

Sauberes Wasser: Welchen Beitrag liefert die Landwirtschaft?



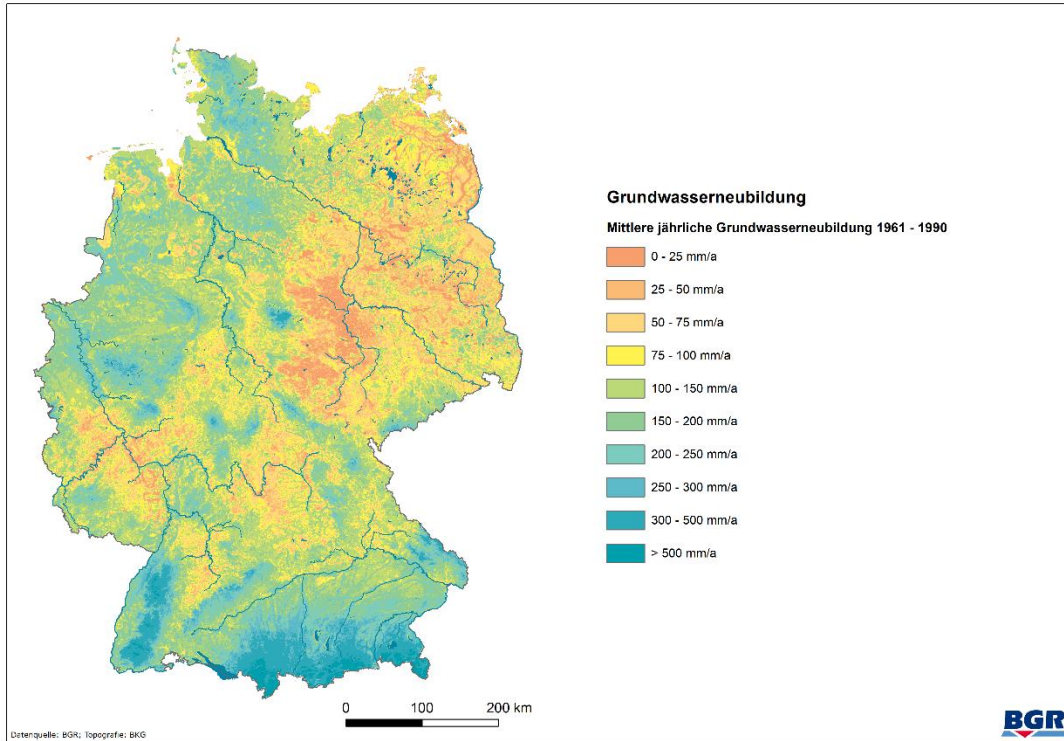
Univ.-Prof. Dr. Tobias Licha
AG Hydro- und Umweltgeologie
Ruhr-Universität Bochum

Nitratentwicklung im Grundwasser

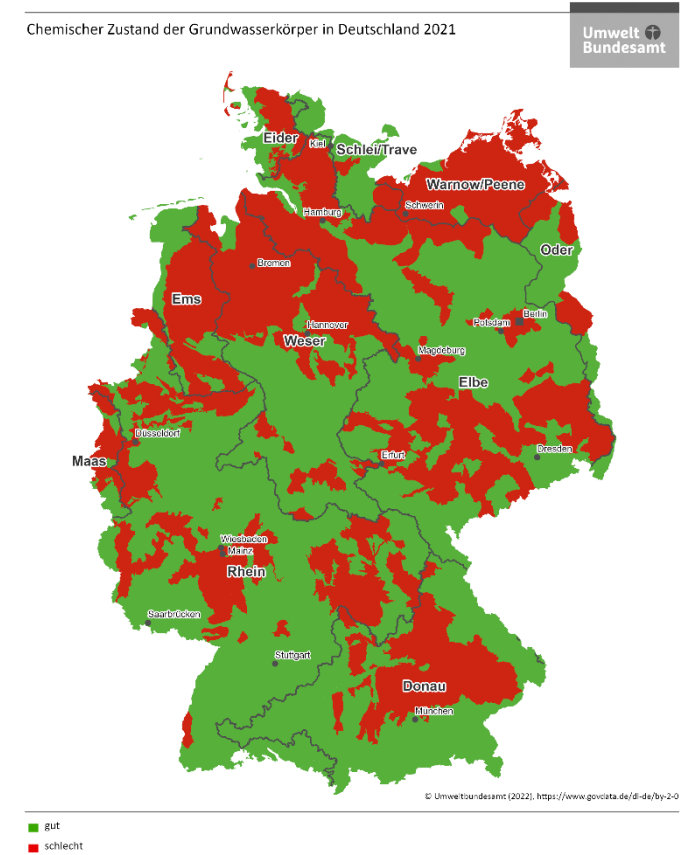
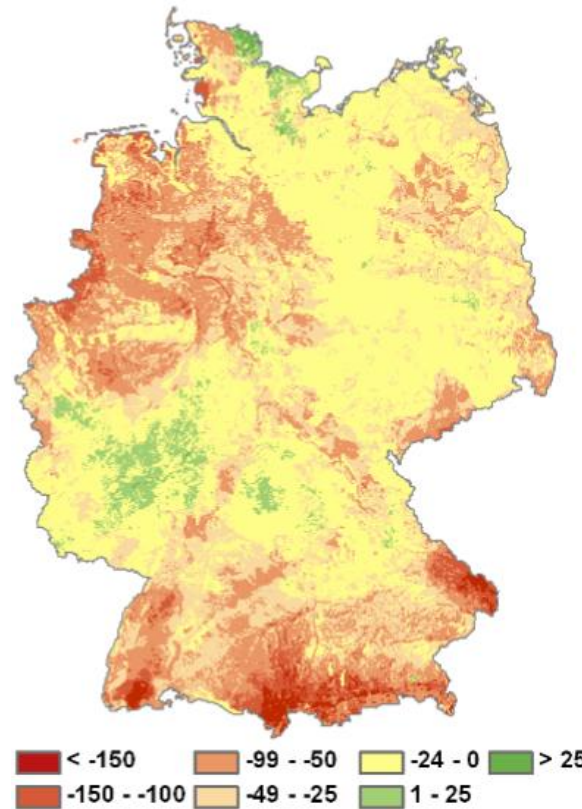
Abhängig von

- Nitrataufgabe (mineral. Dünger / organischer Dünger)
- Nitratreduktionskapazität
- Flurabstand
- Verweilzeit vom Boden bis zum Grundwasser
- Grundwasserneubildung
- Brunnenintegrität
- Geologie
- Probenahmestrategie (wann, wo, wie oft?)
- chemische Analytik für Langzeittrends

Nitratentwicklung im Grundwasser



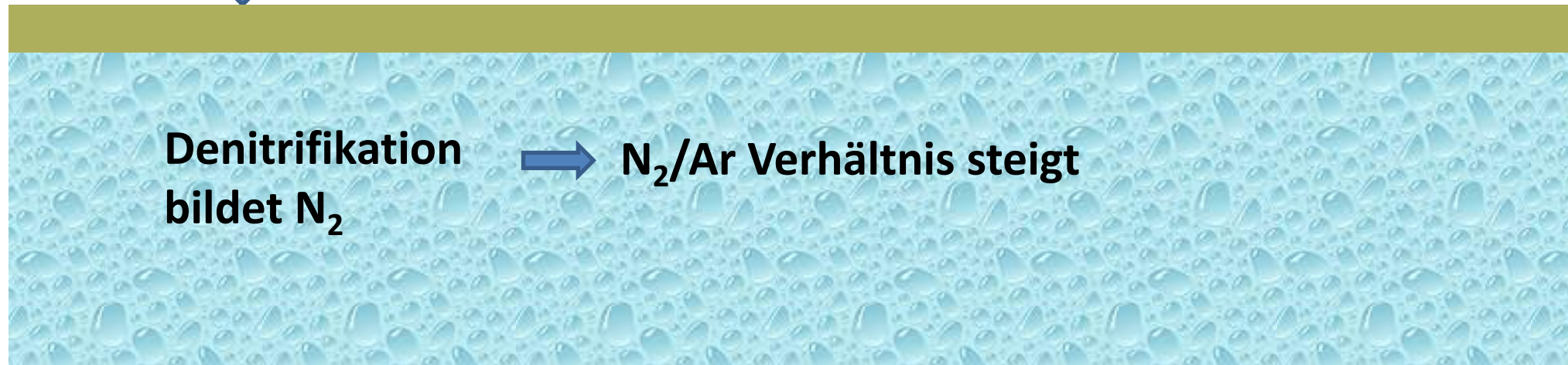
Grundwasserneubildung
Differenz mm/a 1990-2017



Geobasisdaten: GeoBasis DE / BKG 2015
Fachdaten: WasserBlick/BIG & Zuständige Behörden der Länder, 29.03.2022
Bearbeitung: Umweltbundesamt, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

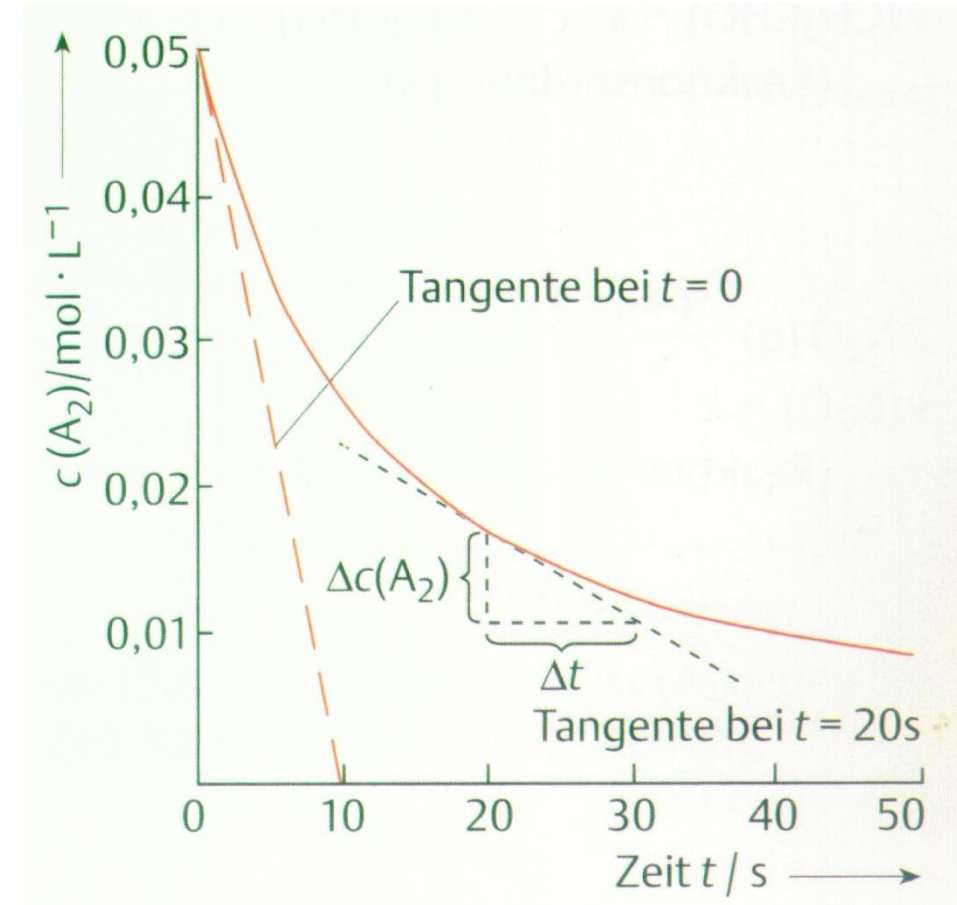
N₂-Argon Methode

Luft: N₂/Ar = konstant



Limitationen der N₂-Argon Methode

- nicht alles Nitrat wird zu N₂
- flache Grundwasserleiter: Entgasung von N₂
- Bildung von CO₂ hat Einfluss auf Löslichkeit von N₂ und Ar -> **beeinflusst Verhältnis**
- Reaktion nicht 0. Ordnung
(Reaktionskinetik mindestens 1. Ordnung)
- **hilft nicht dem vorbeugenden Grundwasserschutz = der Eliminierung von Quellen: weil keine Quellzuordnung möglich**



