Mikroplastik im Boden

Plastik wird heute überall eingesetzt und gelangt leider auch in die Umwelt. Seit 1950 wurden weltweit etwa 8300 Millionen Tonnen Plastik produziert, von denen 79 % auf Mülldeponien oder in der Umwelt landen (Geyer et al. 2017). Böden sind das Hauptreservoir für Kunststoffabfälle und weisen im Vergleich zu aquatischen Systemen 4 bis 23-mal höhere Kunststoffkonzentrationen auf (Horton et al. 2017). Damit sind Böden wahrscheinlich die wichtigsten Senken für Mikroplastik. Gleichzeitig sind sie aber ein wichtiger Teil des terrestrischen Ökosystems und die Grundlage für die menschliche Nahrungsmittelproduktion und Trinkwassergewinnung.

Autor

Moritz Bigalke

Der emittierte Kunststoff kann unterschiedliche Grössen haben, aber auch grosse Plastikstücke zerfallen mit der Zeit und bilden schliesslich Mikroplastik (1–5000 µm; *Abb. 1;* van Cauwenberghe et al. 2015). In der Schweiz ist der Reifenabrieb die häufigste Quelle von Mikroplastik-Freisetzung *(Abb. 2)* (Sieber et al. 2020). Neben dem Reifenabrieb bildet die Landwirtschaft eine der Hauptquellen für Mikroplastik in Böden *(Abb. 3)* (Kawecki und Nowack 2019; Blasing und Amelung 2018). Die Hauptquellen für Mikroplastik in landwirtschaftlich genutzten Böden sind die Ausbringung von Klärschlamm, Kompost, die Verwendung von Folien in der Landwirtschaft und Bewässerung. Für die Schweiz ergaben Flussberechnungen für landwirtschaftlich genutzte Böden eine prognostizierte Umweltkonzentration von 200±100 mg kg^{-1} und zeigten, dass Klärschlamm die Hauptquelle für Mikroplastik ist, gefolgt von der Verwendung von Folien und der Kompostausbringung, während die Streuung nur eine sehr geringe Rolle spielt (Kalberer et al. 2019). Darüber hinaus gibt es diffuse Quellen wie atmosphärische Deposition, oder Littering (Blasing und Amelung 2018; Dris et al. 2017; Zhang et al. 2016).

Etwa 0–13.000 Mikroplastik-Partikel kg^{-1} wurden in landwirtschaftlichen Böden gefunden (Büks und Kaupenjohann 2020). Mikroplastik kann entlang präferentieller Fliesswege und durch Bioturbation in Böden transportiert werden (Lwanga et al. 2016; Maass et al. 2017; Zubris und Richards 2005). Es kann aus dem Boden in Grund- und Oberflächengewässer ausgewaschen und durch Erosion transportiert werden (Bigalke et al. 2021; Wanner 2021; Rezaei et al. 2019). Mikroplastik wird in Böden nur langsam abgebaut (Brandon et al. 2016; Ding et al. 2022) und beeinflusst in hohen Konzentrationen die biophysikalischen Eigenschaften des Bodens, indem es Bodeneigenschaften wie die Schüttdichte, das Wasserhaltevermögen, aber auch die mikrobielle Aktivität im Boden verändert, wobei die Stärke der Wirkung hauptsächlich von der Form der Kunststoffe abhängt (Machado et al. 2018). Letale Wirkungen auf Regenwürmer treten bei sehr hohen Konzentrationen von >28 % in der Streu auf (1,2 % im Boden; (Lwanga et al. 2016)), Entzündungen bei Regenwürmern

Abb. 1: Mikroplastikpartikel, die auf einer Weide in den Alpen nahe Innsbruck, Österreich, gefunden wurden.

Abb. 2: Filter mit aus dem Boden extrahierten Mikroplastik. Die schwarzen Partikel stellen Reifenabrieb dar, die weissen und transparenten Partikel Bruchstücke von Verpackungsmaterial. Ausserdem sind deutlich rote Plastikfasern zu sehen. Neben Mikroplastik sind auf dem Filter auch noch Reste organischen Materials (Holz usw.). Das Mikroplastik in der Abbildung ist aus 5 g Boden extrahiert.

