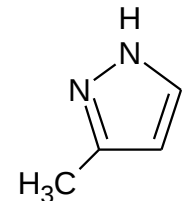
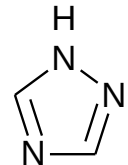


Untersuchung der Belastung niedersächsischer Oberflächengewässer mit Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren

Rebekka Schmid
Dr. Mario Schaffer

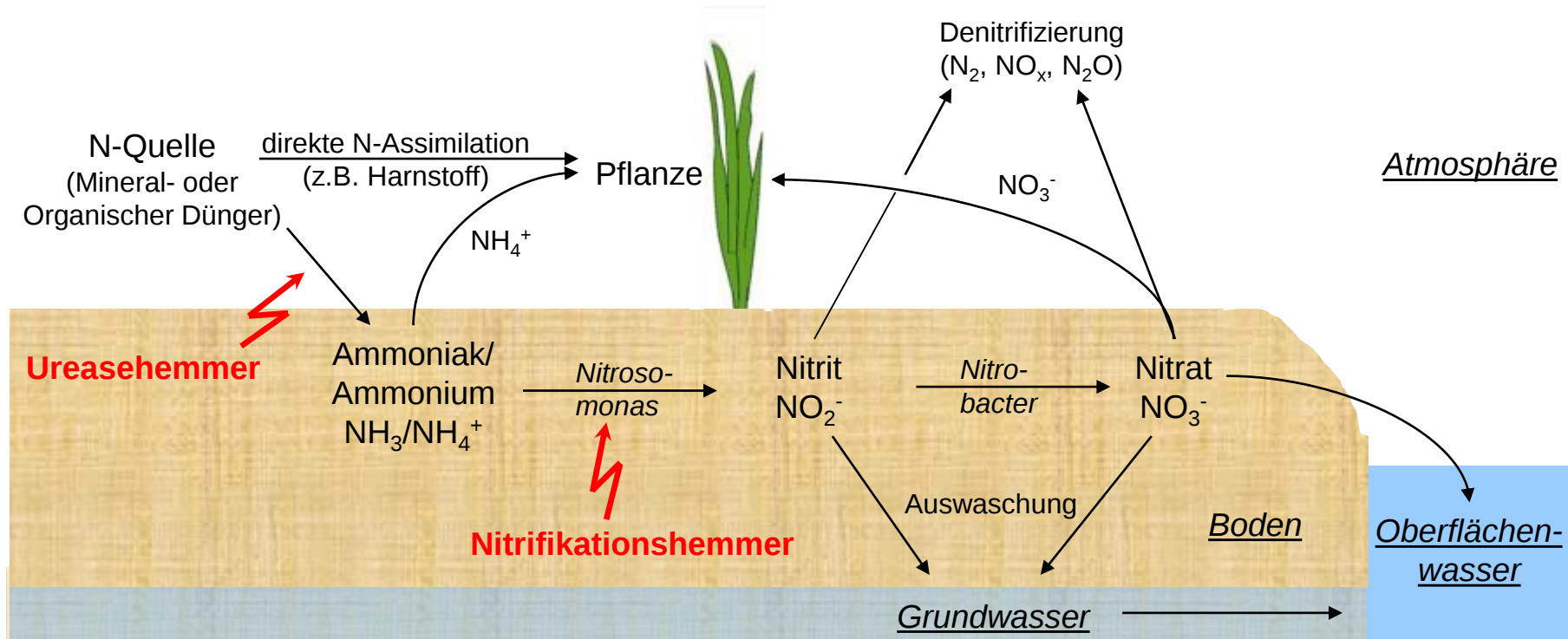
Motivation / Veranlassung

- Zunehmender Einsatz von Urease- und Nitrifikationshemmern als Stickstoffstabilisatoren in Düngemitteln und Wirtschaftsdünger („Gülleveredler“)
 - Bestätigung durch WRRL-Beratung zur Nitratreduktion in Grund- und Oberflächengewässern (Berichte zur Verwendung einiger Produkte)
- Einige Wirkstoffe konnten bereits in deutschen Oberflächengewässern nachgewiesen werden (Scheurer et al., 2016)
 - Stoffeigenschaften: hohe Wasserlöslichkeit/Mobilität, geringe Molekülgröße, schlechte Abbaubarkeit
- In Niedersachsen (OW) bisher noch keine Monitoringergebnisse



