

Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren – rechtlicher Rahmen und wasserwirtschaftliche Einordnung

Düngemittel mit stabilisiertem Stickstoff gewinnen zunehmend an Bedeutung. Allerdings sind Zulassungsverfahren und verschiedene **rechtliche Gültigkeiten auf nationaler und EU-Ebene unübersichtlich**. Funde von Umweltkonzentrationen der Wirkstoffe sind derzeit auf wenige lokal begrenzte Studien beschränkt. Der nachfolgende Fachbeitrag führt für Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren den **rechtlichen Rahmen und die Einordnung aus wasserwirtschaftlicher Sicht** aus.

von: Dr. Richard Beisecker, Theresa Seith (beide: IfÖL GmbH), Dr. Christine Kübeck, Ursula Karges (beide: IWW Zentrum Wasser), Dr. Sonda Klitzke (Umweltbundesamt), Dr. Karsten Nödler & Sebastian Sturm (beide: TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser)

Seit der Untersuchung von Scheurer et al. [1] hat sich die Anzahl der in Deutschland zugelassenen Stickstoffinhibitoren von fünf auf zehn Wirkstoffe verdoppelt. Vor dem Hintergrund nitratbelasteter Gewässer, aber auch steigender Positivbefunde der Wirkstoffe in Gewässern sowie der inzwischen gesetzlich verpflichtenden Anwendung von UI wurden in dem vom DVGW geförderten Forschungsvorhaben INHIBIT die Chancen und Risiken, die aus der flächenhaften Anwendung solcher teils neuartiger Wirkstoffe in der Landwirtschaft für den Gewässerschutz entstehen, untersucht.

NI und UI dienen im landwirtschaftlichen Einsatz der Vermeidung oder Verringerung von Stickstoffverlusten durch Entgasung oder Auswaschung sowie der besseren Anpassung der Stickstoffumwandlung an die N-Aufnahme der Pflanzen. Obgleich beide häufig unter den Oberbegriffen „Inhibitoren“ subsumiert werden, unterscheiden sie sich in ihren für Umweltabschätzungen relevanten Stoffeigenschaften, Effekten, Einsatzschwerpunkten und den in den Kulturen ausgebrachten Wirkstoffmengen [2, 3].

Nach der Düngeverordnung (DüV) [2] ist in Deutschland bislang einzig die Anwendung von UI in Harnstoffdüngern verpflichtend – vorrangig, um Ammoniakemissionen zu verringern. UI blockieren zeitweise die Ureaseaktivität

und verlangsamen dadurch die Hydrolyse von Harnstoff zu Ammonium und/oder gasförmigem Ammoniak. NI wiederum wirken in der Regel im ersten Teilschritt der Nitrifikation, indem sie die Ammoniummonooxygenasen nitrifizierender Bakterien hemmen. Dabei wird die Oxidation von Ammonium zu Nitrit und in der Folge auch die Nitratbildung verzögert. Während NI hauptsächlich in Gülle und mineralischen N-Düngern eingesetzt werden, werden UI vorrangig bei Harnstoffdüngern verwendet. Harnstoffdünger enthalten zum Teil auch Wirkstoffe beider Gruppen (UI und NI). Generell stellt sich die Datenlage zu den einzelnen Wirkstoffen sehr unterschiedlich dar. An dieser Stelle wird deshalb auf die rechtliche Einordnung der NI und UI eingegangen und die im Projekt „Chancen und Risiken von NI und UI für den Gewässerschutz“ (INHIBIT) erzielten Ergebnisse wasserwirtschaftlich eingeordnet.

Rechtlicher Rahmen der Wirkstoffe und ihre Zulassung

NI und UI unterliegen als Anwendungshilfsmittel für stickstoffhaltige Düngemittel und Wirtschaftsdünger in Deutschland dem Düngerecht. Im rechtlichen Kontext der Düngemittel sind für Deutschland das Düngengesetz (DüNG) [3], die DüV und die Düngemittelverordnung (DüMV) [4] relevant. Grundsätzlich werden in der DüMV die vier

Produktkategorien Düngemittel, Kultursubstrate, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsmittel unterschieden, die in Abhängigkeit der typ- bzw. zweckbestimmenden Hauptbestandteile definiert sind. Diesen Produktkategorien können als Nebenbestandteile viele verschiedene Stoffe zugesetzt werden, die als Aufbereitungs- und Anwendungshilfsmittel die Produktion oder Nutzung anwendungstechnisch unterstützen. Die DüMV unterscheidet zwischen den Stoffgruppen mit und ohne wesentliche Nährstoffgehalte. Zur besseren Einordnung zeigt **Abbildung 1** schematisch die Einteilung der verschiedenen Produktkategorien.

Die Nebenbestandteile sind in der DüMV in Anlage 2 Tabelle 8 gelistet und werden weiter in die Aufbereitungshilfsmittel, die Anwendungshilfsmittel und die Fremdbestandteile untergliedert. NI und UI sind hierbei den Anwendungshilfsmitteln zugeordnet.

