Markus Gruber-Brunhumer und Benjamin Kuch

Mikroplastik in Vorarlberger Gewässern.

Eine Situationsanalyse.

Das Thema Mikroplastik hat in den letzten Jahren immer wieder starke mediale Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Insbesondere der Plastikeintrag in die Meere wurde vielfach thematisiert. Quantitative Aussagen und Vergleiche zu den Mengen sind jedoch schwierig, da Probenahmen und Nachweismethoden nicht einheitlich erfolgen. Während für den Bodensee bereits erste Erfahrungswerte vorliegen [1], war die Situation über Mikroplastik in den Vorarlberger Fließgewässern bislang noch unbekannt.

Im Winter 2018 wurden im Rahmen einer Praxisarbeit zum Verwaltungslehrgang der Vorarlberger Landesbediensteten mit unterschiedlichen Nachweisstrategien erste Daten über den Gehalt von Mikroplastik in Vorarlberger Fließgewässern generiert. Dabei wurden auch die vorwissenschaftlichen Arbeiten von Anna-Lea Blümel, einer Schülerin des Bundesgymnasiums Dornbirn und Florian Steinhauser, einem Schüler des Gymnasiums Schillerstraße aus Feldkirch, mit betreut und begleitet bzw. gemeinsam die Datengrundlage erarbeitet.

Mit dieser Kurzfassung werden die ersten Messergebnisse aus der Ill und der Bregenzerach präsentiert.

Was ist Mikroplastik, wie gelangt es in Gewässer und wie wirkt es dort?

Unter dem Begriff Kunststoff werden generell vom Menschen künstlich hergestellte organische Makromoleküle zusammengefasst. Diese werden umgangssprachlich häufig als Plastik bezeichnet [2]. Die große Menge an Kunststoffen, die mittlerweile produziert wird und deren lange Beständigkeit führen jedoch zu Problemen in Natur und Umwelt. Seit Beginn der Kunststoff-Ära in den 1950ern sind geschätzte 8,3 Mrd. t Kunststoff (Stand Juli 2017) produziert worden [3].

Bei den in die Umwelt eingebrachten Kunststoffen handelt es sich häufig um so genanntes Makroplastik (> 2,5 cm) oder auch Mesoplastik (0,5 cm bis 2,5 cm). Durch physikalische, chemische oder biologische Prozesse wird Makroplastik in kleinere Fragmente (Mesoplastik oder Mikroplastik) zersetzt. Unter Mikroplastik werden vorwiegend Fasern und Partikel mit einer Größe von 0,1 µm – 5 mm zusammengefasst [4].

Als primäres Mikroplastik werden Partikel bezeichnet, die von der Industrie zur Weiterverarbeitung in diversen Produkten (z.B. Kosmetikprodukten) verwendet werden oder auch Plastikteilchen, welche erst während der Nutzungsphase zu Mikroplastik werden (z.B. Reifen- und Farbabrieb, Dämmstoffe oder beim Waschen synthetischer Kleidung). Des Weiteren können auch flüssige, wasserlösliche Kunststoffe (z.B. Polyethylenglykol oder Acrylate) als Mikroplastik definiert werden. Sekundäres Mikroplastik entsteht durch Fragmentierung von Makroplastik. Durch diverse Einwirkungen wie bspw. UV-Licht zerfallen Plastikteilchen mit der Zeit in immer kleinere Fragmente [5].

Diese großen Kunststoffmengen, insbesondere Mikroplastik, verteilen sich auf dem ganzen Planeten. Selbst in abgelegene Regionen der Arktis und der Alpen fernab der Zivilisation wird Mikroplastik durch atmosphärische Deposition transportiert. Flüsse gelten als ein wesentlicher Eintragspfad in die Meere, Böden und Seen als dazwischenliegende Mikroplastik-Senken [6, 7]. Auf Basis von Schätzungen wird vermutet, dass ca. 80 % der Plastikpartikel im Meer aus terrestrischen Systemen stammen und diese großteils über Oberflächengewässer in die Meere transportiert werden [8]. Auch Böden sind je nach Landnutzung mit Mikroplastik kontaminiert. Erste Ergebnisse über die *Kunststoffverunreinigungen in landwirtschaftlichen Böden Vorarlbergs* wurden 2019 publiziert. Diese Ergebnisse zeigen, dass vor allem in Ackerböden, wo Wirtschaftsdünger, Gärrückstände oder Klärschlammkompost eingesetzt wurde, erhöhte Kunststoffgehalte vorgefunden werden [4].

