Sauberes Wasser: Welchen Beitrag liefert die Landwirtschaft?

DIE WELT

WISSEN ARZNEIMITTELSPUREN

Wasseranalysen zeigen, was Ärzte verschreiben

Schmerzmittel, Antiepileptika, Betablocker, Antibiotika: Rückstände von Arzneimitteln können im Trinkwasser nachgewiesen werden - doch aufgespürt wird nur, was auch gezielt gesucht wird.

Von Anja Garms

MEISTGELESENE ARTIKEL

Berlin-Kreuzberg
Ein "Gewaltvideo" – und was wirklich geschah

"Maybrit Illner"
"Die Nachbarn der Flüchtlinge müssen Müller helfen"

Reformen
So verspielt die große Koalition unseren Wohlstand

NATUR & UMWELT

Trinkwasser in Deutschland gilt als besonders sauber. Allerdings können herkömmliche Kläranlagen nicht verhindern, dass Medikamentenrückstände bis ins Trinkwasser gelangen

Prof. Dr. Tobias Licha

AG Hydro- und Umweltgeologie

Ruhr-Universität Bochum

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)

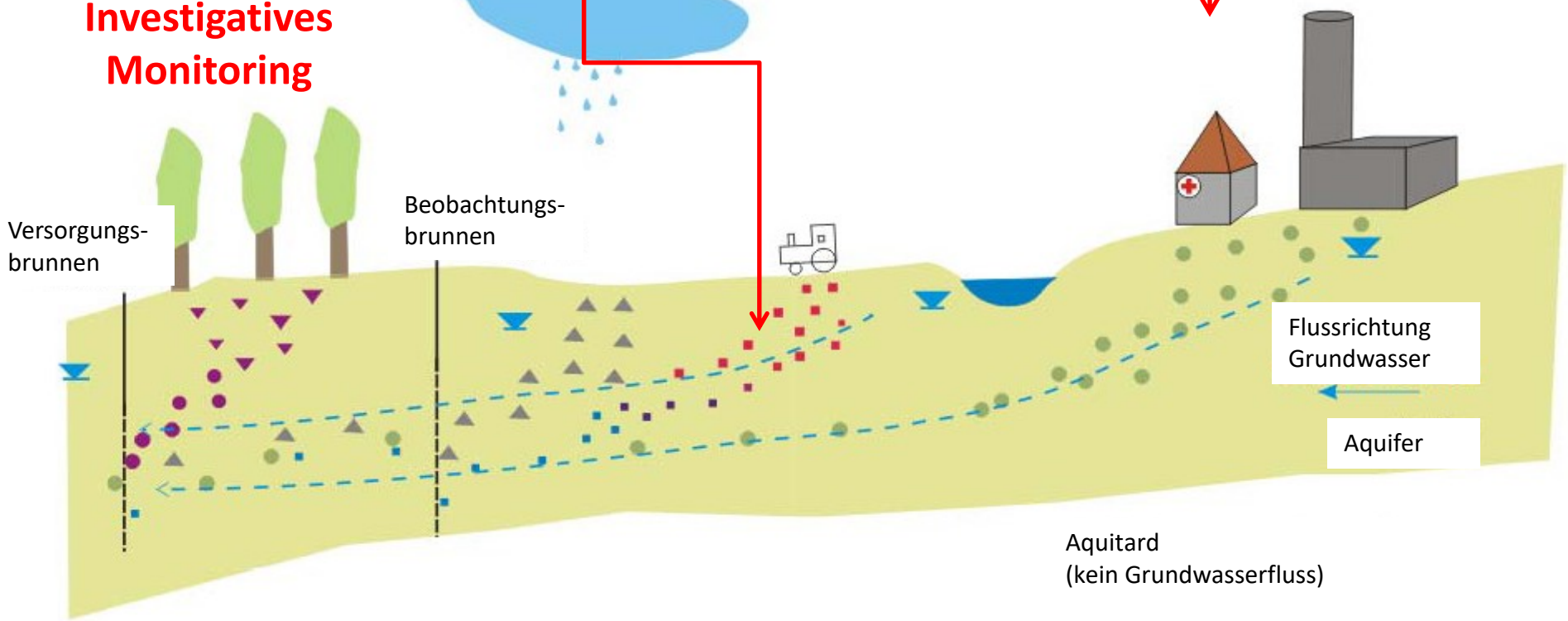
echa.europa.eu und www.cas.de

Mikroschadstoffe als Indikatoren für Prozesse und Quellen

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

INTCATCH 2020

Investigatives Monitoring



Valsartansäure = geklärtes Abwasser

Koffein = ungeklärtes Abwasser

Was sind Mikroschadstoffe ?

➢ **<u>Organische</u> Verbindungen meist anthropogenen Ursprungs**

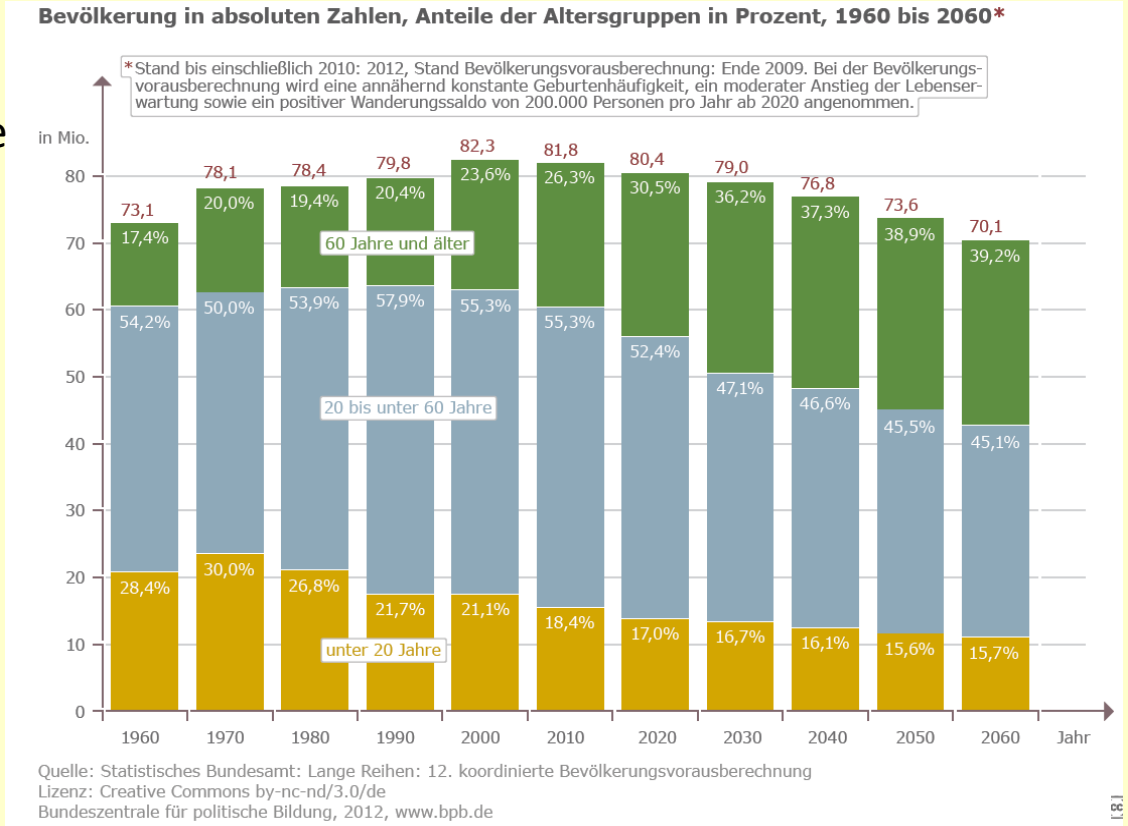
Humanarzneimittel

- Über 2.500 Wirk- und Zusatzstoffe in 100.000 Arzneimittel (2024)
- Verbrauch in Deutschland:

  40.000 t/Jahr (2013)
  Quellen: Rote Liste, UBA
- Geschätzt heute **35.000t/Jahr**

Genussmittel

- künstliche Süßstoffe
- Koffein, Nikotin…



Was sind Mikroschadstoffe ?

Veterinärpharmaka

- Antibiotika in der Intensivtierhaltung

Pflanzenschutzmittel (PSM)

- rund 278 Wirkstoffe in Deutschland als **PSM** zugelassen (UBA, 2025)
- in 1.047 Mitteln, ca. **28.600 t/Jahr (2024, ohne inerte Gase)**

http://www.bvl.bund.de

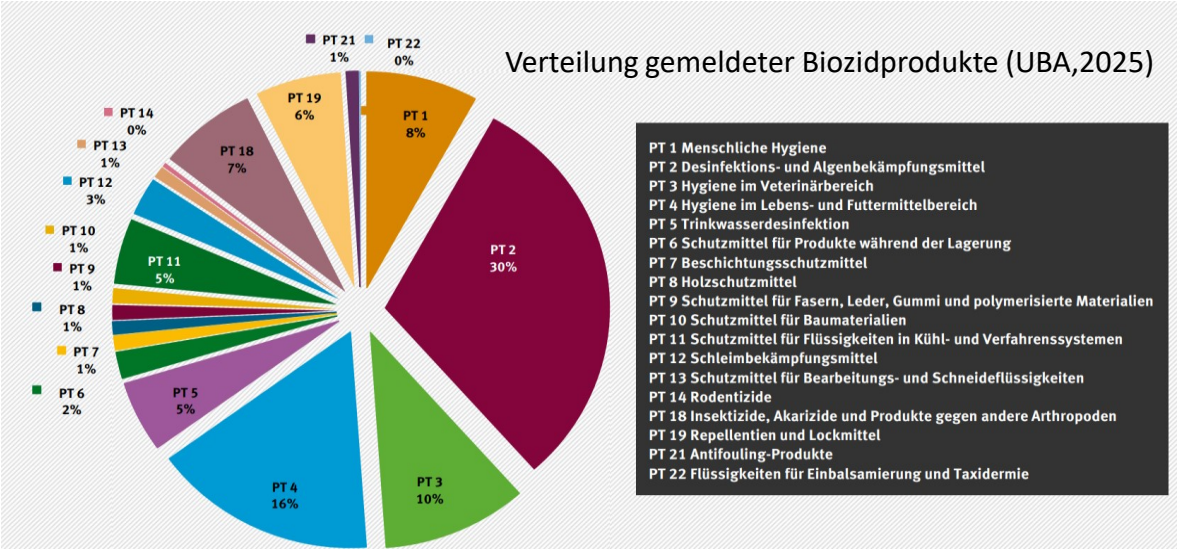
sonstige

- Biozide:

  ca. **55.000 t/Jahr** (2021)
  164 Wirkstoffe in 35.000 Produkten (UBA, 2025)

  Seit 2022 Meldepflicht!