Die Zulassung und das Inverkehrbringen von Düngemitteltypen wird national auch in der DüMV geregelt – ebenso wie die Vorgaben für Düngemitteltypen, welche NI oder UI enthalten und die Frage, ob die Inhibitoren in den Düngemitteln als Einzelwirkstoffe oder in Mischungen mit anderen Inhibitoren einzusetzen sind. Düngemittel können, sofern sie ausschließlich gelistete Substanzen der DüMV enthalten und ihren Anforder- ▶

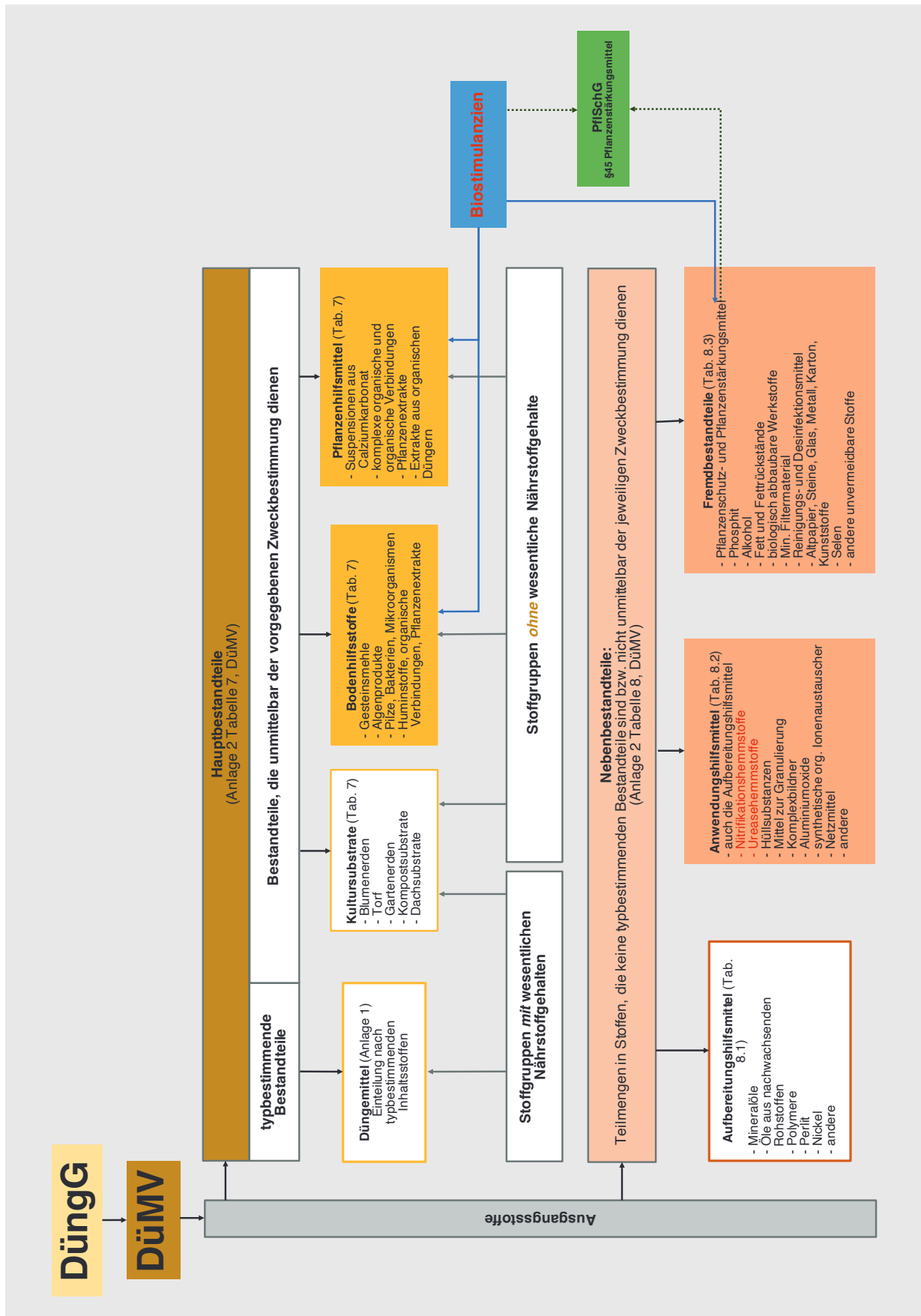


Abb. 1: Schema zur rechtlichen Einordnung von Düngemitteln und Düngemittelzusatzstoffen

