

Hohe Nitratbelastungen im Grundwasser erfordern verschärfte Maßnahmen in der Landwirtschaft zur Minderung von Nährstoffüberschüssen

Jochen Hahne

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag beschreibt zunächst die erheblichen Belastungen des Grundwassers in Niedersachsen durch eine intensive Landwirtschaft und Tierhaltung. Ausgehend vom aktuellen Sachstand wird dann die neuerliche Verschärfung der Düngeverordnung und deren Auswirkungen insbesondere auf die Tierhaltung am Beispiel der Weser-Ems-Region skizziert. Die erheblichen Nährstoffüberschüsse in verschiedenen Regionen Niedersachsens müssen deutlich reduziert werden, um die Anforderungen der EU-Nitratrichtlinie (91/676/EWG) mittelfristig einhalten zu können. Ohne signifikante Bestandsreduktion werden neben den bisher beschlossenen Maßnahmen zur Nährstoffentlastung der betroffenen Regionen und zur Verbringung von Nährstoffkonzentraten mehrstufige und überbetrieblich arbeitende Gülleaufbereitungsverfahren erforderlich werden.

Schlüsselwörter

Tierhaltung, Grundwasser, Nitrat, Düngeverordnung, Gülleaufbereitung

High nitrate pollution of groundwater requires tightened measures in agriculture to minimize nutrient surpluses

Jochen Hahne

Abstract

The present report first describes the considerable pollution of groundwater in Lower Saxony caused by intensive agriculture and livestock. Based on current facts, the further aggravation of the fertilizer ordinance and its impacts on livestock is delineated using the Weser-Ems region as an example. The considerable nutrient surpluses in several regions of Lower Saxony must be minimized to meet the requirements of the EU Nitrate Guideline (91/676/EEC) in the medium term. Besides agreed actions to date and without a significant livestock reduction, multi-stage and interplant manure treatment operations will be required for nutrient separation in concerned regions and the export of nutrient concentrates as well.

Keywords

Livestock, groundwater, nitrate, fertilizer ordinance, manure treatment

Bevölkerungsentwicklung und Tierhaltung

Nach den Erhebungen der Vereinten Nationen leben im Jahr 2019 mehr als 7,7 Mrd. Menschen auf der Erde. Im Jahr 2030 könnten es Prognosen zufolge 8,55 Mrd. sein [1]. Die Landwirtschaft soll die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung mit hochwertigen und preiswerten Lebensmitteln sicherstellen. Die Weltfleischerzeugung stieg von 222 Mio. t (1998) auf 335 Mio. t (2018). Bis 2027 wird mit einem weiteren globalen Wachstum der Weltfleischerzeugung um 13 % gerechnet. Den höchsten Marktanteil dürfte dann Geflügelfleisch mit 38 % aufweisen, gefolgt vom Schweinefleisch mit einem Anteil von 36 % [2]. Die EU ist mit ca. 48,1 Mio. t nach China (86,6 Mio. t im Jahr 2018) weltweit der zweitgrößte Fleischerzeuger. Die Fleischerzeugung hat in Deutschland von ca. 6,5 Mio. t (1998) auf knapp 8,5 Mio. t (2018) zugenommen [2], während der Pro-Kopf-Verzehr von Fleisch seit dem Jahr 2007 leicht von 61,5 auf 59,2 kg/a gefallen ist. Deutschland und Spanien gehören mit 820.000 bzw. 819.000 t/a zu den größten Schweinefleisch-Exporteuren in der EU.

