

# BACHELORARBEIT

Titel der Bachelorarbeit

## **„Untersuchung der Mikroplastik-Kontamination im Sediment des Flusses Triesting/NÖ“**

*Autor: Paris Konstantinides*

*Betreuer: Ao. Univ. Prof. Dr. Michael Wagreich*

angestrebter akademischer Grad: Bachelor of Science (BSc)

Wien, 2018

# Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	3
1.1 Deutsche Zusammenfassung.....	3
1.2 English abstract.....	3
2. Einleitung.....	4
3. Hintergrundinformationen .....	5
3.1 Die Triesting.....	5
3.2 Mikroplastik – Forschung .....	5
3.3 Die Problematik .....	6
4. Proben und Methoden .....	7
4.1 Die Probenentnahme .....	7
4.2 Das Sediment.....	8
4.3 Streupräparate .....	9
4.4 Binokular-Auszählung.....	9
4.5 Raman-Spektroskopie – Funktionsweise.....	9
4.6 Infrarot-Spektroskopie – Funktionsweise .....	10
4.7 Fehler.....	11
4.7.1 Nachträgliche Verschmutzung.....	11
4.7.2 Fehler der Auszählung .....	12
5. Ergebnisse.....	12
5.1 Korngrößenanalyse.....	12
5.2 Mikroplastik-Funde pro kg Sediment .....	13
5.3 Raman Spektren .....	14
5.4 Infrarot Spektren .....	15
6. Diskussion .....	15
6.1 Streupräparate – Auswertung .....	15
6.2 Interpretation der Korngrößenanalyse .....	16
6.3 Interpretation der Plastik-Verteilung .....	16
6.4 Interpretation der Spektren .....	18
7. Schlussfolgerung.....	19
7.1 Verschmutzung der Triesting.....	19
7.2 Die Analysemethoden .....	20
8. Referenzen.....	21
9. Danksagung .....	22
10. Anhang.....	22

# 1. Zusammenfassung

## 1.1 Deutsche Zusammenfassung

Die Sedimente des Flusses Triesting im östlichen Niederösterreich werden auf Mikroplastik (<5mm) untersucht. Durch eine Binokular-Mikroskop-Auszählung wird anhand von 10 Sedimentproben eine quantitative Analyse der Plastik-Verschmutzung entlang des gesamten Flusses durchgeführt. Bei Ortschaften sind erhöhte Werte aufzufinden, insbesondere nahe einem Industriestandort bei Altenmarkt an der Triesting. Die Konzentrationen im Zu- und Abflussbereich sind aufgrund von größeren Distanzen zu menschlichen Einflüssen und Verdünnungseffekten deutlich niedriger.

Um herauszufinden, welches Material bei den gefundenen Partikeln vorliegt, wurden infrarot- und ramanspektroskopische Analysen durchgeführt. Die Resultate, welche zeigen, dass es sich um Plastik handeln kann, müssen mit einer gewissen Skepsis betrachtet werden, da die Ergebnisse der Raman- und Infrarot-Spektroskopie nicht immer eindeutig waren.

Alle gefundenen Plastikpartikel sind unter einem Millimeter groß machen daher keinen großen Teil des Sedimentvolumens aus. Die quantitative Analyse zeigt jedoch einen hohen Grad an Kontamination des Flusssediments durch Mikroplastik, mit einer durchschnittlichen Menge von 21.525 Plastikpartikeln pro kg Trockensediment. Es lässt sich erkennen, dass die Verschmutzung durch Mikroplastik vom Ausmaß der menschlichen Einflüsse abhängt.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen an der Triesting darf vorerst die Hypothese aufgestellt werden, dass bei größeren Flüssen, insbesondere im Bereich dichter Besiedelung (wie z.B. in der Donau bei Wien), im Sediment des Gewässers relativ hohe Kontaminationswerte mit Plastik zu erwarten sind. Angesichts der weitgehend noch nicht bekannten Wirkungsmechanismen dieser Stoffe wären nähere Untersuchungen, unter diesen auch eine umfassende Rohdatenerhebung über den jeweiligen Kontaminationsgrad, von großem Interesse.

## 1.2 English abstract

The sediments of the river Triesting in the eastern part of Lower Austria are examined for its microplastic contamination (< 5mm). Using a binocular microscope, a quantitative analysis of ten separate sediment samples from along the whole river is carried out. The contamination's extent rises near settlements, especially close to an industrial site at Altenmarkt an der Triesting. The

plastic concentration in the sediments near the river source and at the river mouth appear to be distinctly smaller because of greater distances to human influences, as well as dilution effects.

To determine the found particle's material, raman- and infraredspectroscopic analyses have been made. Although the data was not completely conclusive and, therefore, must be viewed with scepticism, the results show that certain particles might consist of plastic.

All the particles found are below 1 mm in size, thus making up just a small percentage of the sediment's volume. Despite the small particle size, the quantitative analysis shows a significant microplastic contamination, with a mean value of 21.525 particles per kg dry sediment; hence, the conclusion reveals a coherence between the contamination and human influence.

Based on the results of the analysis, the hypothesis, that alarming grades of contamination by microplastic contamination is to be expected in the sediments of larger rivers especially, near densely populated regions (e.g. the Danube, near Vienna), can be introduced. Due to the lack of knowledge about these materials' interaction with the environment, further studies on this topic are necessary to acquire more data.

## 2. Einleitung

„Plastik“ – der Populärbegriff für verschiedene Kunststoffe - ist eines der meistproduzierten und meistverwendeten Materialien der heutigen Zeit. Insbesondere in der Form „Mikroplastik“ ( $\leq 5\text{mm}$ ) (*Lippitat et al., 2013*) gelangt es außerhalb der „normalen“ Produktkreisläufe weitgehend unbemerkt in die Umwelt, wobei gerade die Ausbreitung über (Ab-)Wasser eine große Rolle spielen dürfte.

Da wir bislang nicht genau wissen, welche Auswirkungen Mikroplastik auf das Habitat „Erde“ hat, wäre es grundlegend notwendig, Daten zu allen Wirkungsbereichen zu erhalten.

Das Themengebiet hat erst vor wenigen Jahren Aufmerksamkeit erlangt und ist daher zu großen Teilen noch unerforscht und unbeantwortet. Vor allem im Bereich des Süßwassers gibt es erst wenige Erfahrungswerte, weshalb in dieser Arbeit die Sedimente des Flusses Triesting auf Mikroplastik untersucht wurden.

Das Ziel dabei war es, Korrelationen zwischen den Umweltbedingungen und der Mikroplastik-Verschmutzung festzustellen. Insbesondere wurde bei den Untersuchungen der Einfluss von den nahegelegenen Ortschaften und Produktionsstätten betrachtet.

Diese Zusammenhänge wurden getestet, indem eine quantitative Analyse des Flusssediments an mehreren Stellen entlang des Flussverlaufs durchgeführt wurde, um den Kontaminationsgrad und

die Änderung des Plastikgehalts, mit den sich ändernden Umweltbedingungen, betrachten und korrelieren zu können. Im Laufe der Arbeit wurden auch mehrere Untersuchungsmethoden erprobt und evaluiert, um ihre Sinnhaftigkeit für zukünftige genauere Untersuchungen bewerten zu können.

### 3. Hintergrundinformationen

#### 3.1 Die Triesting

Die Triesting ist ein 60 km langer Fluss in Niederösterreich (Abb. 1a, 1b). Aus geologischer Sicht fließt er innerhalb der Nördlichen Kalkalpen, Flyschzone, und im Wiener Becken (*Karte GBA*). Er wird aus mehreren kleineren Zuflüssen, hauptsächlich aus dem Wienerwald, beim Schöpfl, gespeist. Als etwas größerer Zufluss wäre der Kaumbergbach zu nennen. Da die Triesting bei Achau in die Schwechat abfließt, ist sie somit mit der Donau und dem Schwarzen Meer verbunden.

Der Jahresdurchschnitt des Wasserstandes bei der Station Fahrafeld beträgt ca. 176 cm und bei der Station Hirtenberg 132 cm, mit durchschnittlichen Durchflussraten von ca. 2,4 m<sup>3</sup>/s bei Fahrafeld und knapp über 2,5 m<sup>3</sup>/s bei Hirtenberg (*Online: Noe.Gv.at*).



Abbildung 1a: Altenmarkt an der Triesting, Entnahmestelle 5. Wenige Meter neben dem Fluss befindet sich die mack GmbH, die zum Teil mit Plastik arbeitet.



Abbildung 1b: Triesting wenige Meter vor dem Abfluss in die Schwechat, bei Achau. Der Fluss ist hier breiter und wesentlich langsamer als im Durchschnitt seines Laufes.

#### 3.2 Mikroplastik – Forschung

Vergleichsstudien von Mikroplastik in Flusssedimenten sind selten. Zumeist wird Flusswasser auf Konzentrationen von Mikroplastik untersucht wie z.B. die Donau (*Hohenblum et al, 2015*).

In den Sedimenten des Lake Ontario, in Kanada, wurden in einem wesentlich größeren Maßstab Sediment-Untersuchungen durchgeführt, an denen sich die Untersuchungen der vorliegenden Bachelorarbeit zu einem großen Teil ausgerichtet haben. Dort wurden die *tributary, nearshore* und

*beach sediments* auf Mikroplastik untersucht, wobei Fasern, Fragmente und Mikrokügelchen den Großteil der Funde ausgemacht haben. Die Partikel wurden mit Raman-Spektroskopie und Röntgenfluoreszenz analysiert und bestimmt. 31% wurden dabei als PE, 10% als PS, 4% als PU und jeweils 3% als PP, PVC, PSS identifiziert. Zum Großteil bewegen sich die Teilchen in einer Größenordnung von  $< 2\text{mm}$ . Beim Vergleich mit anderen Daten zeigte sich eine überdurchschnittliche Menge an Mikroplastikpartikel pro Kilogramm Trockensediment. Als Vergleichswerte dient hierfür eine Tabelle (Lippitat et al, 2013) aus Durchschnittswerten der Mikroplastik-Funde die aus unterschiedlichsten Regionen gesammelt wurden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Eine Tabelle von verschiedenen durchschnittlichen Mikroplastik-Funden in Sedimenten (Lippitat et al. 2013). Unter den Begriff „This study“ fallen die Untersuchungen von Lippitat et al, vom Lake Ontario in Kanada. Die größte Menge an Plastikpartikeln wurde in Halifax, Kanada gefunden und beträgt 5000 pro kg.