Wirkungsprinzip

- Erhöhung der Stickstoffeffizienz durch **Hemmung** der Enzymaktivität der Bodenbakterien (Ammonifikation bzw. Nitrifikation)



[verändert nach Scheurer et al., 2017]

Vor- und Nachteile der landwirtschaftlichen Anwendung

– Vorteile einer erhöhten „Stickstoffeffizienz“:

- Nitrifikationshemmer: verbesserte (längere) Pflanzenverfügbarkeit des Ammoniums, einhergehend mit verringerten Nitratauswaschungen (und Lachgasemissionen)
- Ureasehemmer: verringerte Ammoniakbildung und -emissionen über Luftpfad (seit 2020 bei Harnstoffdüngung Pflicht!)
- Positive ökologische und ökonomische Effekte (?)

– Potentielle Nachteile:

- Flächendeckender Eintrag organisch-chemischer Stoffe in Gewässer mit derzeit noch unzureichend untersuchten (öko)toxikologischen Auswirkungen (Vorsorge-Prinzip!)
- Wirkung teilweise in Frage gestellt (Misselbrook et al., 2014)
- Einige Verbindungen sehr stabil und mobil im Wasserkreislauf
- Unbekanntes Gefahrenpotential (potentiell trinkwassergängig) (?)

Zielstellung

- Schaffung eines landesweiten Überblicks der Gewässerbelastung mit Nitrifikations- und Ureasehemmstoffen (aus der Landwirtschaft)
- Größte erwartete Einsatzmengen für Stoffe
 - Dicyandiamid, 3-Methylpyrazol, 1,2,4-Triazol

Tabelle 2

[DüMV, 2017]

Nitrifikations- und Ureasehemmstoffe

Stoff	Mindestanteil in %, bezogen auf den Gesamtgehalt an Ammonium-, Carbamid- und Cyanamidstickstoff	Sonstige Bestimmungen
1	2	3
2.1 Nitrifikationshemmstoffe		
2.1.1 Dicyandiamid	10,0	
2.1.2 Gemisch aus Dicyandiamid und Ammoniumthiosulfat	Dicyandiamid: 7,7 Ammoniumthiosulfat: 4,8	
2.1.3 Gemisch aus Dicyandiamid und 3-Methylpyrazol	2,0	Gemisch im Verhältnis 15:1. Der Gehalt an Methylpyrazol im Dünger darf 0,5 % nicht übersteigen.
2.1.4 Gemisch aus Dicyandiamid und 1-H-1,2,4-Triazol	2,0	Gemisch im Verhältnis 10:1.
2.1.5 3,4-Dimethylpyrazolphosphat	0,8	
2.1.6 Gemisch aus 1-H-1,2,4-Triazol und 3-Methylpyrazol	0,2	Gemisch im Verhältnis 2:1.
2.1.7 N-((3(5)-Methyl-1H-pyrazol-1-yl)methyl)acetamid	0,05	Maximal 0,4 % bezogen auf den Gesamtgehalt an Ammonium- und Carbamidstickstoff.
Stoff	Mindestanteil in %, bezogen auf den Gesamtgehalt an Ammonium-, Carbamid- und Cyanamidstickstoff	Sonstige Bestimmungen
1	2	3
2.1.8 Nitrapyrin [2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridin]		Die zugegebene Anwendungsmenge darf 500 g je ha und Jahr nicht überschreiten
2.2 Ureasehemmstoffe		
2.2.1 N-(2-Nitrophenyl)phosphorsäuretriamid (2-NPT)	Anteil, bezogen auf den Carbamidstickstoff: 0,04 % bis 0,15 %	
2.2.2 Gemisch aus N-Butyl-thiophosphortriamid und N-Propylthiophosphortriamid	Anteil, bezogen auf den Carbamidstickstoff: 0,02 % bis 0,2 %	Gemisch aus N-Butylthiophosphortriamid und N-Propylthiophosphortriamid im Verhältnis 3:1. Toleranz auf den Anteil an NPPT: 20 %