Die Entwicklung der Tierhaltung in Niedersachsen

Der Anstieg der Tierhaltung lässt sich gut am Beispiel Niedersachsens darstellen [3]. Der Anteil Niedersachsens an der Rindviehhaltung in Deutschland beläuft sich auf 21,2 %, bei der Schweinehaltung sind es 31,3 %, bei den Legehennen 37,6 % und bei den Masthühnern 65,4 % [4]. Der Rinderbestand ist im Zeitraum von 1950 bis zum Jahr 2018 von 2,145 auf 2,541 Mio. Tiere gestiegen. Der Bestand an Milchkühen hat im gleichen Zeitraum von 1,03 Mio. auf 849.192 abgenommen, während die erzeugte Milchmenge von 3,41 Mio. t/a auf 6,48 Mio. t/a gestiegen ist. Die Zahl der Milchkuhalter ist von mehr als 192.000 (1960) auf rund 9.200 (2018) gefallen. Der Anteil ökologisch gehaltener Milchkühe betrug 2016 rund 1,2 % [4]. Der Bestand an Schweinen in Niedersachsen ist von 3,334 Mio. Tieren (1950) auf 8,367 Mio. Tiere (2018) gestiegen, während die Zahl der Schweinehalter von 219.535 (1960) auf 5.500 (2018) gefallen ist. Im Jahr 2016 wurden 8,917 Mio. Tiere in Niedersachsen gehalten, 82,1 % dieser in Beständen von mehr als 1.000 Tieren. Mehr als 50 % der Schweine in Niedersachsen wurden 2016 in Beständen von mehr als 2.000 Tieren gehalten. Der Anteil der Schweine mit ökologischer Wirtschaftsweise betrug 2016 rund 0,38 % [3; 4]. Im Jahr 2016 betrug der Bestand an Legehennen 19,5 Mio. Tiere, 51,3 % in Beständen mit mehr als 50.000 Tieren. Der Anteil der Legehennen, die in ökologischer Wirtschaftsweise gehalten wurden, betrug 2016 rund 8,57 % [3; 4]. Der Bestand an Masthühnern betrug im Jahre 2010 rund 36,5 Mio. Tiere, 70,7 % in Beständen mit mehr als 50.000 Tieren. Im Jahr 2016 wurden 61,35 Mio. Masthühner in Niedersachsen gehalten, 83,2 % in Beständen mit mehr als 50.000 Tieren. Der Anteil der Masthühner in ökologischer Wirtschaftsweise betrug 2016 rund 0,55 % [3; 4]. Im Jahr 2010 wurden 4,87 Mio. Truthühner in Niedersachsen gehalten, 88,4 % des Bestandes in Betrieben mit mehr als 10.000 Tieren. Im Jahr 2016 waren es 5,25 Mio., 91,1 % in Beständen mit mehr als 10.000 Tieren. Der Anteil der Truthühner in ökologischer Wirtschaftsweise betrug 2016 rund 0,81 % [3; 4].

Stickstoffanfall und Nitratbelastung in Niedersachsen

Die intensive Tierhaltung in Niedersachsen führt zu einem erheblichen Wirtschaftsdüngeranfall. Im Nährstoffbericht für Niedersachsen 2017/2018 [5] wird der Dunganfall (Gülle, Festmist, Geflügelkot) mit 47,3 Mio. t/a angegeben. Diese Menge setzt sich aus Rinderdung (29,3 Mio. t), Schweinedung (14,4 Mio. t), Geflügeldung (1,7 Mio. t) und sonstigen Dungarten (1,9 Mio. t) zusammen. In dem gesamten Dung sind rund 274.000 t Stickstoff und 139.000 t Phosphat enthalten. Darüber hinaus wurden im Wirtschaftsjahr 2017/2018 ca. 250.000 t mineralischen Stickstoffdüngers in Niedersachsen abgesetzt. Der N-Mineraldüngerabsatz ist allerdings seit Jahren tendenziell rückläufig.

Nach dem Nährstoffbericht für Niedersachsen wurden beispielsweise aus der Weser-Ems-Region 2,8 Mio. t Frischmasse mit rund 32.330 t Stickstoff in Nachbarregionen und in andere Bundesländer exportiert. Würde man je LKW eine Zuladung von 25 t annehmen, wären für den Transport ca. 112.000 LKW-Fahrten erforderlich. Sollte zukünftig die organische Düngung auf 170 kg/(ha*a) flächendeckend eingehalten werden, müssten allein aus der Weser-Ems-Region zusätzliche 2,1 Mio. t Frischmasse mit ca. 24.700 t Stickstoff exportiert werden, was rund 84.000 weiteren LKW-Fahrten entsprechen würde.

Einen aktuellen Überblick zum Zustand des Grundwassers liefert der Grundwasserbericht Niedersachsen [6]. Nach dem Datenbestand von 2017 liegen Ergebnisse für insgesamt 1.355 Messstellen vor. Bei 40 von 442 Grundwasser-Messstellen in Niederungsgebieten liegen die Nitratwerte oberhalb von 50 mg/l. Im Bereich der Geest sind es 147 von 589 Messstellen und im Bergland 31 von 324. Insgesamt weisen 218 von 1.355 Messstellen Nitratwerte von mehr als 50 mg/l auf. Für die Berichterstattung an die Europäische Umweltagentur (EUA) ist jedoch nur der obere Grundwasserleiter zu betrachten. Von diesen hierfür 167 repräsentativen Messstellen weisen 29 % Grenzwertüberschreitungen auf. Die Umweltkarten Niedersachsens zeigen in Hinblick auf die Nitratbelastungen ein sehr heterogenes Bild, sowohl was die Nitratkonzentrationen als auch die Trendentwicklungen angehen [7]. Die hohen Nitratbefunde lassen sich keineswegs allein auf die Tierhaltung zurückführen, sondern auf eine über Jahre insgesamt zu hohe Stickstoffdüngung. Neben der Nitratproblematik sind auch erhöhte Ammoniumkonzentrationen im Nordwesten Niedersachsens zu beobachten. Die Umweltkarten Niedersachsens zeigen für Ammonium – insbesondere im Nordwesten – deutlich erhöhte Werte, die über den Schwellenwert von 0,5 mg/l der Grundwasserverordnung hinausgehen [8]. Für diese Befunde in Marsch- und Mooregebieten werden u.a. denitrifizierende Bedingungen verantwortlich gemacht, die zu einem Nitratabbau führen.