Study	Study area	Depositional environment	N kg <sup>-1</sup> (dw)
Turra et al. (2014)	Sao Paulo, Brazil	Marine Beach	0.1 <sup>a</sup>
Dekiff et al. (2014)	Germany	Marine Beach	2 <sup>b</sup>
Van Cauwenberghe et al. (2015)	Belgium	Marine Beach	6
Browne et al. (2010)	UK	Marine Beach	-60 <sup>a,b</sup>
Claessens et al. (2011)	Belgium	Marine Beach	95 <sup>b</sup>
This study	Ontario, Canada	Lacustrine Beach	140
Costa et al. (2010)	Brazil	Marine Beach	310 <sup>a,b</sup>
Mathalon and Hill (2014)	Halifax, Canada	Marine Beach	5000
Claessens et al. (2011)	Belgium	Marine Harbour	165 <sup>b</sup>
Naidoo et al. (2015)	Durban, S. Africa	Marine Harbour	1165 <sup>a,c</sup>
Vianello et al. (2013)	Venice, Italy	Marine Lagoon	1500 <sup>b</sup>
Frias et al. (2016)	Portugal	Marine Nearshore	55
Claessens et al. (2011)	Belgium	Marine Nearshore	90 <sup>b</sup>
This study	Ontario, Canada	Lacustrine Nearshore	980
Corcoran et al. (2015)	Ontario, Canada	Lacustrine Offshore	352
This study	Ontario, Canada	Tributary	760 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Using an average sediment density of 1600 kg m<sup>-3</sup> (Fettweis et al., 2007).

<sup>b</sup> Modified from Van Cauwenberghe et al. (2015) Table 1.

<sup>c</sup> Using a 1.25 average wet/dry ratio (Van Cauwenberghe et al., 2015).

<sup>d</sup> Not including site P-EC2.

### 3.3 Die Problematik

Mikroplastik entsteht entweder bewusst durch Produktion, zum Beispiel als Industrieausgangsstoff und Zusatz für Kosmetika, oder unbeabsichtigt durch Abrieb und Zersetzung von größeren Gegenständen aus Kunststoff, wie PET-Flaschen, Kleidung oder Verpackungsmaterial (Blettler et al, 2017). Aufgrund einer geringen Kontrolle und Regulierung des Plastikabfalls und dessen Haltbarkeit, werden Plastik-Reste in der Umwelt in großen Mengen abgelagert (M. C. Rillig, 2012). Dieser Müll wird nur zum Teil entsorgt, sodass natürliche Bereiche durch Makro-, Meso- und Mikroplastik kontaminiert werden.

Es wurden bereits Studien durchgeführt, die zeigten, dass Mikroplastik als guter Speicher und Überträger von Schadstoffen fungiert. Diese Schadstoffe können durch deren Aufnahme von der lokalen Fauna (beispielsweise von Würmern, Fischen und Vögeln) sehr leicht in die Nahrungskette gelangen, wodurch sie unkontrolliert über Umwege in verschiedenste unvorhersehbare Regionen

transportiert werden und somit letztendlich den Menschen erreichen. Doch bereits im Ökosystem kann es durch die schwer abbaubare Natur des Plastiks zu Problemen kommen; wegen des Konsums der Partikel lassen sich in der Tierwelt sowohl eine Reduktion des Wachstums (*H. E. Lwanga, 2016*), als auch eine erhöhte Sterblichkeit bestimmter Arten – und somit ein Ungleichgewicht im System – beobachten.

Abgesehen von biologischen Aspekten, ist auch die geologische Betrachtungsweise von Relevanz. Da Kunststoffe nicht natürlich, sondern künstlich vom Menschen angefertigt und verteilt werden, gibt es einen Unterschied in der Zusammensetzung der Sedimente, verglichen mit den Sedimenten von vor mehr als 100 Jahren. Mikroplastik macht zwar nur einen kleinen Prozentsatz des Gesamtvolumens eines Sediments aus, kann aber als Indikator für eine sich ändernde Sedimentschicht betrachtet werden.

Es haben vor wenigen Jahren Forschungen und Diskussionen begonnen, bei denen untersucht wird, ob der Mensch ein neues geologisches Zeitalter ausgelöst hat, namentlich das *Anthropozän*. Obwohl Plastik nicht der ausschlaggebende Punkt in dieser Debatte ist, kann es dabei helfen, weitere Argumente für oder gegen die Definition eines *Anthropozäns* zu liefern. Je nachdem, wo die Plastikverschmutzung global und lokal zu finden ist und wie stark sie ausfällt, können Informationen darüber einen kleinen Beitrag zur Lösung der Fragen über das potentielle *Anthropozän* bringen.

## 4. Proben und Methoden

### 4.1 Die Probenentnahme

Vom Zufluss-Gebiet beim Wienerwald bis zum Abfluss bei Achau, kurz vor der Schwechat, wurden im Flusslauf der Triesting in regelmäßigen Abständen Proben von jeweils mindestens 100 Gramm Trockengewicht vom Uferbereich entnommen (Abb. 2) (Tab.2).

Die Sedimente wurden mit einer kleinen metallenen Schaufel aus den ersten zwei bis

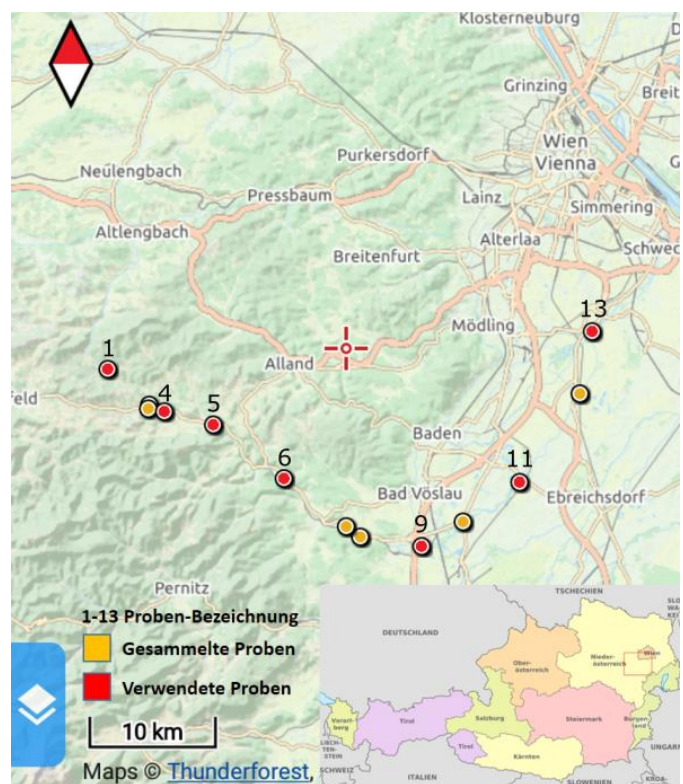


Abbildung 2: Die Stellen der Probenentnahme entlang der Triesting in Niederösterreich. Westlich, bei Nr. 1 ist der Zufluss; beim Wienerwald. Nordöstlich bei Nr. 13 befindet sich der Abfluss in die Schwechat. Karte und Koordinaten von der Handy Applikation Locus Maps erhalten.

drei Zentimetern des nach Möglichkeit feinkörnigen Sediments gesammelt und in komplett plastikfreien Glasbehältern (Abb. 3) gelagert, um Verschmutzung von außen so gering wie möglich zu halten. Es wurden an einigen Stellen mehrere Proben entnommen, sowohl von über der Wasseroberfläche, als auch knapp unter der Wasseroberfläche. Von den gesammelten Proben wurden 10 ausgewählt, die aus Gründen der Lage und Umweltbedingungen relevant erschienen sind, um die Untersuchungen durchzuführen.



Abbildung 3: Einer der Glasbehälter, in denen die Proben gelagert und transportiert wurden. Hier ist Probe 5A, von Altenmarkt an der Triesting zu sehen.

Tabelle 2: Ein Überblick der wichtigsten Informationen aller untersuchten Proben. Die Koordinaten wurden mit der Handy Applikation Locus Maps gemessen.

Probe	o./u. Wasser-Spiegel	Gebiet	N	E	Trockengewicht (Gesamtprobe) [g]	Trockengewicht (geteilte Fraktion) [g]	Funde in Fraktion	Funde pro kg
1B	unterhalb	Zufluss bei Wienerwald	48°03.293'	015°52.850'	128,3	3,534	38	10753
4A	oberhalb	Vor Altenmarkt	48°01.442'	015°56.510'	123,3	3,798	42	11058
5B	unterhalb	Altenmarkt	48°00.880'	015°59.636	122,6	8,142	252	30951
5C	oberhalb	Altenmarkt	48°00.880'	015°59.637	144,5	4,206	146	34712
6A	unterhalb	Weißbach a.d. Triesting	47°58.553'	016°04.184'	122,9	1,796	42	23385
6B	oberhalb	Weißbach a.d. Triesting	47°58.553'	016°04.184'	123,0	1,845	57	30894
9A	unterhalb	Leobersdorf	47°56.613'	016°12.964'	147,3	4,55	74	16264
9C	oberhalb	Leobersdorf	47°56.613'	016°12.964'	111,6	3,526	70	19853
11A	oberhalb	Oberwaltersdorf	47°58.339'	016°19.268'	147,2	2,155	48	22274
13B	oberhalb	Abfluss, bei Achau	48°04.800'	016°23.991'	136,6	4,104	62	15107

## 4.2 Das Sediment

Die Proben wurden im Trockenschrank bei 50° C getrocknet und anschließend gewogen. Um einen repräsentativen Teil der Gesamtmenge genauer untersuchen zu können, wurde eine Fraktion von 1-4 Gramm mit einem elektronischen Sedimentteiler von jeder Probe entfernt und in separaten Behältern aufbewahrt.

An der Restmenge der geteilten Sedimente wurden Korngrößenanalysen durchgeführt, um die Proben besser beschreiben zu können. Die Korngrößen der Proben variieren, befinden sich aber fast ausschließlich im Bereich von grobem bis feinem Sand, weshalb der kleine Prozentsatz an Silt und Ton in meiner Arbeit nicht weiter betrachtet wird.



### 4.3 Streupräparate

Aus den vorbereiteten Proben wurde jeweils ein Streupräparat angefertigt. Dafür wurde auf einem kleinen Objektträger eine Schicht Canada Balsam aufgetragen, eine Substanz die bei hohen Temperaturen flüssig, aber bei Raumtemperatur fest ist. Der Objektträger wurde auf einer Heizplatte bei 150°C erhitzt, um das Balsam im flüssigen Zustand zu halten und dabei wurde eine Spatelspitze des Sandes in die Flüssigkeit geschüttet. Mit einem Deckglas wurde die Probe abgedeckt, um eine gleichmäßige Dicke zu erzeugen und um den Sand in dem Harz einzuschließen zu können, ohne weitere Verunreinigungen zu ermöglichen. Sobald das Präparat von der Heizplatte entfernt wird, kühlt es ab, wird fest und kann so für durchlichtmikroskopische Untersuchungen verwendet werden.

Unter dem Durchlichtmikroskop können verschiedene Hinweise wie Strukturen, Farbe, Auslöschung oder Ähnliches verwendet werden, um die einzelnen Partikel, insbesondere Minerale und Gesteinsfragmente, im Streupräparat zu identifizieren.

### 4.4 Binokular-Auszählung

Der Hauptteil der quantitativen Analyse wurde durch die Untersuchung unter dem Binokular bewerkstelligt. Die geteilten Fraktionen der Proben wurden auf einem schwarzen Keramikbehälter ausgestreut, und dabei jedes einzelne Partikel unter dem Binokular betrachtet. Alle potentiellen Plastikteilchen wurden dabei mit einer Nadel händisch entfernt und in einer Sammelzelle gelagert. Dabei wurden die Teilchen kategorisiert und gezählt.