Abb. 3: Einsatz von Plastik in der Landwirtschaft.

aber bereits bei 62,5–1000 mg Mikroplastik kg^{-1} Boden (Rodriguez-Seijo et al. 2017). Nur kleine PE-Partikel lösten bei Landschnecken oxidativen Stress aus, ohne jedoch quantifizierbare zyto- oder genotoxische Effekte zu verursachen (Colpaert et al. 2021). Mikroplastik kann das Pflanzenwachstum und die Eigenschaften von Pflanzen beeinträchtigen (Machado et al. 2019; Meng et al. 2020). Kleines Mikroplastik (<10 µm) und Nanoplastik können von Pflanzen aufgenommen werden und toxische Wirkungen haben (Jiang et al. 2019; Li et al. 2020; Ren et al. 2021). Biologisch abbaubare Polymere können stärkere Auswirkungen haben als Polyethylen-Reste von Mulchfolien (Qi et al. 2018; Meng et al. 2020). Allerdings verwenden die meisten der Studien, die bisher die Auswirkungen von Mikroplastik untersucht haben, sehr hohe Mikroplastik-Konzentrationen. Solche Konzentrationen kommen heute im Boden praktisch nicht vor, und damit sind die Resultate nicht auf die Böden im Allgemeinem zu übertragen.

Mikroplastik kommt heute in allen Böden vor. In Industriegebieten können sehr hohe Konzentrationen erreicht werden, aber auch in der Landwirtschaft und entlang von Strassen kommt es zu erhöhten Einträgen. Da Mikroplastik sich nur sehr langsam abbaut, ist davon auszugehen, dass es sich im Boden anreichert. Mikroplastik kann die Bodeneigenschaften, Bodenlebewesen und Pflanzen beeinflussen. Allerdings treten solche Effekte meist erst bei sehr hohen Konzentrationen auf, die in normalen Böden heute nicht erreicht werden.

Literatur

Bigalke, Moritz; Fieber, Milo; Foetisch, Alexandra; Reynes, Julien; Tollan, Peter (2021): Microplastics in agricultural drainage water: A link between terrestrial and aquatic microplastic pollution. In: Sci Total Environ, S. 150709. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150709.

Blasing, M.; Amelung, W. (2018): Plastics in soil. Analytical methods and possible sources. In: Sci Total Environ 612, S. 422–435. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.086.

Brandon, Jennifer; Goldstein, Miriam; Ohman, Mark D. (2016): Long-term aging and degradation of microplastic particles: Comparing in situ oceanic and experimental weathering patterns. In: Mar Pollut Bull 110 (1), S. 299–308. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.048.

Büks, Frederick; Kaupenjohann, Martin (2020): Global concentrations of microplastics in soils – a review. In: SOIL 6 (2), S. 649–662. DOI: 10.5194/soil-6-649-2020.

Colpaert, Romain; Petit Dit Grézériat, Lucas; Louzon, Maxime; Vaufleury, Annette de; Gimbert, Frédéric (2021): Polyethylene microplastic toxicity to the terrestrial snail Cantareus aspersus: size matters. In: Environmental science and pollution research international. DOI: 10.1007/s11356-021-15824-z.

Ding, Ling; Ouyang, Zhuozhi; Liu, Peng; Wang, Tiecheng; Jia, Hanzhong; Guo, Xuetao (2022): Photodegradation of microplastics mediated by different types of soil: The effect of soil components. In: Sci Total Environ 802, S. 149840. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149840.

Dris, R.; Gasperi, J.; Mirande, C.; Mandin, C.; Guerrouache, M.; Langlois, V.; Tassin, B. (2017): A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. In: Environ Pollut 221, S. 453–458.

Geyer, Roland; Jambeck, Jenna R.; Law, Kara Lavender (2017): Production, use, and fate of all plastics ever made. In: SCIENCE ADVANCES 3 (7), e1700782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.

Horton, Alice A.; Walton, Alexander; Spurgeon, David J.; Lahive, Elma; Svendsen, Claus (2017): Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. In: Sci Total Environ 586, S. 127–141. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190.

Jiang, Xiaofeng; Chen, Hao; Liao, Yuanchen; Ye, Ziqi; Li, Mei; Klobučar, Göran (2019): Ecotoxicity and genotoxicity of polystyrene microplastics on higher plant Vicia faba. In: Environ Pollut 250, S. 831–838. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.04.055.

Kalberer, Andreas; Kawecki-Wenger, Delphine; Bucheli, Thomas D. (2019): Plastic waste flows in Swiss agriculture and their risk potential for soils. In: Agrarforschung Schweiz 10 (11–12), S. 416–423.

Kawecki, Delphine; Nowack, Bernd (2019): Polymer-Specific Modeling of the Environmental Emissions of Seven Commodity Plastics As Macro- and Microplastics. In: Environ Sci Technol 53 (16), S. 9664–9676. DOI: 10.1021/acs.est.9b02900.

Li, Lianzhen; Luo, Yongming; Li, Ruijie; Zhou, Qian; Peijnenburg, Willie J. G. M.; Yin, Na et al. (2020): Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. In: NATURE SUSTAINABILITY. DOI: 10.1038/s41893-020-0567-9.