Maßnahmen in Niedersachsen

Kooperationsmodell zum Trinkwasserschutz

Zum Trinkwasserschutz hat das Land Niedersachsen bereits im Jahr 1992 ein Kooperationsmodell initiiert [9]. Vorrangiges Ziel des Modells ist der vorsorgende Trinkwasserschutz zur Verringerung der Nitrateinträge in das Grundwasser. Im Jahr 2016 umfasste das Modell 374 Trinkwassergewinnungsgebiete mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 293.000 ha,

was ca. 11 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Niedersachsens entspricht. Bei Erfolgskontrollmessungen in den Trinkwassergewinnungsgebieten wurde der Grenzwert von 50 mg/l in 36 % der Messungen überschritten. Im oberflächennahen Grundwasser lag die mittlere Nitratkonzentration bei 44,2 mg/l, in tieferem Grundwasser hingegen bei nur ca. 5 mg/l. Die wichtigsten Bausteine des Modells sind freiwillige Vereinbarungen, Modell- und Pilotverfahren sowie landesweite Aufgaben der Landwirtschaftskammer. Die Erfolgskontrolle ergab, dass z.B. der Hoftorbilanzüberschuss für Stickstoff in den Jahren 1998 bis 2016 von 95 kg/ha auf 55 kg/ha gesunken ist. Auch der Mineraldüngereinsatz in diesen Gebieten ist gesunken, während der Wirtschaftsdüngereinsatz gestiegen ist. Ferner ging die Nitratbelastung in Trinkwassergewinnungsgebieten des Kooperationsmodells mit erhöhten Nitratkonzentrationen von 68 mg/l auf 60 mg/l zurück. Aufgrund des nach wie vor zu hohen Düngemittleinsatzes, des Umbruchs von Grün- und Brachflächen, des hohen Maisanteils sowie des hohen Aufkommens von Gärresten aus Biogasanlagen wird aktuell ein weiterer bzw. neuerlicher Anstieg der Nitratkonzentrationen beobachtet.

Verschärfung der Düngeverordnung

Auf der Grundlage des § 13 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 der Düngemittelverordnung (DÜV) wurden zunächst die Grundwasserkörper betrachtet, bei denen ein schlechter chemischer Zustand aufgrund der Nitratbelastung vorliegt. Auf dieser Grundlage wären ca. 60 % der Landesfläche betroffen. In einem zweiten Schritt hat Niedersachsen von der Möglichkeit der Binnendifferenzierung nach § 13 Abs. 2 Satz 3 DÜV Gebrauch gemacht, wobei für die Herausnahme von bestimmten Grundwasserkörpern folgende Anforderungen erfüllt sein müssen:

- Keine Messstelle weist mehr als 50 mg/l Nitrat auf und
- Keine Messstelle weist mehr als 37,5 mg/l Nitrat mit steigendem Trend auf.

Auf diese Weise konnte der Bereich, in dem ordnungsrechtliche Verschärfungen erforderlich sind, von ca. 60 % auf 39 % der Landesfläche reduziert werden [10].

Neben flächendeckenden Verschärfungen (Obergrenze von 170 kg/(ha*a)) für organische Düngemittel, Verlängerung von Sperrfristen, in denen eine Ausbringung untersagt ist, verschärfte Auflagen bei Hanglagen zu Gewässern u.a.) wurden für die auf diese Weise identifizierten „roten Gebiete“ darüber hinausgehende Anforderungen festgelegt. Die wesentliche Maßnahme ist die Reduktion der Stickstoffdüngung um 20 % im Betriebsdurchschnitt. Darüber hinaus wurden folgende weitere Maßnahmen festgelegt [11]:

- Verpflichtende Wirtschaftsdüngeranalysen zur präzisen Düngung
- Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern und Gärresten innerhalb von einer Stunde
- Erhöhung der Mindestlagerkapazität für flüssige Wirtschaftsdünger und Gärreste auf sieben Monate (ab Juli 2021)

Weitergehende Informationen sind im Entwurf der Niedersächsischen Verordnung über düngerechtliche Anforderungen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat oder Phosphat [12] beschrieben.