Um die gesammelten Daten miteinander vergleichen zu können, wurden die Ergebnisse auf ein kg hochgerechnet und in Tabellen und Grafiken dargestellt.

### 4.5 Raman-Spektroskopie – Funktionsweise

Die Raman-Spektroskopie ist eine Untersuchung der Streuung des Lichts an Molekülen und Festkörpern. Der größte Teil der Photonen verändert seine Energie beim Aufprall nicht (elastische Streuung) und strahlt nach den Regeln der Rayleigh-Streuung. Bei der Rayleigh-Streuung haben die Photonen die gleiche Frequenz wie das einfallende Licht.

Ein kleiner Teil der Photonen ändert beim Aufprall auf ein Molekül die Energie (inelastische Streuung). Entweder gibt das Photon Energie an das Molekül ab oder nimmt Energie vom Molekül

auf. Auf diese Art gestreutes Licht nennt man Stokes Raman-Streuung bzw. anti-stokes Raman-Streuung (Abb. 4) (S. Šašić, 2007)

Für die Analyse wird mit einem monochromatischen Laser auf das zu untersuchende Material gestrahlt und dabei das dabei gestreute, reflektierte Licht über ein Spiegelsystem geleitet und in einem Messkörper aufgefangen und gemessen. Aus den Unterschieden des bekannten Lasers und der

gemessenen Werte entsteht ein stoffspezifisches Reflexions-Spektrum, mit dem man im Idealfall ein eindeutiges Ergebnis erhalten kann.

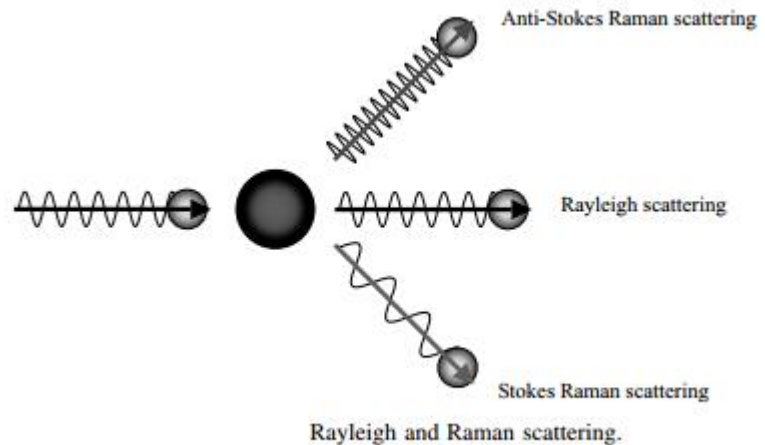


Abbildung 4: Grafische Darstellung der Streuung eines Photons an einem Partikel. Die klassische Rayleigh Streuung aber auch Stokes- und Anti-Stokes Raman Streuung sind dargestellt. (Abbildung von Pharmaceutical Applications of Raman Spectroscopy - S. Šašić, 2007.)

#### 4.6 Infrarot-Spektroskopie – Funktionsweise

Es gibt 2 Typen von Geräten, das dispersive IR-Spektrometer und das FTIR-Spektrometer. In den gegenständlichen Untersuchungen wurde ein FTIR-Spektrometer mit Mikroskop verwendet, um die Mikroplastikteilchen analysieren zu können. Das Gerät wird zuerst mit flüssigem Stickstoff gekühlt, um es für die Untersuchungen vorzubereiten. Auf einem Goldspiegel wird die Probe platziert und mit einem Infrarotstrahl beleuchtet. Das Absorptionsspektrum wird in einem Detektor gemessen und auf einem angeschlossenen Computer ausgewertet und dargestellt.

Das Licht kann dabei aus unterschiedlichen Quellen, zum Beispiel von einem Nernst-Stift aus Zr-Oxid mit Y-Oxid als Zusatz, oder von einer keramischen Lichtquelle, ein Keramikstäbchen, umwickelt mit Heizdraht aus Pt mit gesinterter Schicht aus  $Al_2O_3$  und umgeben von einer Hülle, stammen. (Fric et al, 2000)

Der Detektor ist ein Strahlungsempfänger, mit dem man das stoffspezifische Spektrum misst. Man unterscheidet thermische Detektoren und Quantum-Detektoren. Der thermische Detektor misst den Temperaturunterschied des absorbierenden Materials, während beim Quantum-Detektor die die

Wechselwirkung zwischen Strahlung und Elektron in einem Festkörper, wodurch Elektronen auf ein höheres Energie-Niveau gebracht werden, eine Rolle spielt (P.R. Griffiths, 2006).

Der Spektralapparat der FTIR-Geräte (Interferometer) führt eine gleichzeitige Messung über den gesamten Wellenlängenbereich durch. Die Strahlung wird durch einen halbdurchlässigen Strahlenteiler aufgespalten, an Spiegeln reflektiert und nach Rekombination zur Interferenz gebracht (Referenz). Beim Verschieben des beweglichen Spiegels ändert sich die Wellenlänge und dadurch kommt es zu einer Phasendifferenz. Über die Fourier-Transformation wird das Interferogramm in das Absorptionsspektrum umgewandelt. Um ein Spektrum erhalten zu können, muss zuerst auf einen Referenzwert kalibriert werden. Dafür muss vor jeder Messung der saubere Untergrund bemessen werden.

Man misst die Menge an Licht, die nach dem Durchdringen des Materials vorhanden ist. Wenn man die gemessene Intensivität des Lichts durch die Intensivität des Ausgangsstrahls teilt, erhält man die Transmittance, mit der man die Spektren bereits darstellen kann. Um eine praktischere Darstellung der Ergebnisse erhalten zu können, wird die Transmittance so umgeformt, dass man zum Wert der Absorbance kommt, indem der negativ dekadische Logarithmus von der Transmittance berechnet wird:  $A = -\log T$  (Beer-Lambert Law). So erhält man eine lineare Darstellung der Absorbance, mit der man die Daten einfach und effizient interpretieren kann.

Das erhaltene Spektrum zeigt, vor allem bei einem reinen Material, aus eindeutigen, stoffspezifischen Banden, die bei den bestimmten Wellenzahlen aufzufinden sind. Im Diagramm werden auf der X-Achse die Wellenzahl, von  $4000-500 \text{ cm}^{-1}$ , und auf der Y-Achse die Absorption aufgetragen.

## 4.7 Fehler

### 4.7.1 Nachträgliche Verschmutzung

Einer der wesentlichsten Ursachen von Ungenauigkeiten oder Verfälschungen der Ergebnisse sind Kontaminationen nach der Probenentnahme. Da Mikroplastik sehr leicht und unbemerkt durch kleinste physikalische oder chemische Prozesse vom Originalkörper herausgelöst werden kann, besteht permanent die Gefahr, die gesammelten Proben damit zu verschmutzen. Um solche Einflüsse möglichst zu verhindern, wurden als Werkzeuge für die Probennahme nur Metallgegenstände und Glasbehälter eingesetzt. Im Umgang mit den Sedimentproben wurde darauf geachtet, Expositionszeiten zu möglichen Kontaminationsquellen möglichst zu beschränken (sterile Umgebungsbedingungen, zeitlich eingeschränkte Manipulationen an den Proben, etc.).

Die Laborarbeit, vor allem das Trocknen und Teilen der Proben, konnte trotzdem nicht komplett ohne Verunreinigungen durchgeführt werden, da das Labor auch für andere Untersuchungen verwendet wurde und wird, bei denen unvermeidlich auch Kunststoffe in die Laborräumlichkeiten eingetragen wurden. Vor den gegenständlichen Untersuchungen wurden daher Reinigungen der Apparaturen durchgeführt; die Untersuchungen erfolgten unter „Schutzbekleidung“, entsprechender persönlicher Bekleidung und einem Labormantel aus reiner Baumwolle, ohne jeglichen Kunststoffanteilen.

Alle Proben wurden den gleichen Bedingungen ausgesetzt, weswegen von der Annahme ausgegangen wird, dass die maximale nachträgliche Kontamination dem Messwert in der Probe 1B (aus dem Zuflussbereich) entspricht.

#### 4.7.2 Fehler der Auszählung

Es wurde darauf geachtet, die Fraktionen, die unter dem Binokular untersucht wurden, klein zu halten, damit eine überschaubare Menge betrachtet wird und dadurch weniger Platz für den Einbau von Fehlern vorhanden ist. Gleichzeitig wurden die Fraktionen aber so gewählt, dass sie nicht zu klein sind, um als repräsentative Menge der Gesamtprobe fungieren zu können. Der Prozentsatz an Plastikpartikeln, die nicht gefunden werden konnten, befindet sich damit in einem Bereich von wenigen Prozent.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Korngrößenanalyse

Die Korngrößenanalyse der Sedimente an den Stellen der Probenentnahme ergibt folgende Daten:

- Durchschnittlich haben die Proben beim Zufluss, an Stelle 1 und gegen Flussende, an den Stellen 11 und 13, die größten Sedimente.

Es wird bei Stelle 1 ein mittleres Maximum von 1,335 [mm] Korngröße erreicht.

Die geringste mittlere Korngröße von 0,445 [mm] ist bei Stelle 9 erreicht.

- Die Sortierung fällt beim Zufluss und Abfluss eindeutig schlechter aus als entlang des restlichen Flussverlaufs.

Der beste Sortierungsgrad beträgt 1,368 und wird an Stelle 9 erreicht. Dazwischen sind die Sedimente etwas besser, aber immer noch relativ schlecht sortiert und erreichen bei Stelle 13 die schlechteste Sortierung von 2,033.

Tabelle 3: Alle Daten der Korngrößenanalyse sind hier dargestellt. Die Berechnung des Median, des Mittelwerts und der Sortierung, wurden mit der Methode von Trask durchgeführt. Angaben in relativen Häufigkeiten.