Mikroschadstoffe als Indikatoren für

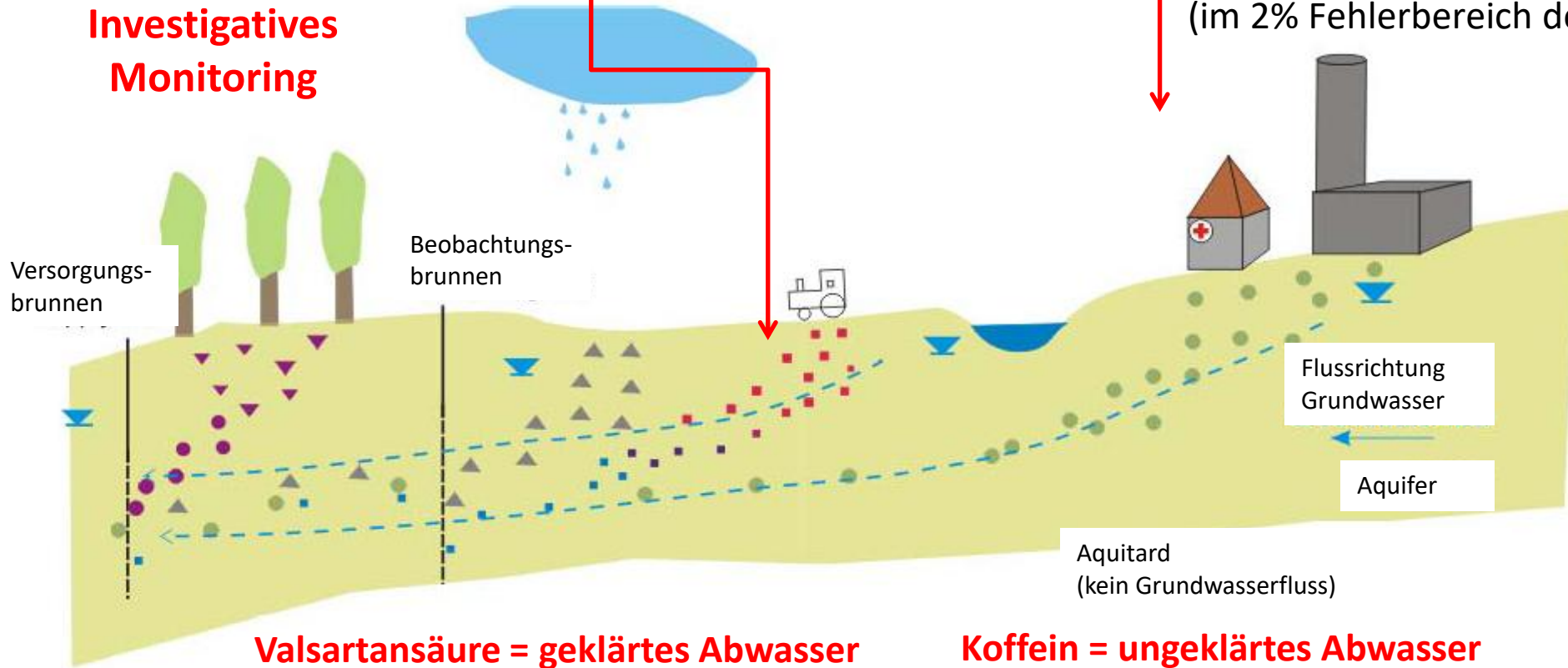


Prozesse und Quellen

~2% der kritischen Abwasserkanäle in UK bislang saniert, geschätzte Sanierungszeit: 350 Jahre (Reynolds and Barrett, 2003).

Abwassermenge BRD: 2,37m³/ha*a (im 2% Fehlerbereich der Entsorger)

INTCATCH 2020
Investigatives Monitoring



Wie viele Substanzen kennen wir überhaupt?

November 2023: **204.000.000** Substanzen bekannt
ca. 15.000 kommen täglich hinzu

Produktionsmengen:

ca. 481 Verbindungen 1–10 t/a

ca. 2510 Verbindungen mit 1000 t/a

ca. **100.000** können in der aquatischen Umwelt
vorkommen (angemeldet in REACH)

> 1000 sicher nachgewiesen (Schmidt, T.C. 2018)

echa.europa.eu und www.cas.de



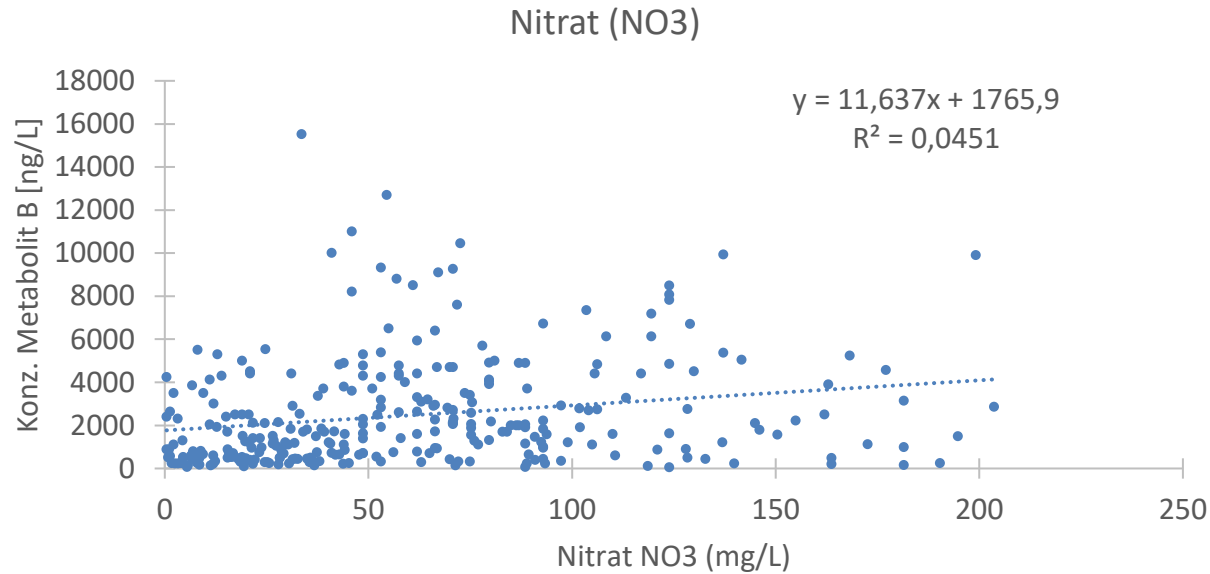
Grenzwerte ?

| | | |
|----------|---------------|---|
| PSM | 28.600 t/Jahr | } GOW Empfehlung 100 ng/L bis 3000 ng/L (pro Einzelsubstanz, 2931 Wirkstoffe) |
| Pharmaka | 35.000 t/Jahr | |
| Biozide | 55.000 t/Jahr | |
| | | Grenzwert Summe PSM 500 ng/L (278 Wirkstoffe, 2 bis 100 ng/L einzeln) |

- Pharmaka haben **keine** Umweltverträglichkeitsprüfung



Nicht relevante Metaboliten vs. Nitrat



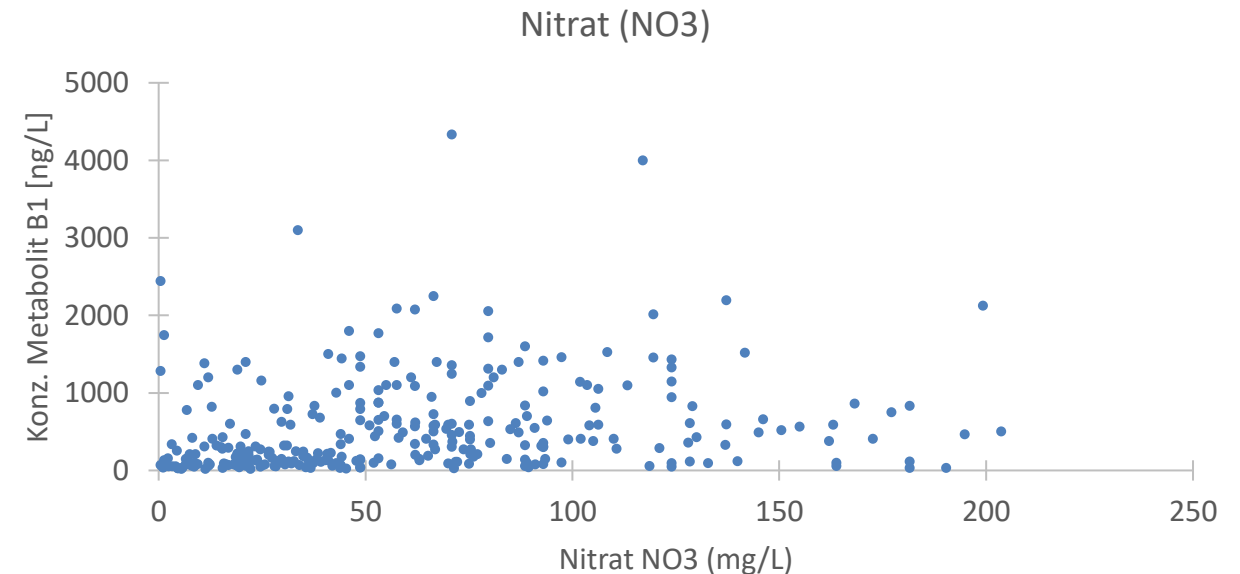
Chloridazon-desphenyl (B)

Chloridazon-methyl-desphenyl (B1)

Landwirtschaft einzige Quelle für Nitrat?

Brunnen genügen DVGW Kriterien?

Probenahme entspricht DVGW?