Weitergehende Maßnahmen zur Gülleaufbereitung

Angesichts der erheblichen Nährstoffüberschüsse in weiten Teilen Niedersachsens sowie den anhaltenden Grundwasserbelastungen werden Gülleaufbereitungsverfahren als weitergehende Maßnahmen zur Nährstoffabtrennung immer dringlicher, wenn es nicht zu einer bedeutenden Bestandsabstockung der Tierbestände in der Weser-Ems-Region kommen soll. Für die Gülleaufbereitung werden aktuell verschiedene Verfahren entwickelt und getestet. Ein Verfahren zur Stickstoffbeseitigung bietet die Fa. Bio Armor Belgium an [13].

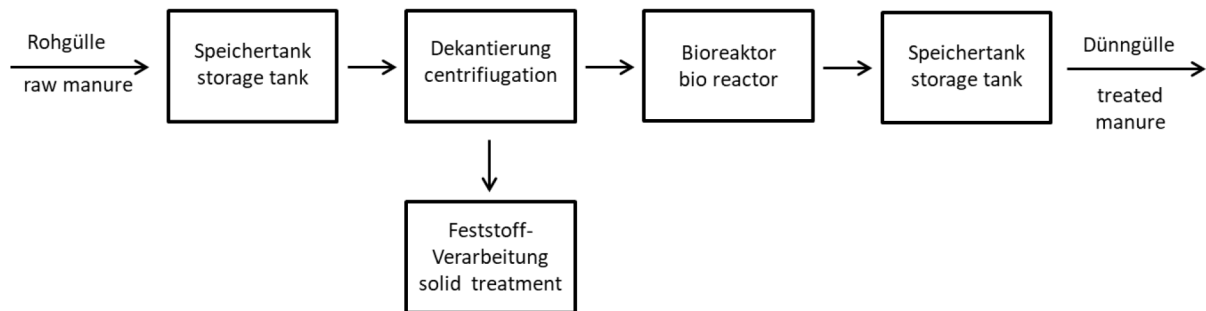


Bild 1: Schematische Darstellung der Gülleaufbereitung nach dem Bio Armor-Verfahren

Figure 1: Schematic flow diagram of the Bio Armor manure treatment process

Das nach Herstellerangaben in Frankreich und Flandern weit verbreitete Verfahren besteht im Wesentlichen aus einer Dekantierung und einem Bioreaktor, in dem über eine intermittierend arbeitende Belüftung Ammonium nitrifiziert und anschließend denitrifiziert werden soll [13]. Durch die Dekantierung sollen vor allem Phosphate und Feststoffe abgetrennt werden. Die Feststoffverarbeitung könnte nach Herstellerangaben unter Nutzung des Energiegehaltes in einer Biogasanlage erfolgen. Die Dünnphase soll dann in einem Bioreaktor mit geringer Belüftungsintensität nitrifiziert und dann bei Zugabe von Frischsubstrat und Abschaltung der Belüftung denitrifiziert werden, wobei atmosphärischer Stickstoff produziert werden soll. Durch die Belüftung sollen ferner die Geruchsemissionen aus der Gülle weitgehend beseitigt werden. Die nährstoffarme Dünngülle soll dann landwirtschaftlich verwertet werden. Die wesentlichen Vorteile des Verfahrens sind der vergleichsweise einfache Verfahrensablauf, eine sichere Phosphatabtrennung, eine mögliche Stickstoffbeseitigung sowie die Verwertung der Dünngülle vor Ort.

Ein deutlich aufwändigeres Verfahren zur Gülleaufbereitung [14] stellt das BioEcoSIM-Verfahren des Fraunhofer Institutes für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB dar (**Bild 2**). Gärreste und Gülle werden bei diesem Verfahren in einem ersten Schritt einer Feststoffseparation unterzogen. Die Feststoffe werden mit überhitztem Dampf getrocknet und können optional über eine Pyrolyse bei 450 °C zu Biokohle umgesetzt werden. Die flüssige Phase wird angesäuert, um Phosphate vollständig in Lösung zu bringen, und anschließend über eine Grob- und Mikrofiltration von Feststoffen befreit. Die anfallenden Feststoffe werden wiederum der Trocknung zugeführt. In der flüssigen Phase erfolgt dann unter Zugabe von Lauge eine Phosphatfällung und anschließend unter Zugabe von Säure eine Rückgewinnung von Ammo-

niumsulfat über ein Membranverfahren mit möglicher Kristallisation. Die verbleibende Restflüssigkeit enthält viel Kalium, aber nur noch Spuren an Stickstoff und Phosphor und kann als Beregnungswasser eingesetzt werden.