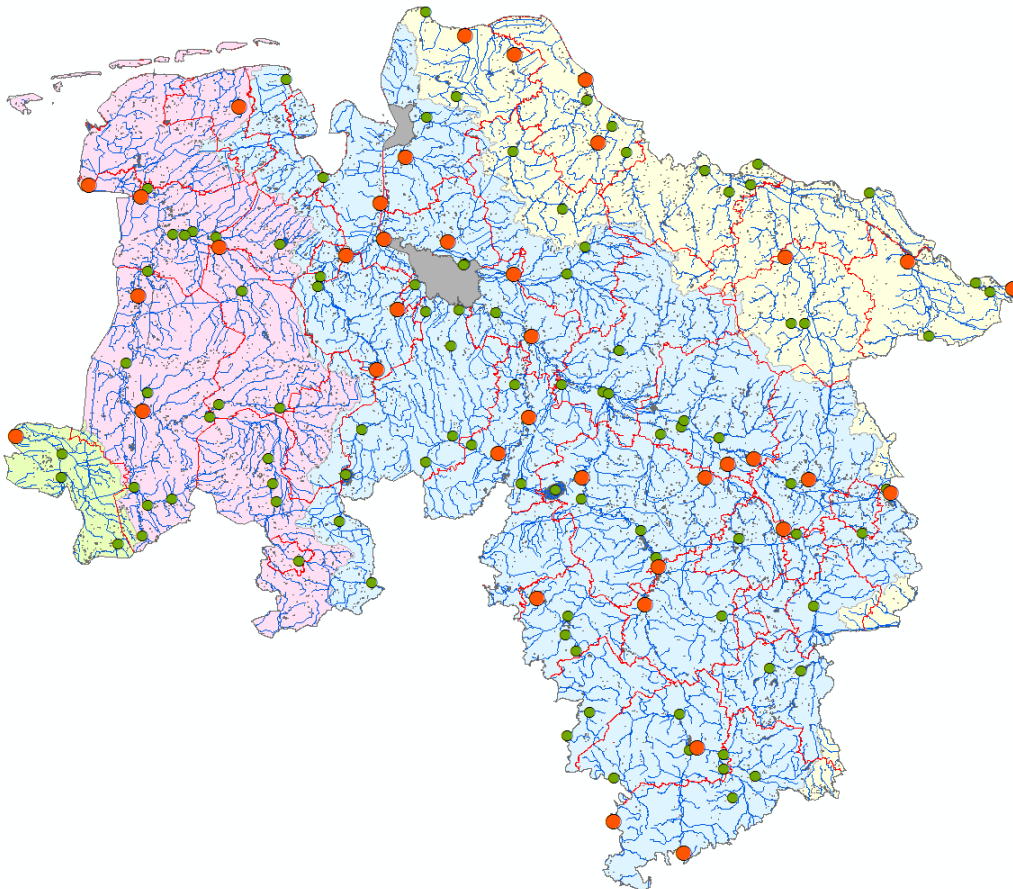
Chemische Analytik

- Ausschreibung der Analytik ► auf möglichst viele der gemäß DüMV (Anlage 2) zugelassenen Nitrifikations- und Ureasehemmstoffe (nur 2 Angebote)
- Analytik nur bei max. 6 von 10 Stoffen möglich
 - 4 Nitrifikations- und 2 Ureasehemmer
 - Analyse im Auftragslabor mittels LC-MS/MS

Stoffname	BG [µg/L]
	(Mai / Nov)
<i>Nitrifikationshemmstoffe</i>	
Dicyandiamid (DCD)	0,02 / 0,01
3-Methylpyrazol (3-MP)	0,1
1H-1,2,4-Triazol	0,02 / 0,01
3,4-Dimethylpyrazol (3,4-DMPP)	0,25
<i>Ureasehemmstoffe</i>	
N-(2-Nitrophenyl)phosphorsäuretriamid (2-NPT)	0,05
N-Butyl-thiophosphorthtriamid (NBPT)	0,03