Quelle: ifÖL GmbH

Tabelle 1: Übersicht über die in Deutschland nach DÜMV zugelassenen Wirkstoffe

Wirkstoff	Abkürzung	Formel	Zulassung gemäß DüMV
Ureaseinhibitoren			
N-(2-Nitrophenyl)phosphorsäuretriamid	2-NPT	C ₆ H ₉ N ₄ O ₃ P	2008
N-Butyl-thiophosphortriamid	NBPT	C ₄ H ₁₄ N ₃ PS	2015
N-Propylthiophosphortriamid	NPPT	C ₃ H ₁₂ N ₃ PS	2015
Nitrifikationsinhibitoren			
Dicyandiamid	DCD	C ₂ H ₄ N ₄	vor 2003
3-Methylpyrazol	3-MP	C ₄ H ₆ N ₂	vor 2003
1H-1,2,4-Triazol	Triazol	C ₂ H ₃ N ₃	2003
3,4-dimethyl-1H-pyrazol 3,4-Dimethylpyrazolphosphat	DMPP	C ₅ H ₈ N ₂ C ₅ H ₁₁ N ₂ PO ₄	2003
N-((3(5)-Methyl-1H-pyrazol-1-yl)methyl)acetamid	MPA	C ₇ H ₁₁ N ₃ O	2015
Nitrapyrin [2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridin]	Nitrapyrin	C ₆ H ₃ Cl ₄ N	2015
Isomergemisch aus 2-(4,5-Dimethyl-1H-pyrazol-1-yl)bernsteinsäure und 2-(3,4-Dimethyl-1H-pyrazol-1-yl)bernsteinsäure	DMPSA	C ₉ H ₁₂ N ₂ O ₄	2019

Quelle: IWW Zentrum Wasser

rungen entsprechen, in Deutschland ohne eine Einzelzulassung oder Registrierung in den Verkehr gebracht und frei gehandelt werden. Nach EU-Verordnung Nr. 2019/515 [5] über die gegenseitige Anerkennung von Waren der Mitgliedstaaten gilt dies auch für in anderen EU-Staaten rechtmäßig zugelassene Düngemittel und NI und UI. Voraussetzung ist die Übereinstimmung dieser Düngeprodukte mit dem DüngG und den in der DüMV festgelegten Anforderungen an Grenzwerte und weitere Bestimmungen (Anlage 2) zum Schutz der Umwelt und der Gesundheit. In der **Tabelle 1** sind die in Deutschland nach DüMV zugelassenen Wirkstoffe aufgelistet.

Eine vergleichende Darstellung der Mindest- und ggf. Maximalanteile der Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgemische nach nationaler DüMV und EU-Verordnung EG 2003/2003 [6], die bis Mitte des Jahres 2022 gültig war, ist in **Tabelle 2** aufgelistet. In Deutschland waren mehr Nitrifikationshemmstoffe zugelassen, als in der bis dahin geltenden Verordnung EG Nr. 2003/2003 aufgelistet sind. Die in den Düngemitteln zulässigen Wirkstoffgehalte waren teilweise unterschiedlich, lagen jedoch in etwa in einer Größenordnung. Die Wirkstoffe MPA, Nitrapyrin, DMPSA und Gemische aus DCD und 3-MP bzw. Ammoniumthiosulfat sind national nach DüMV zugelassen, nicht jedoch nach Verordnung EG Nr. 2003/2003. Für die UI sieht dies etwas anders aus. Die zugelassenen Substanzen in EG Nr. 2003/2003 und DüMV stimmen überein, jedoch ist NBPT EU-

weit und somit auch in Deutschland, nicht nur im Gemisch, sondern auch als Einzelwirkstoff zugelassen.

Mit Wirkung zum 16. Juli 2022 wurde die zuvor geltende Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 aufgehoben und durch die am 5. Juni 2019 erlassene Verordnung (EU) Nr. 2019/1009 „mit Vorschriften für die Bereitstellung von EU-Düngeprodukten auf dem Markt“ ersetzt. Mit dem Inkrafttreten der neuen EU-Verordnung 2019/1009 [7] gingen einige Änderungen im Zulassungsverfahren und in den Regeln der EU-weiten Verkehrsfähigkeit einher. Zuvor sollten in einer dreijährigen Übergangszeit die Voraussetzungen für einheitliche Standards, Analysemethoden und Kennzeichnungsvorschriften in den EU-Mitgliedsstaaten geschaffen werden. Mit der Verordnung (EU) Nr. 2019/1009 wurde auf europäischer Ebene das Zulassungssystem nach Düngemitteltypen durch eine CE-Kennzeichnung und Produktfunktionskategorien (PFC) ersetzt. Nitrifikations-, Denitrifikations- und Ureasehemmstoffe können nun EU-weit als Düngeprodukte nach PFC 5 oder weiterhin nur auf nationaler Ebene zugelassen werden. Für Düngeprodukte nach Verordnung (EU) Nr. 2019/1009 gilt: Wenn „[...] sie den dort geregelten harmonisierten Anforderungen an Sicherheit, Qualität und Kennzeichnung genügen, können sie in der gesamten EU frei verkauft werden und dürfen nicht mehr durch produktbezogene nationale Maßnahmen und Vorschriften behindert werden.“

Rechtlich unterliegen die Inhibitoren unterschiedlichen Regelwerken auf nationaler sowie europäischer Ebene. Die Gültigkeit von nationalem Düngemittelrecht, EU-Düngeverordnungen und die aufgrund des freien Warenverkehrs relevanten nationalen Rechte aller EU-Binnenmarktstaaten führen zu einer Intransparenz dieser am Markt erhältlichen und eingesetzten Wirkstoffe.