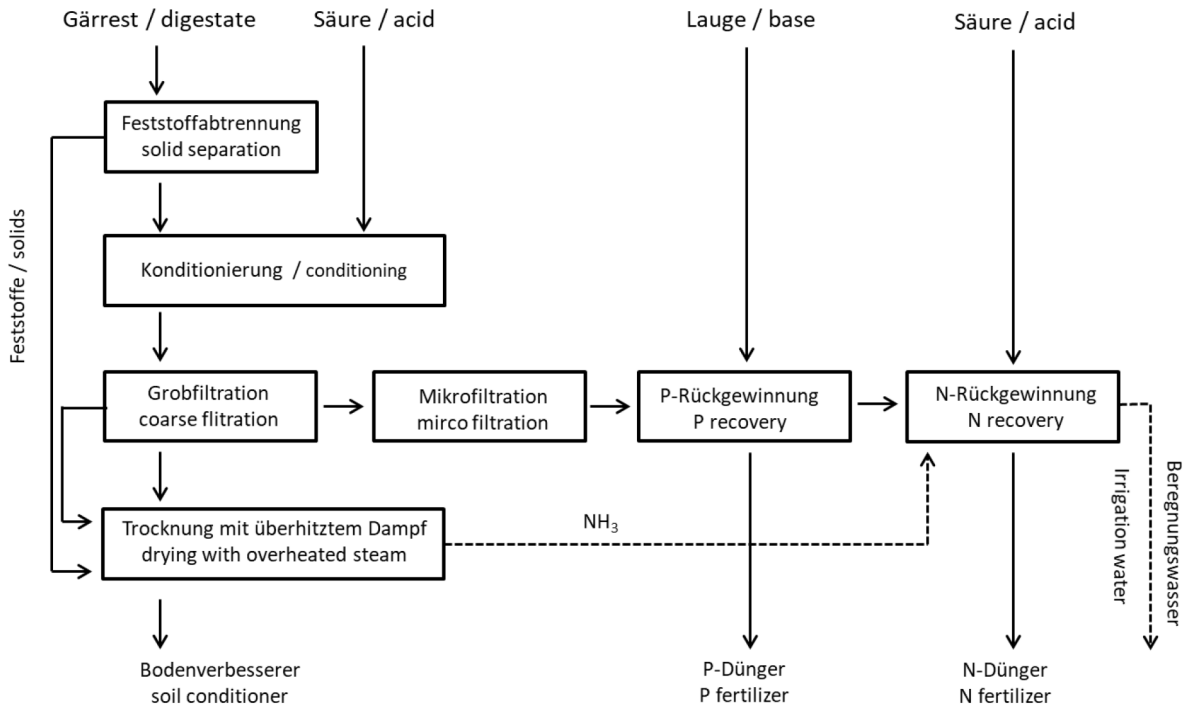


Bild 2: Schematische Darstellung des BioEcoSIM-Verfahrens zur Gülleaufbereitung
Figure 2: Schematic flow diagram of the BioEcoSIM manure treatment process

Die Fa. WELTEC BIOPOWER GmbH bietet ein chemisch physikalisch arbeitendes Verfahren zur Gülleaufbereitung an (**Bild 3**).

