

Nährstoffreduktion aus Abflüssen landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Nutzflächen

Das NuReDrain-Projekt stellt innovative Technologien zur Entfernung von Nährstoffen aus landwirtschaftlichen Abflüssen vor.

Die Nordseeregion ist ein Gebiet mit intensiver Landwirtschaft. Nährstoffeinträge vom Land tragen zur Eutrophierung von Flüssen, Seen und Küstengebieten bei. Die gegenwärtigen Regeln und Vorschriften und die daraus resultierende "gute fachliche Praxis" der [Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen](#) reichen nicht aus, um die Nährstoffausträge in absehbarer Zukunft auf ökologisch akzeptable Schwellenwerte zu reduzieren. Das von der EU geförderte Projekt [NuReDrain](#) testet Technologien zum Rückhalt von Phosphor (P) und Stickstoff (N) in landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Einzugsgebieten mit besonderem Fokus auf Drainagen und Treibhausabwässern. Die Nordseeregion wird durch Flachlandeinzugsgebiete dominiert. Diese sind durch einen hohen Grundwasserspiegel gekennzeichnet, der die landwirtschaftliche Bodenbearbeitung insbesondere im Frühjahr erschwert. Daher wurden auf einem großen Teil solcher Flächen unterirdische Entwässerungssysteme installiert, um den Grundwasserspiegel abzusenken und eine mechanische Bodenbearbeitung zu ermöglichen. Der Abfluss aus Drainagen und künstlich angelegter Gräben wurde in mehreren Flusseinzugsgebieten der Nordseeregion als ein wichtiger Pfad für den Eintrag von Nährstoffen aus landwirtschaftlichen Flächen in die Gewässer identifiziert.

Der Wasserhaushalt bestimmt den Stoffaustrag

Die Qualität des Grund- und Oberflächenwassers wird in starkem Maße durch die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen bestimmt. Es ist allgemein bekannt, dass es durch übermäßige Düngung zu einer Anreicherung von Nährstoffen wie N und P in Gewässern kommen kann.

„Auf landwirtschaftlichen Flächen ist die N-Bilanz in der Regel positiv. Es ist allgemein bekannt und akzeptiert, dass es einen klaren positiven Zusammenhang zwischen N-Bilanz und Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser gibt. Die Beziehungen zwischen N-Bilanz und Nitrat-Konzentrationen in Oberflächengewässern sind hingegen weniger eindeutig. So konnte beispielsweise in einer Langzeitstudie kein Zusammenhang zwischen der N-Bilanz und der Höhe des Nitrataustrags über den Drainageabfluss und der Entwässerungsgräben hergestellt werden. Stattdessen wurden der Wasserhaushalt und die Abflussmenge als steuernde Faktoren für den Nitrataustrag identifiziert (Bauwe et al., 2020 - derzeit in Begutachtung). Es wird allerdings davon ausgegangen, dass eine Reduktion der Düngemengen das Potenzial hat, die Qualität des Oberflächen- und Grundwassers maßgeblich zu verbessern. Messbare und signifikante Effekte stellen sich möglicherweise allerdings erst nach Jahrzehnten ein (Van Meter et al., 2018).“

Die Dränung kann auch für P eine Hauptquelle für den Stoffaustrag in entwässerten landwirtschaftlich genutzten Gebieten sein. Aufgrund kurzer Fließwege (von der Bodenoberfläche bis auf die Tiefe der Drainagerohre) sind gedränte Standorte besonders anfällig für P-Auswaschung. Unter landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Nutzung werden die P-Konzentrationen in Oberflächengewässern durch den Bodentyp, die P-Versorgung sowie durch die Art der Bodenbearbeitung beeinflusst. Allein über gute fachliche Praxis, die Reduzierung von P-Überschüssen, verbessertes Düngemanagement und die Schaffung von Gewässerrandstreifen konnte die P-Fracht in Oberflächengewässern in vielen Einzugsgebieten der Nordseeregion noch nicht auf ein ökologisch akzeptables Niveau reduziert werden.