  PT3, PT14-19= 23%



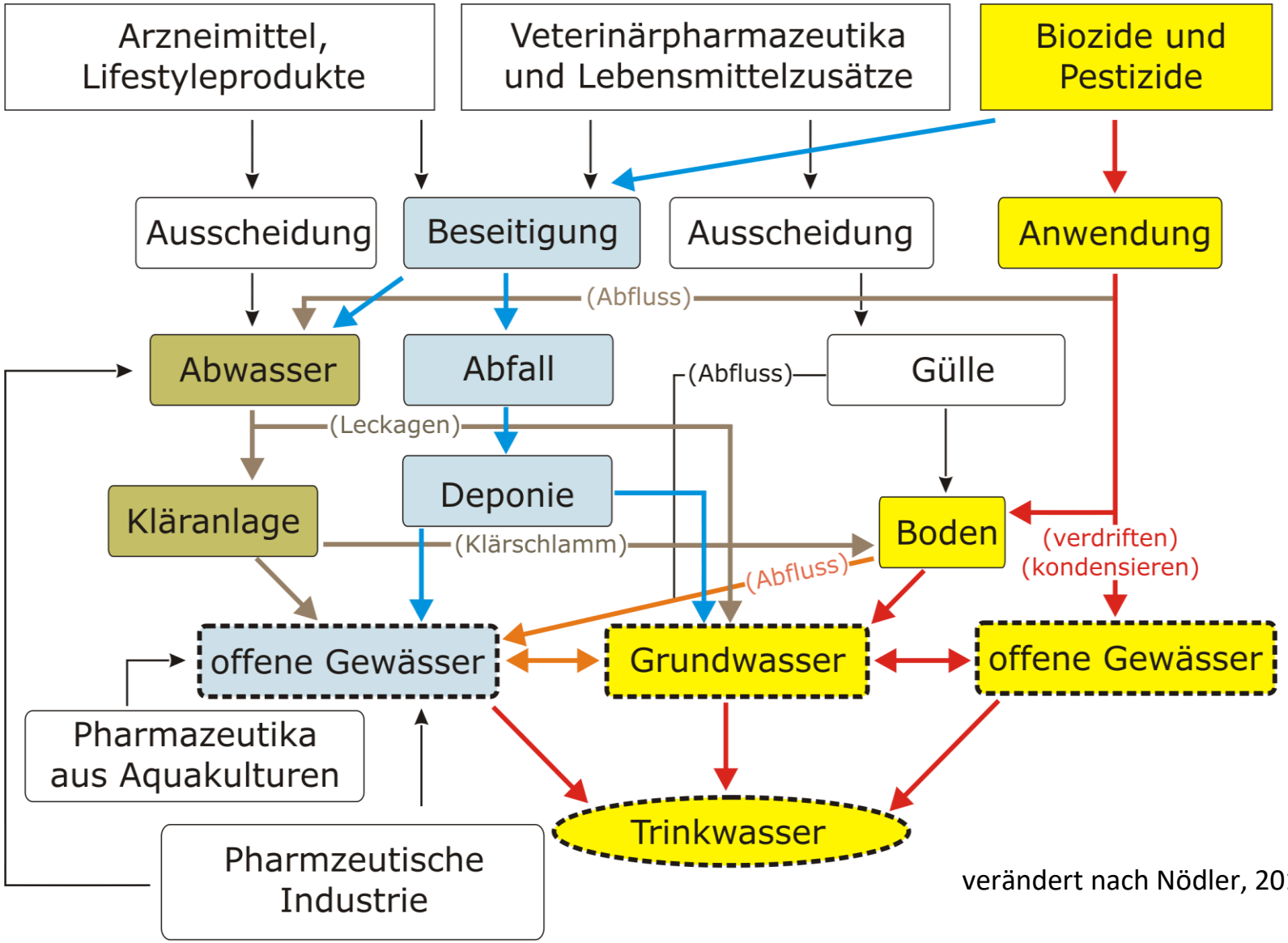
Konzentrationsbereiche: ng/L–mg/L, je nach Wassertyp

Grenzwerte ?

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

- Pharmaka haben **keine** Umweltverträglichkeitsprüfung

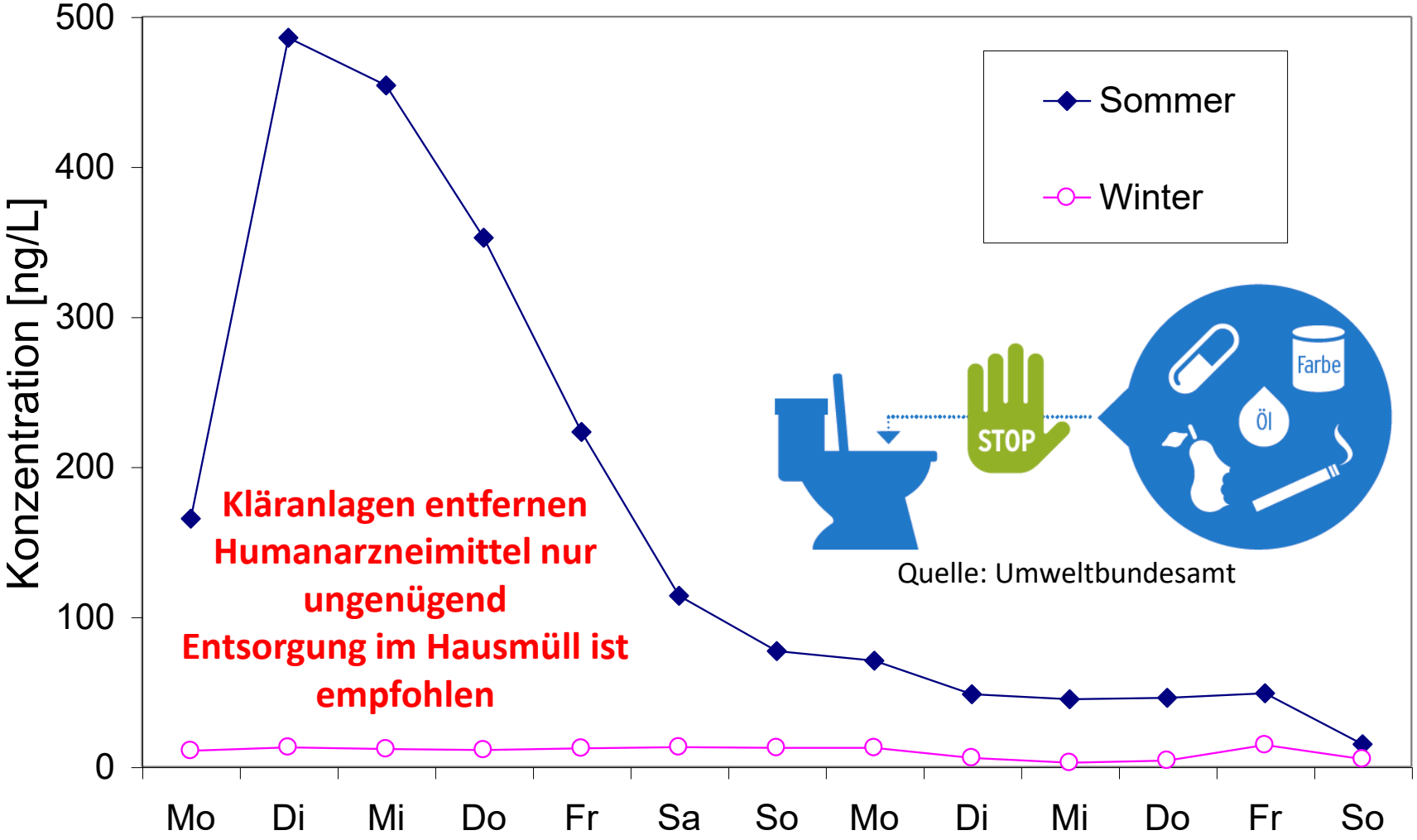
Eintragspfade



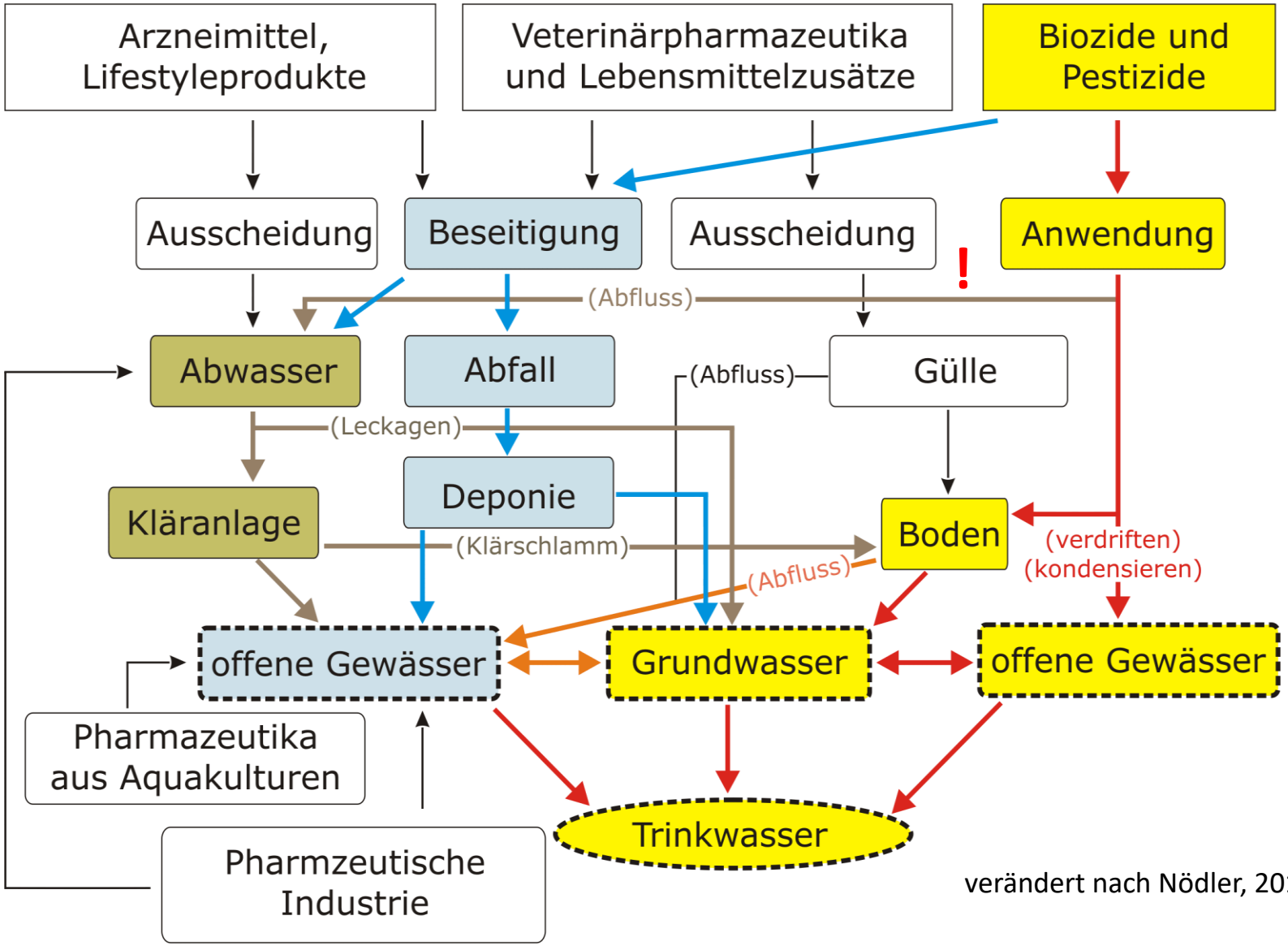
verändert nach Nödler, 2013

Folgen unsachgemäßer Entsorgung

Primidon in Leine, nach Kläranlage Göttingen



Eintragspfade



verändert nach Nödler, 2013

Minimierung von Einträgen

- Einhaltung von Auflagen (z. B. Gewässerabstand, Windgeschwindigkeit, Regen)
- Vermeidung von Punkteinträgen:

Energetische Sanierung und Pestizide

oder: Vom Acker/Weg auf die Fassade

- Dämmung verhindert Feuchtigkeitsaustausch: Pestizideinsatz nötig gegen Algen und Schimmel
- 900 Mio. Quadratmeter bis 2012 im deutsch-sprachigen Raum verbaut (Fraunhofer IRB)
  entspricht 0,5% landwirtschaftlicher Flächen in Deutschland

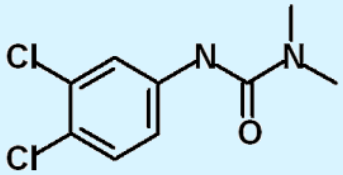
Foto: dpa/Armin Weigel

Terbutryn: als Herbizid in der Landwirtschaft seit 1997 verboten

- endokrin wirksamer Stoff
- gilt als wassergefährdend*
- pro Jahr, Geschoss und Hektar: 0,2 kg Terbutryn*

Diuron: zur Behandlung von Gleisen seit 1996 verboten

- gesundheitsschädlich, ökotoxisch und persistent
- gilt als stark wassergefährdend*
- pro Jahr, Geschoss und Hektar: 0,5 kg Diuron*



* Landwirtschaft Pestitzidanwendung: 2,8 kg pro Hektar und Jahr
* Umweltbundesamt (UBA), Austrag findet hauptsächlich in den ersten 5-25 Jahren statt, je nach Material

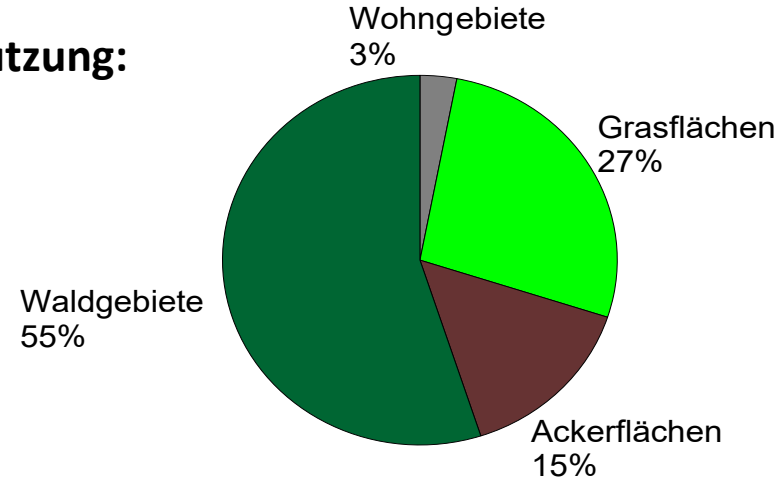
Mikroschadstoffe im Rohwasser (Karsteinzugsgebiet)