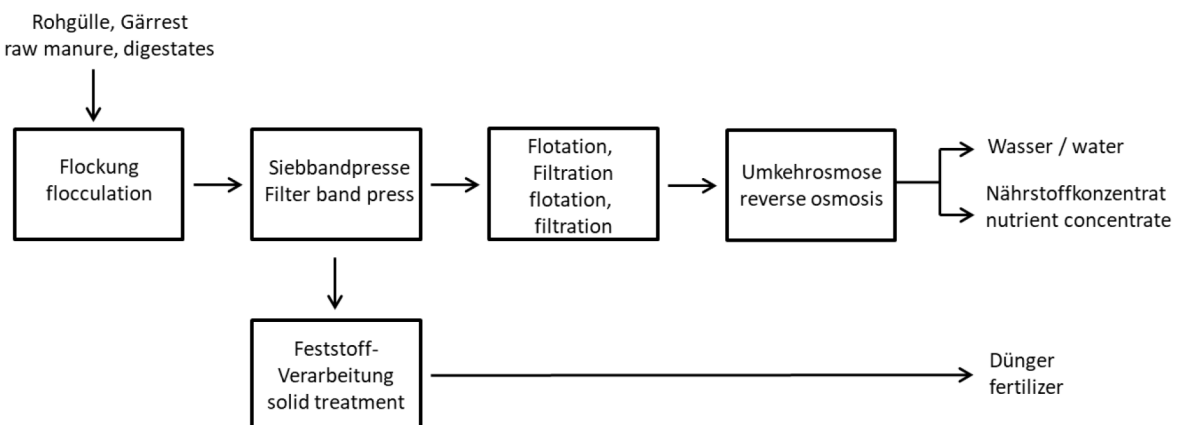


Bild 3: Schematische Darstellung des Gülleaufbereitungsverfahrens der WELTEC BIOPOWER GmbH

Figure 3: Schematic flow diagram of the WELTEC BIOPOWER manure treatment process

Bei diesem Verfahren [15; 16] erfolgt im ersten Schritt eine Flockung mit Flockungshilfsmitteln und anschließend eine Feststoffabscheidung mit einer Siebbandpresse. Der entwässerte Feststoff soll einen Feststoffgehalt von 30 % aufweisen und als Dünger eingesetzt werden. Bei einer Praxisanlage erfolgt der Export nach einer Infrarotbehandlung in Weinbauregionen Frankreichs. Die flüssige Phase wird durch ein Flotationsbecken geführt, wo weitere Feinpartikel abgetrennt werden. Danach wird die Flüssigphase in einer dreistufigen Umkehrosmose-Anlage weiter aufbereitet. Das angereicherte Nährstoffkonzentrat soll nach Herstellerangaben nur noch 20 % des Ausgangsvolumens ausmachen. Der Anteil reinen Wassers beträgt 55 % des Ausgangsvolumens und soll nach einer weiteren Reinigung über einen Ionentauscher eine so hohe Reinheit aufweisen, dass es in Vorfluter einleitbar wäre. Nach Herstellerangaben wird die Technik seit 2007 an 15 Standorten in den Niederlanden und Belgien eingesetzt.

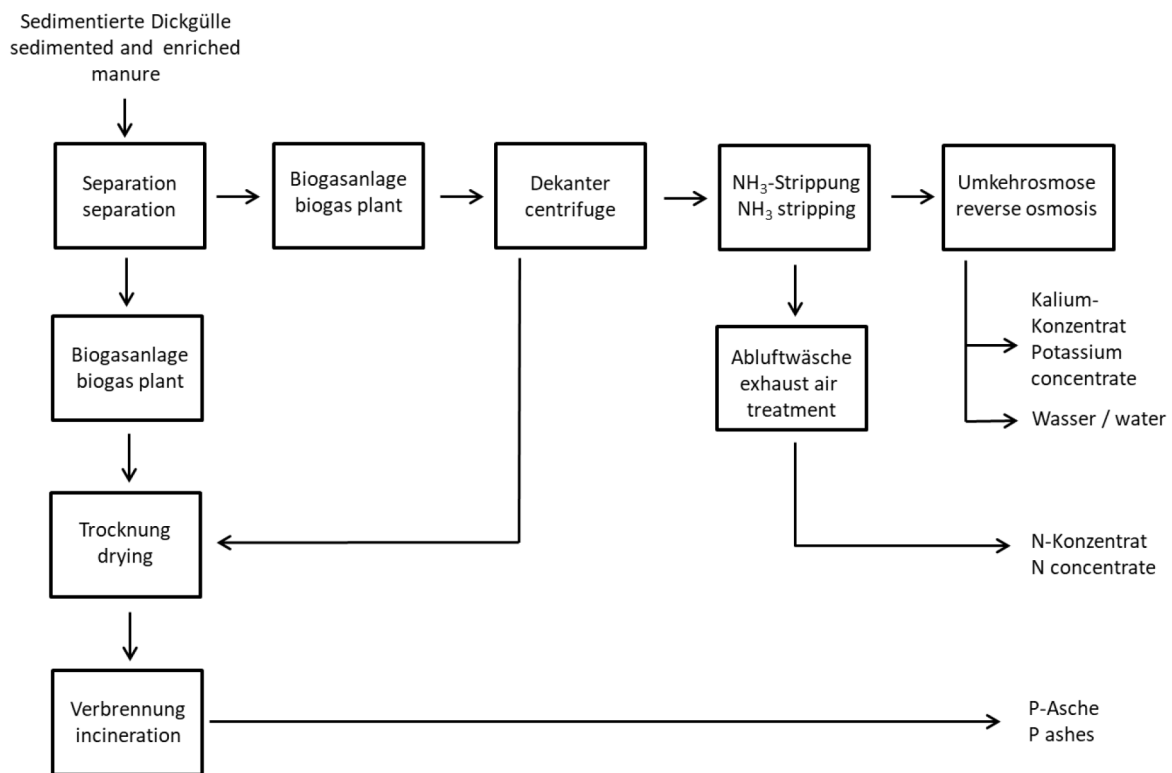


Bild 4: Schematische Gülleaufbereitung der NDM Naturwertstoffe GmbH

Figure 4: Schematic flow diagram of the NDM Naturwertstoffe GmbH manure treatment process

