohne die 4. Reinigungsstufe Mikroplastik herausgefiltert wird, aber auch viel wieder in die Umwelt gelangt. Ein weiterer interessanter Aspekt ist, wie viel Mikroplastik man eigentlich im Haushalt erzeugt, indem man beobachtet, wie viel Mikroplastik im Zulauf des Klärwerks ankommt. Die weiterführende Frage wäre, wo der Großteil des Mikroplastiks im Klärwerk bleibt, also ob der Ölabscheider oder der Sandfang das Mikroplastik auffangen oder ob es noch andere Einflussfaktoren gibt. Unsere Hypothese hatte sich nicht bestätigt. Das Klärwerk kann trotz fehlender 4. Reinigungsstufe den Großteil des Mikroplastiks herausfiltern.

6. Quellenverzeichnis:

Wikipedia.org
quarks.de

7. Dank:

Großer Dank geht an das Klärwerk Melle und seine Mitarbeiter, die uns das Arbeiten in ihrem Labor ermöglicht und uns bei unseren Experimenten unterstützt haben.

Ein Dankeschön auch an Herr Priv. Doz. Dr. Henrik Buschmann der Universität Osnabrück, der uns die Möglichkeit gegeben hat, die Proben unter einem Binocular zu untersuchen und dort zu fotografieren.

Dank geht ebenfalls an unsere Lehrerin Frau Fieberg, die uns tatkräftig unterstützt hat.

Vielen Dank auch an Herrn Dr. Jörg Klasmeier, der uns beim Entwickeln unserer Methode geholfen hat und uns viel über Mikroplastik berichten konnte.

8. Unterstützungsleistungen:

Herr Jens Gansefort, Klärwerk Melle
Frau Kerstin Fieberg (Betreuerin, Koordinatorin), Gymnasium Melle
Herr Priv. Doz. Dr. Henrik Buschmann, Universität Osnabrück
Herr Dr. Jörg Klasmeier, Universität Osnabrück