Welche Optionen gibt es noch? Neben einer Optimierung der guten fachlichen Praxis und einer begrenzten Ausbringung von Düngemitteln sind sogenannte "End-of-pipe"-Lösungen zur Verbesserung der Gewässerqualität in der jüngeren Vergangenheit in den Blickpunkt gerückt. Die Idee hinter einigen neu entwickelten Techniken besteht darin, nährstoffangereichertes Wasser zu behandeln, bevor es die Flüsse und schließlich die Meere erreicht. In diesem Zusammenhang bieten [landwirtschaftliche Entwässerungssysteme](#) einige Möglichkeiten zur Wasseraufbereitung.

Stickstoffentfernung aus Drainagewasser

Die Entfernung von N wurde im NuReDrain-Projekt mittels Biofilmverfahren im Wirbelschwebbett (englisch: Moving Bed Bioreactor, MBBR) getestet. Im Reaktionsbehälter befinden sich Kunststoffträger, auf denen ein biologisch denitrifizierender Biofilm wächst. Die Träger werden durch Intervallbelüftung in Bewegung gehalten, während für die restliche Zeit hauptsächlich anoxische Bedingungen (ohne Sauerstoff) vorherrschen. Den Bakterien wird Carbo-ST als Kohlenstoffquelle zugefügt, um eine effiziente Umwandlung von Nitrat in elementaren Luftstickstoff zu gewährleisten. Van Aken et al. (2020) haben den MBBR an verschiedenen Standorten in Belgien über mehrere Jahre im Feld eingesetzt. Einige Standorte verfügten über einen Stromanschluss, andere waren auf die Bereitstellung von Elektrizität durch Sonnenkollektoren angewiesen. Wo immer möglich, wurde der MBBR unter Flur eingebaut, um die Temperaturen im Reaktionsbehälter stets über 5 °C zu halten. Der durchschnittliche Wirkungsgrad der N-Entfernung lag bei etwa 65 %. Die Experimente zeigten, dass die Leistung des MBBR-Filters weitgehend durch die Durchflussmenge und anfängliche N-Konzentration bestimmt wurde.

Eine weitere Filtertechnologie basiert auf [nullwertigen Eisenpartikeln](#) (ZVI), die in Dänemark von Florea & Hansen (2018) entwickelt wurde. Dabei wird Nitrat im Drainagewasser zu Ammonium reduziert, das wiederum auf einem Zeolith-Kationenaustauscher zurückgehalten wird. Neben der Entfernung von Nitrat kann mit diesem Filterkonzept auch Ammonium zurückgewonnen und als Dünger wiederverwendet werden. Die Pilotanlage besteht aus einer mit 45 kg ZVI gefüllten Säule, einer Belüftungseinheit, die lösliches Eisen (II) in Eisenoxide umwandelt und einer mit 65 kg Zeolith gefüllten Säule, um Ammonium zurückzuhalten. Das zugeführte Drainagewasser enthielt im Durchschnitt 5,25 mg NO₃⁻-N/L und wurde mit einer Durchflussrate von 1 L/min gepumpt. Nach 50 Betriebstagen, in denen etwa 45 m³ Wasser behandelt wurden, war das gefilterte Wasser frei von Nitrat und löslichem Eisen. Sämtliches Nitrat wurde zu Ammonium umgewandelt.

Phosphorentfernung aus Drainagewasser

Die Entfernung von P im NuReDrain-Projekt basiert auf der Adsorption von P an eisenreiches Material. Letzteres ist ein Nebenprodukt der Trinkwasserenteisung: entweder als eisenummantelter Sand (Iron Coated Sand, ICS) oder als aus Eisenschlamm aufbereitetes Granulat. Vandermoere et al. (2018) entwarfen einen [Filter](#), der an einzelne Drainagestränge angeschlossen werden kann (Abb. 1). P-reiches Drainagewasser fließt von unten nach oben durch das Filtermaterial, wobei P an den ICS-Körnern adsorbiert wird. Das [P-reduzierte Wasser](#) wird in den Graben abgeleitet. Die Filter wurden an mehreren Standorten in Belgien installiert und über einen Zeitraum von drei Jahren überwacht. P war hauptsächlich in gelöster reaktiver Form im Drainagewasser vorhanden. Der P-Rückhalt betrug bis zu 80 %, abhängig von der Durchflussmenge und der P-Konzentration im Drainagewasser. Ein im Gartenbau eingesetzter ähnlich konzipierter Filter entfernte bis zu 95 % des im Drainagewasser enthaltenen P, wobei das Filtermaterial nach zwei Jahren gesättigt war.