Ein weiteres Aufbereitungsverfahren für die auf dem landwirtschaftlichen Betrieb voreingedickte Schweinegülle wurde inzwischen in Velen, Nordrhein-Westfalen, realisiert [17]. Die angelieferte Schweinegülle wird zunächst über eine Pressschneckenseparation in Fest- und Flüssigphase getrennt. Die Festphase wird in einer Biogasanlage weiter behandelt und der Gärrest wird anschließend getrocknet und verbrannt, wobei Aschen mit hohem Phosphatgehalt anfallen. Die Flüssigphase wird in einer separaten Biogasanlage vergoren und anschließend unter Zugabe von Flockungsmitteln dekantiert, wobei die anfallenden Feststoffe wieder-

rum der Trocknung zugeführt werden. Die Flüssigphase aus der Dekantierung wird mit Natronlauge versetzt und dann einer Ammoniakstrippung mit einer nachgeschalteten schwefelsauren Abluftwäsche unterzogen, wobei konzentriertes Ammoniumsulfat gebildet wird. Über eine anschließende Umkehrosmose soll dann noch Kalium in konzentrierter Form zurückgewonnen werden. Die Anlage ist für eine Jahreskapazität von 200.000 Tonnen ausgelegt.

Komplexe Gülleaufbereitungsverfahren können aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten kaum auf Betriebsebene errichtet und betrieben werden. Die Anlagen, die wirtschaftlich arbeiten könnten, sind für Kapazitäten von 200.000 t/a ausgelegt, was jedoch zwangsläufig mit einem entsprechenden Transportaufkommen verbunden ist. Gerade aus diesen Gründen wurde vor kurzem ein Bebauungsplan für eine großtechnische Gülleaufbereitungsanlage in Goldenstedt zurückgezogen [18].

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft und die Tierhaltung sollen eine stetig wachsende Bevölkerung mit hochwertigen und günstigen Lebensmitteln versorgen. Die europäische Union (EU-28) ist nach China der zweitgrößte Exporteur von Agrargütern. Aufgrund der auch in Niedersachsen intensiv betriebenen Landwirtschaft und Tierhaltung hat die Nitratbelastung im Grundwasser über Jahrzehnte zugenommen. Die unzureichende Umsetzung der EU-Nitrat-Richtlinie zum Schutz des Grundwassers hat eine neuerliche Verschärfung der Düngeverordnung auch in Niedersachsen erforderlich gemacht, weil mindestens 39 % der Landesfläche Grundwasserkörper mit überhöhten Nitratkonzentrationen aufweisen und Strafzahlungen in erheblicher Größenordnung an Brüssel drohen. Zentraler Bestandteil der Verschärfung der Düngeverordnung ist eine um 20 % zu reduzierende Stickstoffdüngung in den belasteten Gebieten. Angesichts der nach wie vor sehr hohen Nährstoffüberschüsse – insbesondere in Regionen mit hoher Tierdichte – ist jedoch zu befürchten, dass die bislang getroffenen Maßnahmen auf absehbare Zeit für die Sanierung des Grundwassers nicht ausreichend sind. Wenn es aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht zu einer deutlichen Reduzierung des Tierbestandes kommen soll, müssen weitergehende Maßnahmen zur Nährstoffentlastung belasteter Regionen ergriffen werden. Da ein großer Anteil der Wirtschaftsdünger aufgrund des geringen Nährstoffgehaltes über weitere Strecken nicht transportwürdig ist, müssen Verfahren zur Gülleaufbereitung zum Einsatz kommen. Aufgrund der Komplexität dieser Verfahren sind nach aktuellem Kenntnisstand Jahreskapazitäten von ca. 200.000 Tonnen erforderlich, um diese wirtschaftlich betreiben zu können.

Literatur

- [1] United Nations DESA/Population Division: Total Population – Both Sexes. URL – <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> - Zugriff am 02.12.2019.
- [2] Deutscher Bauernverband e.V.: Situationsbericht 2018/19. URL – <https://www.bauernverband.de/situationsbericht/1-landwirtschaft-und-gesamtwirtschaft> - Zugriff am 12.12.2019.