	[mm]	Stelle 1	Stelle 4	Stelle 5	Stelle 6	Stelle 9	Stelle 11	Stelle 13
Klasse 1	>2	0,208	0,026	0,095	0,007	0,003	0,099	0,148
Klasse 2	2-1	0,299	0,118	0,057	0,162	0,028	0,293	0,170
Klasse 3	1-0,5	0,260	0,441	0,229	0,359	0,334	0,526	0,221
Klasse 4	0,5-0,25	0,123	0,297	0,449	0,306	0,537	0,074	0,410
Klasse 5	0,25-0,125	0,065	0,095	0,125	0,137	0,090	0,005	0,047
Klasse 6	0,125-0,063	0,046	0,023	0,044	0,030	0,008	0,002	0,003
Korngrößenparameter								
	Median [mm]	1,200	0,540	0,410	0,510	0,410	0,830	0,600
	Mittelwert [mm]	1,335	0,580	0,480	0,580	0,445	1,010	0,865
	Sortierung [mm]	2,033	1,491	1,644	1,586	1,368	1,503	2,060

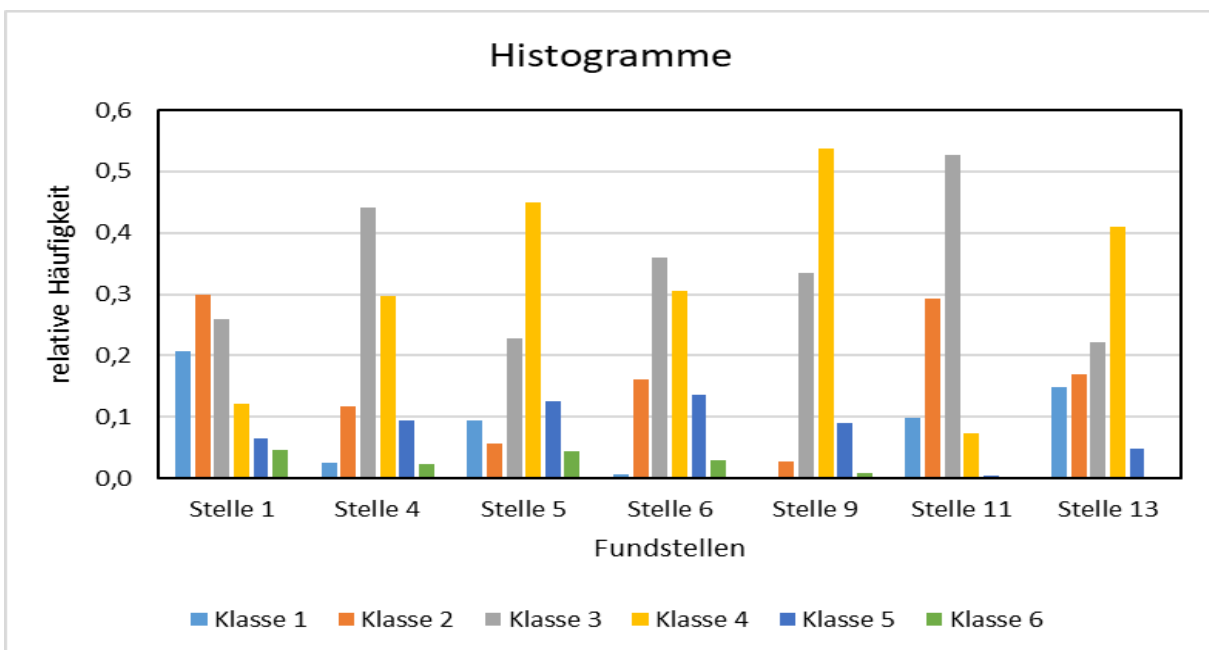


Abbildung 5: Histogramme der Korngrößen aller gesammelten Sedimente. Die genauen Werte sind in der darüber liegenden Tab. 3 genauer beschrieben.

## 5.2 Mikroplastik-Funde pro kg Sediment

Auf einen Kilogramm Trockengewicht hochgerechnet, wurden beim Zufluss in Probe 1B 9.055 Fasern (weiß), 566 Fasern (bunt), 1.132 Fragmente, also insgesamt 10.753 Partikel.

Die Probe 4A beinhaltet 9.479 Fasern (weiß), 790 Fasern (bunt), 527 durchsichtige Kügelchen und 263 folienartige Partikel, insgesamt 11.058 Partikel.

Die mittleren Werte bei Stelle 5 (B und C) zeigen 29.685 Fasern (weiß), 1.212 durchsichtige Kügelchen, 238 bunte Kügelchen und 1.815 Fragmente, insgesamt je 32.831 Partikel.

Bei Stelle 6 (A und B) findet man im Durchschnitt 14.834 Fasern (weiß), 3.003 Fasern (bunt), 542 durchsichtige Kügelchen, 271 bunte Kügelchen, 7.947 Fragmente und 542 schwer definierbare Partikel, insgesamt 27.140 Teilchen.

Durchschnittlich wurden bei Stelle 9 (A und C) 15.212 Fasern (weiß), 865 Fasern (bunt), 755 durchsichtige Kügelchen, 252 bunte Kügelchen und 975 Fragmente gefunden, insgesamt 18.058 Partikel.

Bei Stelle 11A konnten 13.921 Fasern (weiß), 2.784 Fasern (bunt), 1.856 Fragmente und 3.712 an folienartigen Partikeln und Schlacke-Fragmente, insgesamt 22.274 Partikel gefunden werden.

Beim Abfluss, in Probe 13B, wurden 11.696 Fasern (weiß), 3.411 Fragmente, insgesamt 15.107 verdächtige Partikel und viele gut erhaltene Muscheln gefunden.

Der durchschnittliche Wert der Gesamtfunde beträgt somit 21.525 Partikel pro kg Trockensediment.

*Tabelle 4: Hier sind die interessantesten Funde aller Proben dargestellt. Hochgerechnet auf die Anzahl pro kg. Unter dem Begriff „Anderes“ fallen alle Einzelfunde, die keiner Kategorie zugeordnet werden konnten.*

<b>Funde pro kg</b>	<b>1B</b>	<b>4A</b>	<b>5B</b>	<b>5C</b>	<b>6A</b>	<b>6B</b>	<b>9A</b>	<b>9C</b>	<b>11A</b>	<b>13B</b>
<b>Fasern</b>	9055	9479	27512	31859	15033	14634	13407	17016	13921	11696
<b>Fasern bunt</b>	566	790	0	0	1670	4336	879	851	2784	0
<b>Kügelchen durchs.</b>	0	527	1474	951	0	1084	659	851	0	0
<b>Kügelchen bunt</b>	0	0	0	238	0	542	220	284	0	0
<b>Fragmente</b>	1132	0	1965	1664	6682	9214	1099	851	1856	3411
<b>Anderes</b>	0	263	0	0	0	1084	0	0	3712	0
<b>gesamt</b>	10753	11058	30951	34712	23385	30894	16264	19853	22274	15107

Bei den Stellen 5, 6 und 9 wurden jeweils eine Probe von unter dem Wasserspiegel (5B, 6A, 9A) und eine von über dem Wasserspiegel (5C, 6B, 9C) untersucht. Die Verschmutzung weist dabei immer erhöhte Werte in den ‚trockenen‘ Proben oberhalb des Wasserspiegels auf.

### 5.3 Raman Spektren

Die Raman Spektren konnten zum Großteil nicht verwendet werden, um die potentiellen Plastik-Partikel detailliert zu untersuchen, waren aber eine große Hilfe, andere Bestandteile des Sediments zu identifizieren. Bei allen untersuchten weißen Fragmenten zeigen die Spektren stoffspezifische Werte von Aragonit, und zeigen damit Schalenreste von Organsimen (Mollusken?). Andere Spektren konnten Muskovit und Quarz zugeordnet werden und zeigen mineralische Anteile.

Die restlichen Ergebnisse sind aufgrund von Fluoreszenz-Effekten, die alle stoffspezifischen Ausschläge im Spektrum für organische Verbindungen komplett überdecken, unbrauchbar.

## 5.4 Infrarot Spektren

Bei allen Infrarot Spektren (Abb. 6) kann man typische Absorptions-Banden im Bereich einer Wellenzahl von  $3000\text{-}2500\text{ cm}^{-1}$  erkennen, die bei organischen Verbindungen zu erwarten sind. Im Fingerprint-Bereich von  $1500\text{-}500\text{ cm}^{-1}$  (Hesse et al., 2005) verhalten sich alle untersuchten Partikel unterschiedlich.

Aufgrund der unzureichend genauen Auflösung des Infrarot-Spektrometers, sind die Spektren nicht eindeutig einem bestimmten Material zuzuweisen und müssen daher mit einer gewissen Skepsis betrachtet werden. Es kann nicht garantiert werden, dass es sich bei den Funden um Plastik handelt.

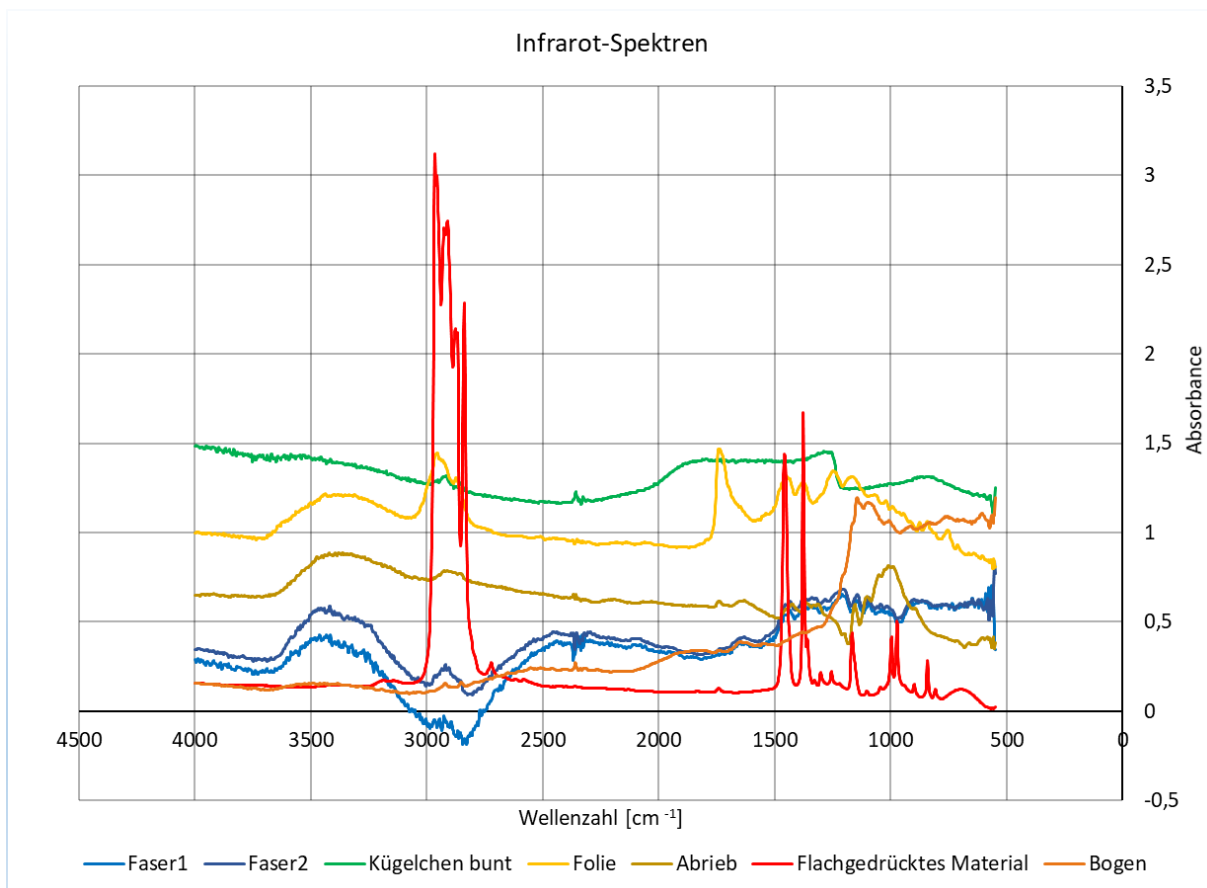


Abbildung 6: Die Infrarot-Spektren aller untersuchten Partikel. Die Blautöne repräsentieren die Fasern, grün die K ugelchen und die gelb bis roten Farben repräsentieren die Einzelfunde, die unter dem Überbegriff „Anderes“ kategorisiert wurden.