Korrelation zwischen dem Rückgang der Storchpopulation und der Abnahme der Geburtenzahl in Baden-Württemberg

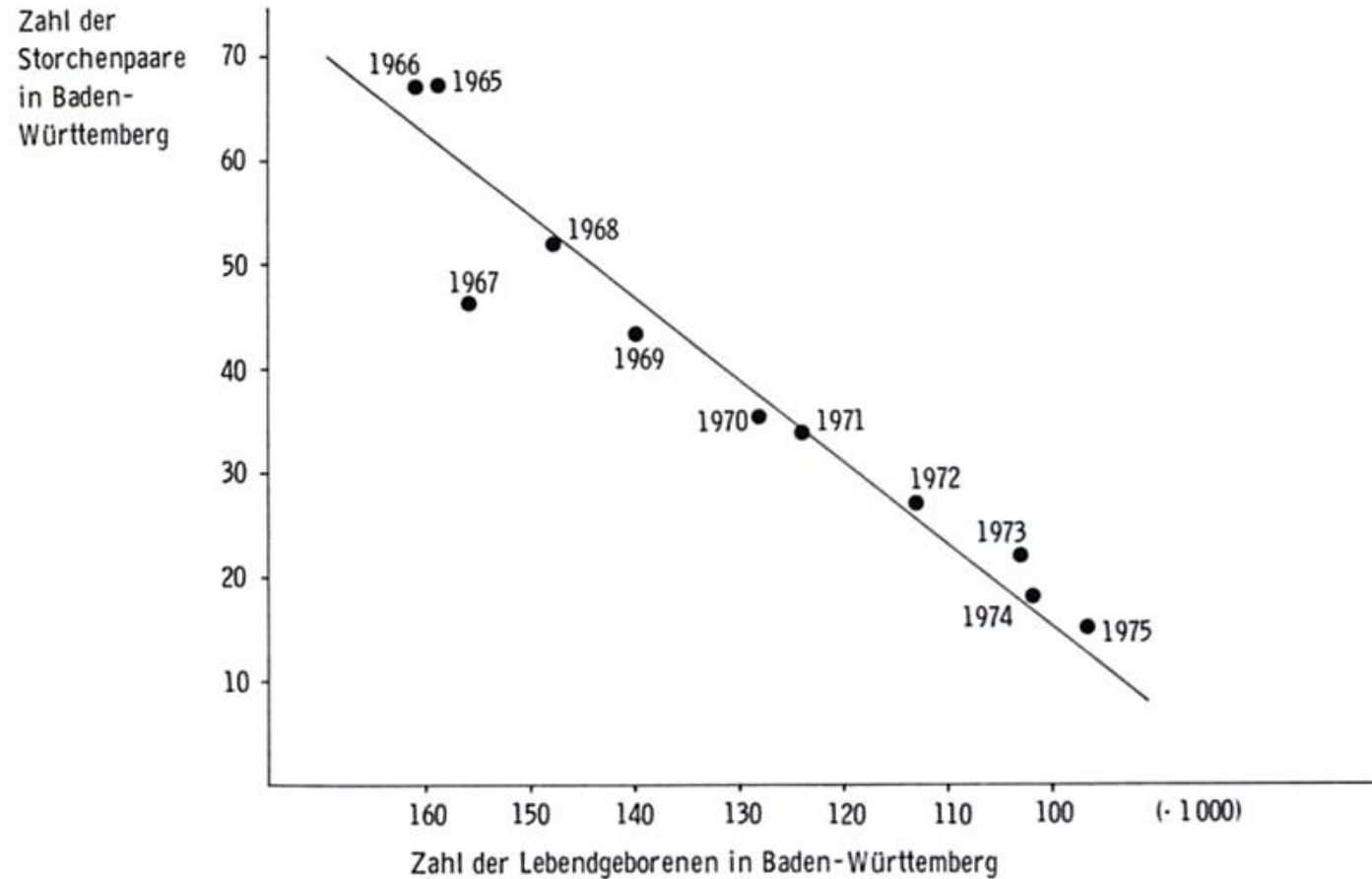


Abbildung aus der Monographie „Kontrazeption mit Hormonen“

Von Prof. Dr. Hans-Dieter Taubert und Prof. Dr. Herbert Kuhl (Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1981)

Mikroschadstoffe im Rohwasser (Karsteinzugsgebiet)

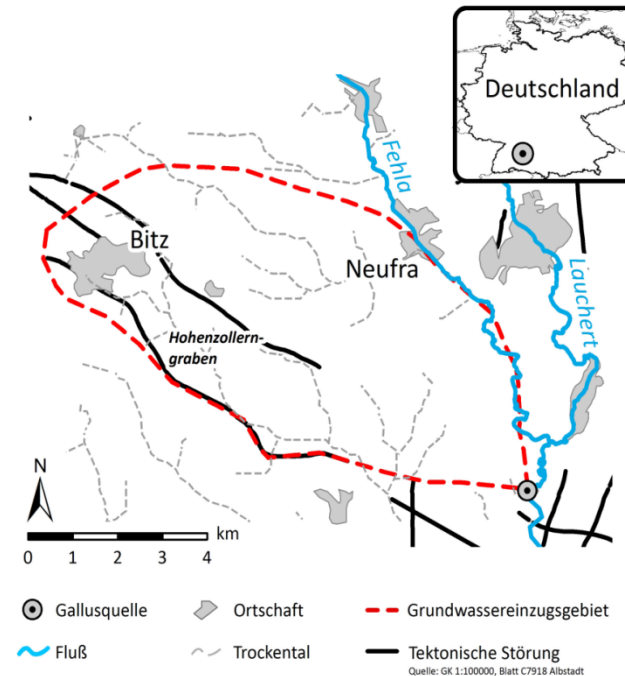
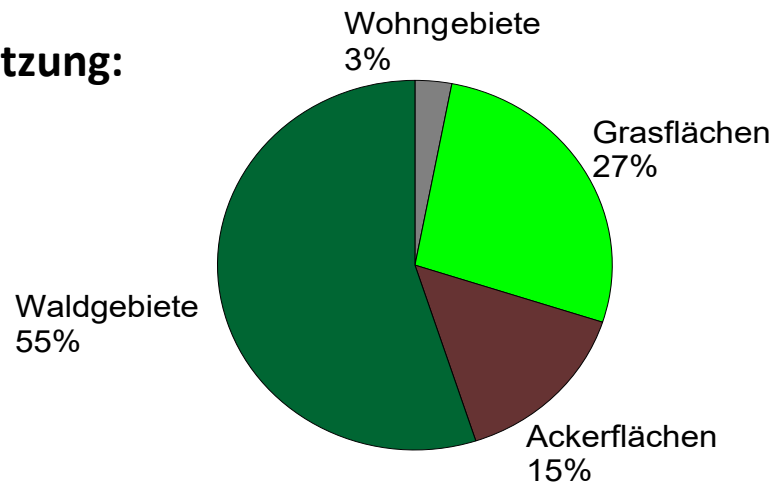


- Größe des Einzugsgebietes: 45 km²
- dünn besiedelt: ~ 4.000 EW
- Mischwasserkanalisation; Regenrückhaltebecken
- Gallusquelle $\varnothing Q = 500 \text{ L/s}$
- **Quelle dient zur Trinkwassergewinnung für 40.000 Einwohner**
- **wiederholt belastet mit coliformen Keimen**

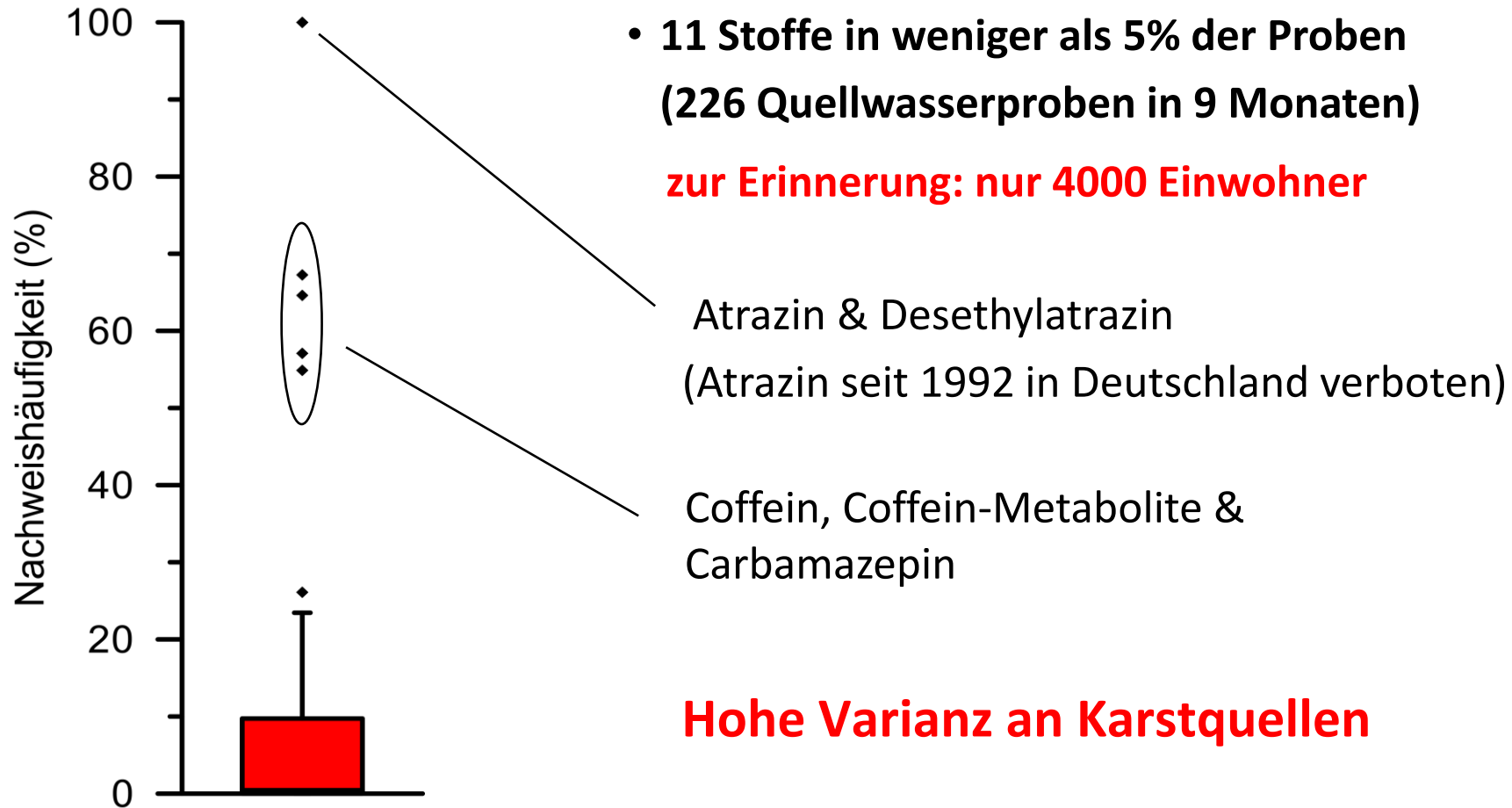
4 000 Menschen

40 000 Hühner

Landnutzung:

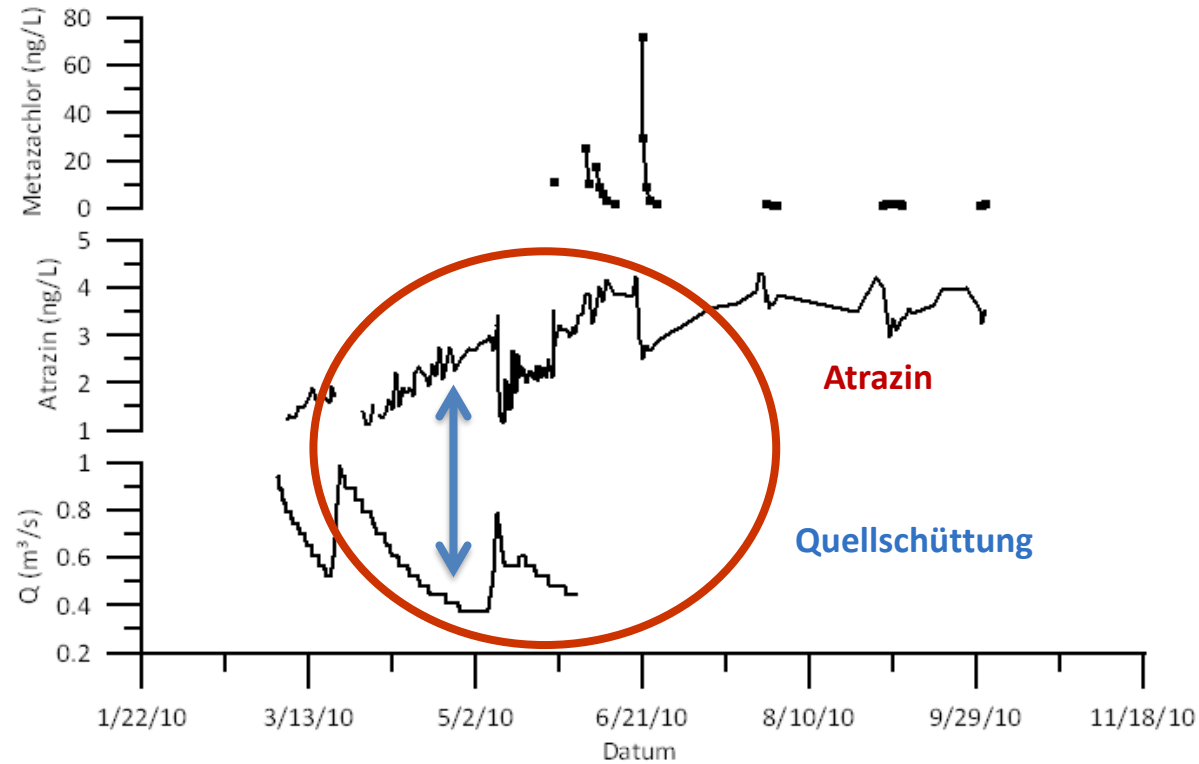


Mikroschadstoffe im Rohwasser (Karsteinzugsgebiet)



Reh R, Hillebrand O, Geyer T, Nödler K, Licha T, Sauter M (2014): Charakterisierung des Transports organischer Spurenstoffe in zwei Karstsystemen- Ein Vergleich. Grundwasser 19(4): 251–262.

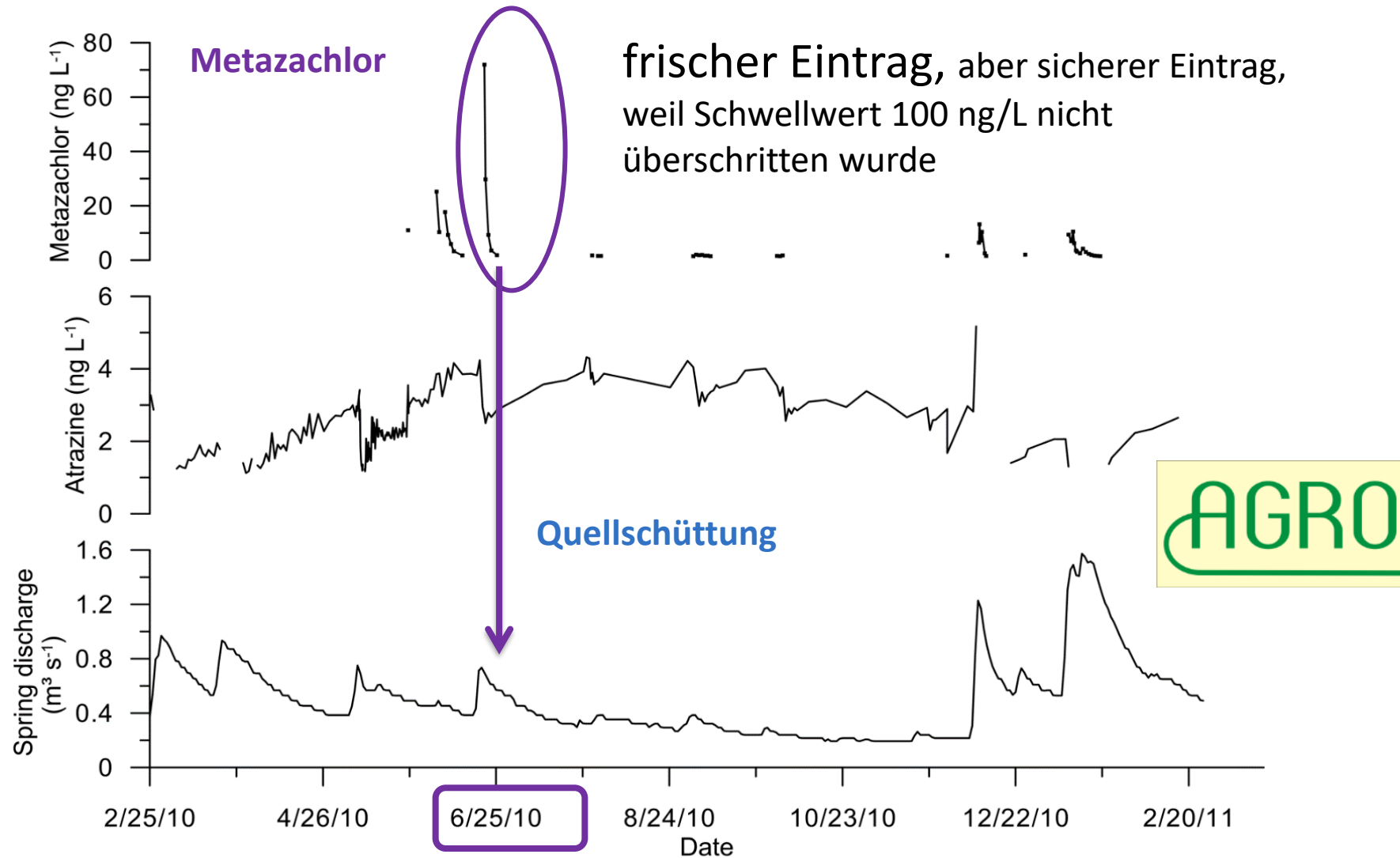
Indikatoren für dynamische Systeme (Karstgrundwasserleiter)



Atrazin und Desethylatrazin (verboten seit 1992)

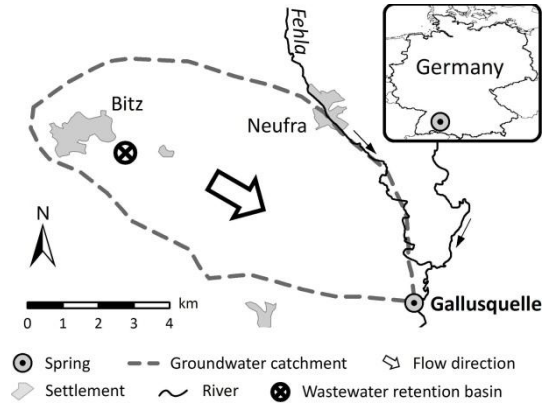
- Verdünnt während der Quellschüttung
- Befindet sich in der Matrix: Langzeitkontamination (ca 10% entfernt seit 1970er)

Indikatoren für dynamische Systeme (Karstgrundwasserleiter)

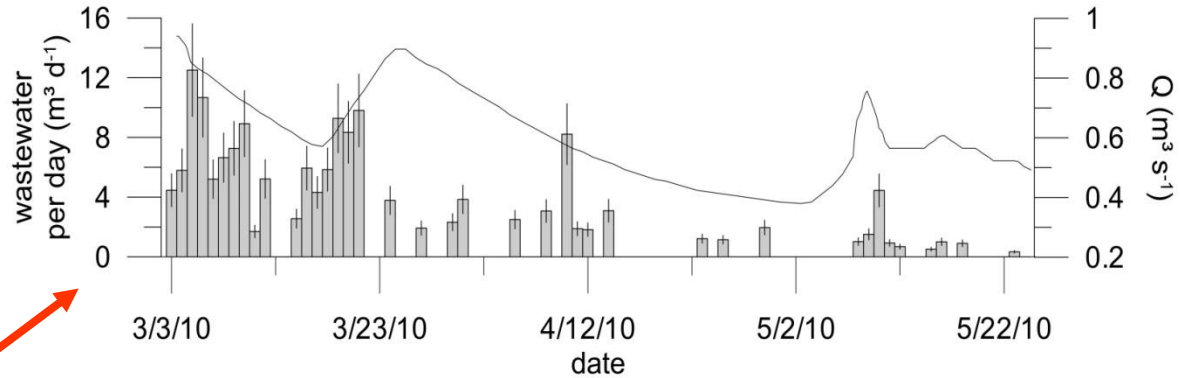


Hillebrand, O., Nödler, K., Geyer, T., Licha, T., 2014. Pesticide dynamics during one year at a karst spring. Science of the Total Environment 482–483, 193–200.

Quantifizierung der Abwasserbelastung einer Karstquelle mit Hilfe von Koffein



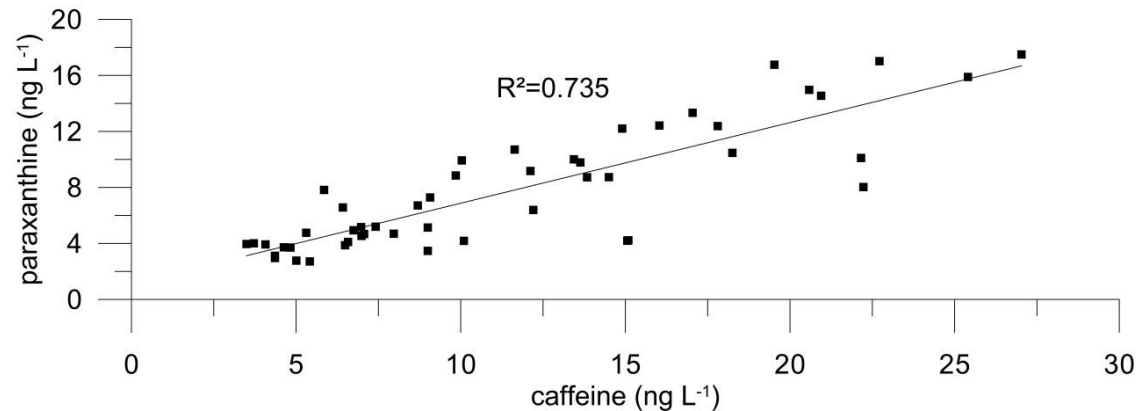
Abschätzung der Input-Funktion



positive Korrelation zwischen Koffein und Paraxanthin bestätigt **unbehandeltes Abwasser** als Quelle

$$WW = \frac{c \times WC \times Q}{I}$$

- WW: Menge an Abwasser an der Quelle pro Tag
- c: Konzentration von Koffein an der Quelle
- WC: täglicher Wasserverbrauch pro Person
- Q: Quellschüttung
- I: Belastung von Koffein im Abwasser



Effizienteste Maßnahme zur Verbesserung der Rohwasserqualität (Gallusquelle)

Ertüchtigung von Abwassersystem und RÜB als **technische Maßnahme** im Rahmen des Risikomanagements