Der Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt und Natur wirkt sich vielfältig auf die Ökosysteme und die darin lebenden Organismen aus. Im Meer sind negative Interaktionen von Mikroplastik bereits über große Teile der Nahrungskette bekannt, z.B. in Ruderfußkrebsen [9], in Muscheln [10, 11] oder etwa auch in Fischen [12]. Auch im Süßwasser wurden bereits mögliche Auswirkungen von Mikroplastik auf die aquatische Lebewelt untersucht, z.B. in wirbellosen Tieren [13-15] und Fischen [16]. Mikroplastik kann nach der erfolgten Nahrungsaufnahme einerseits nicht vom jeweiligen Organismus verwertet werden, andererseits kann die Aufnahme von Mikroplastik zu mechanischen Gewebeschädigungen bzw. zu Entzündungen im Verdauungssystem führen [11].

Methoden zur Bestimmung von Mikroplastik

Für den Nachweis von Mikroplastik gibt es viele unterschiedliche Ansätze, eine genormte Methode gibt es bis dato noch nicht. Deshalb und aufgrund der unterschiedlichen Mikroplastik-Größeneinteilungen sind Ergebnisse einzelner Studien häufig schwer miteinander vergleichbar.

Die Situationsanalyse der Mikroplastikbestimmung in Vorarlberg Fließgewässer erfolgte anhand unterschiedlicher Methoden.
Im Rahmen der vorwissenschaftlichen Arbeiten wurde eine visuelle Methode mittels Auflicht-Mikroskop, basierend auf einer einmaligen Stichprobe nach Cabernard et. al 2016 [17], verwendet.

Im Rahmen der Praxisarbeit wurden zur weiteren Verifizierung einzelne Partikel mit dem so genannten Hot-Needle Test auf das Schmelzverhalten überprüft [18].
Weiters wurde ergänzend eine etwas aufwändigere und komplizierte Methode gewählt. Dabei wurde zuerst ein Driftnetz exponiert und während der Probenahme gleichzeitig Abflussmessungen durchgeführt. Anschließend wurden die Proben einem ca. 16-tägigen enzymatischen Verdau ausgesetzt und mit einer modifizierten µFTIR-Methode [19] die enthaltenen Mikroplastik-Partikel bestimmt. Auf die Auswertung von Fasern wurde aufgrund des ungleich höheren Aufwandes verzichtet. Darüber hinaus wurde die Masse des Mikroplastiks nach Entfernung des übrigen anorganischen und organischen Materials auf dem Filter bestimmt, um die Transportfrachten abschätzen zu können.

Ein überblicksmäßiges Schema ist in der nachstehenden Abbildung 1 dargestellt.