## 6. Diskussion

### 6.1 Streupräparate – Auswertung

Die Streupräparate wurden im Durchlichtmikroskop betrachtet und untersucht. Dabei wurden verschiedene Hinweise auf mögliche Plastikpartikel gesucht, um eine bisher ungetestete Herangehensweise zu testen. Ziel war es, die Menge an Plastikpartikel pro Gesamtzahl an Partikel einer Probe festzustellen.

Die Unterscheidung von Kunststoffen und anderen nicht-mineralischen Stoffen unter dem Polarisationsmikroskop hat sich als sehr problematisch erwiesen, weshalb es kaum möglich war, eine sinnvolle Auszählung zu erlangen. Viele Mikroplastikpartikel sind zwar an bunte hohe Interferenzfarben gebunden, andere Partikel zeigen aber ganz unterschiedliche Charakteristik. Es fehlt an Erfahrung und an Wissen auf dem Gebiet, um diese Methode quantitativ durchzuführen. Deshalb wurde entschieden, die Präparate nur als einen ersten Eindruck in die Proben zu nutzen und für die Auszählung andere Methoden zu verwenden.

## 6.2 Interpretation der Korngrößenanalyse

Die mittleren Korngrößen sind in der Zufluss-Nähe und beim Abfluss erhöht. Ursache dafür ist eine geringere Strömungsgeschwindigkeit in diesen Bereichen des Flusses, als in jenen dazwischen, sowie Zuflüsse unterschiedlicher Kornfracht. Auch die Probenentnahmestellen können Verteilungen und Sortierungen beeinflusst haben. Die Strömungsenergie des Wassers reicht an diesen Stellen nicht aus, um die gröberen und schwereren Partikel weiter zu transportieren, weshalb diese abgelagert werden. Gleichzeitig sind sowohl die Strömungsenergie des Wassers wie auch die Transportzeit der Sedimente nicht hinreichend, um die Sandkörner wesentlich zu zerkleinern. Daraus ergibt sich eine relativ grobe mittlere Korngröße.

An den Stellen dazwischen ist die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses weitaus höher und besitzt daher ausreichend Energie, um die gröberen Sedimente zu transportieren und zu zerkleinern. Es entsteht ein durchschnittlich feineres Sediment.

Die sich ändernden Strömungsgeschwindigkeiten an den verschiedenen Stellen des Flusses, die gröbere Fracht von Zuflüssen und menschliche Eingriffe ins Fließregime wirken sich auf ähnliche Weise auf den Sortierungsgrad aus. Man kann daher schlecht sortierte Sedimente vor allem beim Zufluss- und Abflussgebiet finden.

## 6.3 Interpretation der Plastik-Verteilung

Man erkennt in Abb. 7 einen generellen Trend einer Zunahme von der Quelle zur Mündung des Flusses, der bei Probe 1 (Quellfluss) den niedrigsten Stand hat. Man findet in dieser Probe hauptsächlich sehr kleine weiße Fasern (sowie vermehrt Schalenfragmente aus Aragonit, die auf ein gut ausgebildetes Ökosystem hinweisen).

Die Probe 1 stammt aus dem Zufluss-Gebiet, abseits von Straßen oder anderen menschlichen Bauten und befindet sich, geografisch gesehen, noch vor der ersten Ortschaft. Diese relativ



unbelastete Lage erklärt, wieso die Werte hier weit unter dem Durchschnitt der gesammelten Daten insgesamt liegen. Die Verschmutzung dieser Probe ist (1) von geringen lokalen Quellen (Bauernhöfen), (2) von Partikeln (v.a. Fasern) die über größere Distanzen durch die Luft in das Sediment gekommen sind, oder, (3) nach der Probenentnahme durch Verunreinigungen beim Transport, bei der Lagerung oder bei der Laborarbeit dazugekommen. Sowohl die Zufuhr aus der Luft, als auch die nachträgliche Verschmutzung, können bei allen weiteren Proben, die sich Fluss abwärts befinden, ungefähr in gleichem Ausmaße auf die Teilchenzahl auswirken, daher fungiert Probe 1 als Referenzwert und stellt den Minimalwert der Verschmutzungsskala dar.

Probe 4B hat ähnlich niedrige Werte, wie die vorige Probe, was dadurch zu erklären ist, dass sie kurz vor der ersten größeren Ortschaft gesammelt wurde. Das Sediment befindet sich zwar nahe einer Straße, was aber offenbar sehr wenig Einfluss auf die Kontamination durch Plastik hat. Der größte Unterschied zur vorigen Probe ist das erste Auftreten von durchsichtigen Mikrokügelchen. Auch, wenn nur wenige dieser Kügelchen gefunden wurden, ist es dennoch ein erstes Anzeichen auf eine verändernde Situation, da diese Partikel generell als Mikroperlen aus Kosmetika interpretiert werden und daher auf stärkeren Zivilisationseinfluss deuten.

Bei Proben 5B und 5C erreichen die Messwerte ein eindeutiges Maximum, über den übergeordneten Trend hinausgehend, welches ungefähr die dreifache Menge der Zufluss-Werte ausmacht. Sowohl die Anzahl der Fasern, als auch die Anzahl der Kügelchen nimmt hier abrupt stark zu. Das Sediment stammt aus einer größeren Ortschaft, Altenmarkt an der Triesting, wo sowohl weitaus mehr Zivilisationseinfluss, als auch eine Fabrik, die mit Plastik arbeitet, vorzufinden ist. Die Proben sind bewusst einige Meter flussabwärts dieser Fabrik entnommen worden, damit ihr Einfluss auf die Kontamination abgeschätzt werden kann. Es ist daher wenig überraschend, dass hier stark erhöhte Werte aufzufinden sind.

Alle übrigen Proben, ausgenommen der letzten, verhalten sich relativ konstant und unterscheiden sich sowohl in Zusammensetzung, als auch in der Gesamtmenge an Funden nur relativ wenig voneinander. Diese Sedimente wurden alle in Ortschaften entnommen und weisen ähnliche Umweltbedingungen vor. Es ist anzunehmen, dass die konstant hohen Verschmutzungswerte auf menschlichen Einfluss zurückzuführen sind. In diesen Teilen des Flusses gibt es eine hohe Verwendung an Kunststoffen, wie PET-Flaschen, aber auch Plastik aus Kleidungsstücken, Kosmetika oder Ähnlichem. Durch den erhöhten Verkehr kommt über die Straßen weiterer Schmutz, darunter auch Plastik, entweder direkt, oder über Umwege in die Flusssedimente.

Bei der letzten Stelle der Probenentnahme, Probe 13B, gehen die Werte wieder stark zurück. Der Fluss ist schon einige Kilometer weit von der letzten Ortschaft entfernt und weist somit eine geringere zusätzliche Aufnahme an Plastik auf. Die Triesting wird breiter und die Strömungsgeschwindigkeit wird geringer, wodurch die Plastikteilchen aus den Ortschaften davor die Möglichkeit haben, sich schon davor anzusammeln.

Die Sedimente, die über der Wasseroberfläche entnommen wurden, zeigen eine stärkere Verschmutzung, als die von unter der Wasseroberfläche des gleichen Ortes. Diese Tendenz kann so erklärt werden, dass Plastik zum Großteil schwimmt und sich daher eher über der Mittelwasserlinie an der Sedimentoberfläche ansammeln kann und dann bei Hochwasser eher an höheren Sandbankstellen sedimentiert wird.

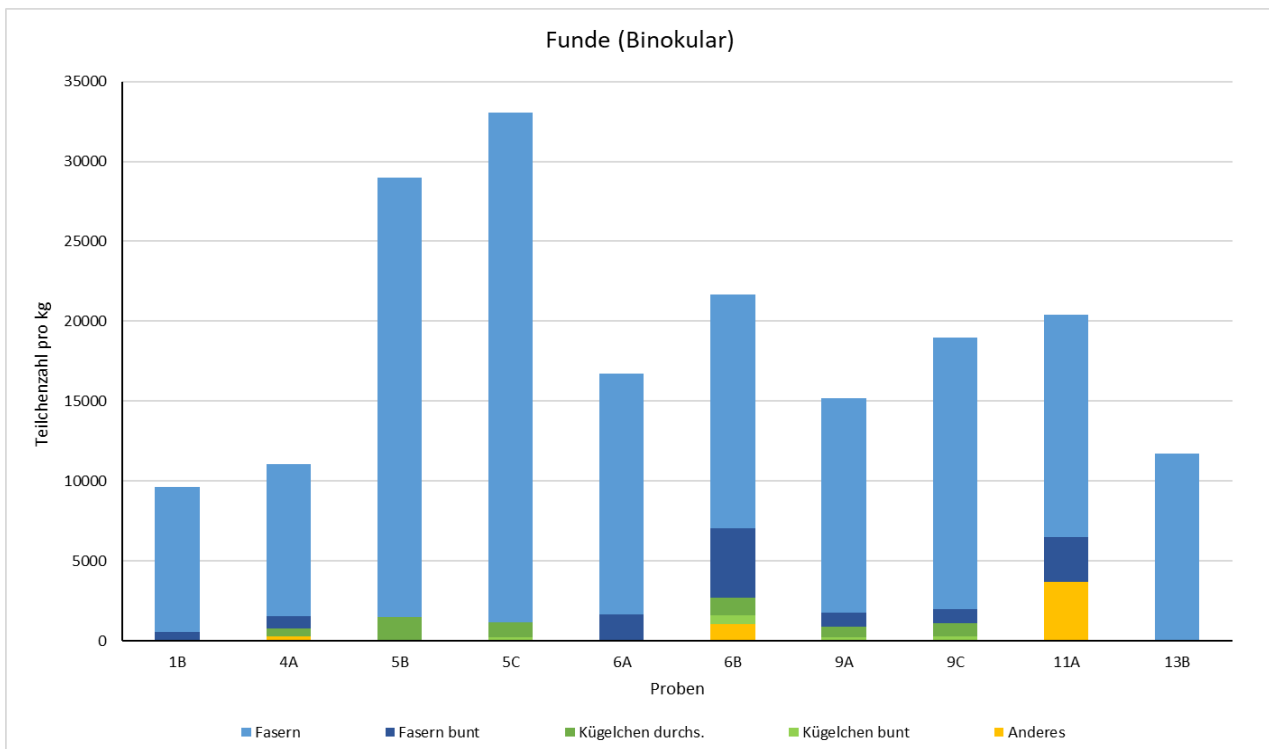


Abbildung 7: Alle Funde pro kg sind hier grafisch dargestellt. Man erkennt einen Trend der zuerst ab Probe 5 stark zunimmt, sich dann von 6-11 relativ konstant hält und dann am Ende wieder abnimmt. Die gefundenen „Bruchstücke“ sind hier nicht dargestellt, da alle untersuchten Bruchstücke Aragonit, also kein Plastik sind.

#### 6.4 Interpretation der Spektren

Durch die Raman-Spektroskopie konnte die mineralogische Zusammensetzung des Sediments genauer beschrieben werden. Es besteht hauptsächlich aus Quarz, Aragonit, Calcit und Glimmer (Muskovit).