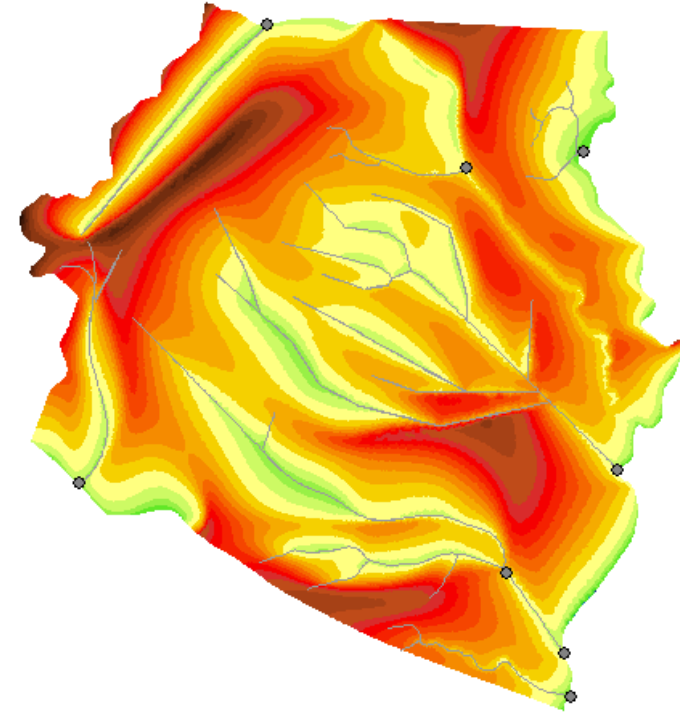
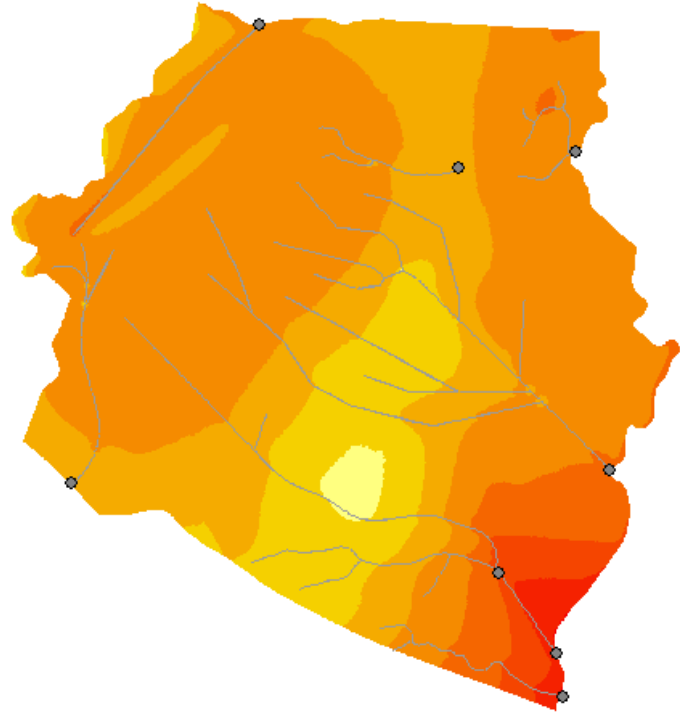
- Monitoring des Quellwassers auf organische Spurenstoffe
25.02.2010 – 16.02.2011 → 356 Tage; 283 Proben
- Coffein: **67%** Detektionsfrequenz, **123 ng/L** maximale Konzentration
 - 2011-heute → 193 Proben
 - Coffein: **11%** Detektionsfrequenz, **21 ng/L** maximale Konzentration
- **Geringerer Anteil „frischen“ Abwassers in der Gallusquelle!**
- **Deutlicher Rückgang an E.coli**
- **Hühnerhof war nicht die Quelle der Verunreinigung: Einstellung des Betriebes hätte nicht zur Verbesserung der Wasserqualität beigetragen**

Hillebrand O. et al. (2012): Caffeine as an indicator for the quantification of untreated wastewater in karst systems. Water Research 46(2): 395–402.

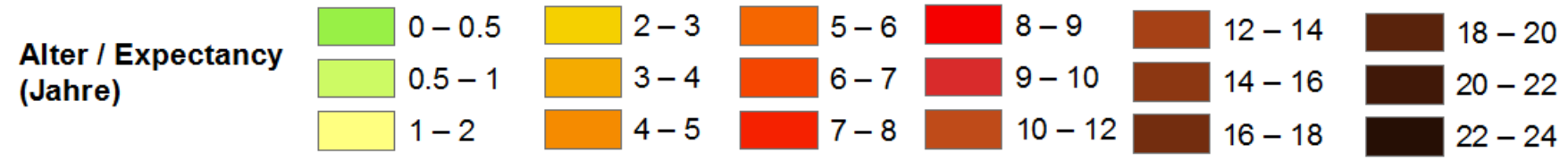
Wasseralter (Gallusquelle)

a) Alter im Kluftsystem

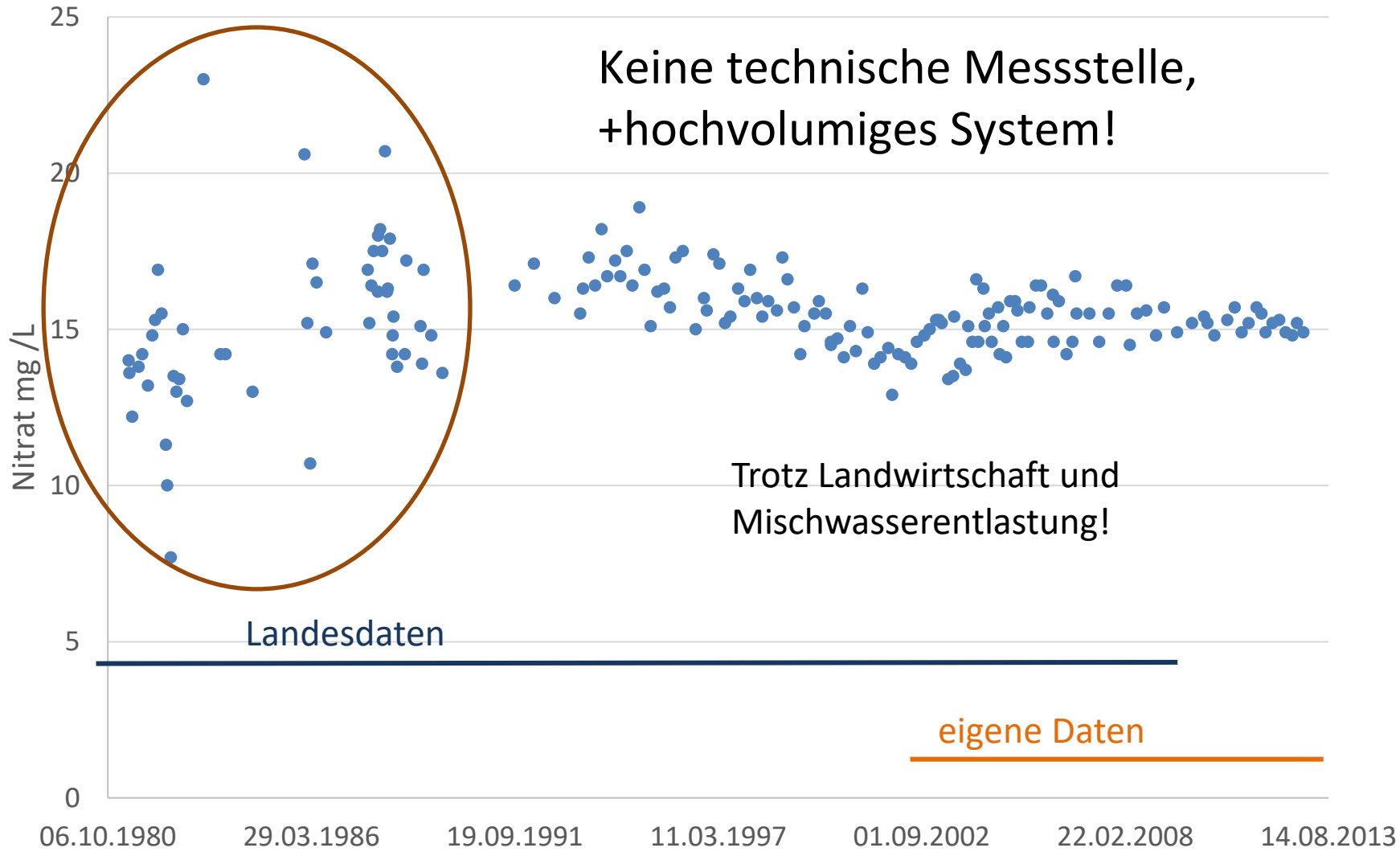
b) Life Expectancy im Kluftsystem



Legende
 — Karströhre
 • Quelle



Nitratentwicklung (Gallusquelle)

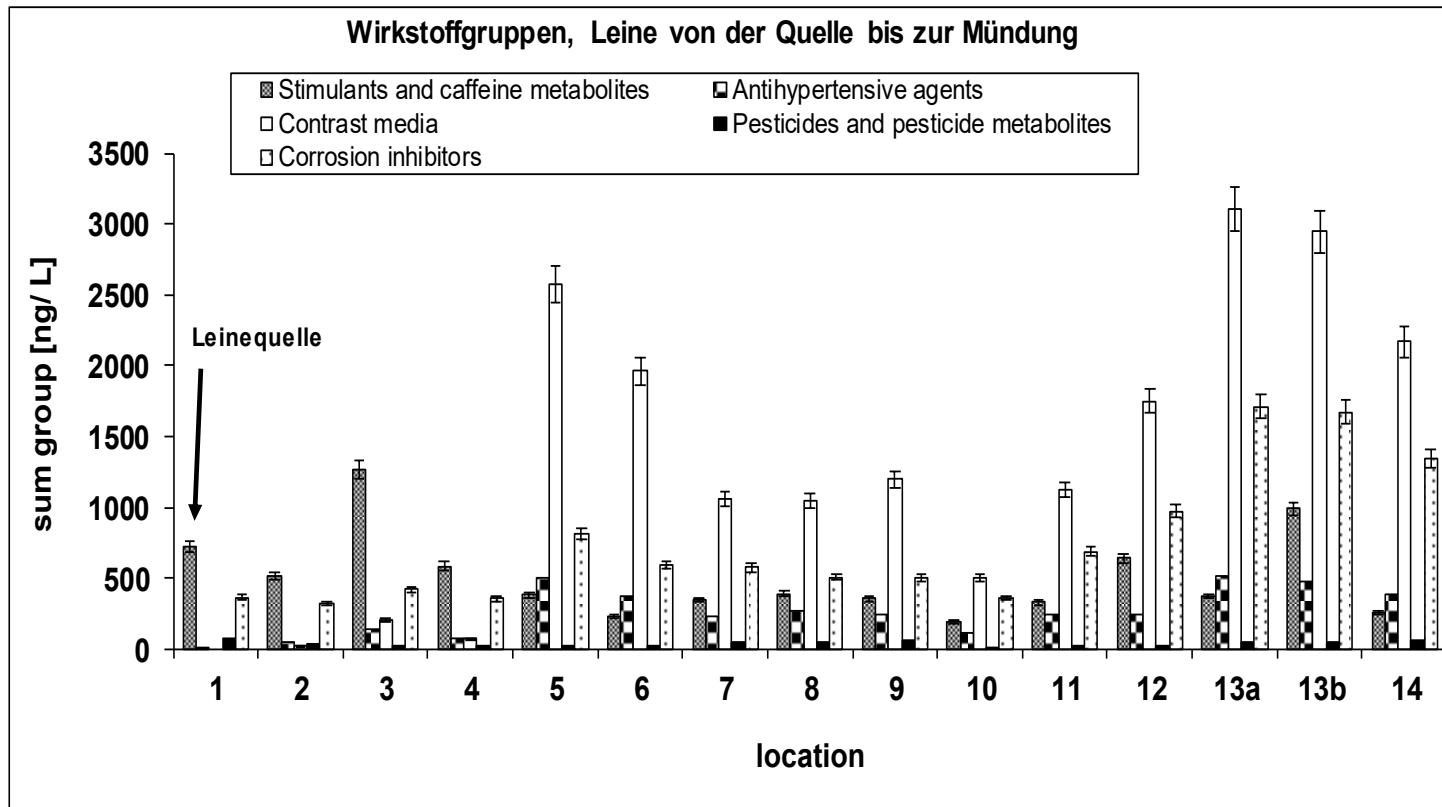


Gewässer (Leine): Woher kommen die Nährstoffe?