WRRL-Überwachungsmessnetz



Wasser

- 141 Messstellen
- Min. einmal in 6 Jahren
- 12x bzw. 4x pro Jahr

Sediment

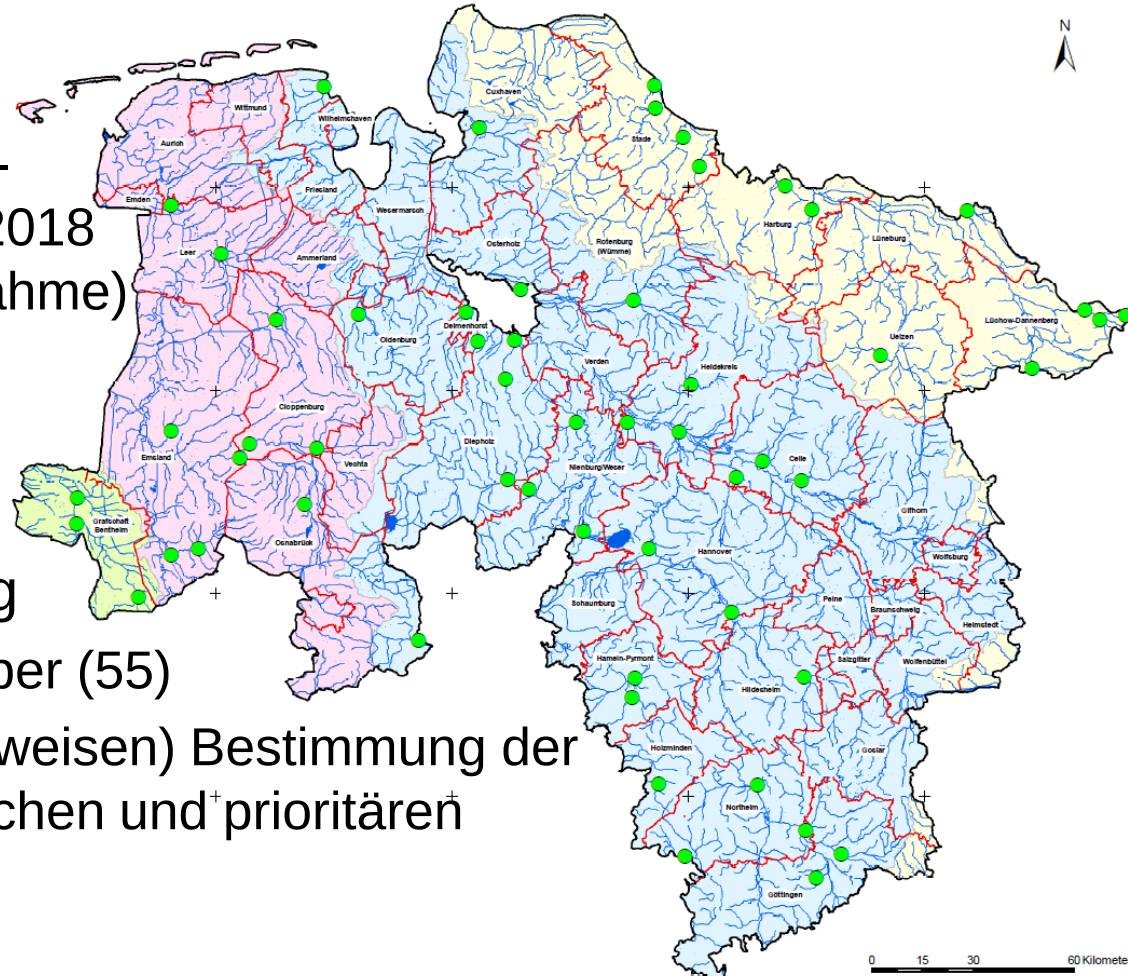
- 39 Überblicksmessstellen
- Jährlich
- 1x pro Jahr

Biota

- 39 Überblicksmessstellen
- Min. einmal in 6 Jahren
- 1x pro Jahr
- (5 Messstellen alle 2 Jahre)