Bei nicht-mineralischen Fragmenten wie Glas, Plastik, oder Ähnlichem, konnte die Raman-Spektroskopie keine Antworten liefern, da die Partikel unter dem Laserstrahl zum fluoreszieren

begonnen haben und daher die Werte in einem so großen Ausmaß verfälscht wurden, dass die Spektren nicht brauchbar waren.

Aus diesem Grund wurden die weiteren Proben mit der Infrarot-Spektroskopie untersucht, bei der die Fluoreszenz keine Rolle spielt. Die Größe der Partikel hat sich als Problem bei dieser Methode herausgestellt, wodurch die exakte Zuordnung eines bestimmten Materials nicht möglich war. Jedoch war es hilfreich durch die Infrarot-Analysen herauszufinden, dass es sich bei den untersuchten Teilchen um Kunststoffe handeln kann. Rein theoretisch könnte es sich bei den Fasern auch um Fasern natürlicher Herkunft, z.B. Holzfasern oder Mineralwolle, handeln, was bei Betrachtung der Verteilung aber eher unwahrscheinlich scheint. Die Funde an Fasern sind im waldnahen Bereich, bei Probe 1, geringer als in Ortschaften, obwohl die Menge an Holz, Bäumen, etc. in den Ortschaften deutlich abnimmt. Es ist daher äußerst unwahrscheinlich, dass es sich dabei um Holzfasern handelt.

Eine weitere Möglichkeit wären Baumwollfasern. Es ist nicht möglich definitiv zu sagen, ob es sich bei den gefundenen Fasern um Kunststoff- oder Baumwollfasern handelt, solange keine chemischen Analysen durchgeführt werden. Es wird aber aufgrund vom äußerlichen Erscheinungsbild der Funde angenommen, dass es sich um Kunststoff handelt, was auch durch die Mikroskopie bestätigt wurde. Die Entstehung dieser Kunststofffasern können durch die Produktion, durch Auswaschung und durch natürliches Altern von Textilien (*Browne et al., 2011*) erklärt werden.

## 7. Schlussfolgerung

### 7.1 Verschmutzung der Triesting

Nachdem alle Daten analysiert und ausgewertet wurden, kann man feststellen, dass die Verschmutzung der Flusssedimente sehr stark vom direkten menschlichen Einflussgrad abhängt. Im Fall der Triesting ist die Anzahl der Funde zahlenmäßig sehr hoch, die Partikel selbst waren aber sehr klein: Fast alle Teilchen sind unter einem mm groß und machen dadurch nur einen sehr kleinen Volumen- und Massenanteil des Sediments aus. Die quantitative - auf die Teilchenanzahl bezogene - Analyse der Sedimente zeigt jedoch einen überraschend hohen Kontaminationsgrad. Vor allem bei Altenmarkt, wo ein deutliches Maximum erreicht wurde, weisen die Daten einen beachtlichen Kontaminationsgrad aus, dessen Auswirkungen doch vorrangig zu untersuchen wären.

Vermutlich hat der Mikroplastikanteil im Flusssediment daher derzeit bereits Einfluss auf Fauna, Flora, Geologie oder Gesundheit der Menschen.

Aufgrund der Ergebnisse der Analysen sollte man in Betracht ziehen, weitere und vor allem umfassende Untersuchungen durchzuführen. Interessant erscheinen hier insbesondere

Untersuchungen an Sedimenten von Flüssen, die entweder größer sind als die Triesting, und/oder an größeren bzw. dichtbesiedelten Städten liegen, wie zum Beispiel die Donau in Wien, wo bisher nur Plastikteilchenkonzentrationen im Wasser gemessen wurden.

Die Erfahrungen aus der vorliegenden Arbeit lassen vermuten, dass dabei sehr hohe Mikroplastik-Konzentrationen festzustellen sein werden, die für die Biosphäre durchaus problematisch sein oder werden könnten.

Ferner könnten solche Untersuchungen auch Anhaltspunkte zur Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit von gewässertechnischen Prozessen, Wasser- und Abwasserinfrastrukturen und z.B. Kläranlagen liefern.

## 7.2 Die Analysemethoden

Die Arbeit wurde als eine Art „Pilot-Studie“ betrachtet. Ein wesentlicher Aspekt war daher auch, verschiedene Analysemethoden zu testen und ihre Sinnhaftigkeit für zukünftige Untersuchungen zu evaluieren.

Dazu hat sich herausgestellt, dass keine der Methoden für sich alleine ausreichend war, um klare Aussagen treffen zu können:

- Die Streupräparate waren kaum hilfreich, da es nicht möglich war, rein visuell die Plastikpartikel von Glas oder anderen Stoffen zu unterscheiden.
- Die Raman-Spektroskopie war in diesen Untersuchungen aufgrund der Fluoreszenz problematisch, aber prinzipiell die beste Methode für die Identifizierung der gefundenen Partikel, da selbst kleinste Teilchen leicht untersucht werden können. Für zukünftige Untersuchungen kann daher empfohlen werden, in jedem Fall die Raman-Spektroskopie zu testen, da die Methode ideal ist, falls die Partikel nicht zu stark fluoreszieren. Aus der Literatur wird FT-Raman-Spektroskopie empfohlen, da hier keine Fluoreszenzerscheinungen auftreten und organische Verbindungen sehr gut unterschieden und identifiziert werden können.
- Je nach Größe und Form der zu untersuchenden Partikel kann die Infrarot-Spektroskopie auch von Nutzen sein, vor allem, wenn die Teilchen eine flache Form haben, oder so bearbeitet werden können, dass man eine flache Scheibe des Materials erstellen kann. Generell erscheint diese Methode für Mikroplastik-Nachweis weniger verwendbar als die (FT)-Raman-Spektroskopie.

Vorstellbar wären auch chemische Analysemethoden, wozu allerdings die Probengewinnung in einer weiterführenden Weise standardisiert werden müsste. Aufgrund der bislang gewonnenen

Erfahrungen darf die Vermutung in den Raum gestellt werden, dass hier insbesondere über die Plastik-Zusammensetzung und eventuelle chemische Wirkungsmechanismen weitergehende Erkenntnisse gewonnen werden könnten.

## 8. Referenzen

- Ballent, A., Corcoran P.L., Madden, O., Helm, P.A., Longstaffe F.J. (2016) Sources and sinks of Microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments, *Marine Pollution Bulletin*, 110, 383-395
- Blettler, M.C.M., Ulla, M.A., Rabuffetti, A.P., Garello, N. (2017) Plastic pollution in freshwater ecosystems: macro-, meso- and microplastic debris in a floodplain lake, *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(11), 581
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., Thomson, R. (2011). Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks, *Environmental Science & Technology*, 45(20), 9175-9179
- Fric, H., Kedzierski, A., überarbeitet von: Beran, A., Libowitzky, E. (2000) *IR-Spektroskopische Methoden in der Mineralogie*. WS 2000/2001
- Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich. Hg. Geologische Bundesanstalt. Wien, 1999. Online: <https://www.geologie.ac.at/forschung-entwicklung/kartierung-landesaufnahme/geologie/geologische-karte-12000000/> [11.11.2017]
- Griffiths, P.R., de Haseth, J.A. (2007). *Fourier Transform Infrared Spectrometry, Second Edition*, John Wiley & Sons, New Jersey, 560 S.
- Hesse M., Meier H., Zeeh B. (2005). *Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie*, Thieme, Stuttgart, 468 S.
- Hohenblum, P., Frischenschlager, H., Reisinger, H., Konecny, R., Uhl, M., Mühlegger, S., Habersack, H., Liedermann, M., Gmeiner, P., Weidenhiller, B., Fischer, N., Rindler, R. (2015). *Plastik in der Donau. Untersuchung zum Vorkommen von Kunststoffen in der Donau in Österreich*, Umweltbundesamt GmbH, 0547, 120 S.
- Lippiatt, S., Opfer, S., and Arthur, C. (2013). *Marine debris monitoring and assessment*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46.
- Lwanga H.E., Gertsen H., Gooren H., Peters P., Slánki T., van der Ploeg M., Besseling E., Koelmans A.A., Geissen V. (2016). *Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae)*, *American Chemical Society*, 50 (5), 2685-2691
- Rillig M.C. (2012). *Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil?*, *American Chemical Society*, 46 (12), 6453-6454
- Šašić S., Ekins S. (2007). *Pharmaceutical Applications of Raman Spectroscopy*, John Wiley & Sons, New Jersey, 272 S.

## 9. Danksagung

Hiermit möchte ich mich herzlichst bedanken, bei meinem Betreuer Ao. Univ. Prof. Dr. Michael Wagreich (Institut f. Sedimentologie), der mir bei der Auswahl und der Durchführung der Arbeit geholfen hat.

Außerdem bedanke ich mich bei Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Eugen Libowitzky (Institut f. Mineralogie), der mir bei der Raman-, und der Infrarot-Spektroskopie geholfen und mich unterstützt hat.

Beim Laborpersonal, vor allem DI. Sabine Hruby-Nichtenberger, bedanke ich mich, da sie mir bei den Laborarbeiten immer eine große Unterstützung war.

Zuletzt geht ein großer Dank an das Personal der Paläontologie, das einen Kühlraum zum Lagern meiner Proben und ein Binokular-Mikroskop zur Untersuchung der Sedimente, zur Verfügung gestellt hat.

## 10. Anhang



Abbildung 8: Der elektronische Sedimentteiler, mit dem die Proben pro Durchgang auf ein gleichmäßig aufgeteiltes Achtel reduziert werden konnten.



Abbildung 9: Ein Binokular mit montiertem Kamerasystem, mit dem die Fotos der Proben in den Sammelzellen gemacht wurden.



Abbildung 10a: Foto des Flusses in Zufluss-Nähe, wo Probe 1 entnommen wurde. Der Fluss ist hier noch sehr seicht und die Strömungsgeschwindigkeit sehr gering.



Abbildung 10b: Entnahmestelle der Probe 1 aus der Nähe.



Abbildung 11a: Die Triesting kurz vor Altenmarkt, der ersten Ortschaft auf die der Fluss trifft. Hier wurde Probe 4 entnommen.



Abbildung 11b: Nähere Aufnahme der Entnahmestelle von Probe 4.



Abbildung 10a: Entnahmestelle 12a in Oberwaltersdorf.



Abbildung 12b: Nähere Aufnahme des Sediments der Probe 11 im Feld.

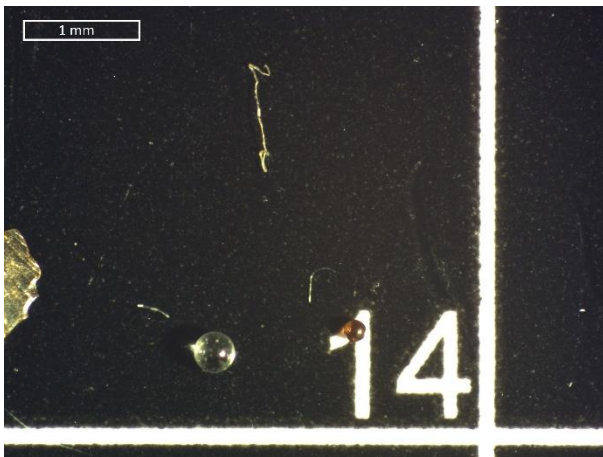


Abbildung 13: Funde aus Probe 9C; ein durchsichtiges und ein gefärbtes Kügelchen, eine etwas längere und zwei kürzere Fasern sind zu sehen.