Eine systematische Berücksichtigung der Umweltauswirkungen in der nationalen Zulassung besteht erst seit ca. 15 Jahren [8]. Zuvor in die DüMV aufgenommene stabilisierte Düngemittel waren, auch ohne diese Zulassungskriterien zu erfüllen, prinzipiell marktfähig. Die Zulassung dieser Düngeprodukte erlischt nicht mit Änderung der Zulassungsbedingungen. Gerade mit Blick auf den Gewässerschutz und die unter den verschiedenen Regelwerken uneinheitlichen Umweltbestimmungen scheinen Nachbesserungen im Bereich der Zulassung, z. B. hinsichtlich der Anforderungen zu Metaboliten oder der Ausgestaltung ökotoxikologischer Prüfungen, erforderlich – auch vor dem Hintergrund, dass die Prüfung eben dieser Wirksamkeit nicht immer deutliche Anbauverhältnisse berücksichtigt [9].

Handelsprodukte und Applikationsmengen

Die Recherche zu den am Markt erhältlichen Produkten erwies sich als sehr schwierig und brachte teils widersprüchliche Ergebnisse. So gibt es kein öffentlich zugängliches Produktverzeichnis (z. B. über ein Behördenregister). Produkte mussten über die Hersteller oder Vertreiber direkt abgefragt werden; dies geschah im Rahmen einer Web-Recherche (Stand: Januar 2022). Zudem erfolgte über den Zeitraum des laufenden Projektes in einigen Produkten ein Austausch von Wirkstoffen – oft unter Beibehaltung des Handelsnamens. Für die Produkte werden zwar die Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgemische angegeben, jedoch besteht keine Deklarationspflicht zu den Wirkstoffgehalten. Dies machte es sehr schwierig, mögliche Applikationsmengen abzuleiten und die konkreten Eintragspfade nachzuvollziehen.

Potenzielle weitere Eintragsquellen

Für die Wirkstoffe DCD, Triazol und 3-MP liegen weitere Zulassungen vor allem im Bereich der chemischen und pharmazeutischen Industrie vor. So wird beispielsweise DCD in der Kunststoffherstellung und der Papierindustrie eingesetzt, 3-MP wiederum ist ein Synthesegrundstoff für die Lackherstellung und Triazol wird für die ▶

Tabelle 2: Als Inhibitoren zugelassene Wirkstoffe nach nationaler DüMV und Verordnung EG 2003/2003

Abkürzung	DüMV [4]			EU-Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 [6]		
	Reinstoff	Gemisch		Reinstoff	Gemisch	
DCD	10	7.7 2.0 2.0	mit Ammoniumthiosulfat (1:1.604) mit 3-MP (15:1) mit 1 H-1,2,4-Triazol (10:1)	2.25-4.5	2.0-4.0	mit 1 H-1,2,4-Triazol (10:1)
3-MP	-	max. 0.5	mit Dicyandimid (1:15)	-	-	-
Triazol	-	0.2	mit 3-MP (2:1)	-	0.2-1.0	mit 3-MP (2:1)
DMPP	0.8	-	-	0.8-1.6	-	-
MPA	0.05 max. 0.4	-	-	-	-	-
Nitrapyrin	max. 500 g/ha a	-	-	-	-	-
DMPA	0.8 max. 1.6	-	-	0.8-1.6	-	-
2-NPT	0.04-0.15	-	-	0.04-0.15	-	-
NBPT	-	0.02-0.2	mit NPPT (3:1)	0.09-0.20	0.02-0.3	mit NPPT (3:1)
NPPT	-	-	mit NBPT (1:3)	-	-	mit NBPT (1:3)

Quelle: IWW Zentrum Wasser

Herstellung von Veterinärpharmaka genutzt. Dementsprechend ist ein Eintrag dieser Wirkstoffe aus der Industrie über das Abwasser zu berücksichtigen.

Ein flächenhafter landwirtschaftlicher Eintrag von Triazol erfolgt auch durch die Anwendung von Alzolfungiziden. Das beim Abbau der Alzolfungizide entstehende Triazol (TZ) wird mit einem gesundheitlichen Orientierungswert (GOW) von 0,1 Mikrogramm pro Liter (µg/l) bewertet. Triazol-Funde in Oberflächen- oder Grundwasser können daher meist nicht eindeutig einem bestimmten Eintragspfad zugeordnet werden.

Wirkweise

Die **Abbildung 2** zeigt die Wirkweise der mikrobiellen Hemmung der Nitrifikation durch NI und UI, aber auch, dass NI und UI unterschiedliche Angriffspunkte innerhalb des Stickstoffkreislaufs im Boden haben. Durch den Einsatz von NI und UI sollen Stickstoffverluste bei der landwirtschaftlichen Anwendung von Düngemitteln reduziert werden. Neben einer Reduzierung der Stickstoffauswaschung in Form von Nitrat zielt der Einsatz dieser Stoffe vor allem auf die Reduktion gasförmiger Stickstoffverluste durch Ammoniak- und die Reduzierung der Lachgasemissionen ab.

Wasserwirtschaftliche Einordnung

Die wasserwirtschaftliche Einordnung der nach DüMV zugelassenen und derzeit auf dem Markt verfügbaren Wirkstoffe ist maßgeblich durch die verfügbaren Informationen geprägt. Dabei sind die großen Unterschiede hinsichtlich der verfügbaren Informationen zwischen den Wirkstoffen zu berücksichtigen. Zudem gilt bei der Auswertung experimenteller Studien generell, dass die Ergebnisse nur unter den jeweils gewählten oder vorherrschenden Versuchs- bzw. Anwendungsbedingungen vollständige Gültigkeit haben. Diese waren jedoch in der recherchierten Literatur zum Teil sehr unterschiedlich, sodass verallgemeinerbare Aussagen nur schwierig abzuleiten sind.