Monitoringkonzept

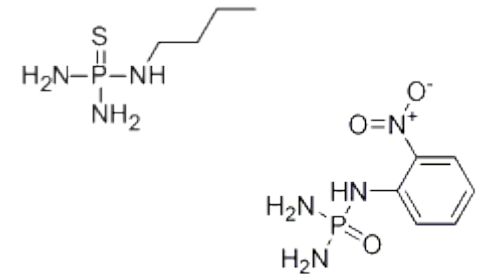
- 56 Messstellen
 - Gekoppelt an WRRL-Bestandsaufnahme 2018 (Synergie b. Probenahme)
 - Tendenziell kleinere Gewässer
- Zweimalige Beprobung
 - Mai (49) und November (55)
 - Parallel zur (quartalsweisen) Bestimmung der flussgebietsspezifischen und⁺prioritären⁺ Stoffe (viele PSM)



Unauffällige Stoffe

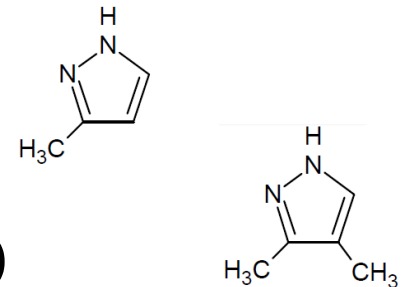
- Ureasehemmer (**2-NPT** und **NBPT**):

- keine Befunde, alle Werte <BG
 - 2-NPT < 50ng/L, NBPT < 30 ng/L)
- 2-NPT und NBPT rascher Abbau im Boden



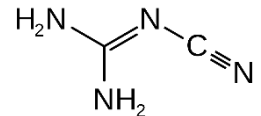
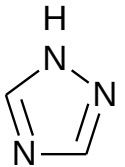
- Nitrifikationshemmer (**3-MP**, **3,4-DMPP**):

- 3-MP, nur ein Befund
- 3,4-DMPP, keine Befunde
- Geringe Mobilität im Boden (3,4-DMPP < 3-MP)
- vermutlich relativ schlecht abbaubar
- (Im Vergleich zu anderen untersuchten Stoffen relativ hohe BG)
 - 3-MP < 100ng/L, 3,4-DMPP < 250 ng/L