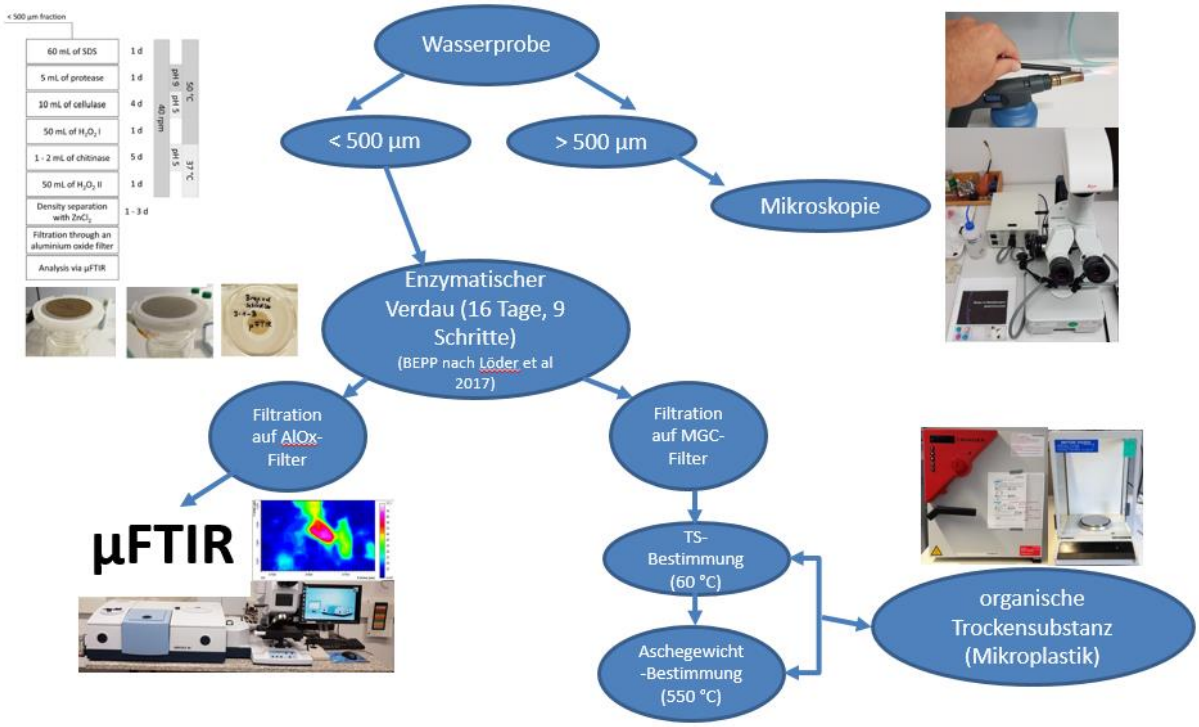

Abbildung 1: Darstellung des durchgeführten Methodenvergleichs und der wichtigsten Schritte für die Analytik. Von den angewandten Methoden wurden für jede Analyse auch Blindwerte (=Nullproben, wo kein Mikroplastik enthalten sein sollte) ermittelt und von den Ergebnissen abgezogen, um die Verschleppung von Kunststoffen in der Analyse zu berücksichtigen. (Quelle: Umweltinstitut)

Probenstellen

Insgesamt wurden vier Probenstandorte in Vorarlberg untersucht, jeweils zwei in der Ill (oberhalb Schruns und in Feldkirch) und in der Bregenzerach (oberhalb Kennelbach und bei Hard). Von jeder Probenstelle wurden jeweils zwei Proben (ufernah und uferfern) entnommen und mit drei verschiedenen Methoden charakterisiert. Im Rahmen der Praxisarbeit wurde noch zusätzlich aus einer Stichprobe vom Ursprung der Ill die vereinfachte Methode zur Mikroplastikanalyse [17] durchgeführt.

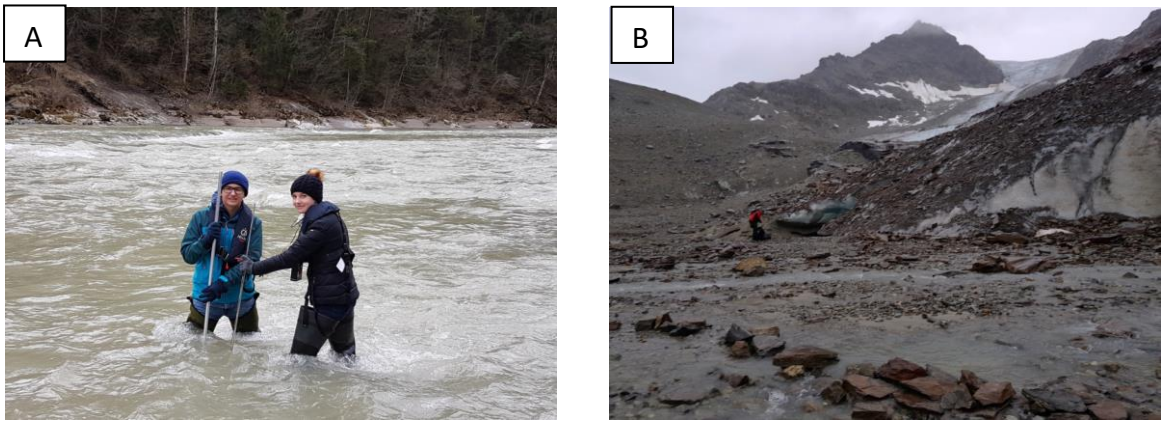

Abbildung 2: Florian Steinhauser und Anna-Lea Blümel bei der Probenahme in der Bregenzerach (A); Probenahme am Ill Ursprung (B) direkt unterhalb des Ochsentaler Gletschers. (Quellen: Umweltinstitut)

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Auf Basis der gravimetrischen Messungen wurden Mikroplastik-Transportfrachten für die Ill von 0,3 kg/Tag oh. Schruns bis 12,7 kg/Tag in Feldkirch berechnet. Für die Bregenzerach zwischen Kennelbach und Hard lagen diese zwischen 1,7 bis 11,2 kg/Tag (sh Tabelle 1).