Wasserqualität [\[Bearbeiten | Quelltext bearbeiten \]](#)

[Wikipedia](#)

Im März 2017 wurden vom VSR-Gewässerschutz e.V. erhöhte Nitratwerte in der Leine festgestellt. Die Messpunkte des Vereins wiesen zwischen 12,6 mg/l und 68 mg/l Nitrat auf. Der höchste Wert wurde an der Quelle gemessen und nimmt bis Salzderhelden stark ab. Die Leine überschreitet überall den Nitratwert, den Flüsse an ihrer Mündung in die Nordsee haben sollen. Dieser soll laut Oberflächengewässerverordnung nicht mehr als 12,3 mg/l Nitrat betragen. Der Verein fordert stärkere Renaturierungsmaßnahmen, um den Nitratwert in der Leine zu senken.^[27]



Abwasser aus Breitenbach mündet direkt in das Quellfeld der Leine (2009)

Gewässer: Woher kommen die Nährstoffe?

Foto: Harald Müller



Süßer See, 20 km westlich von Halle/Saale

Volumen:
11,5 Mio m³

Verweilzeit:
ø1 Jahr

Ergebnisse Probenahme Mai 2013*

Im See befinden sich derzeit gesamt:

- 0,5 kg Antiepileptika
- 1 kg Rostschutzmittel
- 1 kg Schmerzmittel
- 3 kg Blutdrucksenker
- 15 kg künstliche Süßstoffe

seit 2003¹
keine Einleitung von geklärtem
Abwasser

¹laut Abwasserzweckverband Eisleben-Süßer See

entspricht: **1600 kg Zucker!**

*basierend auf Stoffauswahl am GZG, 2013

unveröffentlicht

Gewässer: Woher kommen die Nährstoffe?

Foto: Harald Müller



Süßer See, 20 km westlich von Halle/Saale

Volumen:
11,5 Mio m³

Verweilzeit:
ø1 Jahr

Fazit aus Massenbilanz:

- Über 70% des Nährstoffeintrages weiter durch kommunale Abwässer bedingt, und zwar ungeklärte aus umliegenden Dörfern und Kleingärten
- d.h. Hauptquelle für Nährstoffe bislang nicht eliminiert

**Mikroschadstoffe helfen Herkunft von Nährstoffen aufzuklären und zu wichten
Phosphatkulisse nach DüV wird Landwirtschaft noch härter treffen
(50 EW/km² erlaubt; NRW: 526 EW/km²; NDS: 168 EW/km²)**

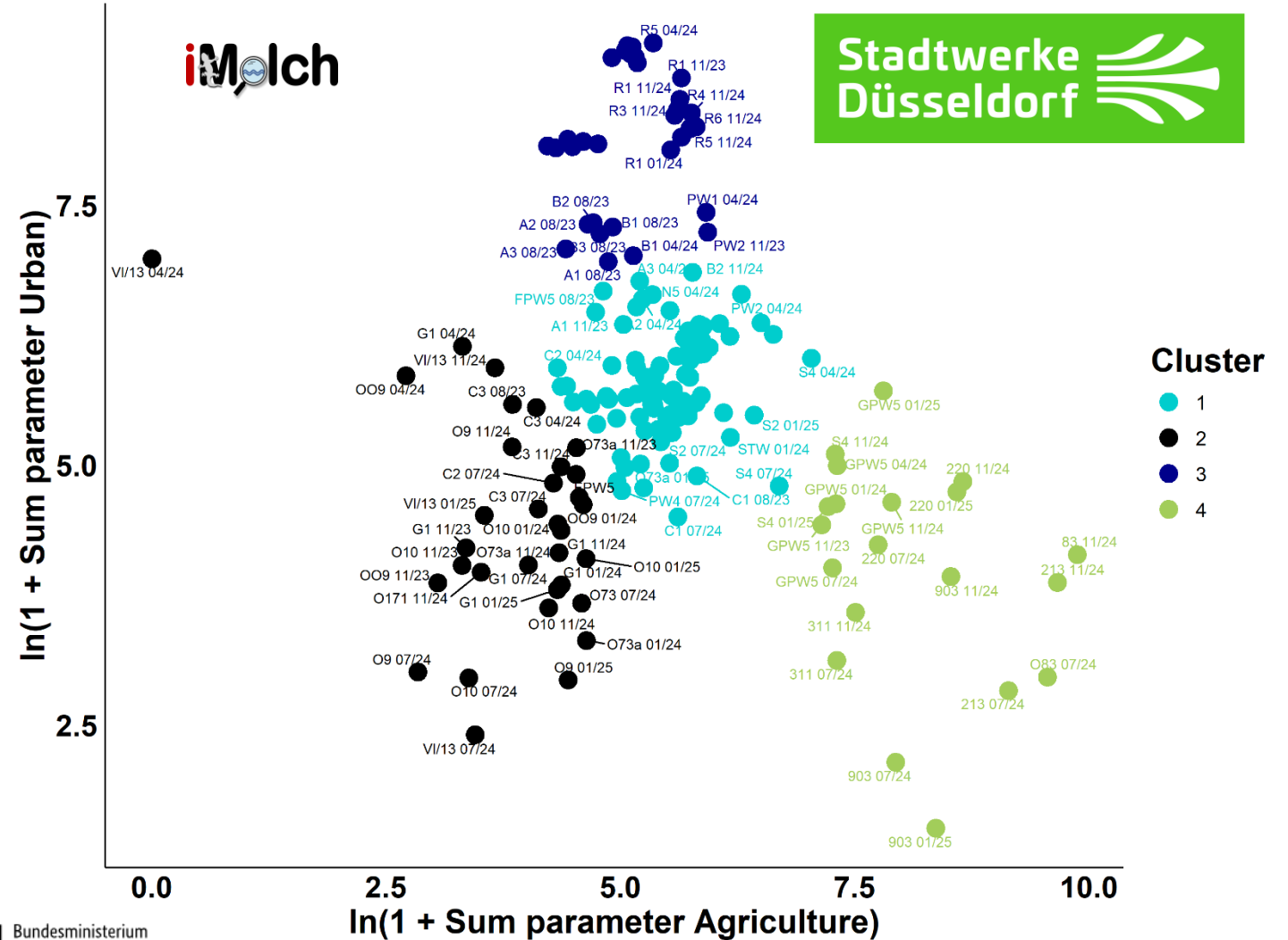
Chemische Summenparameter zeigen die Landnutzung

Die Verhältnisse von $\Sigma(L)$ zu $\Sigma(U)$ sind oft charakteristisch für den PN-Ort. Nach Clusterung ergeben sich 4 Landnutzungstypen:

- 1: Rhein
- 2: urban
- 3: Uferfiltration
- 4: landwirtschaftlich

Die vorderen Teile der Transekte clustern zusammen mit dem Rhein, ebenso PW mit Strömungslinien, die aus dem Rhein stammen.

Generell erlaubt die Auftragung eine Ableitung der Landnutzung der entsprechenden PN-Orte. → Überprüfung der biologischen Abl. der Landnutzung.



R² Flehe NO₃-Landwirtschaft: 0,035

- **Chemische Einteilung der Landnutzung**
 - Signifikanter Einfluss auf mikrobielle Gemeinschaft ($p = 0.0022$, $n = 32$)
- **Mikrobielle Indikatoren für Landnutzung gefunden**
 - „Indikatorbakterien“: Unterschied in Präsenz und Häufigkeit
 - Vorläufige Validierung: 75 % korrekte Zuordnung der Landnutzung aller Proben des iMolch Datensatzes

Stadtwerke
Düsseldorf

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

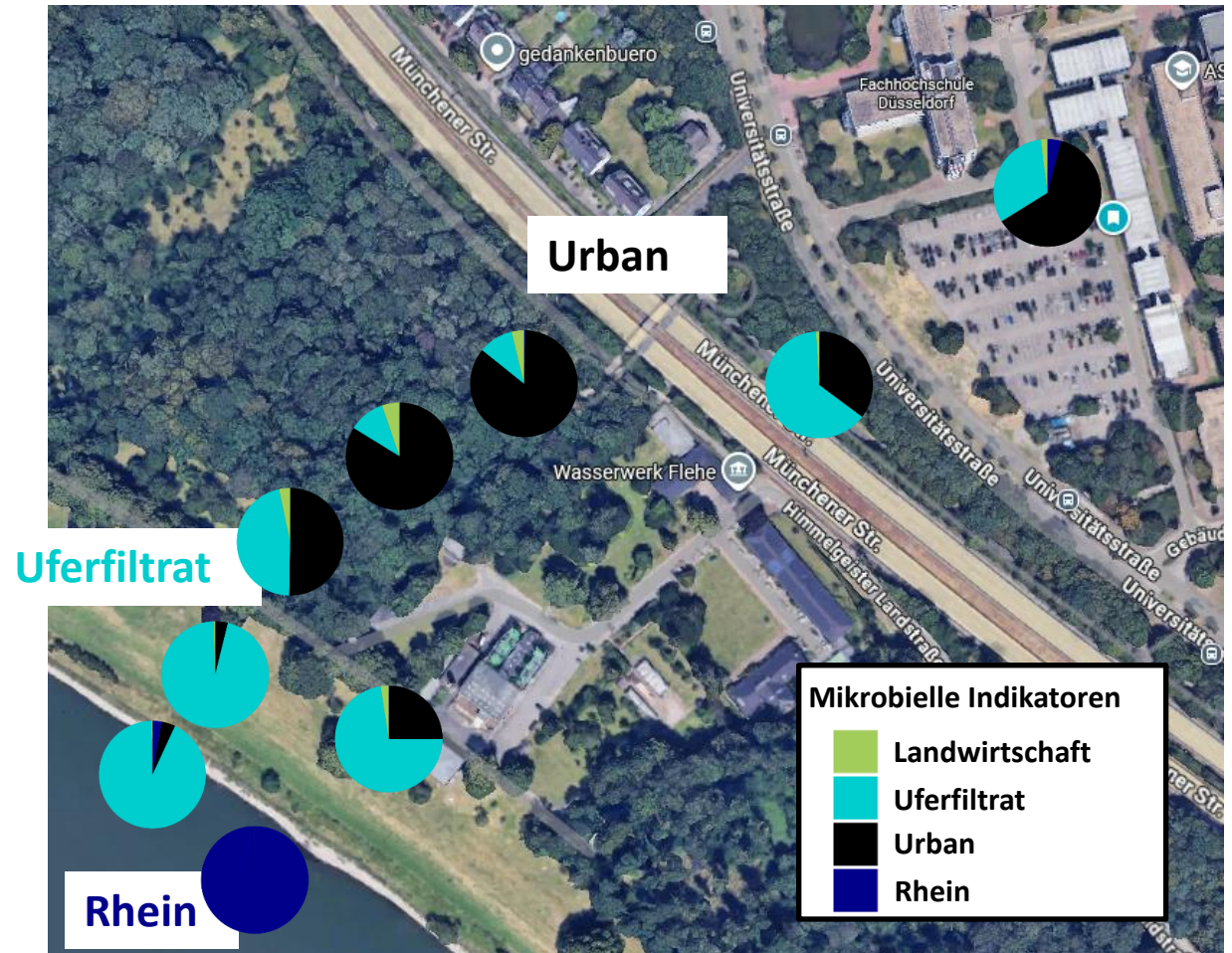


Abbildung: Anteil mikrobieller Indikatoren für Landnutzungstypen, Gebiet Flehe

Mikrobielle Indikatoren für Landnutzung gefunden

- **Nitrat:** Landwirtschaft-NO₃: R² Grind: 0,935
- Mikrobielle ‚Indikatoren Landwirtschaft‘ korrelieren mit Nitratkonzentration ($\rho = 0.62$, $p < 0.05$, $n = 32$)
- Nutzbar zur Vorhersage von Wassertypen
- Gute Repräsentation Nitratwerte aus historischem Datensatz (TUB – Danilo Veskov)
- **Gesamtziel: Neuer mikrobieller Index**
- Mikrobielle Indikatoren möglicher Parameter zur Qualitätsbestimmung

