

NÄHRSTOFFÜBERSCHÜSSE FÜR ORGANISMEN HÖCHST PROBLEMATISCH

Überdüngung von Gewässern macht Mikroorganismen zu schaffen

Autorin: Dr. Tina Sanders (Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung HZG)

Von den intensiv bewirtschafteten Äckern und Feldern gelangt Stickstoff in rauen Mengen in Gewässer und in die Mündungsgebiete von Flüssen, den sogenannten Ästuaren. Verlierer dieser Überdüngung sind Mikroorganismen, die mit der bisherigen Nährstoffarmut gut zurechtkamen. Die Überdüngung ändert die mikrobielle Diversität in den Mündungsgebieten und Küstengewässern.

- Mikroorganismen schließen mit ihrem Stoffwechsel alle Kreisläufe in der Umwelt.
- Den Stickstoffkreislauf hat der Mensch durch die Erfindung des Mineraldüngers stark verändert, plötzlich liegt Stickstoff im Überschuss vor.
- Die Diversität der Mikroorganismen geht zurück, denn auf das unnatürliche Stickstoff-Überangebot sind viele dieser Organismen nicht eingestellt.

Alle Stoffkreisläufe der Erde basieren auf Mikroorganismen. Dazu zählen Bakterien, Archaeen und einzelligen Eukaryoten. Mikroorganismen sind, so könnte man behaupten, die wahren HerrscherInnen der Welt. Häufig werden sie verkürzend dem Reich der sogenannten Zersetzer eingeordnet, in der Fachsprache Destruenten genannt. Sie scheinen lediglich die Aufgabe wahrzunehmen, den Abfall der höheren Organismen abzubauen und wieder frische Nährstoffe als Grundlage für andere Stoffwechselprozesse zur Verfügung zu stellen.

Mikroorganismen schließen aber mit ihrem Stoffwechsel alle Kreisläufe in der Umwelt. Sie können Kohlendioxid (CO₂) nutzen und auch bilden; sie bauen Biomasse auf und wieder ab. Der gesamte Stickstoffkreislauf kann ausschließlich von Einzellern bewältigt werden. Mit anderen Worten, wir brauchen die Mikroorganismen, aber die Mikroorganismen brauchen weder höheren Pflanzen, Tieren noch uns Menschen.

Gravierende Eingriffe des Menschen in den Stickstoffkreislauf

Gerade im Stickstoffkreislauf hat der Mensch durch die Erfindung des Mineraldüngers die Verhältnisse stark verändert. Mit dem sogenannten Haber-Bosch-Verfahren, bei dem industriell mit viel Energie und hohem Druck, Luftstickstoff zu Ammonium umgewandelt wird, wird dieser Dünger hergestellt. Der Eingriff in die natürlichen Verhältnisse ist hier sogar noch höher als beim Ausstoß von Klimagasen und dem Klimawandel einzuschätzen, die schiere Masse an Kunstdünger übersteigt die natürlichen Vorkommen deutlich.

Die natürliche Fixierung des Luftstickstoffes im Boden erfolgt hauptsächlich durch speziell angepasste Mikroorganismen, die meist in Symbiose mit Pflanzen wie Klee als sogenannte Knöllchenbakterien vorkommen. Durch den Menschen wird jedes Jahr die gleiche Menge, die biologisch fixiert wird, noch mal zusätzlich als Kunstdünger auf die Felder gebracht.

Der natürliche Kreislauf kommt dadurch durcheinander und Stickstoff liegt plötzlich im Überschuss vor, anstatt ein limitierender Faktor für das Wachstum zum Beispiel von Pflanzen zu sein, an den sich im Laufe der Evolution viele Organismen angepasst haben. Die natürlichen Stickstofffixierer, die viel Energie zur Fixierung aufbringen müssen, haben keinen Nutzen mehr; ihr evolutionärer Vorteil geht folglich verloren, ihre optimale physiologische Anpassung bringt unter diesen nährstoffreichen Bedingungen keinen Wettbewerbsvorteil mehr mit sich. Damit geht auch die Diversität der Mikroorganismen zurück.

Nützliche Mikroorganismen

Wichtige Quellen des Stickstoffes sind für uns Menschen Proteine. Mikroorganismen nehmen Ammonium oder Nitrat – beides sind Formen des Stickstoffs – auf und bilden daraus ihre eigenen Proteine. Um Ammonium in Nitrat umzuwandeln, gibt es eine ganz spezielle Gruppe von Mikroorganismen, die Nitrifikanten. Sie wurden schon am Ende des vorletzten Jahrhunderts entdeckt und beschrieben. Sergei Nikolajewitsch Winogradsky war einer der ersten Mikrobiologen, dem dies gelang.

Die von ihm entdeckten, nützlichen Mikroorganismen sind überall zu finden – im Boden, im Wasser, an heißen Quellen, in der Arktis, im Meer, auf der Haut usw. Nitrifikanten werden in Klärwerken und Biofiltern aktiv genutzt, um Abwasser zu reinigen. Diese Mikroorganismen kommen in kalten und warmen, in sauren, salzigen und süßen Milieus zurecht. Manche bevorzugen hohe Konzentrationen solcher Umgebungsparameter, manche niedrige. Wenn es jedoch durch die Einbringung von Kunstdünger oder anderen natürlichen Dünger wie Gülle einen dauerhaften Überfluss an Nahrung gibt, verschwinden solche Mikroorganismen, die an nahrungsarme Umgebungen angepasst sind.