	Mikroplastikfracht [kg/Tag]	
	Uferbereich (MP < 500 µm)	Gewässermitte (MP Gesamt)
Ill, oh. Schruns	0,3	0,3
Ill, Feldkirch	2,6	12,7
Bregenzerach, Kennelbach	2,4	11,2
Bregenzerach, Hard	1,7	10,2

Tabelle 1: Berechnete Mikroplastikfracht auf Basis der Probenahme vom 18.03.2019 bei Heranziehung des Mittelwasserabflusses; MP… Mikroplastik.

Die Transportfrachten der beiden Stellen im Unterlauf der Bregenzerach und jene der Ill bei Feldkirch fallen in den unteren Transportfrachtbereich, welcher in einer Studie über Mikroplastik in der Donau [20] berechnet wurde. Die Transportfrachten lagen dort zwischen 3 und 254 kg Mikrokunststoff pro Tag, wobei der Abfluss der Donau (Abflüsse zwischen 765 bis 5704 m^3/s während Messperiode) im Vergleich zu Ill und Bregenzerach (85 bis 110 m^3/s) deutlich höher ist. Abfluss und die Lage der Probenstelle haben einen großen Einfluss auf die errechneten Frachten.

Mittels visueller Methode wurden Mikroplastikkonzentrationen von 0,2 bis 11,7 Partikel pro Liter Wasser dokumentiert. Für die untersuchten Vorarlberger Fließgewässer liegen die Ergebnisse durchschnittlich bei 2,6 ± 3,5 Mikroplastikpartikel/l und somit in einem ähnlichen Bereich, wie bereits von Cabernard et al. (2016) für Schweizer Oberflächengewässer (6 ± 4 Mikroplastikpartikel/l) dokumentiert wurde. Am Ursprung der Ill wurden visuell 1,2 ± 0,79 Mikroplastikpartikel/l beobachtet.

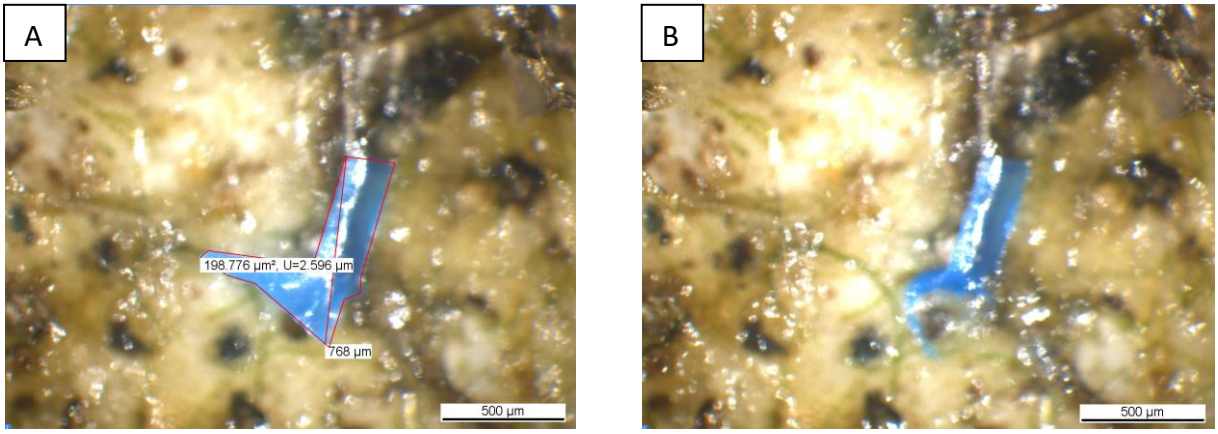

Abbildung 3: Mikroplastik aus der Fraktion >500 µm aus der Probe Ill oh. Schruns vor dem Hot-Needle Test (A) und danach (B). In diesen Abbildungen sind exemplarische Aufnahmen der visuellen Mikroplastikauswertung > 500 µm dargestellt; Bildaufnahme und Messung mittels Software ims (Imagic-Bildverarbeitung AG). (Quellen: Umweltinstitut)

Generell konnten bei den Wasserproben, welche aus Ufernähe entnommen wurden, immer zumindest leicht höhere Mikroplastik-Konzentrationen detektiert werden.