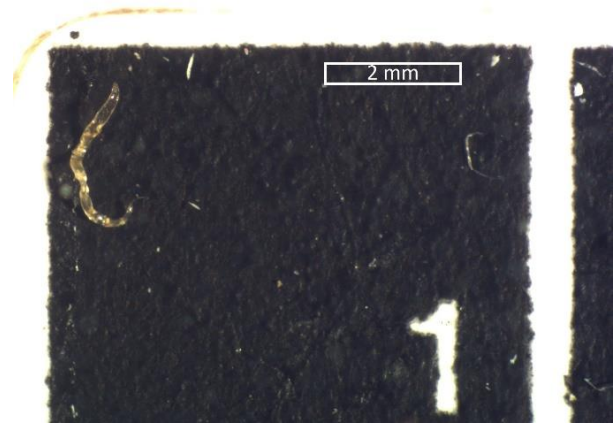


Abbildung 14: Fund aus Probe 5B, ein weiches, zerdrückbares Material, welches für die Infrarot-Spektroskopie in eine flache Form gepresst wurde. Siehe Abb 7 „flachgedrücktes Material“

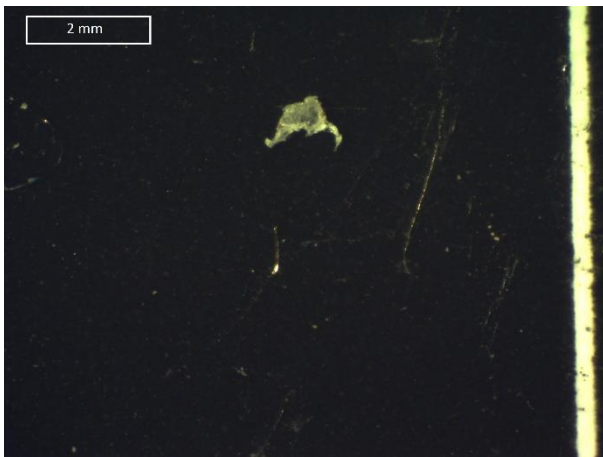


Abbildung 15: Fund aus Probe 6B. Ein Partikel, das ein folienartiges Erscheinungsbild hat. Bei der Auszählung unter dem Überbegriff „Anderes“ untergebracht.

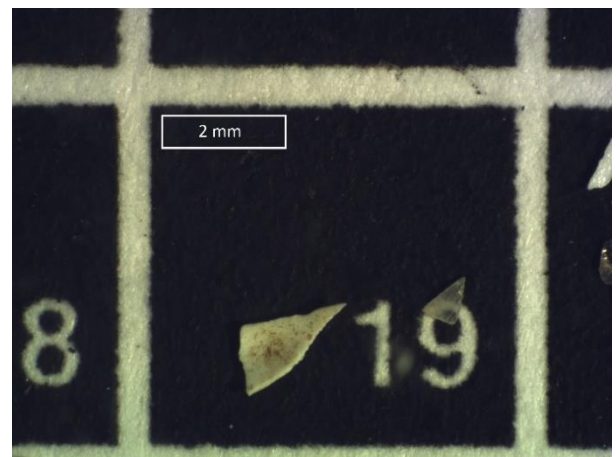


Abbildung 16: Probe 5B - Bruchstücke aus Aragonit. Vermutlich Reste von Muschelschalen.

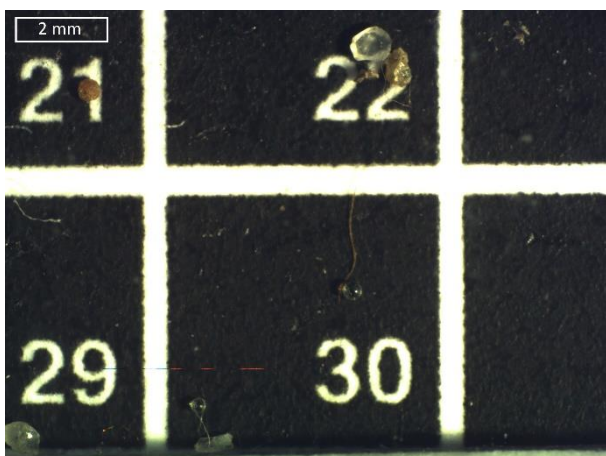


Abbildung 17: Ein Foto mit kleinerer Vergrößerung, von Probe 5B, auf dem eine Sammlung von Fasern, durchsichtigen Kügelchen und Mineralkörnern zu sehen ist.

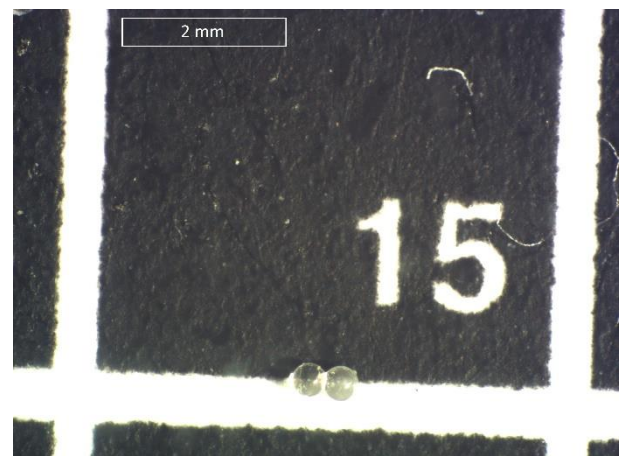


Abbildung 18: Zwei zusammenschmolzene durchsichtige Kügelchen von Probe 5B.



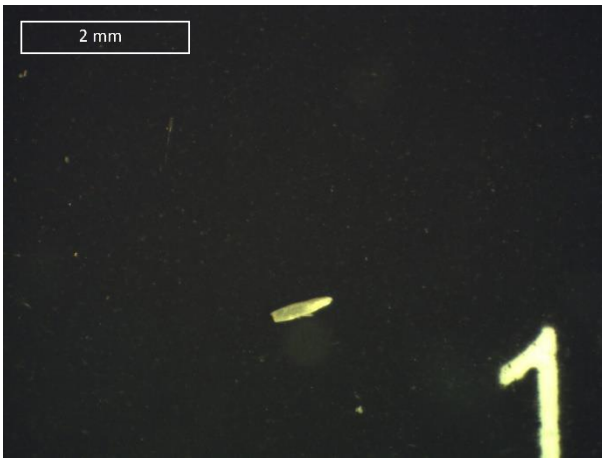


Abbildung 19: Merkwürdig aussehendes Fragment aus Probe 6B. Vermutlich Reste von Schalen/Skelett eines Organismus.

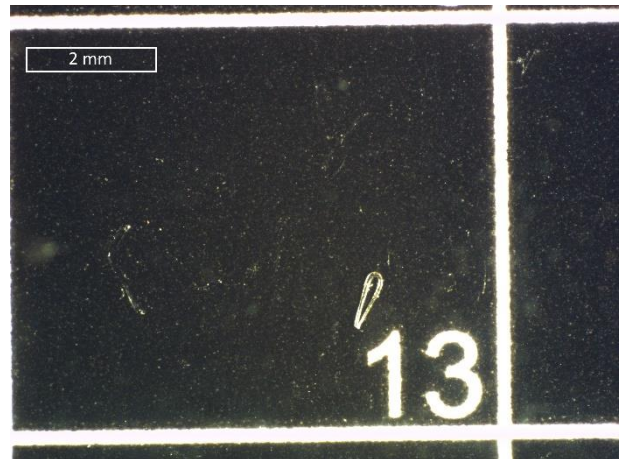


Abbildung 20: Ein weiches, elastisches, schlaufenförmiges Teilchen. Innen hohl und an den Enden offen. Vermutlich Plastik, möglicher Weise aber auch Reste eines Organismus. Bei der Spektroskopie als „Bogen“ bezeichnet (Abb.7)

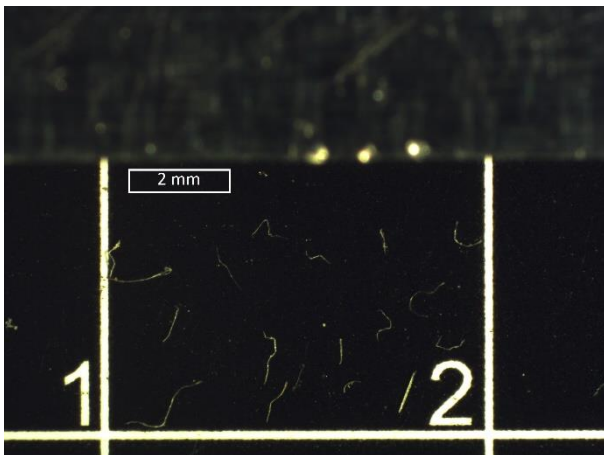


Abbildung 21: Eine Ansammlung mehrerer längerer Fasern aus Probe 6A.

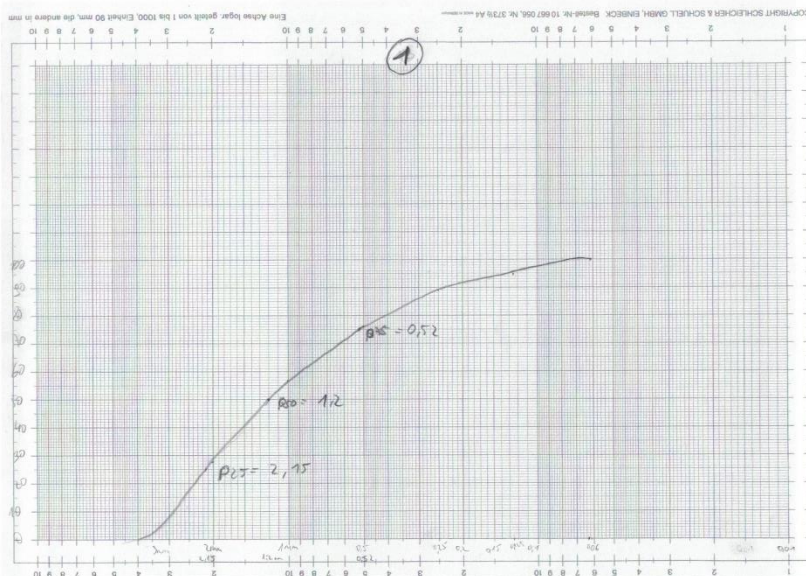


Abbildung 22: Kornsummenkurve des Sediments aus Entnahmestelle 1.