Für die Beurteilung der Wirksamkeit hinsichtlich der Verringerung der Nitrat-

auswaschung ist die in der Literatur dargestellte Informationslage zu inkonsistent, um gesicherte Aussagen zu den einzelnen Wirkstoffen treffen zu können. Aus den recherchierten Informationen und den im Projekt INHIBIT durchgeführten Experimenten (Freilandversuche, Freiland- und Laborlysimeter sowie Uferfiltratuntersuchungen im halbttechnischen Maßstab) lässt sich jedoch ein großer Einfluss der Standort-, aber auch der jeweiligen Ausbringungsbedingungen ableiten. Diese sollten vor einer Anwendung der Wirkstoffe und unter Einbezug der Stoffeigenschaften geprüft und dahingehend bewertet werden, ob erstens unter den vorherrschenden Bedingungen die gewählten Wirkstoffe ausreichende Wirksamkeit hinsichtlich reduzierter Nitratauswaschungen besitzen können und zweitens die vorherrschenden Bedingungen nicht unbeabsichtigte Grundwassereinträge der Wirkstoffe selbst begünstigen.

Für die in diesem Projekt bewerteten UI 2-NPT und insbesondere NBPT zeigt sich der pH-Wert des umgebenden Milieus als ausschlaggebender Faktor für die Wirksamkeit und den hydrolytischen sowie biologischen Abbau gleichermaßen.

Für Triazol zeichnete sich aus den Experimenten der Eintrag über die ungesättigte Zone als potenziell relevanter Faktor ab. In der gesättigten Zone der Uferfiltration wurde Triazol von allen

untersuchten NI am stärksten biologisch eliminiert, während ein (a)biotischer Abbau in Oberflächenwasser dagegen nicht beobachtet wurde [12]. Diese Beobachtung deckt sich mit Ergebnissen von Scheurer et al. [1], die in Reinstwasser eine hydrolytische Stabilität von 41 Tagen fanden. Kritisch hinsichtlich der hohen Abundanz in Oberflächengewässern ist für die regionale Wasserversorgung zudem die Unkenntnis über die Bedeutung der unterschiedlichen Eintragsquellen von Triazol. Für Triazol sowie dessen Vorgängersubstanzen sind auch andere Anwendungsfelder bekannt, die mit der Befundaufklärung ebenfalls geprüft werden sollten [10].

Für DMPP zeigen die Literaturrecherche wie auch die Versuchsergebnisse, dass der Wirkstoff einem eher geringem (und wenn, dann vorrangig mikrobiellem) Abbau unterliegt. Die standortspezifische Zusammensetzung des Mikrobioms spielt also eine entscheidende Rolle für die Stabilität des Stoffes im jeweiligen Ökosystem. Die ansonsten hohe Stabilität des Stoffes lässt prinzipiell die Möglichkeit direkter Einträge über die ungesättigte Bodenzone als auch Einträge über den Pfad „Oberflächenabfluss – Gewässer – Uferfiltration“ zu. In Böden mit hohem organischem Anteil und hoher Ionenaustauschkapazität lässt sich zudem eine teilweise Immobilisierung nicht ausschließen, wodurch in Verbindung mit der Persistenz

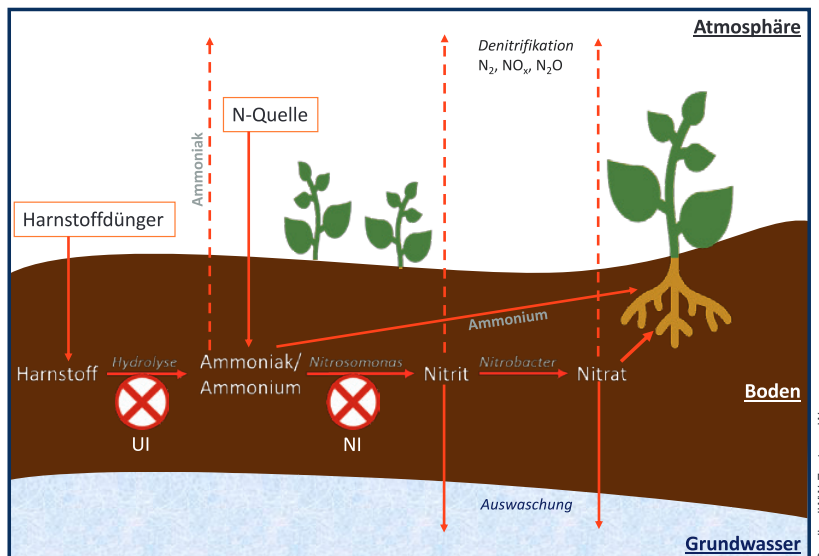


Abb. 2: Wirkungsweise von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren

Quelle: IWW Zentrum Wasser

das Risiko für ein schlecht prognostizierbares Verlagerungsverhalten des Wirkstoffs über längere Zeiträume gegeben scheint.