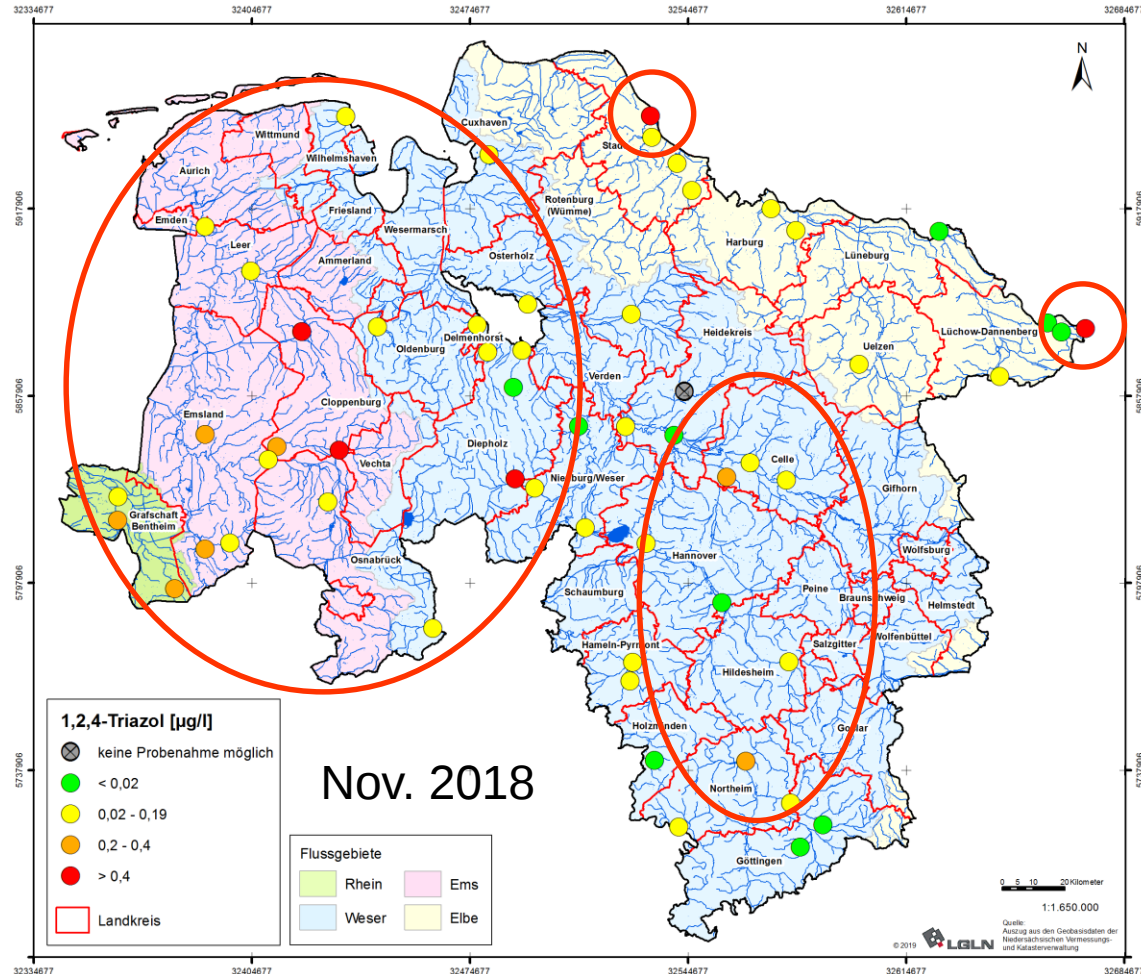
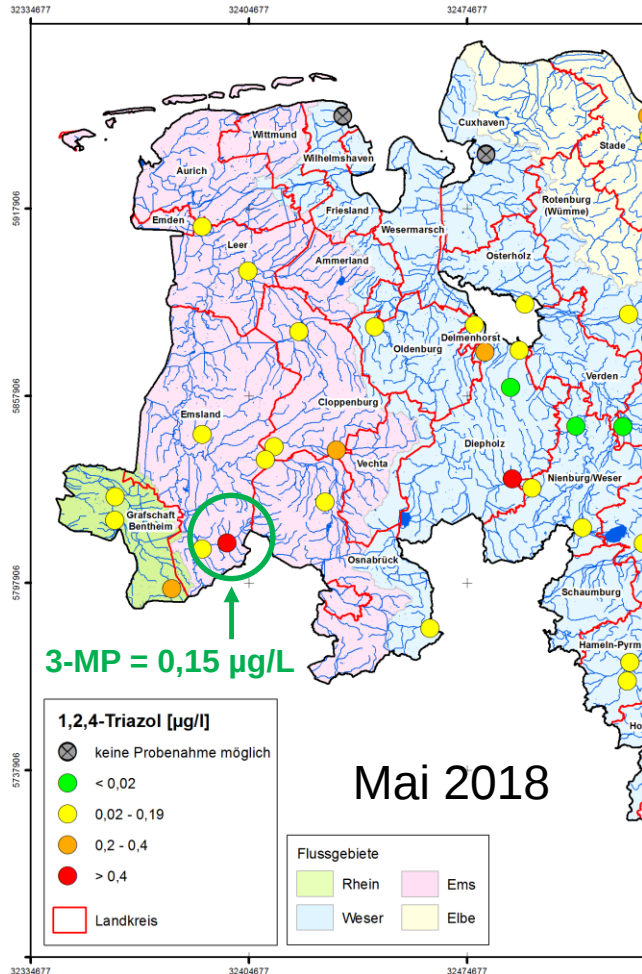