Lwanga, E. H.; Gertsen, H.; Gooren, H.; Peters, P.; Salanki, T.; van der Ploeg, M. et al. (2016): Microplastics in the Terrestrial Ecosystem. Implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae). In: Environ Sci Technol 50 (5), S. 2685–2691.

Maass, S.; Daphi, D.; Lehmann, A.; Rillig, M. C. (2017): Transport of microplastics by two collembolan species. In: Environ Pollut 225, S. 456–459. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.03.009.

Machado, A.A.D.; Lau, C. W.; Till, J.; Kloas, W.; Lehmann, A.; Becker, R.; Rillig, M. C. (2018): Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment. In: Environmental Science and Technology in press.

Machado, Anderson Abel de Souza; Lau, Chung W.; Kloas, Werner; Bergmann, Joana; Bacheher, Julien B.; Faltin, Erik et al. (2019): Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. In: Environ Sci Technol 53 (10), S. 6044–6052. DOI: 10.1021/acs.est.9b01339.

Meng, Fanrong; Yang, Xiaomei; Riksen, Michel; Xu, Minggang; Geissen, Violette (2020): Response of common bean (Phaseolus vulgaris L.) growth to soil contaminated with microplastics. In: Sci Total Environ 755 (Pt 2), S. 142516. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142516.

Qi, Yueling; Yang, Xiaomei; Pelaez, Amalia Mejia; Huerta Lwanga, Esperanza; Beriot, Nicolas; Gertsen, Henny et al. (2018): Macro- and microplastics in soil-plant system: Effects of plastic mulch film residues on wheat (Triticum aestivum) growth. In: Sci Total Environ 645, S. 1048–1056. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.229.

Ren, Xinwei; Tang, Jingchun; Wang, Lan; Liu, Qinglong (2021): Microplastics in soil-plant system: effects of nano/microplastics on plant photosynthesis, rhizosphere microbes and soil properties in soil with different residues. In: Plant Soil. DOI: 10.1007/s11104-021-04869-1.

Rezaei, Mahrooz; Riksen, Michel J. P. M.; Sirjani, Elham; Sameni, Abdolmajid; Geissen, Violette (2019): Wind erosion as a driver for transport of light density microplastics. In: Sci Total Environ 669, S. 273–281. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.382.

Rodriguez-Seijo, A.; Lourenco, J.; Rocha-Santos, T. A. P.; da Costa, J.; Duarte, A. C.; Vala, H.; Pereira, R. (2017): Histopathological and molecular effects of microplastics in Eisenia andrei Bouche. In: Environ Pollut 220, S. 495–503. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.09.092.

Sieber, Ramona; Kawecki, Delphine; Nowack, Bernd (2020): Dynamic probabilistic material flow analysis of rubber release from tires into the environment. In: Environ Pollut 258. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113573.

van Cauwenberghe, L.; Devriese, L.; Galgani, F.; Robbens, J.; Janssen, C. R. (2015): Microplastics in sediments. A review of techniques, occurrence and effects. In: Mar Environ Res Mar Environ Res 111, S. 5–17.

Wanner, Philipp (2021): Plastic in agricultural soils – A global risk for groundwater systems and drinking water supplies? – A review. In: Chemosphere 264 (Pt 1), S. 128453. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.128453.

Zhang, D.; Liu, H. B.; Hu, W. L.; Qin, X. H.; Ma, X. W.; Yan, C. R.; Wang, H. Y. (2016): The status and distribution characteristics of residual mulching film in Xinjiang, China. In: J Integr Agr 15 (11), S. 2639–2646. DOI: 10.1016/S2095-3119(15)61240-0.

Zubris, K. A. V.; Richards, B. K. (2005): Synthetic fibers as an indicator of land application of sludge. In: Environ Pollut 138 (2), S. 201–211.

Moritz Bigalke

Seit 2022 Professor für Bodenmineralogie und Bodenchemie am Institut für Angewandte Geowissenschaften an der TU Darmstadt

2013–2022 Dozent und Laborleiter am Geographischen Institut der Universität Bern

2010–2013 Postdoc am Geographischen Institut der Universität Bern

2006–2010 Doktorand an der Johannes Gutenberg Universität Mainz

2000–2006 Studium der Umweltwissenschaften an der Universität Duisburg-Essen

Kontakt: moritz.bigalke@giub.unibe.ch

Gott stelle ich mir überhaupt nicht vor, sondern begnüge mich damit, die Struktur der Welt zu bewundern, soweit sie sich unserem schwachen Erkenntnisvermögen überhaupt offenbart.

Quelle: Einstein sagt – Zitate, Einfälle, Gedanken,
Herausgegeben von Alice Calaprice; 1997 Piper Verlag München,
ISBN 978-3-492-25089-4, 4. Auflage Februar 2013.