Die geringe Informationslage zu 3-MP erlaubt die Einschätzung des Stoffverhaltens einzig auf Basis der in diesem Projekt durchgeführten Experimente. So zeigt sich 3-MP als verhältnismäßig stabil in den Gefäßversuchen und in den Lagerungsexperimenten nicht anfällig für hydrolytischen, jedoch für mikrobiellen Abbau. Trotzdem wurde es während der Experimente zur Uferfiltration nur unzureichend (d. h. zu rund 30 Prozent) eliminiert [12]. Dies deutet auf die Relevanz der Zusammensetzung des lokalen Mikrobioms sowie auf die Anforderung einer langen Fließstrecke und Verweilzeit während der Uferfiltration als Faktoren einer akzeptablen Elimination hin.

Die aufgrund fehlender Informationen bestehende Kenntnislücke zum Umweltvorkommen und dem Verhalten von MPA lässt eine wasserwirtschaftliche Einordnung zu diesem Zeitpunkt eher spekulativ erscheinen. Aufgrund der fehlenden laboranalytischen Nachweismöglichkeiten konnte MPA in den bisherigen Monitorings in deutschen Oberflächengewässern nicht berücksichtigt werden. Generell spricht die vom Adsorptionskoeffizienten ($KOC < 100$) ableitbare hohe Mobilität von MPA eher für ein potenzielles Auswaschungsrisiko, demgegenüber steht jedoch die geringe Stabilität im Boden. Seit dem Jahr 2021 wurde ein Ersatz von Triazol durch MPA in einigen Produkten registriert. Gerade aufgrund der aus der Produktpalette ablesbaren, erwartbar steigenden Ausbringungsraten von MPA sind Untersuchungen zum Umweltverhalten und dem flächenhaften Vorkommen des Wirkstoffs dringend erforderlich.

Als polare, wasserlösliche und hydrolytisch stabile Substanz ist für DCD unter ungünstigen Bedingungen ein Grundwassereintrag aus der ungesättigten Zone heraus möglich. Die Literaturrecherche ergab, dass insbesondere sandige und grobporige Böden sowie saure Bodenverhältnisse zu den die Auswa-

schung potenziell begünstigenden Faktoren zählen. Hingegen scheinen ein hoher Anteil organischer Substanz, ausreichend hohe Kationenaustauschkapazität und ein Boden-pH-Wert im eher neutralen Bereich (pH 6 bis 8) prinzipiell das Auswaschungsrisiko zu vermindern. Das aus Monitoringergebnissen ersichtliche, ubiquitäre Vorkommen unterstreicht das potenziell von DCD ausgehende Risiko für aus Oberflächengewässern gewonnenem Rohwasser für die Trinkwassergewinnung [1, 11]. Auch in den Voruntersuchungen zeigte sich DCD hydrolytisch stabil und als der NI mit der geringsten Anfälligkeit gegenüber mikrobiellem Abbau. Bei der Uferfiltration wurde in diesem Projekt ein relevantes Verlagerungsverhalten (d. h. rund 50 Prozent der aufgegebenen Menge) beobachtet [12]. Den Befürchtungen eines Stoffeintrags ins Grundwasser entgegen steht der verhältnismäßig geringe Anteil an Positivbefunden in untersuchten Grund- und Trinkwässern. Ähnlich wie im Falle der ubiquitären Funde in Oberflächengewässern lässt sich aus den Ergebnissen nicht abschließend entnehmen, welchen Anteil konkret Düngenanwendungen an der Freisetzung von DCD haben. Zur Zeit der Projektbearbeitung spielt DCD in der Produktpalette eine untergeordnete Rolle. Da es aufgrund des Status als zugelassener Wirkstoff jederzeit und aufgrund der fehlenden Anzeigepflicht auch ohne Kenntnis von Behörden oder Wasserversorgern eingesetzt werden kann, ist eine weitere Aufklärung zu den Quellen der Befunde zu empfehlen.

Für Nitrapyrin und DMPSA wurden in der Recherche aktuell keine Informationen über am deutschen Markt befindliche Produkte ermittelt. Die Suche zu DMPSA unter mitteleuropäischen Verhältnissen in der Literaturdatenbank verlief unergiebig. Den Ergebnissen der Literaturrecherche durch Scheurer et al. [1] ist bezüglich Nitrapyrin nichts Wesentliches hinzuzufügen. Auch wenn beide Stoffe nach Stand des Wissens aktuell in Deutschland nicht als Inhibitoren ausgebracht werden, sollte die Marktlage vorbeugend weiterhin beobachtet und die Stoffe in Monitorings zumindest sporadisch miterfasst ▶



neu!



Kompetenz in Trübung



durch Einsatz
der Multipath 90°
BLAC®* Technologie

* BLAC® Backscattered Light Absorbing Cavity

TB350

Laborgenaugigkeit
als tragbare Lösung
für die Trübungsmessung

- Innovative Streulicht Eliminierung
- Höchste Genauigkeit über den gesamten Bereich
- Messbereich: 0,01 - 4.000 NTU

Tabelle 3: Zusammenstellung der Informationen aus der Literaturliteraturdatenbank (Ergebnisse der Studien sind nur unter den jeweils gewählten oder vorherrschenden Bedingungen vollständig gültig.)