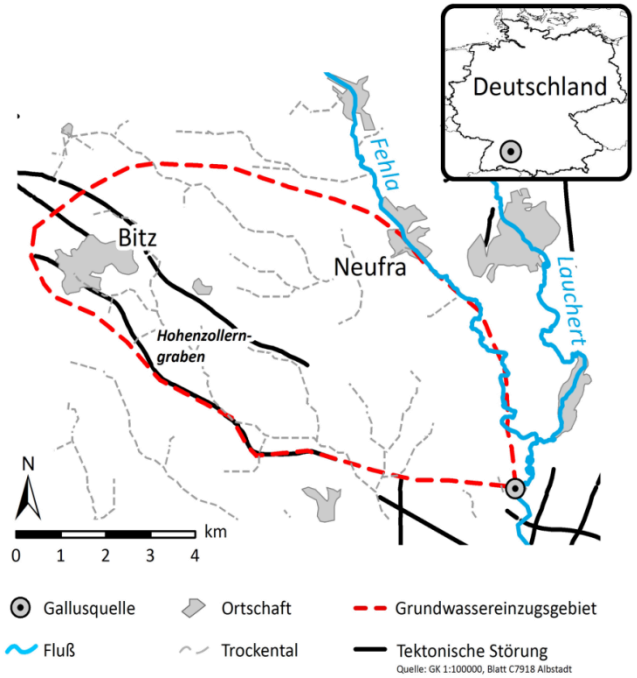
- Größe des Einzugsgebietes: 45 km²
- dünn besiedelt: ~ 4.000 EW
- Mischwasserkanalisation; Regenrückhaltebecken
- Gallusquelle øQ = 500 L/s
- **Quelle dient zur Trinkwassergewinnung für 40.000 Einwohner**
- **wiederholt belastet mit coliformen Keimen**

4 000 Menschen

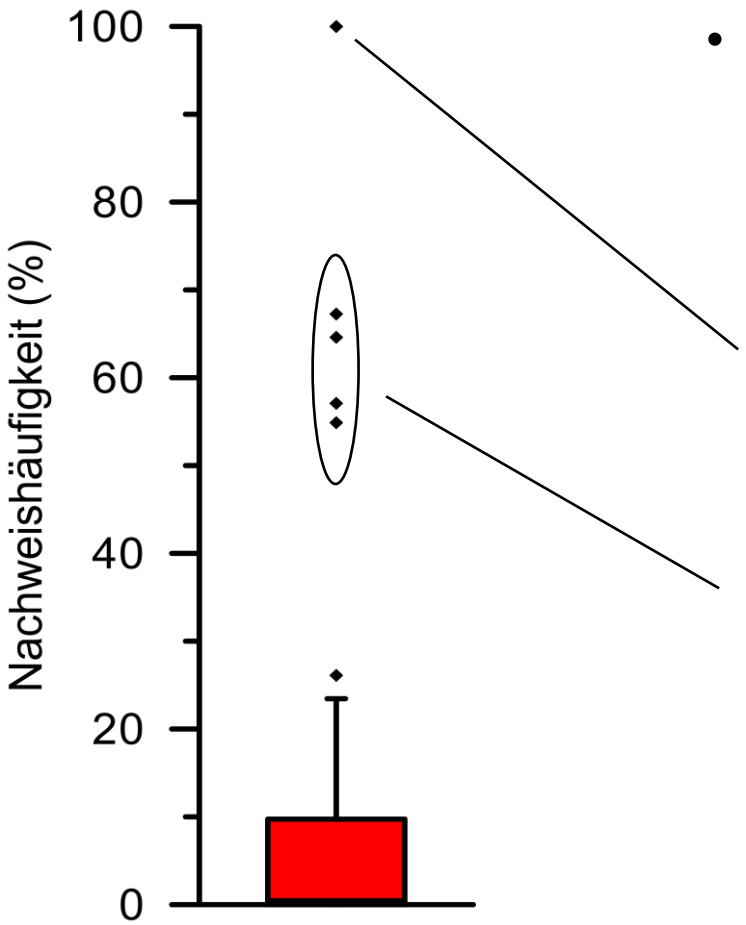
40 000 Hühner

Landnutzung:





Mikroschadstoffe im Rohwasser (Karsteinzugsgebiet)



- **22 von 54 Stoffen nie nachgewiesen**
- **11 Stoffe in weniger als 5% der Proben (226 Quellwasserproben in 9 Monaten)**

zur Erinnerung: nur 4000 Einwohner

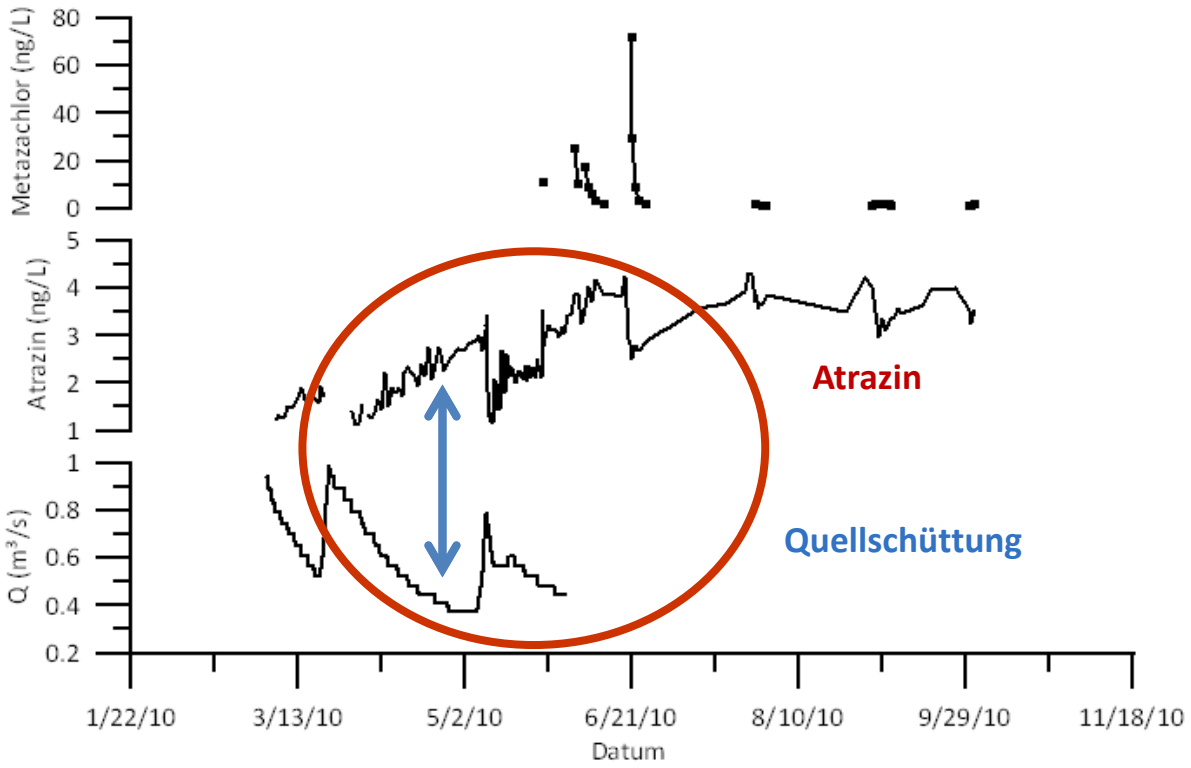
Atrazin & Desethylatrazin
(Atrazin seit 1992 in Deutschland verboten)

Coffein, Coffein-Metabolite & Carbamazepin

Hohe Varianz an Karstquellen

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.

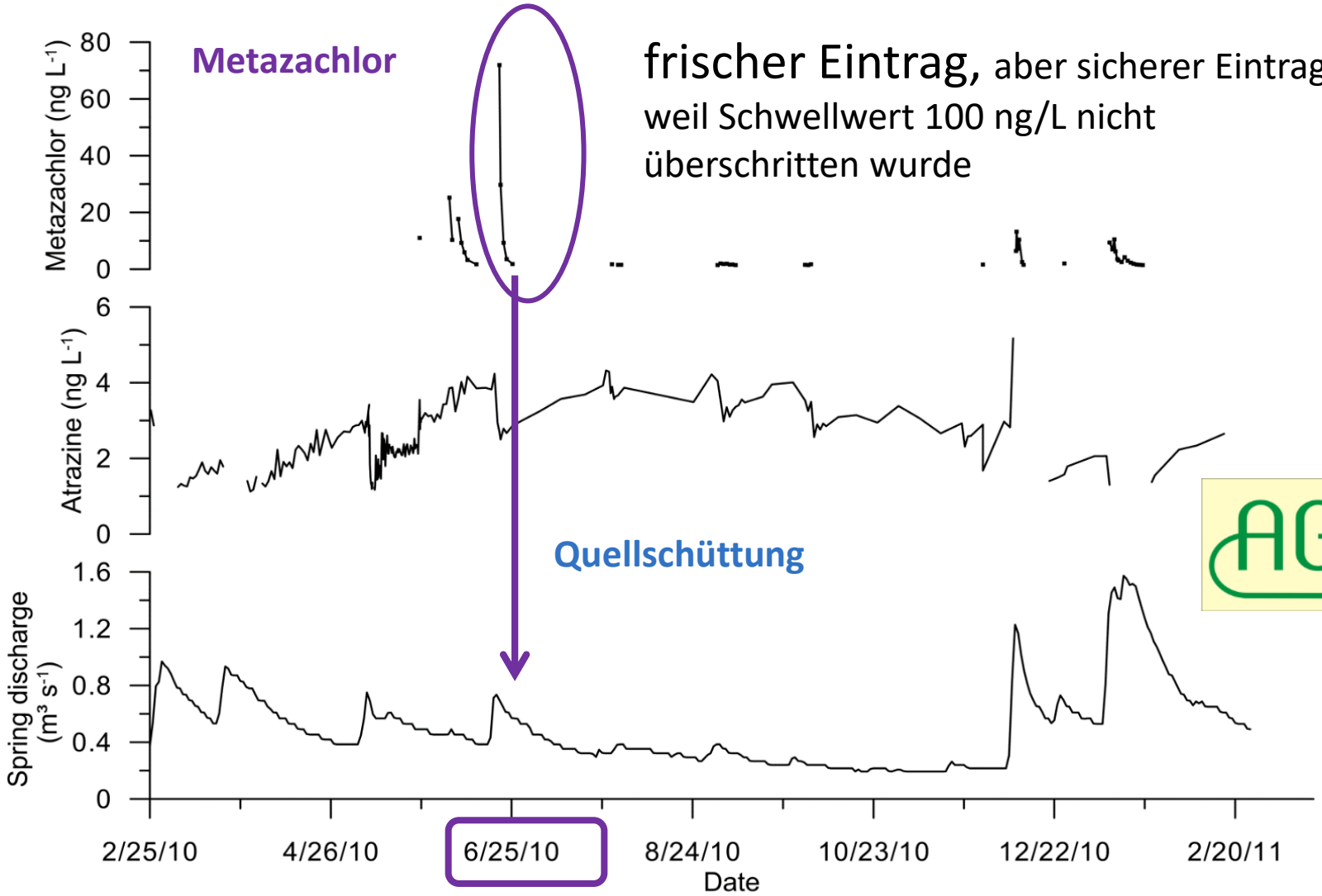
Indikatoren für dynamische Systeme (Karstgrundwasserleiter)



Atrazin und Desethylatrazin (verboten seit 1992)

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

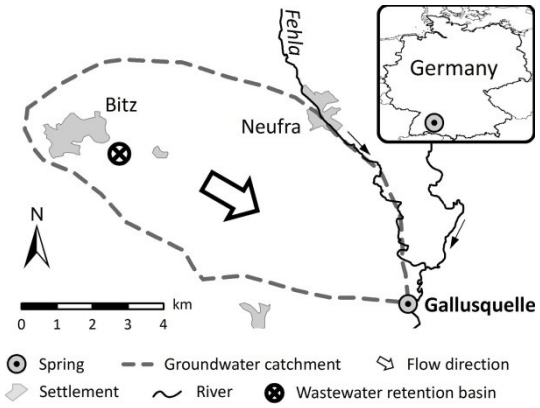
Indikatoren für dynamische Systeme (Karstgrundwasserleiter)