Abb. 1: Phosphorfilterbox angeschlossen an ein Drainagerohr. Die Filterbox ist mit eisenummanteltem Sand (ICS) gefüllt, der Phosphat adsorbiert und so die Phosphorkonzentration im Wasser senkt.

Die Nutzungsidee solcher P-Filter umfasst die Wiederverwendung der P-gesättigten [ICS-Körner als Düngemittel](#). Neueste Forschungsergebnisse zeigen allerdings die starke Bindung von P an das ICS-Material, daher kann P nicht direkt von den Pflanzen aufgenommen werden. In Laborexperimenten konnten 40 % des P chemisch durch eine [alkalische Behandlung](#) aus dem ICS freigesetzt werden (Lambert et al., 2020).

Bei einem weiteren getesteten P-Filter werden technisch aufbereitete Filtermaterialien verwendet. Diese bestehen aus 2 - 4 mm großen Kieselgurkörnern, die mit Eisenoxid beschichtet sind. Die Körner sind stabil, hochporös und weisen daher eine hohe P-Sorptionskapazität bei gleichzeitig hoher hydraulischer Leitfähigkeit auf (Lu et al., 2020). Bei hoher Sedimentfracht im Drainagewasser sollte ein [Vorfilter](#) installiert werden, um das Zusetzen des P-Filters zu vermeiden. In Dänemark wird ein solches Filtersystem getestet, das sowohl einen Partikelfilter als auch einen Filter zur Rückhaltung von löslichem Phosphat umfasst.

Ausblick

Die verschiedenen Techniken und Substrate, die im NuReDrain-Projekt zur Entfernung von Nährstoffen aus landwirtschaftlichen Drainagewässern getestet wurden, sind vielversprechend und können den Weg für kurz- bis mittelfristige Verbesserungen der Wasserqualität ebnen. End-of-pipe-Lösungen können auch in großem Maßstab etabliert werden, wie es derzeit in Dänemark realisiert wird (künstliche Feuchtgebiete) und sollten vor allem an Hot Spots des Nährstoffexports über das Drainagewasser eingesetzt werden. Die Landwirte werden derzeit im Rahmen des NuReDrain-Projekts über die Möglichkeiten der Nährstoffreduzierung informiert; Anreizsysteme könnten dazu beitragen, die neuen Technologien zu verbreiten und die Oberflächen- und Küstenwasserqualität in naher Zukunft zu verbessern.

Einzelheiten über das NuReDrain-Projekt finden Sie unter: <https://northsearegion.eu/nuredrain/>

Literaturhinweise

Bauwe A, Kahle P, Tiemeyer B, Lennartz B (2020). Nitrogen export in tile- drained landscapes is linked to water balance rather than land management. Submitted to *Environmental Research Letters* (currently under review).

Florea A, Hansen HCB (2018). Phosphate retention, Nitrate removal and Nitrogen recovery from agricultural drainage water using a filter system based on Zero-valent iron and Zeolite. MSc thesis, 69 pp, University of Copenhagen.

Lambert N, Van Aken P, Dewil R (2020). Adsorption of phosphates onto Iron Coated Sand and a subsequent alkaline desorption as a recovery strategy in the horticulture sector. IWA World Water Congress & Exhibition, *submitted*.

Lu C, Heiberg L, Florea A, Hansen HCB (2020). Formation and phosphate retention by iron oxide coated diatomaceous earth filter, in preparation.

Van Aken P, Lambert N, Dewil R (2020). Low temperature Moving Bed Bioreactor denitrification as mitigation measure to reduce agricultural nitrate losses. IWA World Water Congress & Exhibition, *submitted*.

Vandermoere S, Ralaizafisolarioivony NA, Van Ranst E, De Neve S (2018). Reducing phosphorus (P) losses from drained agricultural fields with iron coated sand (- glauconite) filters. *Water Research* 141, 329-339.

Van Meter KJ, Van Cappellen P, Basu NB (2018). Legacy nitrogen may prevent achievement of water quality goals in the Gulf of Mexico. *Science* 360(6387), 427-430.