Positivbefunde

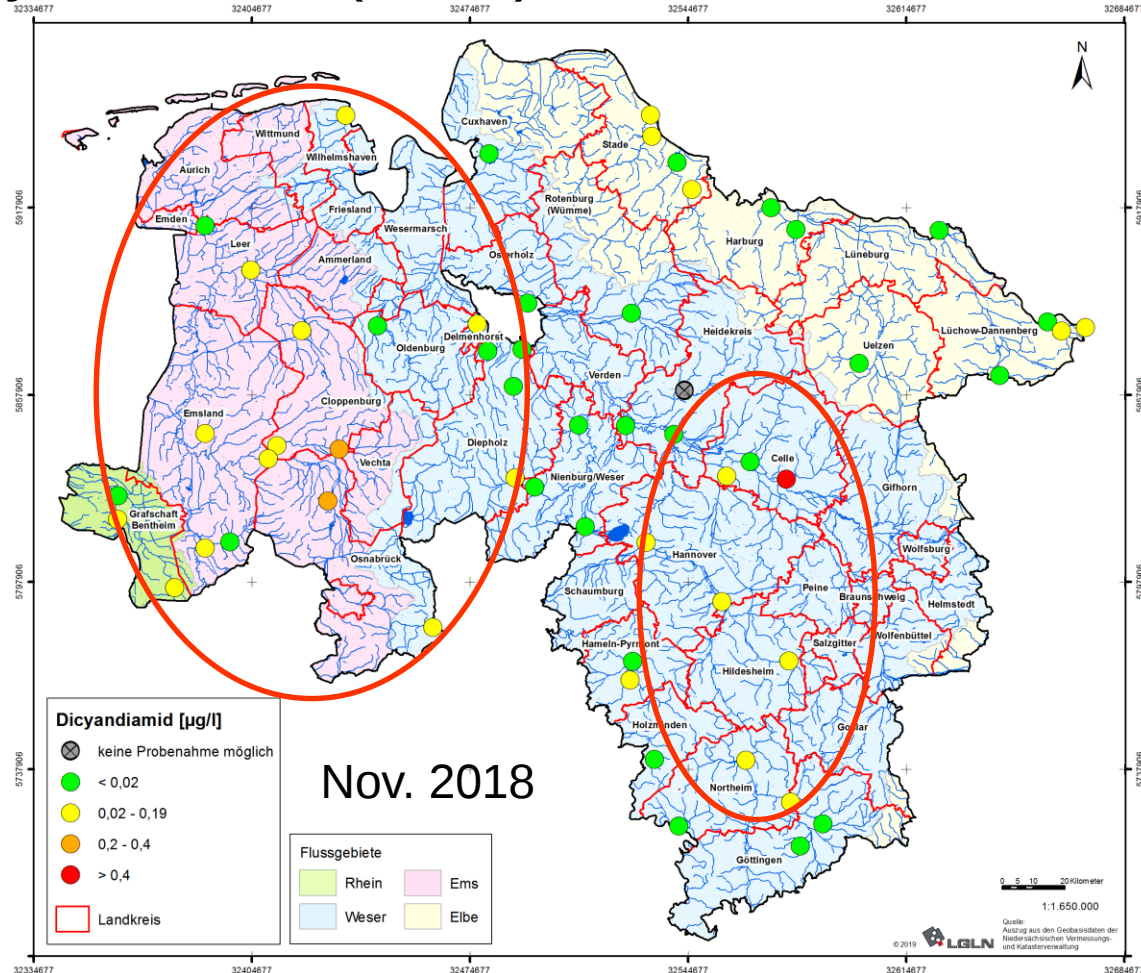
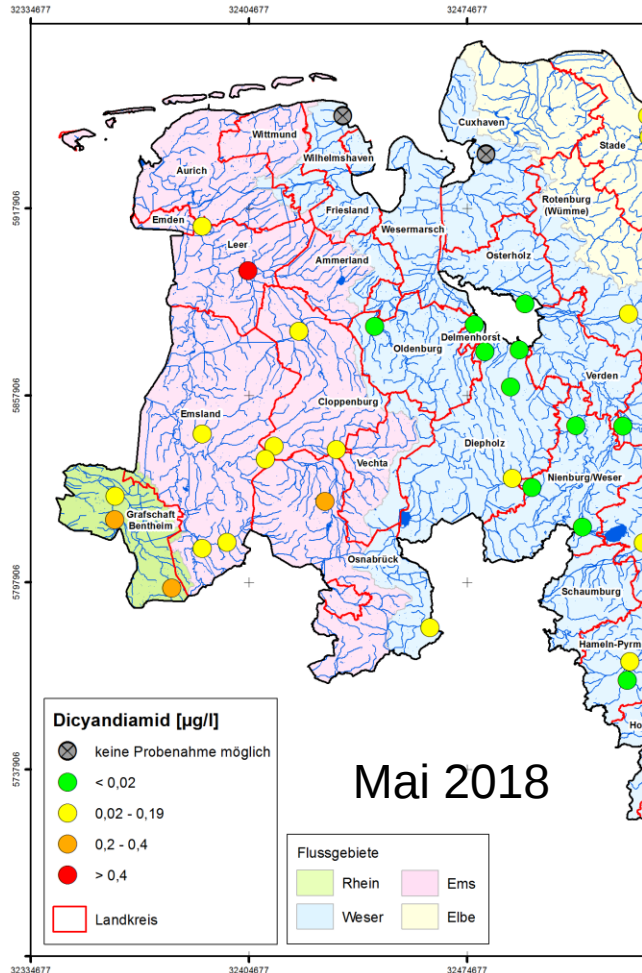
- Nur Nitrifikationshemmer:
 - **1H-1,2,4-Triazol** an mehr als 80% der MST >BG (20 ng/L)!
 - Mai: Median = 0,068 µg/L (Max = 0,48 µg/L)
 - Nov: Median = 0,069 µg/L (Max = 0,99 µg/L)
 - Einziger **3-MP**-Befund im Mai bei gleichzeitig höchster Konzentration an 1,2,4-Triazol
 - Keine jahreszeitliche Abhängigkeit nachweisbar
 - **Dicyandiamid** an mehr als 50% der MST >BG (20 ng/L)!
 - Mai: Median = 0,036 µg/L (Max = 0,62 µg/L)
 - Nov: Median = 0,050 µg/L (Max = 2 µg/L)
 - Keine jahreszeitliche Abhängigkeit nachweisbar
 - Im Verhältnis zur Gewässergröße rel. hohe Konzentrationen in Elbe
 - 1,2,4-Triazol bis 0,6 µg/L und DCD bis 0,18 µg/L