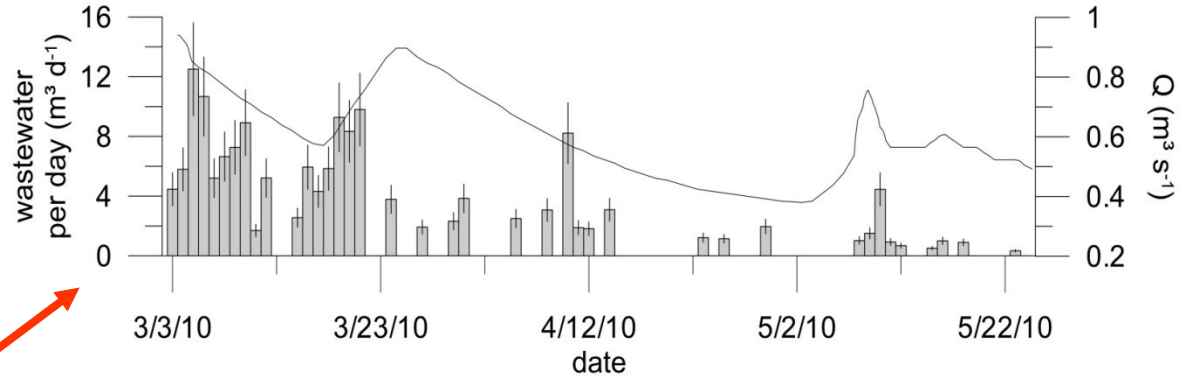
frischer Eintrag, aber sicherer Eintrag, weil Schwellwert 100 ng/L nicht überschritten wurde

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



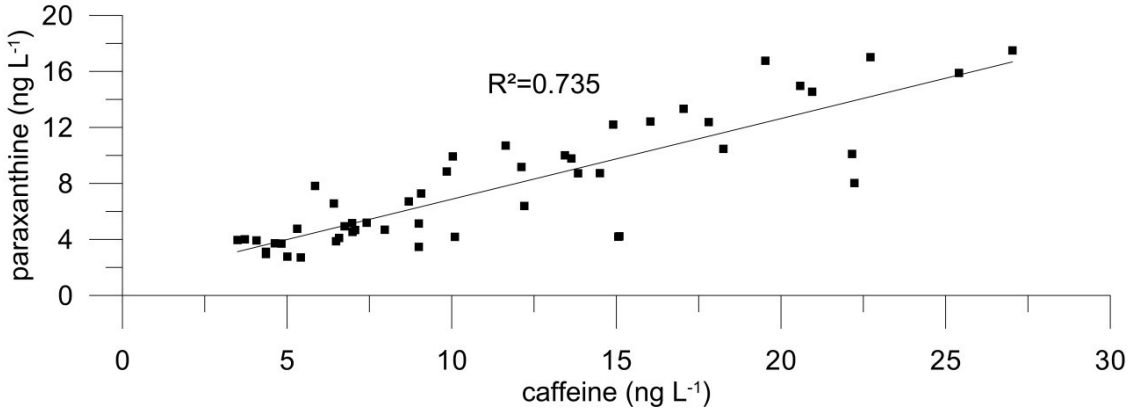
Abschätzung der Input-Funktion



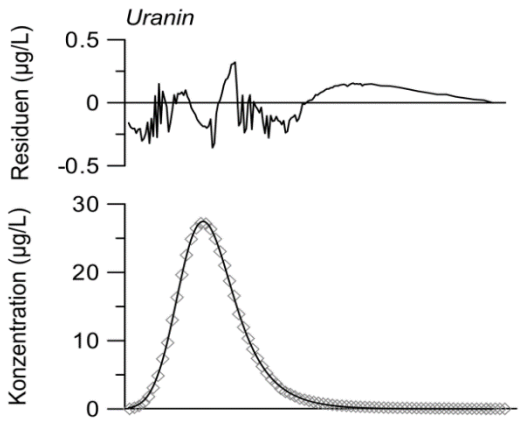
positive Korrelation zwischen Koffein und Paraxanthin bestätigt ***unbehandeltes Abwasser*** als Quelle

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

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

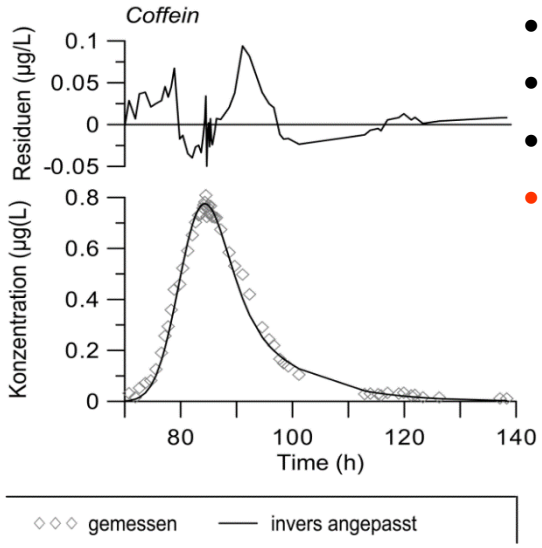


Tracertest mit Koffein zur Bestimmung des Stoffverhaltens = Quantifizierung



Modellierung mit CXTFit 2.0

- v = 35 m/h
- D = 135 m²/h
- α = 8,91E-3 1/h
- θ_m = 0,9683
- **Wiederfindung = 49%**



- µ = 0,0067 1/h; **$T_{1/2}$= 103,7 h**
- β = 0,934
- R = 1,046 (Peak resolution!)
- **Wiederfindung = 27,5%**
  (≈Hälfte der Fluoreszenz)

Hillebrand O, Nödler K, Licha T, Sauter M, Geyer T (2012): Identification of the attenuation potential of a karst aquifer by an artificial dualtracer experiment with caffeine. Water Research 46 (16): 5381–5388.

durchschnittliche reale Abwasserbelastung der Quelle:
= 4,5 ± 0,7 m³ d⁻¹

= ca. 0.5% der gesamten Abwassermenge im Einzugsgebiet

Quelle: Abwasserleckagen mit direkter Systemanbindung

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.

Gewässer: Woher kommen die Nährstoffe?

Volumen:
11,5 Mio m^3

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 → **entspricht: 1600 kg Zucker!**

seit 2003[1]
keine Einleitung von geklärtem Abwasser

[1]laut Abwasserzweckverband Eisleben-Süßer See

*basierend auf Stoffauswahl am GZG, 2013

unveröffentlicht

Gewässer: Woher kommen die Nährstoffe?

Volumen:
11,5 Mio m^3

Verweilzeit:
ø1 Jahr

Fazit aus Massenbilanz:

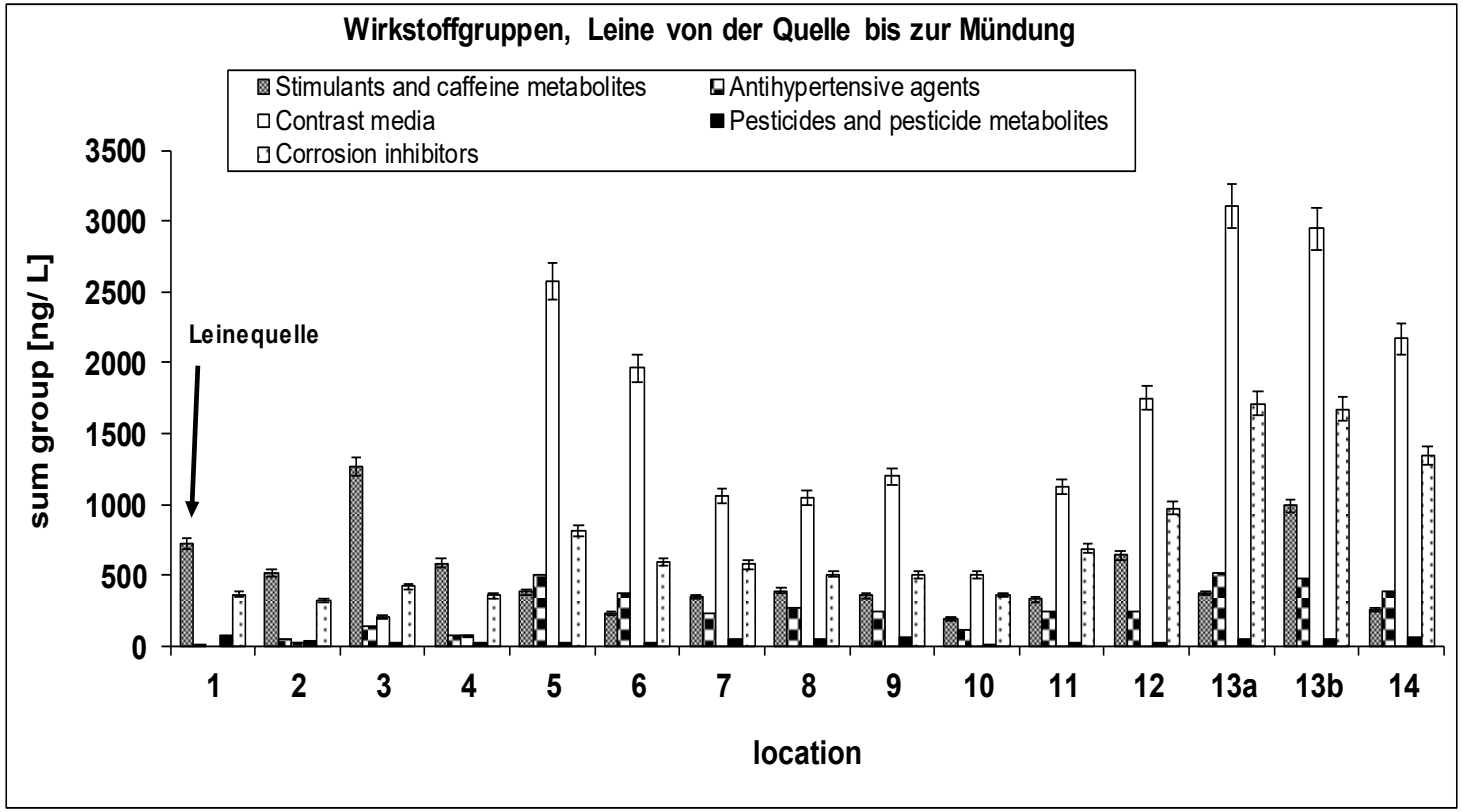
- Über 70% des Nährstoffeintrages weiter durch kommunale Abwässer bedingt, und zwar ungeklärte aus umliegenden Dörfern und Kleingärten
- d.h. Hauptquelle für Nährstoffe bislang nicht eliminiert

Mikroschadstoffe helfen Herkunft von Nährstoffen aufzuklären und zu wichten
Phosphatkulisse nach DüV wird Landwirtschaft noch härter treffen
(50 EW/km^2 erlaubt; NRW: 526 EW/km^2; NDS: 168 EW/km^2)

Gewässer (Leine): Woher kommen die Nährstoffe?

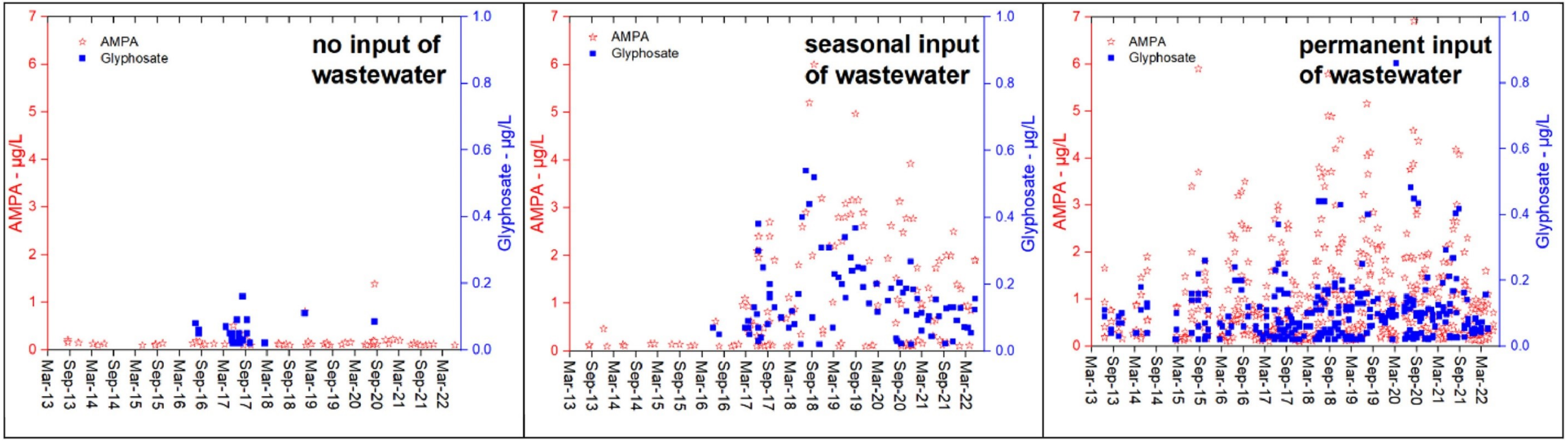
Wasserqualität [Bearbeiten | Quelltext bearbeiten] Wikipedia