	Mobilität ^a	Persistenz ^a (Boden)	Bodenparameter Auswaschungsrisiko		Effizienz zur Minderung der Nitratauswaschung
			Erhöht bei:	Vermindert bei:	
DCD ✓	+++	+	Bims; Sand; grobporigem Boden	höherem C _{org} -Gehalt, höherer KAK, basischem pH	0 - ~ 90 %; Sand > Ton > Lehm
TZ ✓	(+)	k.A.	-	-	
3-MP ✓	+++	k.A.			
DMPP	++	+++	WFPS > 60 %	höherem C _{org} -Gehalt, höherem Tongehalt	pH 4-5
MPA	++	+			
NBPT	+++	++	neutralem pH (~7) Sandgehalt > 40 %	saurem pH (4), Tongehalt ~40 %	*Sand > Ton; KAK 1 > 30;
NPPT	+++	+	analog zu NBPT		
2-NPT	++	+			~ 30 %; in Kombination mit NI ~50 %

Quelle: IWW Zentrum Wasser

^a aus ECHA Datenbank – *Brief profiles* der Wirkstoffe (letzter abgegrüener Stand: März 2022)
 ✓ belegte Umweltfunde; +++ hoch, ++ mittel, + niedrig, k. A. = keine Angaben
 * Vergleichbarkeit schwierig, da höhere volatile N-Verluste auf den leichteren Böden
 KAK = Kationenaustauscherkapazität; TZ = Triazol; WFPS = wassergefüllter Porenraum

werden, sofern die analytischen Möglichkeiten dafür vorliegen.

Die relevanten Ergebnisse der Literaturrecherche sind in **Tabelle 3** für die einzelnen Wirkstoffe zusammengefasst. Folgende Schlussfolgerungen wurden aus der Literaturrecherche gezogen:

- Aufgrund der sehr inkonsistenten Datenlage der Literatur (unterschiedliche Fragestellungen der Studien und uneinheitliche Studiendesigns) sind pauschale Aussagen und ein genereller Vergleich der Wirkstoffe sowie eine Empfehlung für oder gegen den Einsatz von NI und UI in Verbindung mit Düngemittelanwendungen nicht möglich.
- Häufig wurden die Versuche auf Bodenverhältnissen mit eher ungünstigen Bedingungen (hoher Sandanteil und/oder geringer Anteil an organischer Substanz) durchgeführt.
- Weitere Bodeneigenschaften wie pH-Wert und Kationenaustauschkapazität (KAK) können aber im Einzelfall auch für das Verlagerungsverhalten entscheidend sein.
- Verallgemeinernd lässt sich folgern, dass ein höherer C_{org}-Anteil und eine höhere KAK die Verlagerungsgefahr der Inhibitoren mindern.

- Die Literaturrecherche sowie die im Forschungsprojekt durchgeführten Untersuchungen zeigen deutlich eine Abhängigkeit des Umweltverhaltens der Wirkstoffe von den Standortbedingungen. Mögliche Risiken und Chancen im Gewässerschutz sind dementsprechend für jeden Wirkstoff individuell einzuordnen.

Schlussfolgerungen

Die Anzahl der in Deutschland zugelassenen Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren hat sich seit den Arbeiten von Scheurer et. al [1] auf insgesamt zehn verdoppelt. Wesentlicher Grund hierfür sind gesetzliche Änderungen sowie der zunehmende Druck, eine Reduktion der Emission von Stickstoffverbindungen vor allem in die Atmosphäre einzudämmen. In diesem Zusammenhang steht der unter bestimmten Rahmenbedingungen erstmals gesetzlich verankerte Einsatz stabilisierter Harnstoffdünger als übergeordnete Maßnahme für einen effizienten Düngemiteleinsatz [5]. Der landwirtschaftliche Nutzen von den als Inhibitoren eingesetzten Wirkstoffen liegt vorrangig in der Minimierung von gasförmigen Stickstoffverlusten.

Verschiedene Zulassungsformate im nationalen wie auch europäischen Kontext gestalten die Anforderungen, die an die Umweltbewertung der einzelnen Inhibitoren gestellt werden, als sehr unübersichtlich und für die Öffentlichkeit oft nicht nachvollziehbar. Zudem führen die parallele Gültigkeit von nationalem Düngemittelrecht, EU-Düngeverordnungen und die aufgrund des freien Warenverkehrs relevanten nationalen Rechte aller EU-Binnenmarktstaaten zu einer Intransparenz der am Markt erhältlichen und eingesetzten Düngeprodukte und Wirkstoffe. Dies wird dadurch verstärkt, dass für die Inhibitoren kein öffentlich zugängliches Produktverzeichnis oder Behördenregister über die Anwendungen existiert. Eine einschränkende Prognose seitens des Gewässerschutzes, welche Wirkstoffe in welchen Regionen zu überwachen sind, ist somit kaum möglich. Der im Verlauf des Projektes registrierte Austausch von Wirkstoffen in Produkten – oft unter Beibehaltung des Handelsnamens – erschwert diese Situation zusätzlich.