- [3] Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Tierische Erzeugung, Tierproduktion in Niedersachsen, Jahrgänge 2001 - 2018. URL – https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/tierische_produktion/tierproduktion-in-niedersachsen-121552.html - Zugriff am 24.01.2019.
- [4] Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen. URL – <https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/veroeffentlichungen/die-niedersaechsische-landwirtschaft-in-zahlen-121348.html> - Zugriff am 02.12.2019.
- [5] Landwirtschaftskammer Niedersachsen: Nährstoffbericht für Niedersachsen 2017/2018. URL – <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/meldeprogrammwirtschaftsduenger/nav/1787/article/34137.html> - Zugriff am 03.12.2019.
- [6] Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Grundwasser, Band 35. URL – <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwasserbericht/Grundwasserbericht-150294.html> - Zugriff am 12.12.2019.
- [7] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz: Umweltkarten. URL – <https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/?topic=Wasserrahmenrichtlinie&lang=de&bgLayer=Topographie-Grau&X=5799325.00&Y=576250.00&zoom=3&layers=GrundwasserTrendsNitrat> - Zugriff am 12.12.2019.
- [8] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz: Umweltkarten. URL – <https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/?lang=de&topic=Hydrologie&bgLayer=Topographie-Grau&X=5807500.00&Y=572000.00&zoom=3&layers=Ammonium> - Zugriff am 12.12.2019.
- [9] Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Grundwasser. URL – https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/service/veroeffentlichungen_webshop/schriften_zum_downloaden/downloads_grundwasser_trinkwasser/veroeffentlichungen-zum-thema-grundwassertrinkwasser-zum-downloaden-44047.html - Zugriff am 13.12.2019.
- [10] Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: 13 + 1 Fragen und Antworten zu den „roten Gebieten“. URL – <https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/13-fragen-und-antworten-zu-den-roten-gebieten-182140.html> - Zugriff am 12.12.2019.
- [11] Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Nitrat- und Phosphatkulisse ausgewiesen. URL – <https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/nitrat-und-phosphat-kulisse-ausgewiesen-180472.html> - Zugriff am 13.12.2019.
- [12] Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Niedersächsische Verordnung über düngerechtliche Anforderungen zum Schutz der

- Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat oder Phosphat. URL – <https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/nitrat-und-phosphat-kulisse-ausgewiesen-180472.html> - Zugriff am 13.12.2019.
- [13] Bio Armor Belgium: Biologische Gülleverarbeitung. URL – https://www.bioarmor.be/de_DE/page/biologischemestverwerking - Zugriff am 11.12.2019.
- [14] Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB: Innovatives Verfahren zur umweltschonenden Gülleaufbereitung kommt auf den Markt. Pressemitteilung, URL – https://www.igb.fraunhofer.de/content/dam/igb/de/documents/pressemitteilungen/2018/1805_ifat-guelleaufbereitung_de.pdf - Zugriff am 11.12.2019.
- [15] WELTEC BIOPOWER: Kumac: Das System zur Aufbereitung von Gülle und Gärresten. URL – https://www.weltec-biopower.de/fileadmin/user_upload/weltec/08_Infocenter/Prospekte/deutsch/Produktinfo_Kumac_deutsch_Nov18.pdf - Zugriff am 17.12.2019.
- [16] WELTEC BIOPOWER: Kumac Gülle- und Gärrestaufbereitung. URL – <https://www.weltec-biopower.de/technologie/kumac-aufbereitung.html> - Zugriff am 17.12.2019.
- [17] Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben: Velen: Gülle-Aufbereitung läuft. URL – <https://www.wochenblatt.com/landwirtschaft/nachrichten/velen-guelle-aufbereitung-laeuft-11843405.html> - Zugriff am 13.12.2019.
- [18] NDR 1 Niedersachsen: Goldenstedter Gülleaufbereitungsanlage kommt nicht. URL – https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Goldenstedter-Guelleaufbereitungsanlage-kommt-nicht,aktuelloldenburg3274.html - Zugriff am 13.12.2019.

Autorendaten

Dr. rer. nat. Jochen Hahne arbeitet am Thünen-Institut für Agrartechnologie in Braunschweig.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 27.01.2020

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Hahne, Jochen: Hohe Nitratbelastungen im Grundwasser erfordern verschärfte Maßnahmen in der Landwirtschaft zur Minderung von Nährstoffüberschüssen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2019. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2020. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202001201540-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2019/chapter/bioverfahrens-und-umwelttechnik.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.