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]



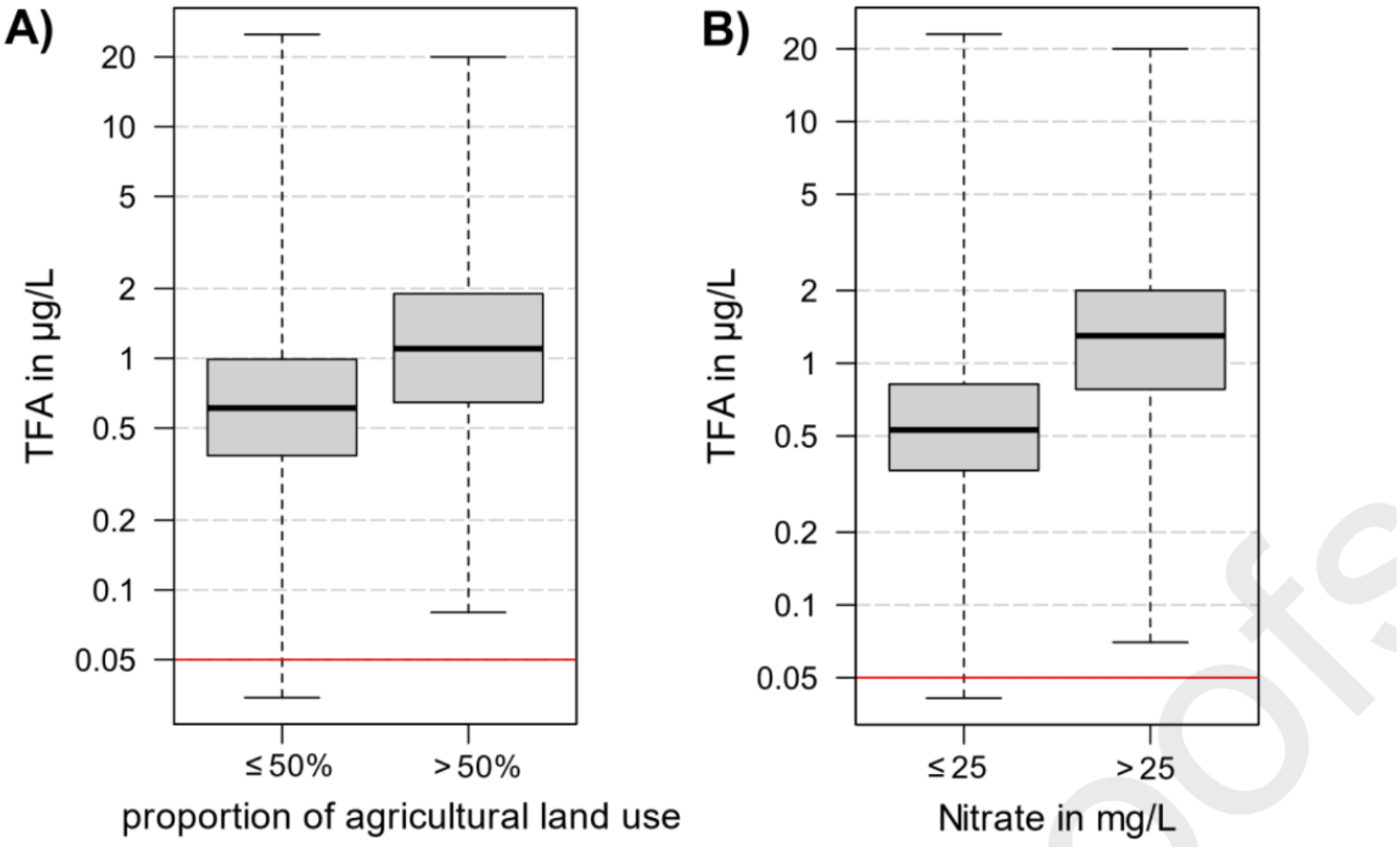
Abwasser aus Breitenbach mündet direkt in das Quellfeld der Leine (2009)

Glyphosat = Landwirtschaft?



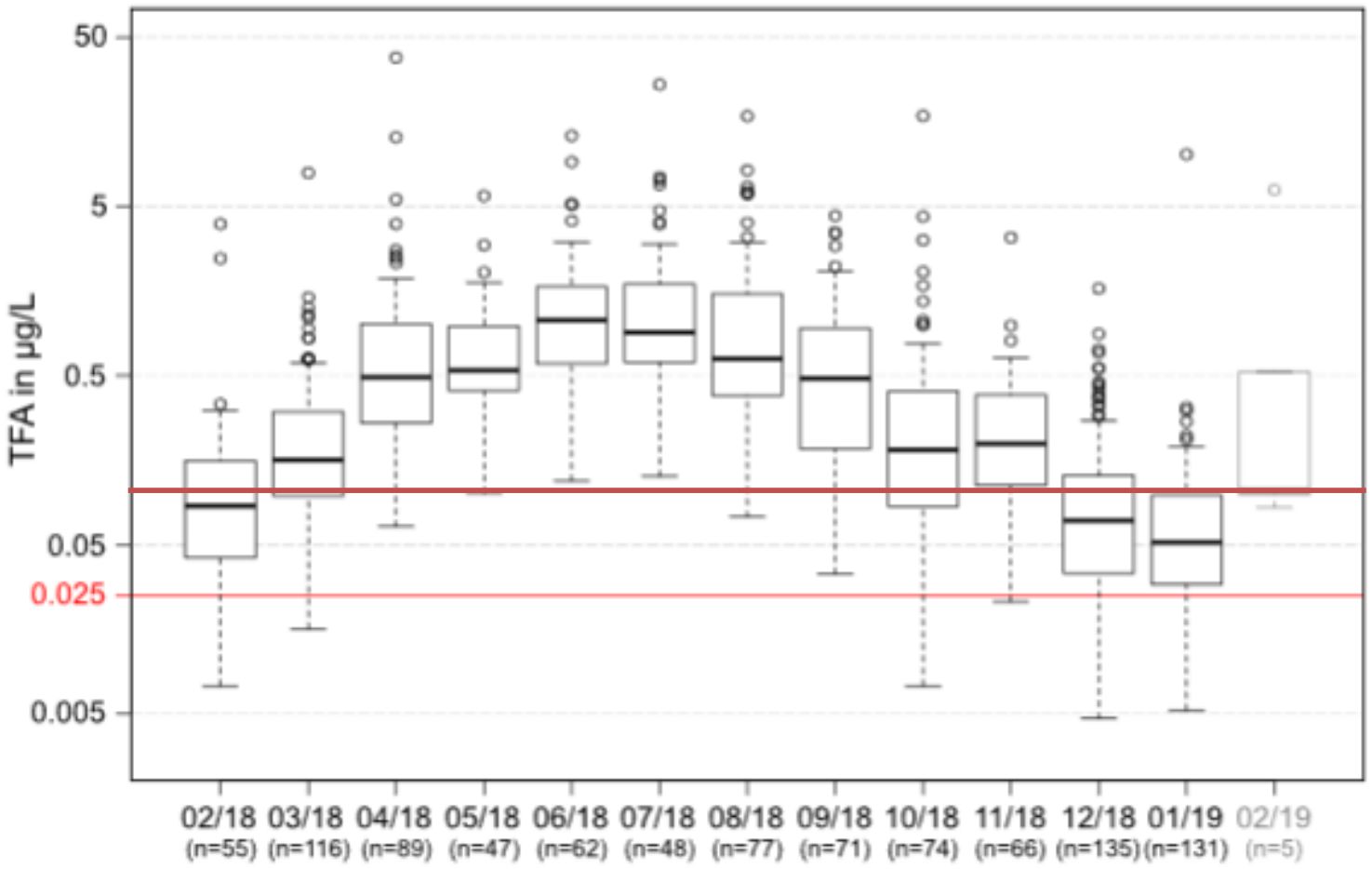
Schwientek M et al. (2024): Glyphosate contamination in European rivers not from herbicide application?, Water Research (263) https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122140

TFA = Landwirtschaft?



Joerrs H et al. (2024): Pesticides can be a substantial source of trifluoroacetate to water resources (preproof): Environmental International.

TFA im Niederschlag



50.000 ng/L

500 ng/L

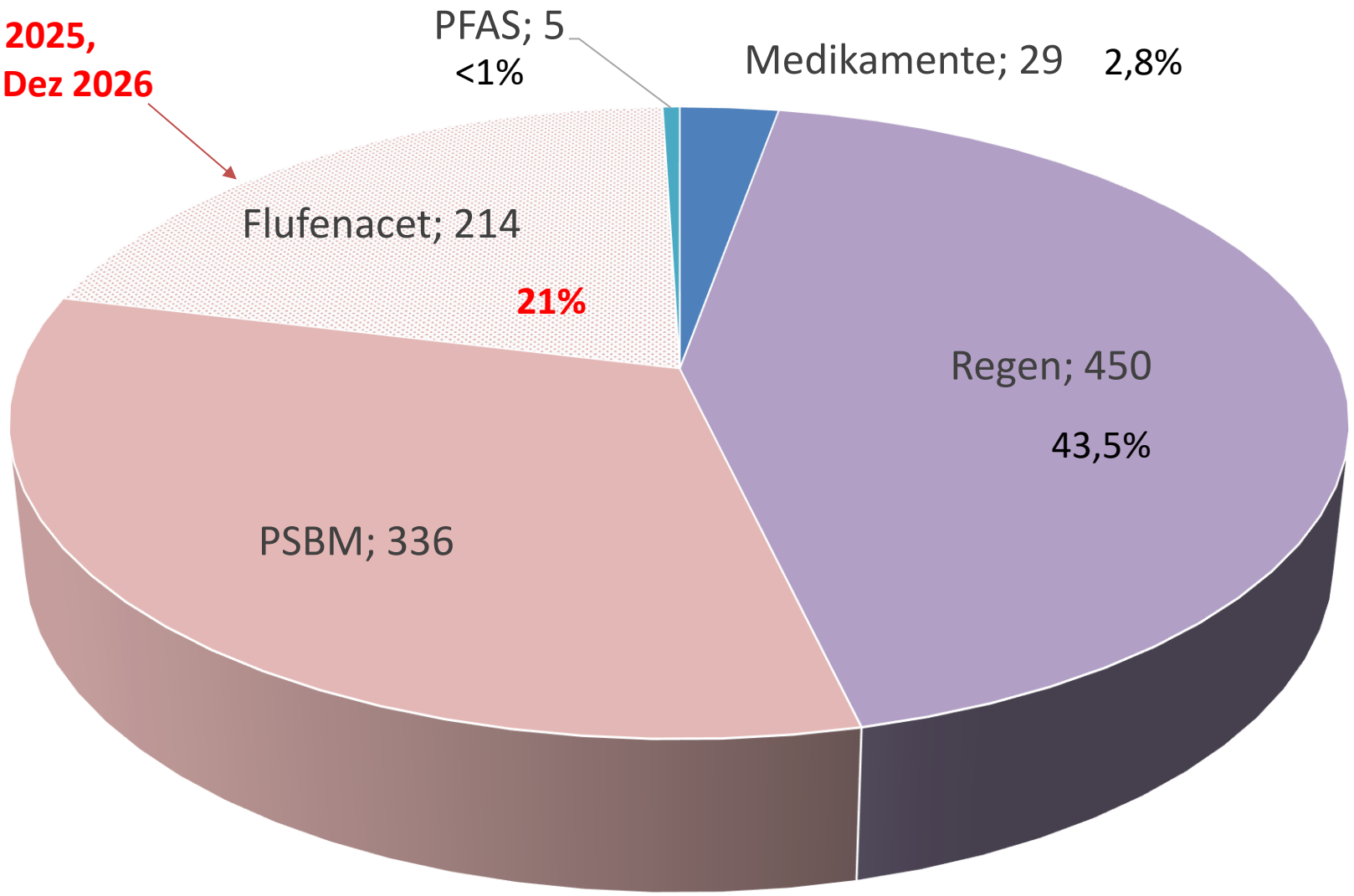
Grenzwert

Nachweisgrenze

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

Freisetzung Deutschland: 1034 t/a

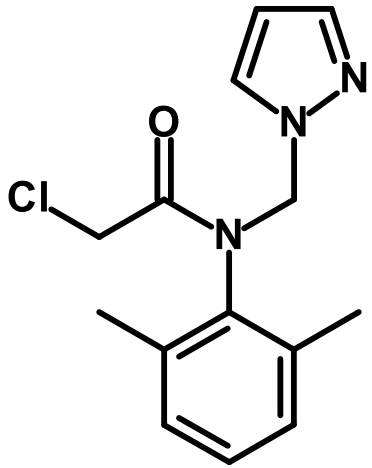
Verbot sei Mai 2025,
Aufbrauchfrist Dez 2026