Für Böden ist dieses Phänomen schon lange bekannt: Je länger und häufiger Böden gedüngt werden, also intensive Landwirtschaft betrieben wird, umso mehr wird die globale

Biodiversität beeinträchtigt. Bei intensiver Düngung und Einsatz von Pestiziden nimmt die Vielfalt und Anzahl von Bodenbakterien ab. Bei eher biologischen Abbauverfahren ändert sich die Vielfalt von Bodenbakterien und auch der Nitrifikanten wieder.

„ Bei intensiver Düngung und Einsatz von Pestiziden nimmt die Vielfalt und Anzahl von Bodenbakterien ab.

Wie gelangt Stickstoff ins Meer?

Ein nicht unerheblicher Teil des gedüngten Stickstoffes wird ins Grundwasser oder in kleine Gräben am Feldrand ausgewaschen und gelangt damit früher oder später über die Flüsse in die Küstengewässer. Dort stellt dieser zusätzliche Stickstoff wiederum ein Überangebot da. Algen und andere Pflanzen zögern nicht lange, sondern nehmen auch diesen Nährstoff auf und vermehren sich dann unnatürlich stark. Es kommt zu Algenblüten und in Folge dessen zur Sauerstoffverknappung im Wasser. In diesen Sauerstoffminimumzonen kann es zu Fischsterben und starken Emissionen von Treibhausgasen wie Methan und Lachgas kommen. In den Medien lesen wir dann davon, dass der Elbe oder Ostsee die Luft ausgeht.

Aber auch in den Küstengewässern finden wir Nitrifikanten, denn auch hier besetzen sie unterschiedliche Nischen. Einige vertragen zum Beispiel die wechselnde Salzkonzentration in einem Mündungsgebiet von Nord- oder Ostsee, wie zum Beispiel, *Nitrosomonas estuarii*, andere sind entweder an Süß- oder Salzwasser angepasst. Nur wenige können mit hohen Nährstoffangeboten umgehen, einige sind damit gänzlich überfordert. Wenn aber ein dauerhaftes Überangebot vorliegt, haben diejenigen Nitrifikanten, die an niedrige Nährstoffkonzentrationen angepasst sind, keine Chance, dazu gehören zum Beispiel die Ammoniak-oxidieren-

den Archaeen, wie der *Nitrosopumilus maritimus* die evolutionsbiologisch deutlich älter sind und vor allem in den Ozeanen vorkommt.

Um zu verstehen, wie sich die Diversität der Mikroorganismen in den Küstengewässern oder anderen Lebensräume verändert, muss zunächst der Ist-Zustand untersucht werden. Dafür muss letztlich die ganze Welt in Bezug auf ihre Mikroorganismenvielfalt untersucht wer-

den. Eine bislang fast vollständig übersehene Region ist die Arktis – eine Region, die sowohl von der Erderwärmung als auch vom erhöhten Nährstoffeintrag bedroht wird. Aber auch vor der Haustür, in der Elbmündung, wissen wir nicht genau, welche Mikroorganismen vorhanden sind und was sie tun. Ändert sich auch ihre Vielfalt mit steigendem Nährstoffangebot? Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Quellen

- Alawi, M., Lipski, A., Sanders, T., Pfeiffer, E. M. & Spieck, E. (2007). Cultivation of a novel cold-adapted nitrite oxidizing betaproteobacterium from the Siberian Arctic. *The ISME Journal*, 1, 256-264. doi:10.1038/ismej.2007.34
- Hartmann, M., Frey, B., Mayer, J., Mäder, P. & Widmer, F. (2014). Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *The ISME Journal*, 9, 1177-1194. doi:10.1038/ismej.2014.210
- Malard, L. A. & Pearce, D. A. (2018). Microbial diversity and biogeography in Arctic soils. *Environmental Microbiology Reports*, 10(6), 611-625. doi:10.1111/1758-2229.12680
- Prosser, J. I. (2011). Soil Nitrifiers and Nitrification. In B. B. Ward, J. A. Daniel & M. G. Klotz (Hrsg.), *Nitrification* (S. 347-384). Washington, DC, USA: ASM Press. doi:10.1128/9781555817145.ch14
- Sanders, T. & Laanbroek, H. J. (2018). The distribution of sediment and water column nitrification potential in the hyper-turbid Ems estuary. *Aquatic Sciences*, 80(4):33, 1-13. doi:10.1007/s00027-018-0584-1
- Shun, H., Luyang, Z., Xuesong, L., Xiang, X., Shilin, W., Boren, W., Wenli, C. & Qiaoyun, H. (2018). Shifts in Nitrobacter- and Nitrospira-like nitrite-oxidizing bacterial communities under long-term fertilization practices. *Soil Biology and Biochemistry*, 124, 118-125. doi:10.1016/j.soilbio.2018.05.033
- Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Crumley, C., Crutzen, P., Folke, C., Gordon, L., Molina, M., Ramanathan, V., Rockström, J., Scheffer, M., Schellnhuber, H. J. & Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. *AMBIO*, 40(7), 739-761. doi:10.1007/s13280-011-0185-x
- Winogradsky, S. (1890). Recherches sur les Organismes de la Nitrification. *Ann Inst Pasteur*, 4, 213-231, 257-275, 760-771.

Impressum

Herausgeber

Helmholtz-Zentrum Potsdam,
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Redaktion

PD Dr. Dierk Spreen
Jana Kandarr
Oliver Jorzik

Layout

Pia Klinghammer

E-Mail: redaktion-eskp@gfz-potsdam.de

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:

<https://themenspezial.eskp.de/biodiversitaet-im-meer-und-an-land/inhalt-937146/>

Stand: Februar 2020

Heft-DOI: <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.1>

ISBN: 978-3-98-16597-4-0

Zitiervorschlag:

Earth System Knowledge Platform (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1

Einzelartikel:

[Autor*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen:
eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)