Die µFTIR-Analysen, welche sich besonders für die Messung von Mikroplastik eignen, haben ergeben, dass die Mikroplastik-Konzentrationen in der Ill oh. Schruns von ca. 9 Partikel/l auf 15 Partikel/l in Feldkirch zunahmen. In der Bregenzerach wurden vergleichsweise geringere Mikroplastik-Konzentrationen an beiden nahgelegenen Standorten gemessen (3 ± 1 Partikel/l).

Nachstehende Abbildung 4 zeigt die Auswertung einer Mikroplastik Probe aus der Ill oberhalb Schruns nach dem enzymatischen Verdau der Fraktion < 500 µm mittels µFTIR-Spektroskopie.

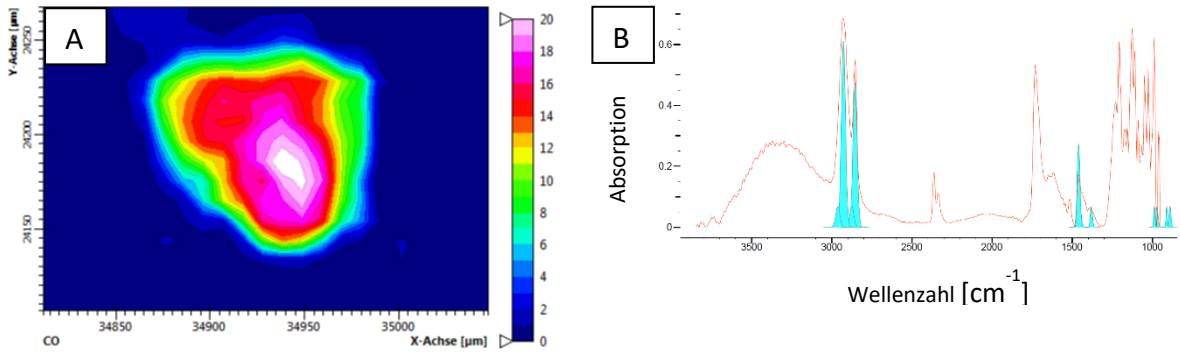

Abbildung 4: Auszug einer Mikroplastikanalyse mittels µFTIR einer ausgewählten Probe; (A) µFTIR-Aufnahme eines Partikels aus der Probe Ill oberhalb Schruns; (B) Das Absorptionsspektrum des Partikels deutet im Vergleich zum Referenzspektrum auf Polyethylen hin; Partikelgröße 105 x 120 µm; verwendete Software für die Darstellung: Software OPUS (Bruker) und die Auswertung mittels KnowItAll® (Biorad Laboratories). (Quelle: Umweltinstitut)

In einer Studie über Mikroplastik im Rhein zwischen Basel und Rotterdam wurde bei zunehmendem Abfluss, ansteigenden Einwohnerzahlen und einer Zunahme an Städten und Industrie eine Steigerung der Mikroplastik-Konzentrationen beobachtet [21]. Dieses Muster konnte auch bei den Proben der Ill und Bregenzerach aus der Gewässermitte ansatzweise beobachtet werden. Im Rhein wurden maximale Konzentrationen von 0,2 bis 22 Partikel/m³ (Driftnetz mit einer Maschenweite von 300 µm) gefunden. In der Donau wurden 2010 maximal ca. 141,6 Mikroplastikpartikel/m³ detektiert. Die in der vorliegenden Arbeit mittels µFTIR und optischer Stereomikroskopie ermittelten Konzentrationen für Mikroplastik liegen vergleichsweise hoch (Faktor 1.000 bis 10.000 höher). Bei der Probenahme wurde jedoch ein Driftnetz mit einer Maschenweite von nur 100 µm verwendet. Norén [22] hat bereits im Jahr 2007 darauf hingewiesen, dass ähnlich engmaschige Netze (mit einer Maschenweite von 80 µm) bis zum Faktor 100.000 mehr Partikel zurückhalten können, als Netze mit einer gröberen Maschenweite von 450 µm. Dieser Umstand kann eine mögliche Erklärung für die großen Unterschiede im Hinblick auf Mikroplastik-Konzentrationen liefern. Die Probenahme am 18.03.2019 fand nach einer regnerischen Vorperiode mit leicht erhöhten Abflüssen an allen Probenstellen statt. Auch dies kann zu erhöhten Mikroplastik-Konzentrationen (z.B. durch Eintrag über Regenüberläufe) oder aber durch Einschwemmen von am Ufer gelagerten Müll führen. Der Einfluss der hydrologischen Verhältnisse für Mikroplastikkonzentrationen wurde auch bereits in früheren Arbeiten dokumentiert [21].