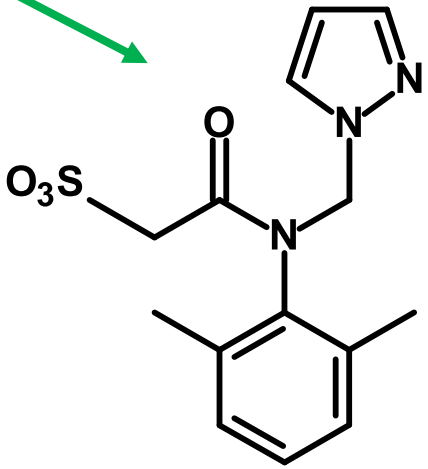
PBSM: 53,2%

davon
39% Flufenacet

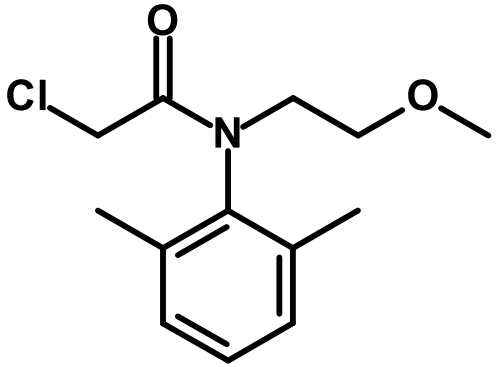
Gemeinsame nRM: Dimethachlor/Metazachlor



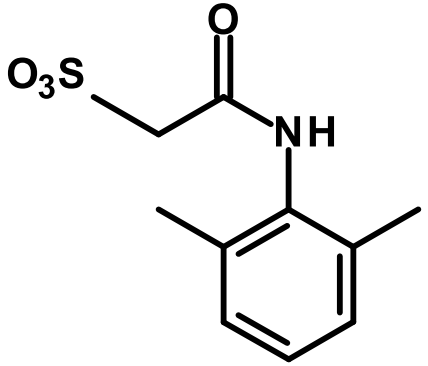
Metazachlor
(Butisan)



BH 479-8



Dimethachlor



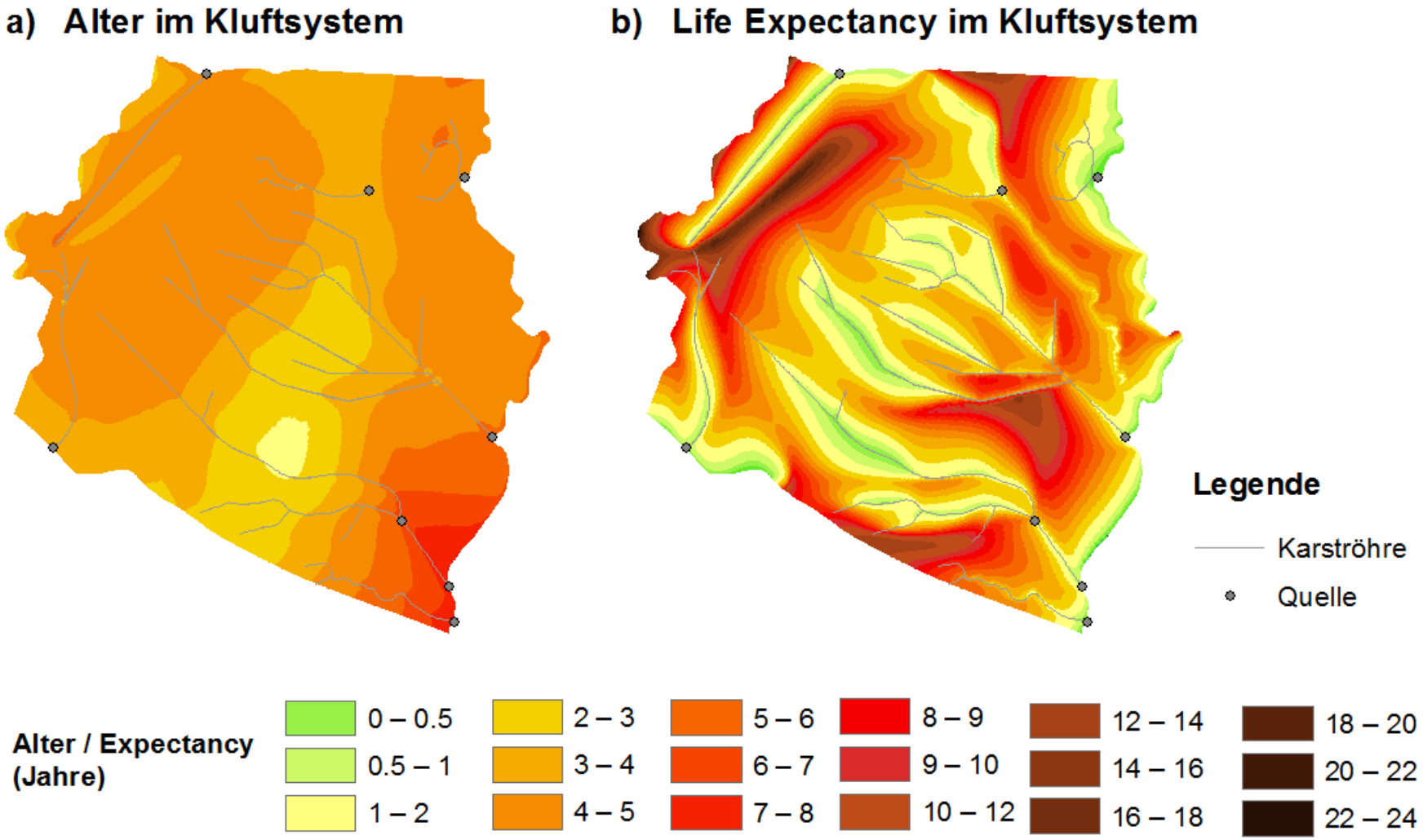
CGA369873

Nitratentwicklung im Grundwasser

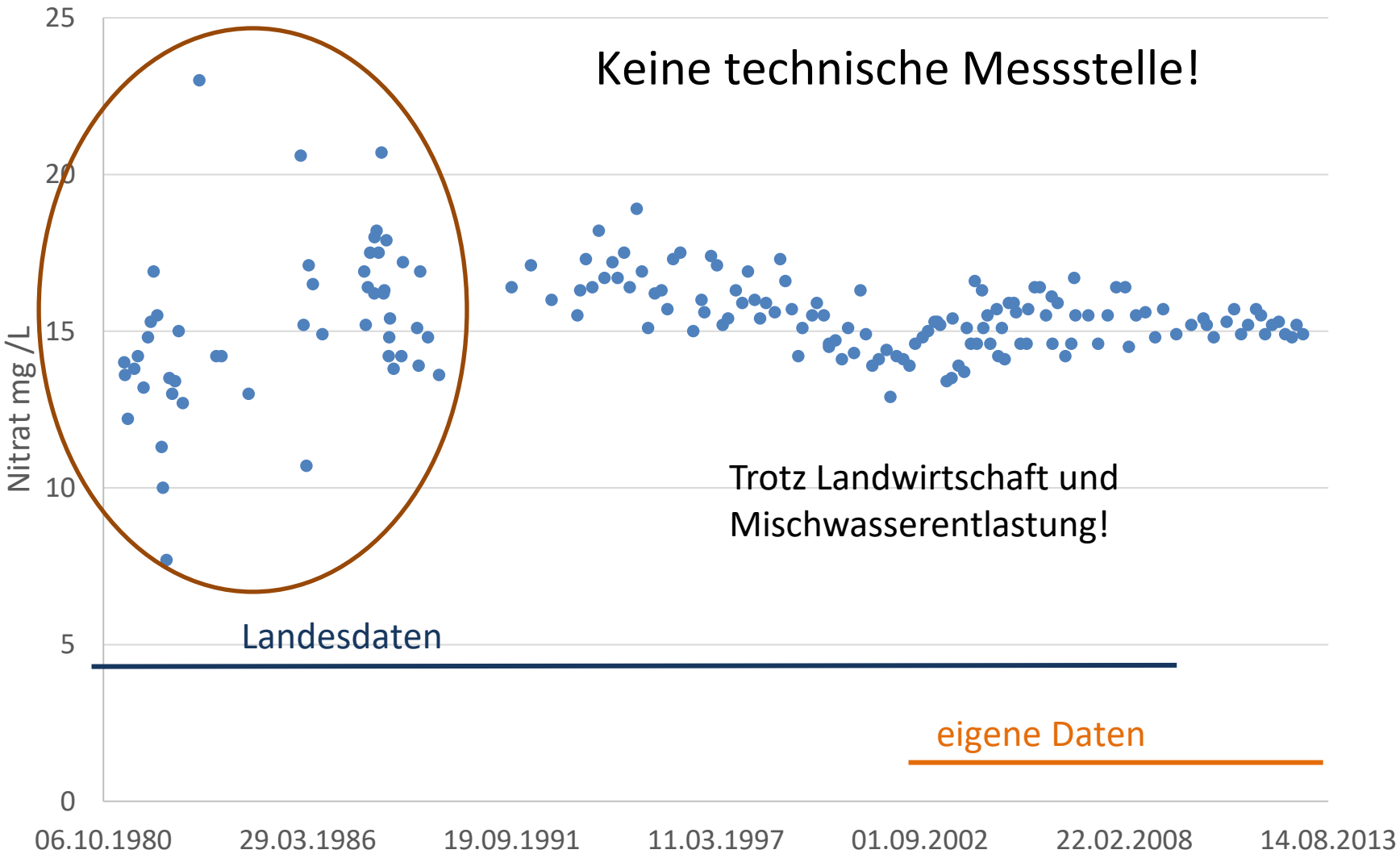
Abhängig von

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

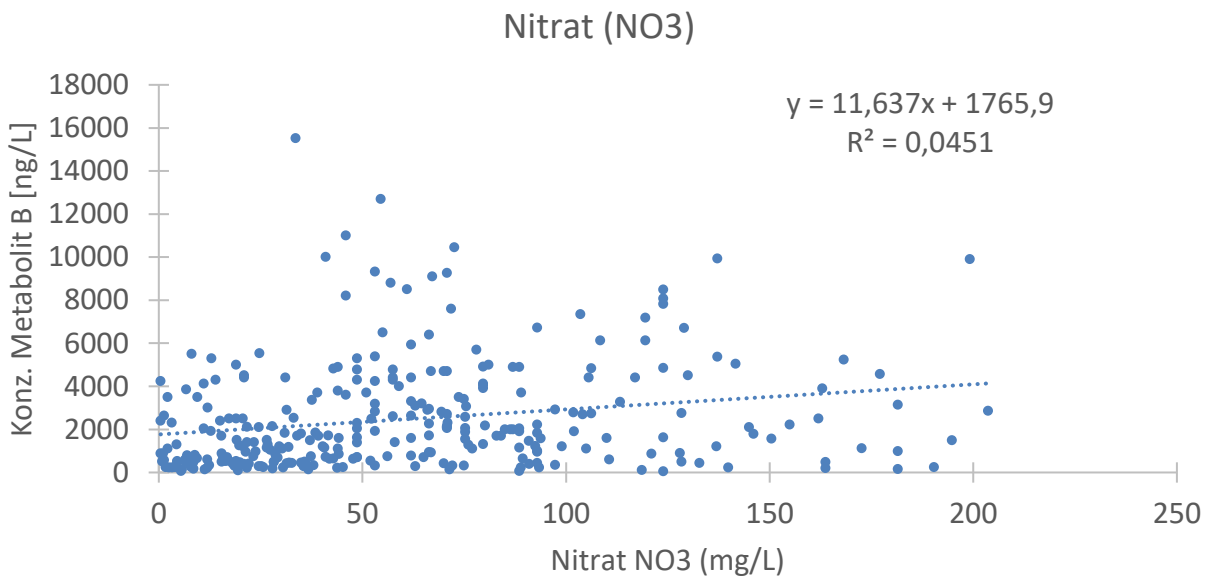
Wasseralter (Gallusquelle)



Nitratentwicklung (Gallusquelle)