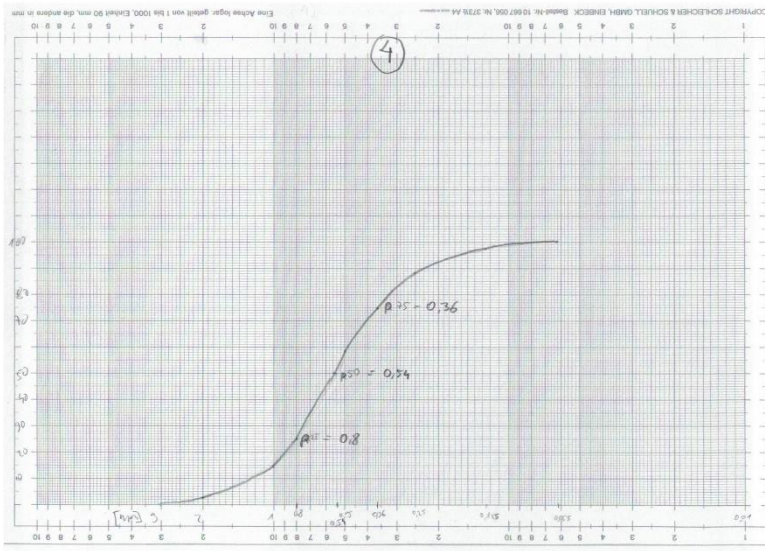


Abbildung 23: Kornsummenkurve des Sediments aus Entnahmestelle 4.

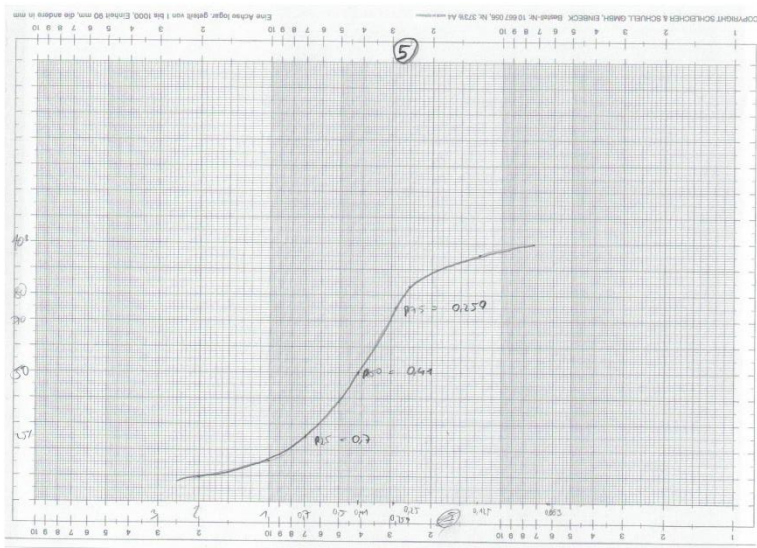


Abbildung 24: Kornsummenkurve des Sediments aus Entnahmestelle 5.

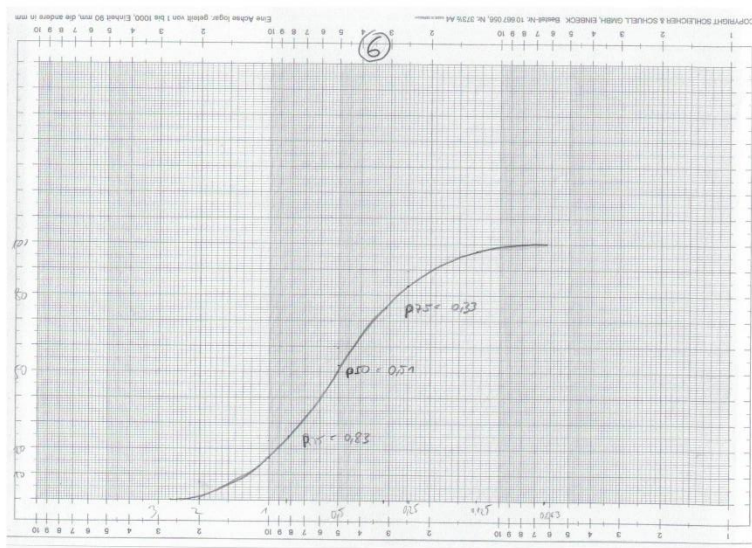


Abbildung 25: Kornsummenkurve des Sediments aus Entnahmestelle 6.

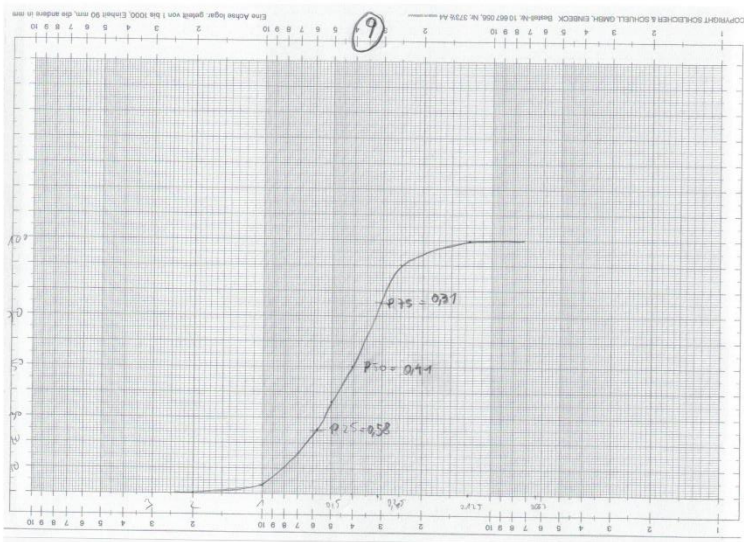


Abbildung 26: Kornsummenkurve des Sediments aus Entnahmestelle 9.

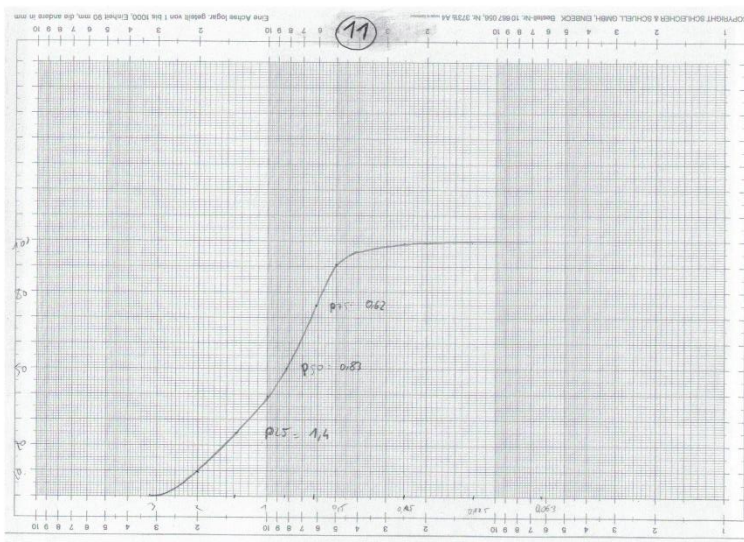


Abbildung 27: Kornsummenkurve des Sediments aus Entnahmestelle 11.

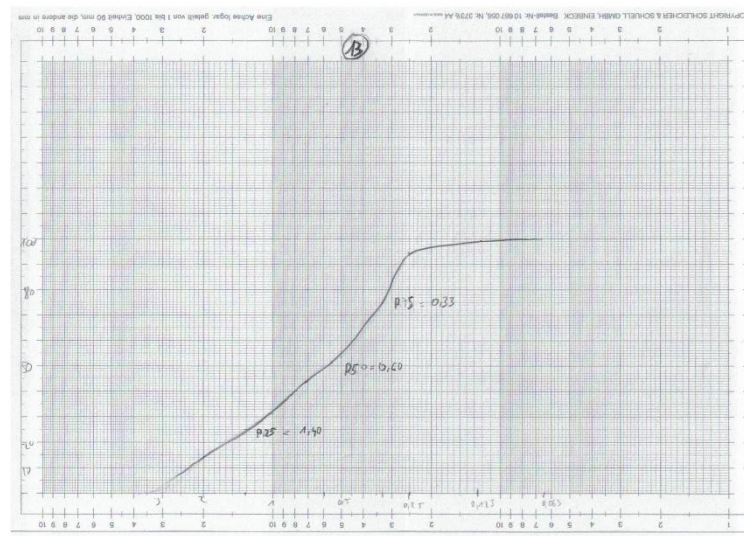


Abbildung 28: Kornsummenkurve des Sediments aus Entnahmestelle 13.

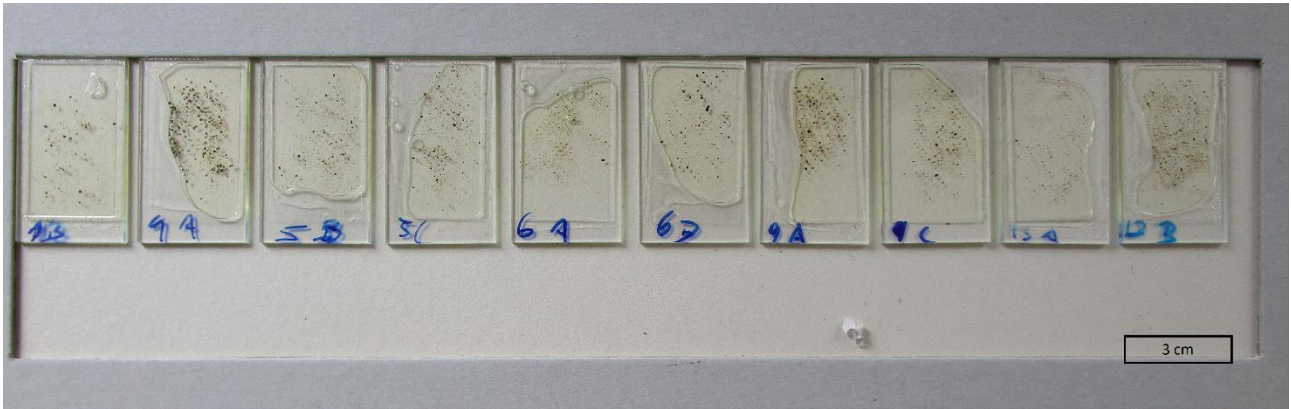


Abbildung 29: Alle angefertigten Streupräparate der Untersuchten Proben.

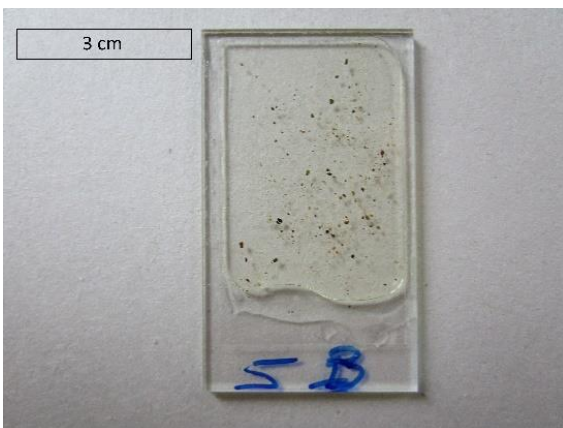


Abbildung 30: Streupräparat 5b aus näherer Perspektive.



Abbildung 31: Eine 200 Mikrometer lange Plastikfaser aus Streupräparat 5B; mit dem Durchlichtmikroskop betrachtet.