In nachstehender Abbildung sind nochmals die Ergebnisse von der Probenahme am 18.03.2019 in Ill (oberhalb Schruns und in Feldkirch) und der Bregenzerach (oberhalb Kennelbach und bei Hard) bzw. von der Probenahme am 18.08.2019 vom Ill Ursprung überblicksmäßig dargestellt:

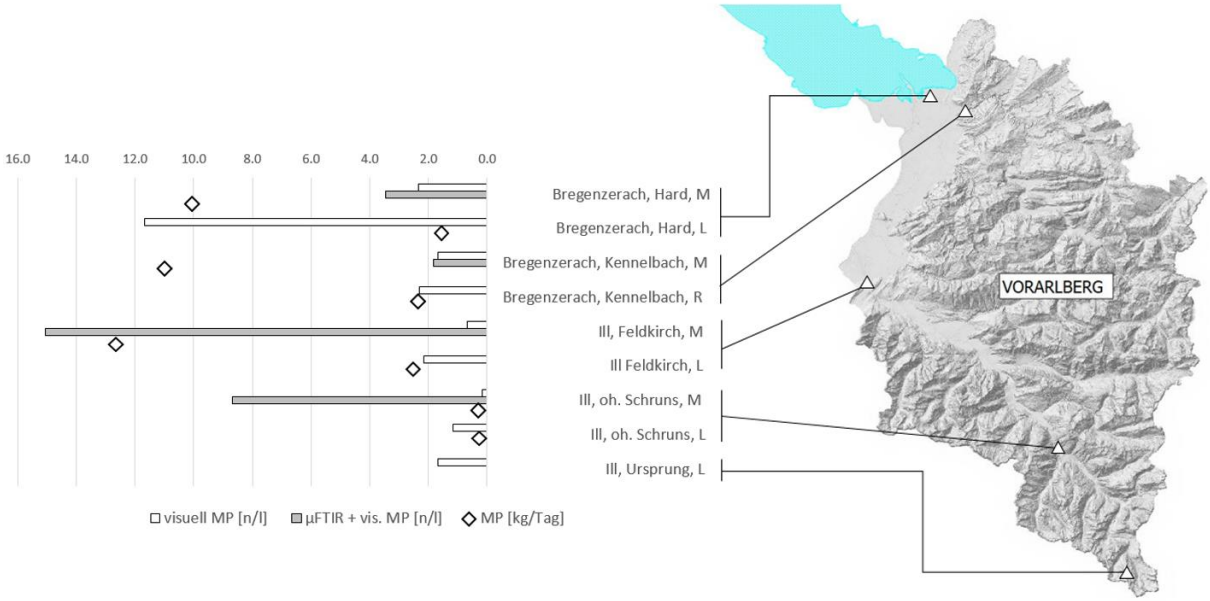

Abbildung 5: Ergebnisse der Mikroplastik (MP) Auswertungen mit den unterschiedlichen Methoden in Partikeln pro Liter [n/l] und [kg/Tag] für die jeweiligen Probenstellen; M… Gewässermitte, L… linkes Ufer, R… rechtes Ufer. (Quelle: Vorarlberger Geographisches Informationssystem, VoGIS)

Die vorliegenden Daten geben eine erste Abschätzung über vorherrschende Mikroplastik-Konzentrationen und -frachten in Vorarlberger Fließgewässern – die Messungen sind daher noch nicht als analytisch abgesichert anzusehen. Ob die ermittelten Mikroplastik-Konzentrationen und Transportfrachten tatsächlich in diesen Größenordnungen vorliegen, ist über weitere Messungen abzusichern. Die Datenerhebung kann daher nur als ein Startpunkt des Informationsgewinns über Mikroplastik in Vorarlberger Gewässern verstanden werden.