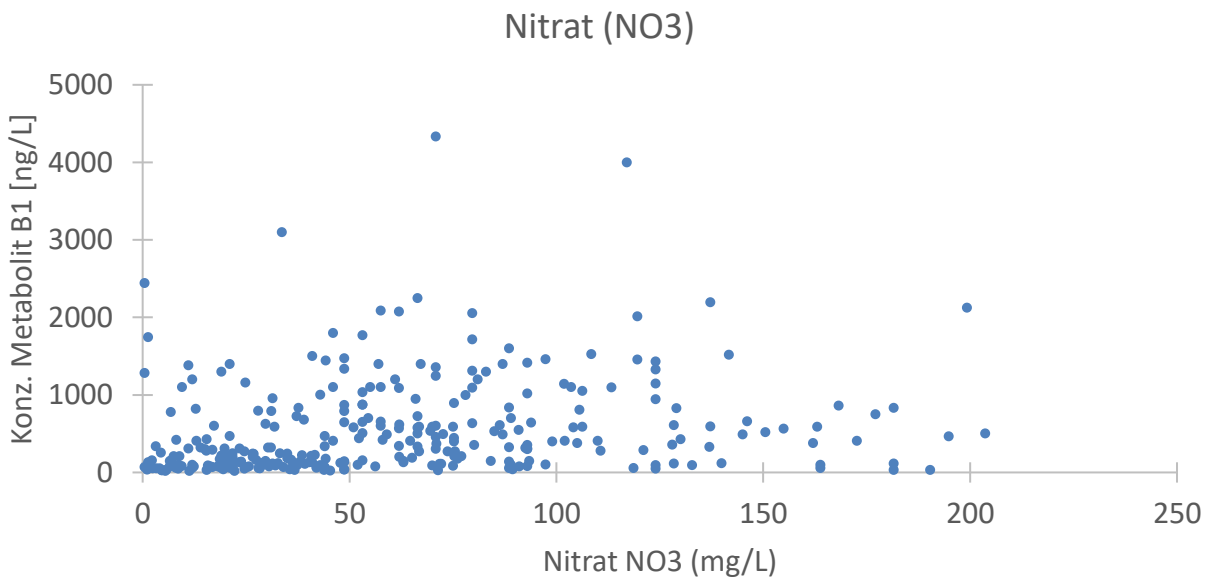


Nicht relevante Metaboliten vs. Nitrat



Chloridazon-desphenyl (B)

Chloridazon-methyl-desphenyl (B1)



Landwirtschaft einzige Quelle für Nitrat?

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

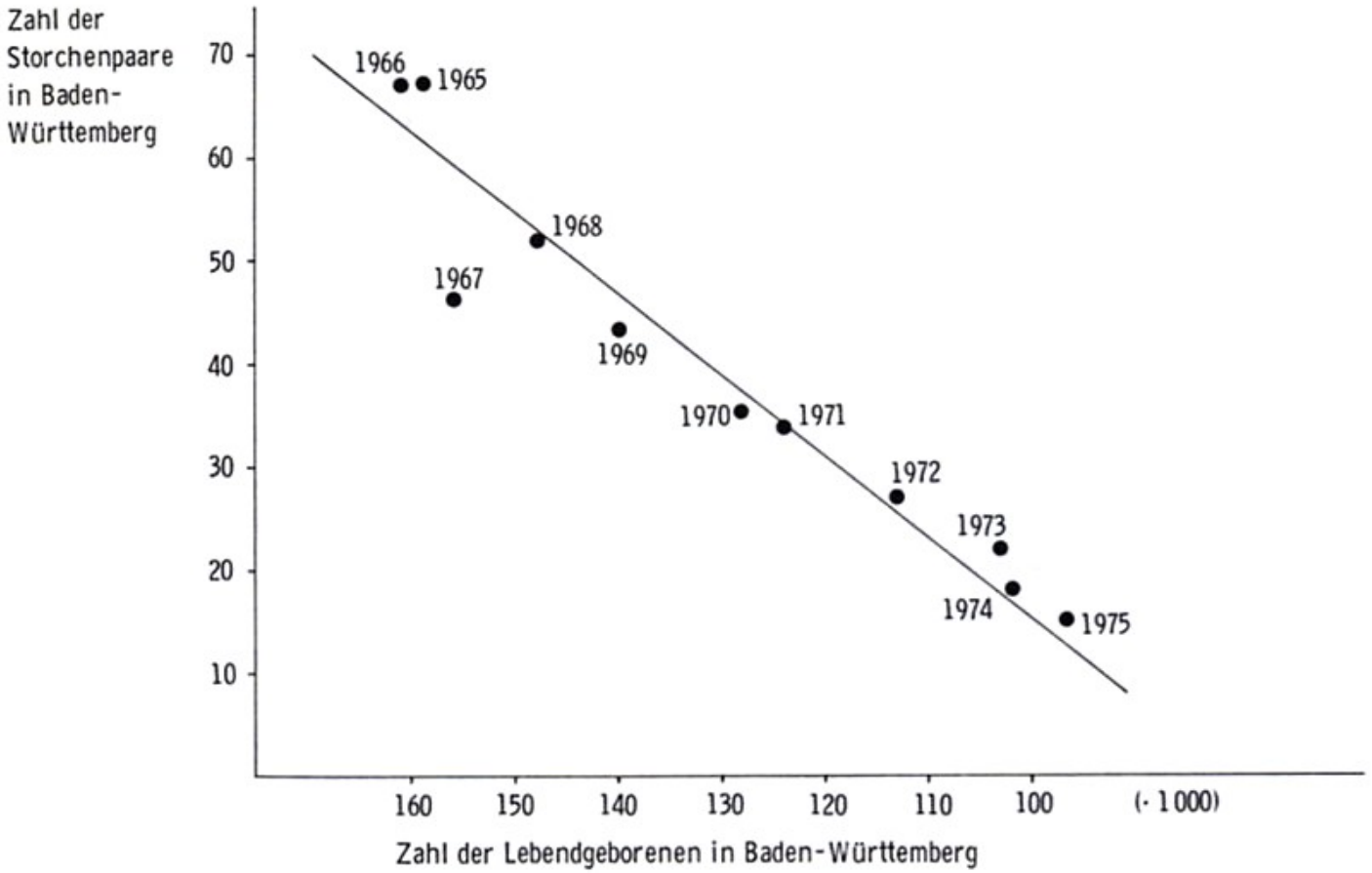


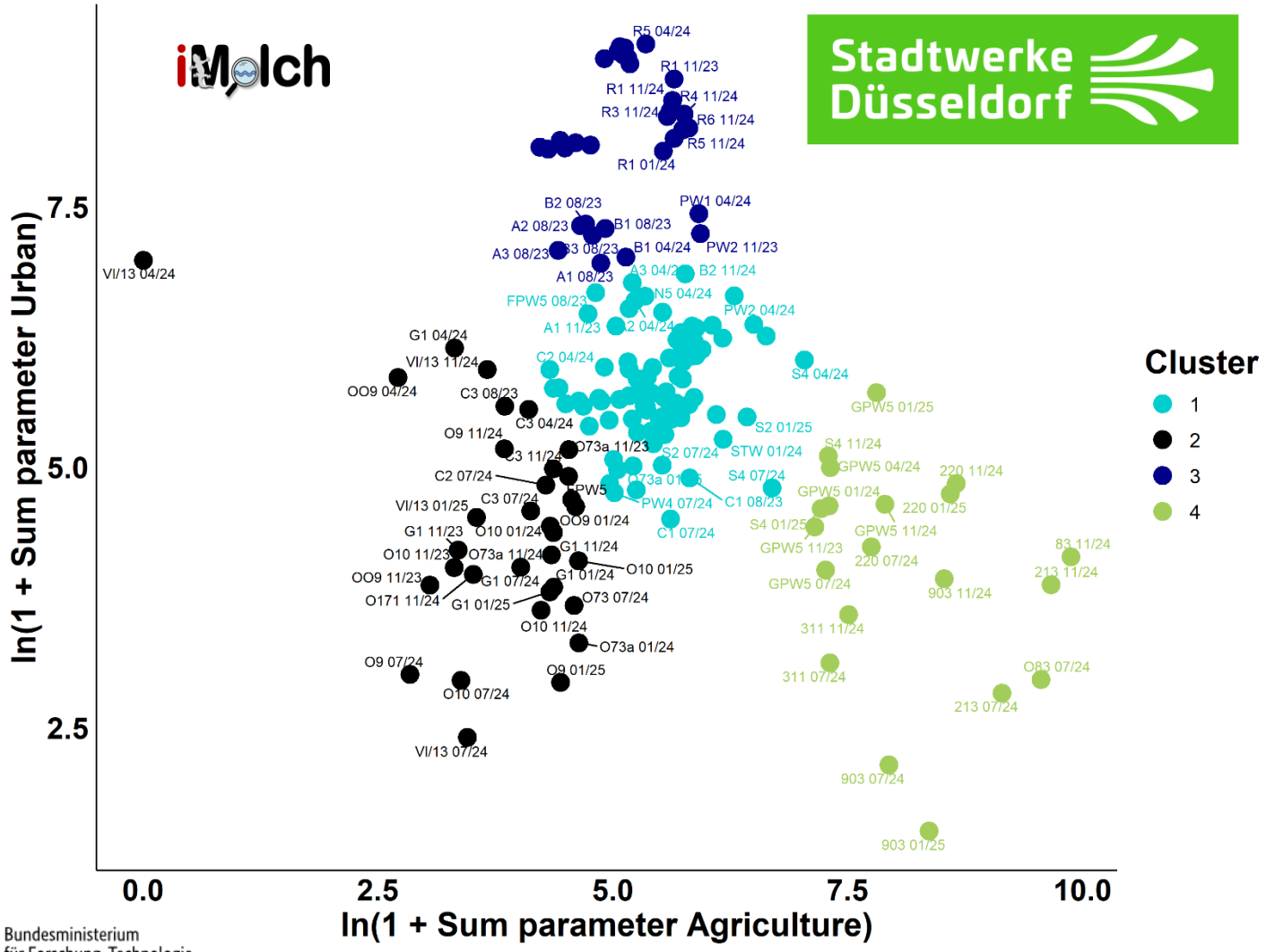
Abbildung aus der Monographie „Kontrazeption mit Hormonen“
Von Prof. Dr. Hans-Dieter Taubert und Prof. Dr. Herbert Kuhl (Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1981)

Chemische Summenparameter zeigen die Landnutzung

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

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

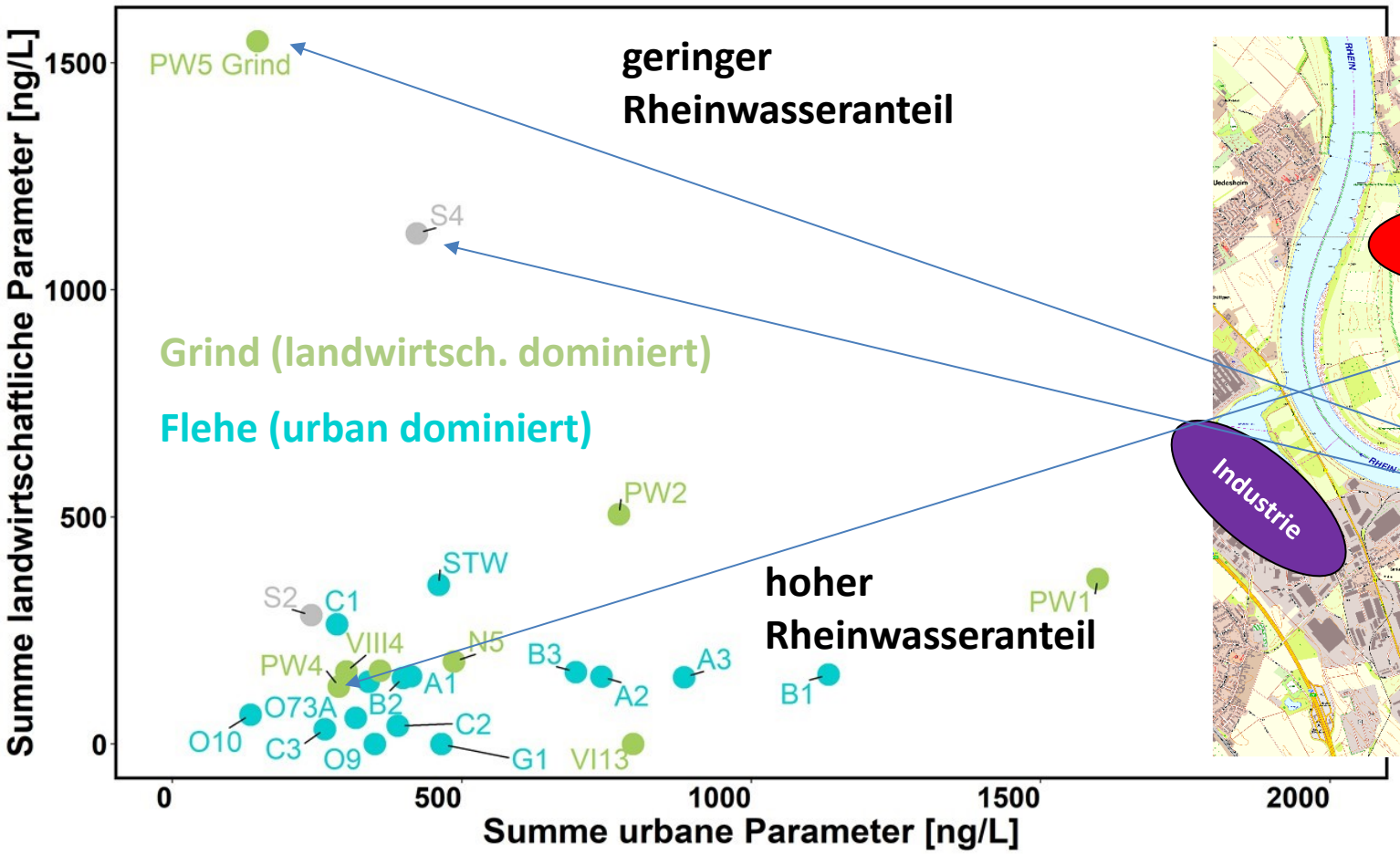
Die vorderen Teile der Transekte clustern zusammen mit dem Rhein, ebenso PW mit Strömungslinien, die aus dem Rhein stammen.
Generell erlaubt die Auftragung eine Ableitung der Landnutzung der entsprechenden PN-Orte. → Überprüfung der biologischen Abl. der Landnutzung.