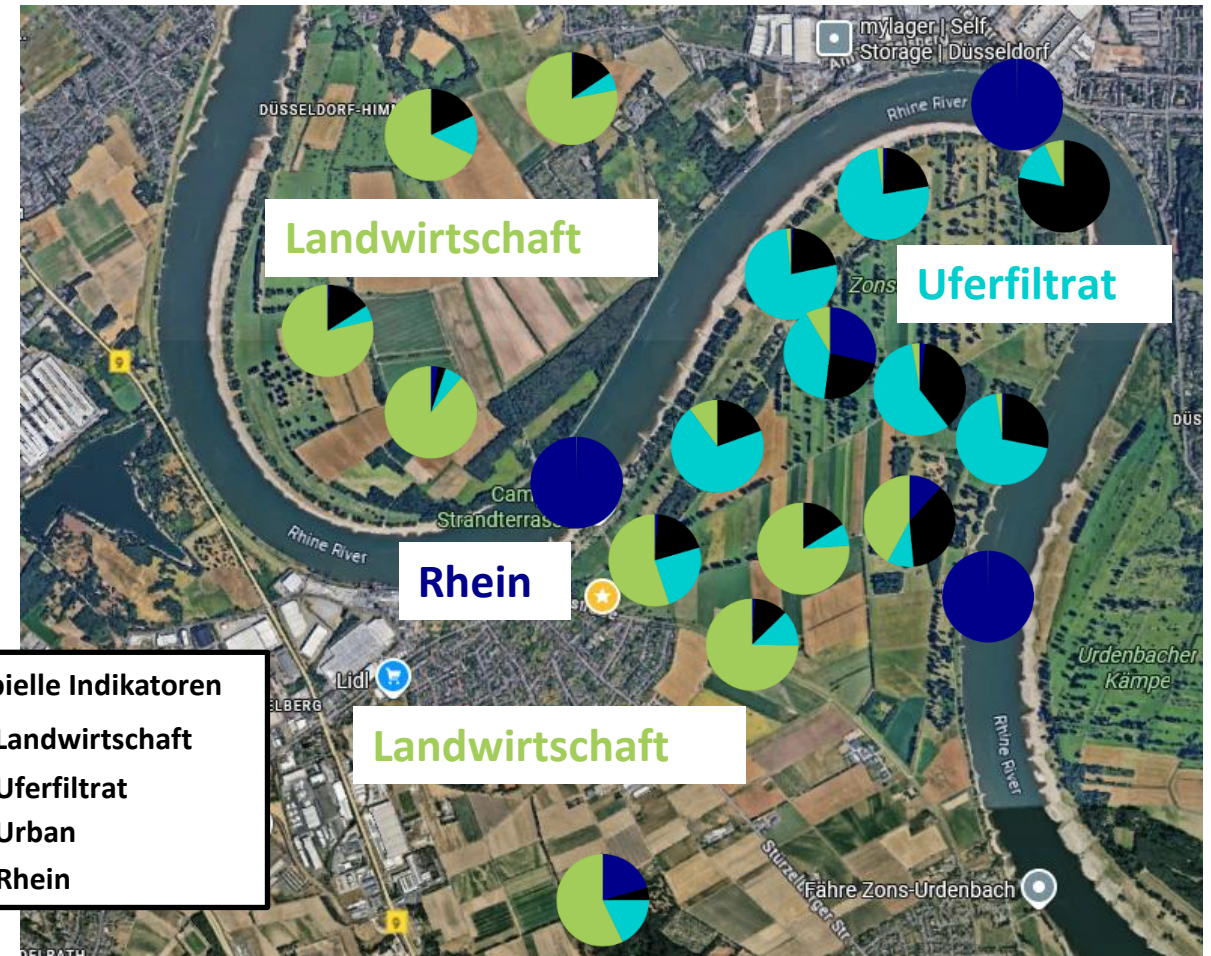
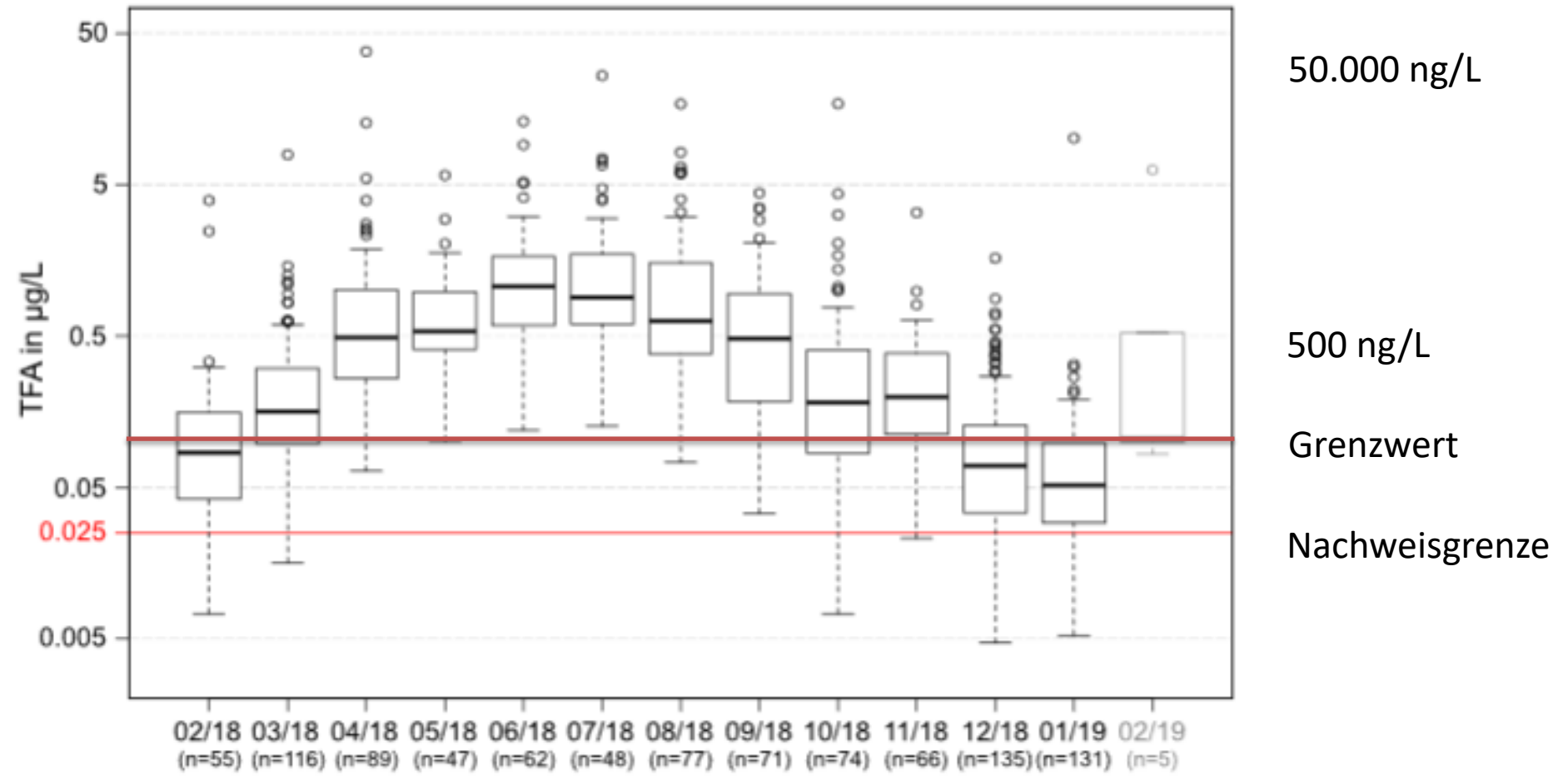


Abbildung: Anteil mikrobieller Indikatoren für Landnutzungstypen, Gebiet Zonser Grind und Himmelgeister Rheinbogen