Prinzipiell kann jeder der unter der DüMV, dem europäischen Düngerecht oder dem Düngerecht eines anderen europäischen Staates zugelassenen Wirkstoffe (unter bestimmten Bedingungen) in Deutschland ausgebracht werden, ohne dass eine entsprechende Anzeigepflicht gegenüber Umweltbehörden besteht. Die systematische Berücksichtigung der Umweltauswirkungen in der nationalen Zulassung besteht erst seit ca. 15 Jahren. Zuvor in die DüMV aufgenommene stabilisierte Düngemittel und Wirkstoffe sind, auch ohne diese Zulassungskriterien zu erfüllen, marktfähig, da ihre Zulassung nicht mit Änderung der Zulassungsbedingungen erlischt.

Das fehlende Register über die regional tatsächlich in Anwendung befindlichen Inhibitoren und die damit verbundene Unsicherheit, welcher Wirkstoff für den einzelnen Wasserversorger relevant sein kann, bzw. Lösungsvorschläge, wie dieser Unsicherheit Rechnung zu tragen sei, war Diskussionsgegenstand einer UBA-Tagung [9]. Als Reaktion auf die Diskussionsergebnisse der Fachtagung

ging u. a. das Bundesumweltministerium in einer ersten Initiative auf einzelne Wasserversorgungsunternehmen zu, um gemeinsame Strategien für eine bessere Transparenz zu entwickeln.

Derzeit besteht für die Produkte keine Deklarationspflicht zu ihren Wirkstoffgehalten. Eine Risikoeinschätzung ist dementsprechend nicht möglich. Aus den entsprechend der DüMV rechtlich zugelassenen Mindestanteilen am Stickstoffgehalt lassen sich nur bedingt Rückschlüsse ziehen; für MPA fehlt sogar die laboranalytische Nachweismöglichkeit. Die Abhängigkeit des Umweltverhaltens der Wirkstoffe von den Standortbedingungen erschwert mögliche Anwendungsempfehlungen und die Bewertung im Hinblick auf den Gewässerschutz. ■

Literatur

- [1] Scheurer, M., Sacher, F., Brauch, H.-J.: Studie zur Bedeutung von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren für die Roh- und Trinkwasserbeschaffenheit in Deutschland, Karlsruhe 2014.
- [2] Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist, 2017.
- [3] Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), das zuletzt durch Artikel 96 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist, 2009.
- [4] Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1414) geändert worden ist, 2012.
- [5] Verordnung (EU) 2019/515 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2019 über die gegenseitige Anerkennung von Waren, die in einem anderen Mitgliedstaat rechtmäßig in Verkehr gebracht worden sind, und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 764/2008, 2019.
- [6] Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel (Text von Bedeutung für den EWR), 2003.
- [7] Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit Vorschriften für die Bereitstellung von EU-Düngeprodukten auf dem Markt und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1069/2009 und (EG) Nr. 1107/2009 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 2003/2003.
- [8] Hund-Rinke, K.: Nitrifikations- und Ureasehemmer (Fokus: Ökotoxikologie). Vortrag auf der UBA-Fachtagung zur Umweltbewertung von Düngemittelzusatzstoffen, Dessau-Roßlau 2021.
- [9] Karges, U., Kübeck, C., aus der Beek, T., Seith, T., Beisecker, R.: Abschlussbericht: Fachtagung zur Umweltbewertung von Düngemittelzusatzstoffen – Ausgangslage, Datengrundlagen, Methoden und Risikoregulierung: Umweltbundesamt, Texte 41/2023.
- [10] Nödler, K., Scheurer, M.: Substances from multiple sources (SMS): the presence of multiple primary and secondary sources of persistent and mobile organic contaminants is an upcoming challenge for the drinking water sector and regulatory frameworks. ACS Publications 2019.

[11] Schaffer, M., Schmid, R.: Untersuchungen zum Vorkommen von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren in niedersächsischen Oberflächengewässern Landesweiter Überblick und Identifikation von Belastungsschwerpunkten. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Hildesheim 2019.

[12] Zeeshan, M., Scheurer, M., Förster, C., Kuebeck, C., Ruhl, A. S., Klitzke, S.: The fate of nitrification and urease inhibitors in simulated bank filtration. In: Journal of Environmental Management, 335. 117845, 2023.

Die Autoren

Dr. Richard Beisecker ist Agrarwissenschaftler und Geschäftsführer der IfÖL GmbH.

Theresa Seith ist Geoökologin und wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der IfÖL GmbH.

Dr. Christine Kübeck ist Geowissenschaftlerin und leitete das Projekt INHIBIT im Rahmen ihrer Tätigkeiten am IWW Zentrum Wasser.

Ursula Karges ist Umwelt- und Agrarwissenschaftlerin und wissenschaftliche Mitarbeiterin beim IWW Zentrum Wasser Regionalstandort Rhein-Main in Biebesheim.

Dr. Sonda Klitzke ist Umweltwissenschaftlerin und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Umweltbundesamt im Fachgebiet II 3.1 Trinkwasserressourcenschutz.

Dr. Karsten Nödler ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser im Sachgebiet Wasserchemische Forschung.

Sebastian Sturm ist Geoökologe und leitet die Abteilung Wasserversorgung am TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser.

Kontakt:

Dr. Richard Beisecker
Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft GmbH
Windhäuser Weg 8
34123 Kassel
Tel.: 0561 7015150
E-Mail: rb@iföel.de
Internet: www.iföel.de