1,2,4-Triazol



Dicyandiamid (DCD)



Weitere Quellen

- Landwirtschaft:
 - Kalkstickstoffdünger: Abbau von Carbamidstickstoff ► DCD
 - Pflanzenschutzmittel: potentieller Metabolit von Fungiziden ► Triazol(e)
- Industrie (Ausgangsstoff/Zwischenprodukt):
 - DCD: Herstellung von Kunststoffen, Epoxidharzen und Pharmaka (REACH 10.000-100.000 t/a)
 - 1,2,4-Triazol: Herstellung von Pflanzenschutzmitteln, Industriechemikalien und Pharmaka (REACH: 1.000-10.000 t/a)
 - 3-Methylpyrazol: (?) (REACH: 100-1.000 t/a)

Erste ökotoxikologische Einschätzung (UBA-Anfrage)

- 1H-1,2,4-Triazol
 - Laut ECHA [...] leitet der/die Registrant/en eine **PNEC = 0.07 mg/L** ab. Seitens des Pflanzenschutzes gab es Forschungsarbeiten, die Einträge in die Umwelt von max. **0,1 µg/L** empfehlen, [...]
- Dicyandiamid (DCD)
 - Laut REACH Registrierungsdossier ergibt sich eine **PNEC = 2.5 mg/L**.
- 3-Methylpyrazol (3-MP)
 - Dieser Stoff steht im Verdacht reproduktionstoxisch und potentiell endokrin zu sein [...] Im Registrierungsdossier [als PSM] wurde eine **PNEC = 0.1 mg/L** abgeleitet.

Fazit & Ausblick

- 1,2,4-Triazol und DCD weitverbreitet
 - Übereinstimmung mit Literatur (Scheurer et al., 2016)
 - andere Stoffe für Oberflächengewässer (und auch Grundwasser) nicht bzw. deutlich weniger relevant
- Einträge in beprobten Gewässern Niedersachsens vmtl. eher aus der Landwirtschaft
 - Ausnahme Elbe (industrielle Einleiter) ?
 - Weitere Abgrenzung der potentiellen Eintragsquellen, durch Beprobung von Kläranlagenabläufen scheint sinnvoll
- Weitere Beobachtung der Konzentrationsentwicklung sinnvoll
 - Potentiell trinkwasserrelevante Stoffe (kleine, mobile und stabile Stoffe mit schlechter Entfernbarkeit bei Wasseraufbereitung)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!