Neue Herausforderungen

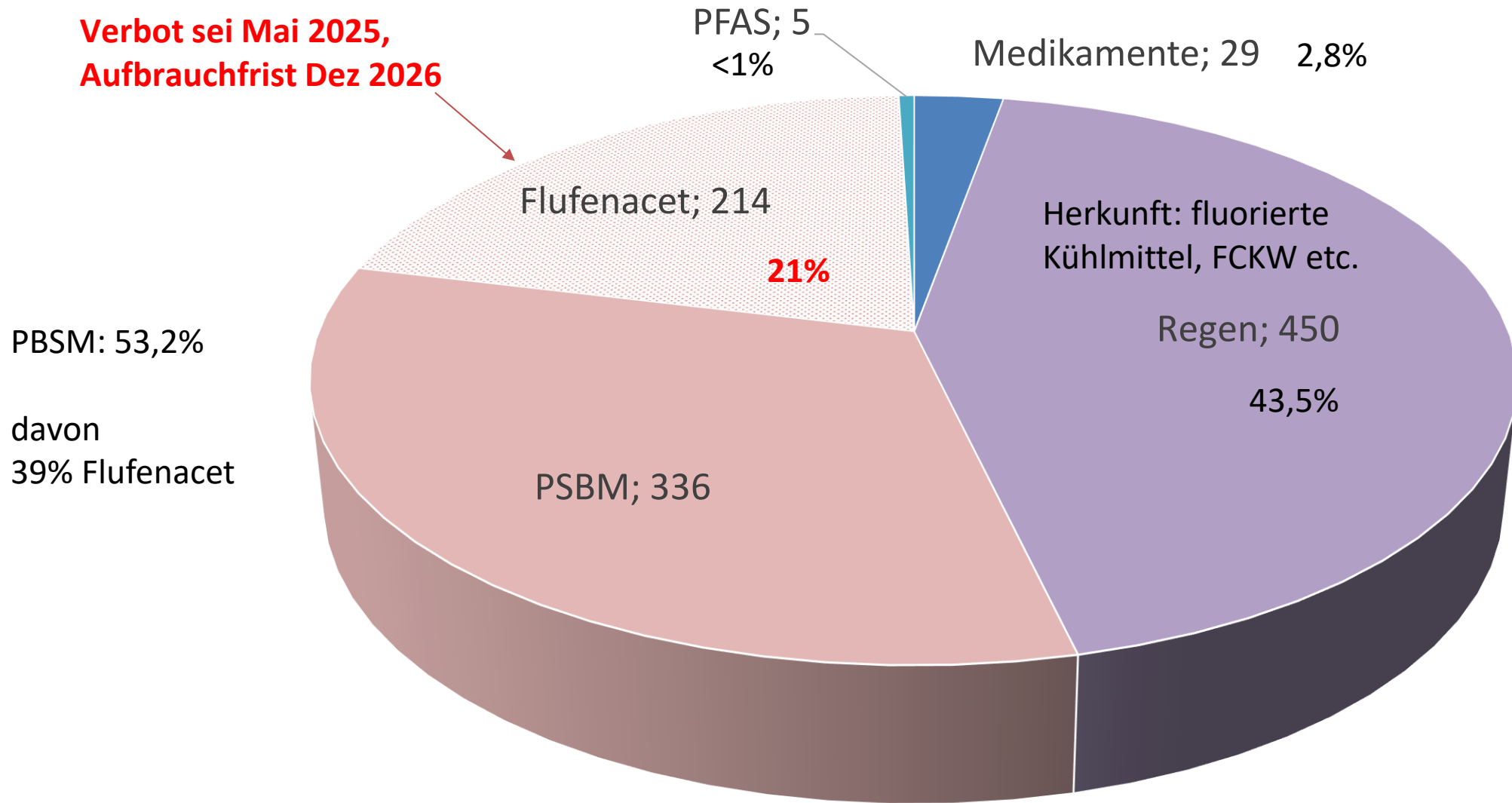
TFA im Niederschlag: Endgegner der Wasserwirtschaft



Freeling F et al. (2020): Trifluoroacetate in Precipitation: Deriving a Benchmark Data Set. Environmental Science & Technology, 54(18).

Freisetzung Deutschland: 1034 t/a

**Verbot sei Mai 2025,
Aufbrauchfrist Dez 2026**



PBSM: 53,2%
davon
39% Flufenacet

Zusammenfassung

1. N₂-Ar Methode ein Baustein in der Bewertung, aber bitte nicht alleiniger Baustein
2. Frachten und Herkunft statt reine Konzentrationen
3. Kenntnis zur Herkunft von Kontaminationen ist wichtig zum Ergreifen und Bewerten von Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität.
4. Mehr Information über Systeme statt mehr Daten ist essentiell, um Verursacher und Maßnahmen abzuleiten

**Umweltforensik ist wichtiger Baustein
in der nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung**

Wer ist der Verursacher?

Diese Frage wird in Sachen Gewässerverunreinigung für die Landwirtschaft extrem wichtig. Denn nicht immer sind Landwirte die Verursacher von Nitrat oder Pflanzenschutzmitteln im Wasser. Tobias Licha zeigt, wie man den wahren Verursacher finden kann.

Wenn das Nitrat Geschichten erzählt

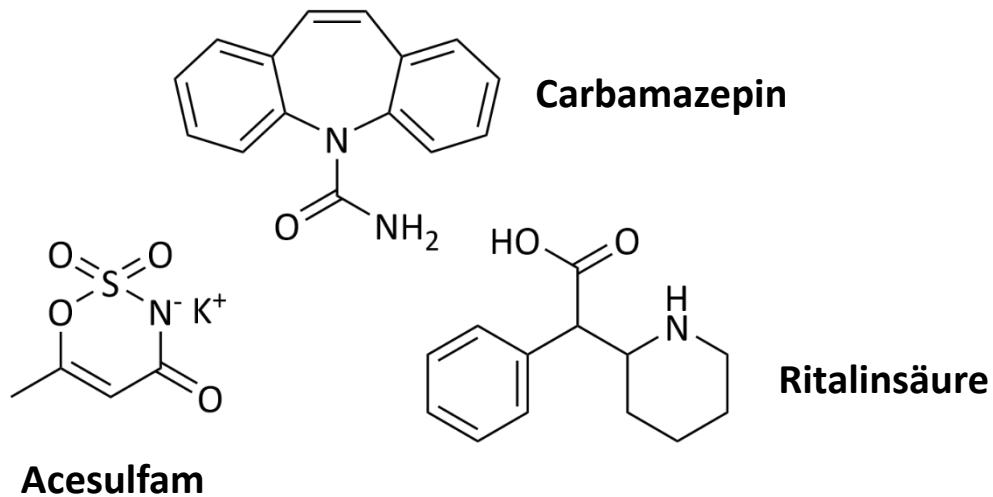
Nitrat im Grundwasser folgt keiner einfachen Logik. Die Dynamik ist enorm, und relevante Einträge stammen nicht nur aus der Landwirtschaft. Tobias Licha zeigt, worauf es bei der Probenahme und Bewertung der Nitratbelastung im Grundwasser ankommt – und was künftig besser werden muss.

**Wollen Sie etwas für die Umwelt tun?
Nehmen Sie Ibuprofen statt Diclofenac !**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

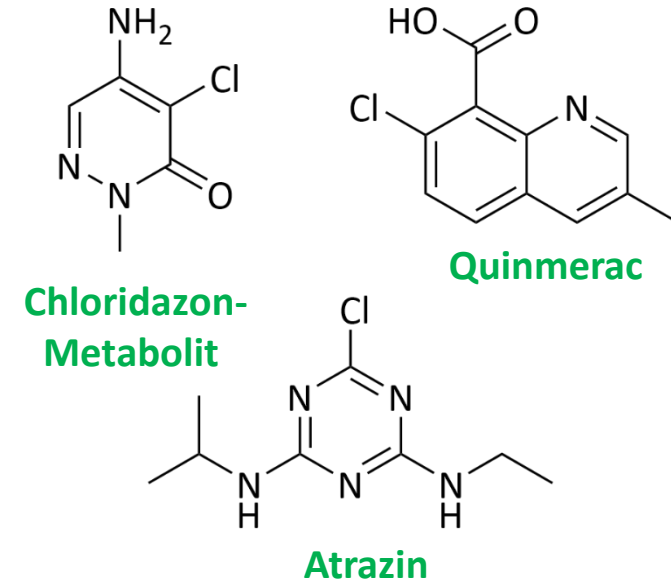
Verwendung von Summenparametern der Indikatoren

Zunächst erfolgte eine Klassifizierung der Indikatoren nach ihrem Ursprung: Entweder rein **landwirtschaftlicher Ursprung** (Einsatz auf Feldern) wie Pflanzenschutzmittel oder rein **urbaner Ursprung** aus Haushalten und „runoff“, der Kanalisation oder Kläranlage(n).



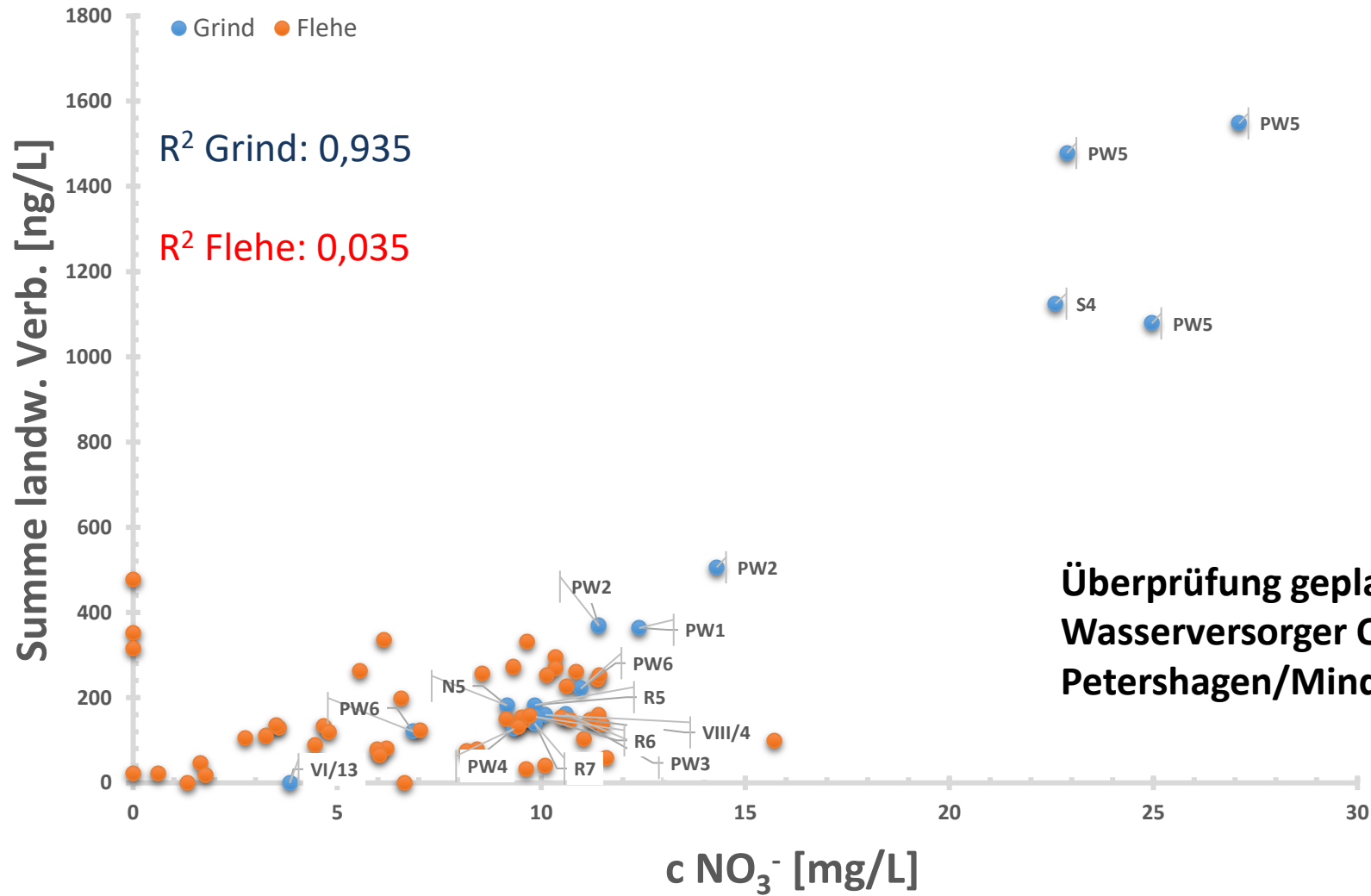
Insgesamt 76 urbane Indikatoren

Insgesamt 42 landwirtschaftl. Indikatoren



Jeweils alle gemessenen Konzentrationen urbanen oder landwirtschaftlichen Ursprungs werden zu zwei Werten aufsummiert: $\Sigma(L)$ oder $\Sigma(U)$. **$\Sigma(L)$ korreliert mit Nitratkonzentrationen bei landwirtschaftlicher Dominanz.**

Verursacherprinzip



Grind: landwirt. dominiert
Flehe: urban dominiert

**Überprüfung geplant:
Wasserversorger Osterholz-Scharmbeck,
Petershagen/Minden IG gerechte Messstellen**