Dank

Ein herzliches Dankeschön ergeht an die beiden Schüler, Florian Steinhauser (BORG Schillerstraße, Feldkirch) und Anna-Lea Blümel (Bundesgymnasium Dornbirn) für die rege Mithilfe und Beiträge im Rahmen des Projektes. Bei Univ. Prof. Dr. Roland Stalder vom Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck möchten wir uns für die Möglichkeit der Nutzung des µFTIR-Mikroskops bedanken.

Literatur

1. IGKB, *Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee, Faktenblatt: Mikroplastik im Bodensee.* Jänner 2020.
2. Fath, A., *Mikroplastik*, in *Mikroplastik*. 2019, Springer. p. 15-242.
3. Geyer, R., J.R. Jambeck, and K.L. Law, *Production, use, and fate of all plastics ever made.* Science Advances, 2017. **3**(7): p. e1700782.

4. Sexlinger, K., M. Humer, and C. Scheffknecht, *Kunststoffe in Böden: Untersuchungen zu Kunststoffverunreinigungen in landwirtschaftlichen Böden Vorarlbergs*. 2019, Institut für Umwelt- und Lebensmittelsicherheit: Bregenz.
5. Fischer, D., et al. *Identifizierung von Mikroplastik in Umweltproben*. 2019.
6. Allen, S., et al., *Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment.* Nature Geoscience, 2019. **12**(5): p. 339-344.
7. Bergmann, M., et al., *White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic.* Science Advances, 2019. **5**(8): p. eaax1157.
8. Cole, M., et al., *Microplastics as contaminants in the marine environment: A review.* Marine Pollution Bulletin, 2011. **62**(12): p. 2588-2597.
9. Procter, J., et al., *Smells good enough to eat: Dimethyl sulfide (DMS) enhances copepod ingestion of microplastics.* Marine Pollution Bulletin, 2019. **138**: p. 1-6.
10. Sussarellu, R., et al., *Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 2016. **113**(9): p. 2430-2435.
11. von Moos, N., P. Burkhardt-Holm, and A. Kohler, *Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel Mytilus edulis L. after an experimental exposure.* Environ Sci Technol, 2012. **46**(20): p. 11327-35.
12. Avio, C.G., S. Gorbi, and F. Regoli, *Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea.* Marine Environmental Research, 2015. **111**: p. 18-26.
13. Imhof, H.K., et al., *Do microplastic particles affect Daphnia magna at the morphological, life history and molecular level?* PLOS ONE, 2017. **12**(11): p. e0187590.
14. Windsor, F.M., et al., *Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates.* Science of The Total Environment, 2019. **646**: p. 68-74.
15. Scherer, C., et al., *Feeding type and development drive the ingestion of microplastics by freshwater invertebrates.* Scientific Reports, 2017. **7**(1): p. 17006.
16. Lei, L., et al., *Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish Danio rerio and nematode Caenorhabditis elegans.* Science of The Total Environment, 2018. **619-620**: p. 1-8.
17. Cabernard, L., et al., *Mikroplastik in Abwasser u. Gewässern.* AQUA & GAS, 2016. **7**(8).
18. De Witte, B., et al., *Quality assessment of the blue mussel (Mytilus edulis): Comparison between commercial and wild types.* Marine Pollution Bulletin, 2014. **85**(1): p. 146-155.
19. Löder, M.G.J., et al., *Enzymatic Purification of Microplastics in Environmental Samples.* Environmental Science & Technology, 2017. **51**(24): p. 14283-14292.
20. Hohenblum, P., et al., *Plastik in der Donau.* Untersuchungen zum Vorkommen von Kunststoffen in der Donau in Österreich. Umweltbundesamt REPORT REP-0547, 2015.
21. Mani, T., et al., *Microplastics profile along the Rhine River.* Scientific Reports, 2015. **5**: p. 17988.
22. Norén, F., *Small plastic particles in coastal Swedish waters.* KIMO Sweden, 2007. **11**.