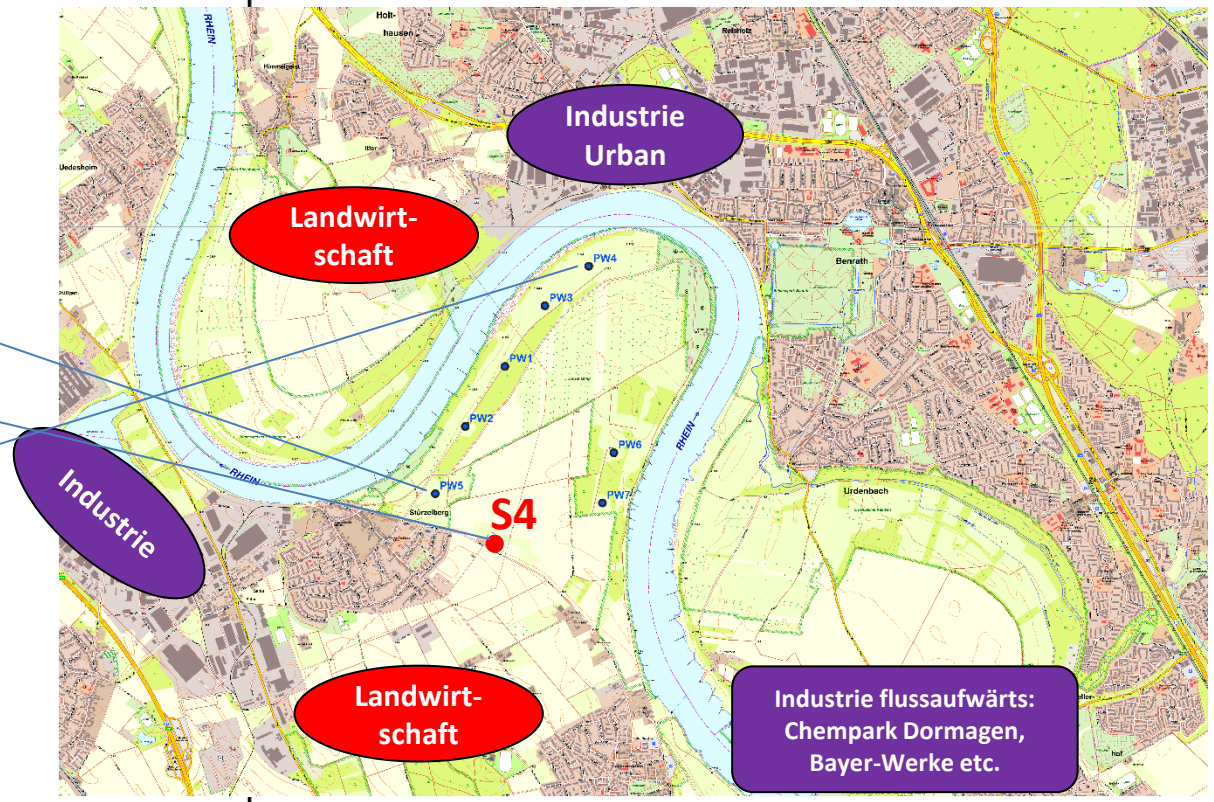


Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
FKZ: 02WGW1667 A-F

Verursacherprinzip

April 2024





Wasserzusammensetzung im Einzugsgebiet

- **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

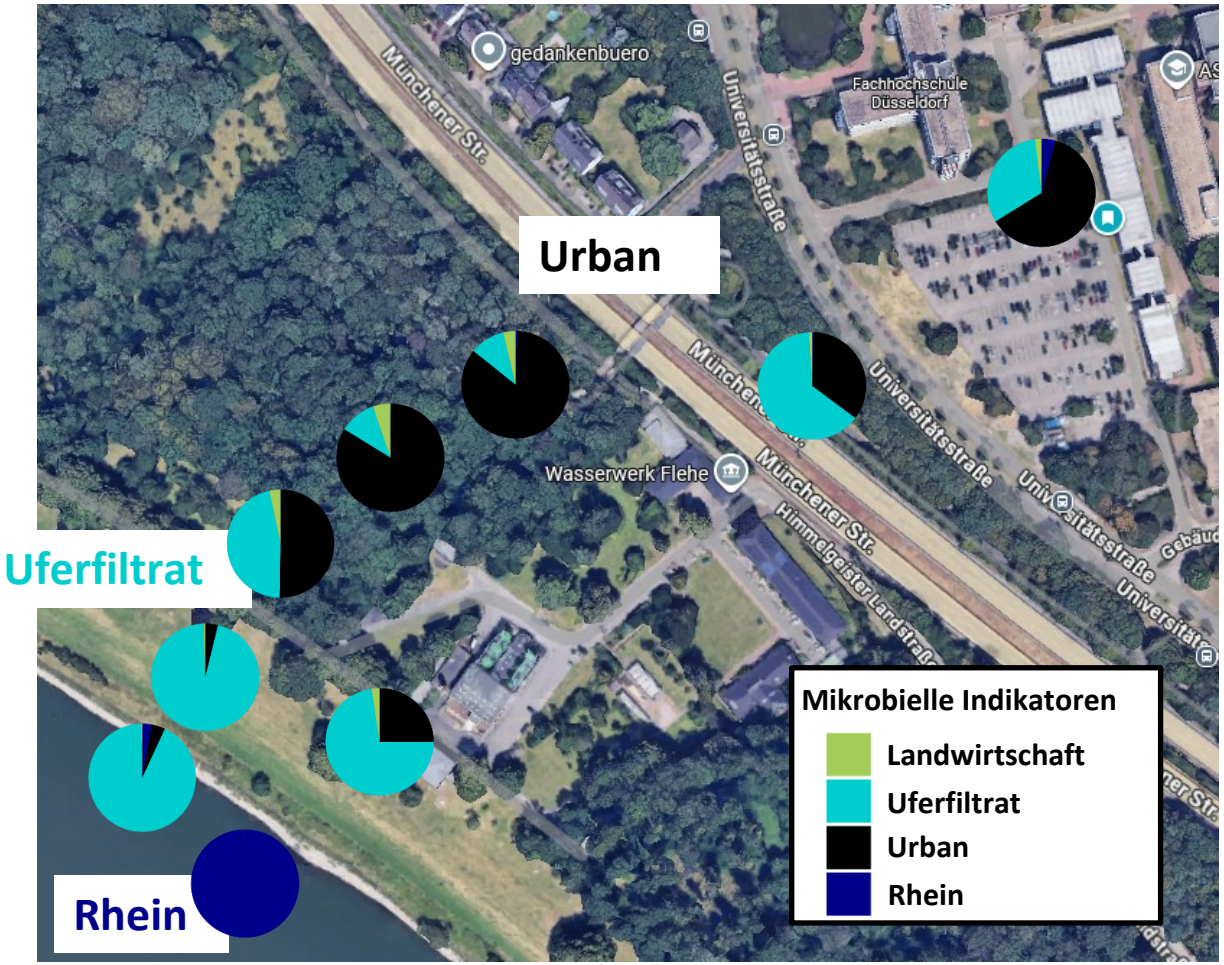
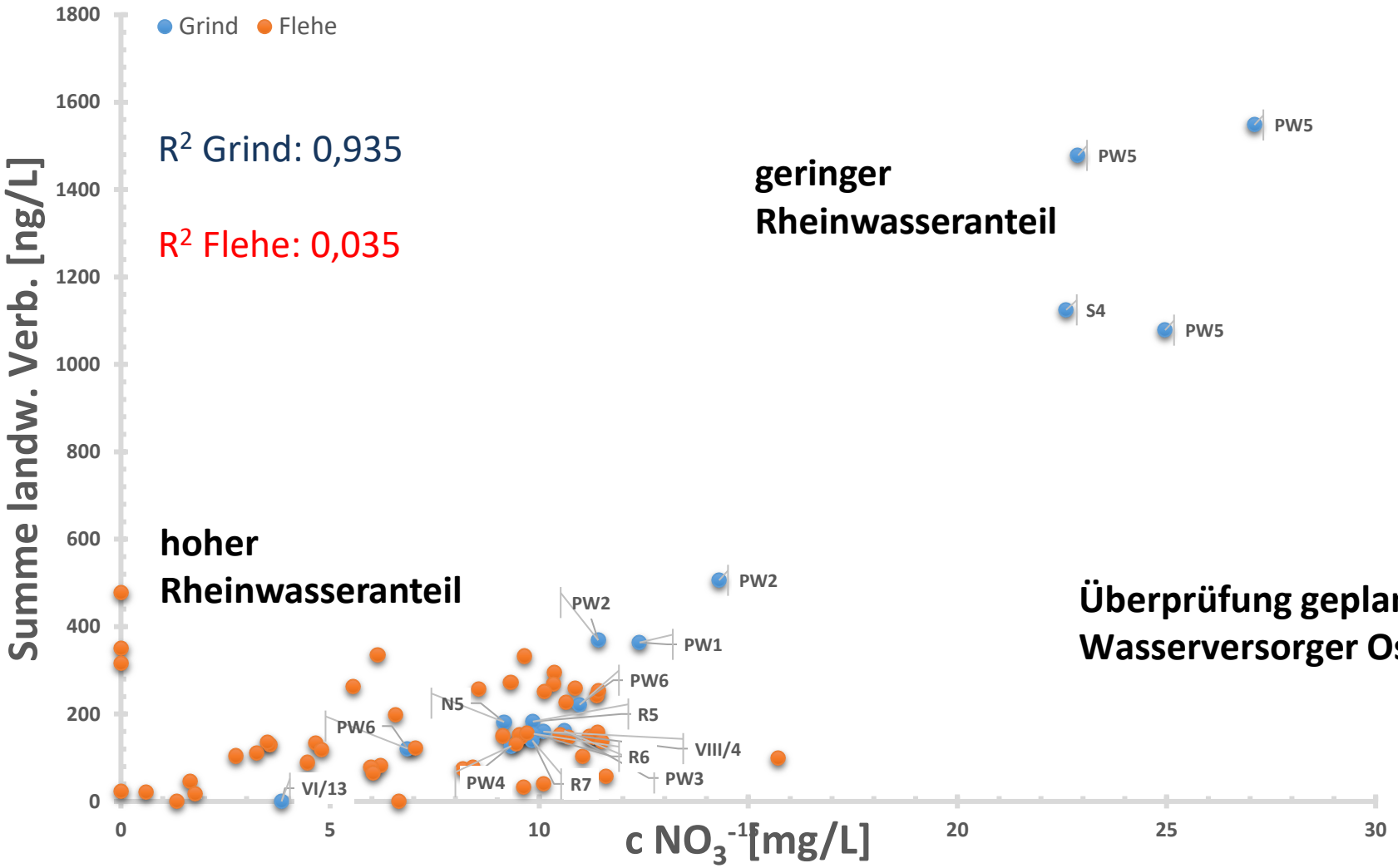


Abbildung: Anteil mikrobieller Indikatoren für Landnutzungs-typen, Gebiet Flehe

iMolch

Verursacherprinzip



Grind: landwirt. dominiert
Flehe: urban dominiert

Überprüfung geplant:
Wasserversorger Osterholz-Scharmbeck

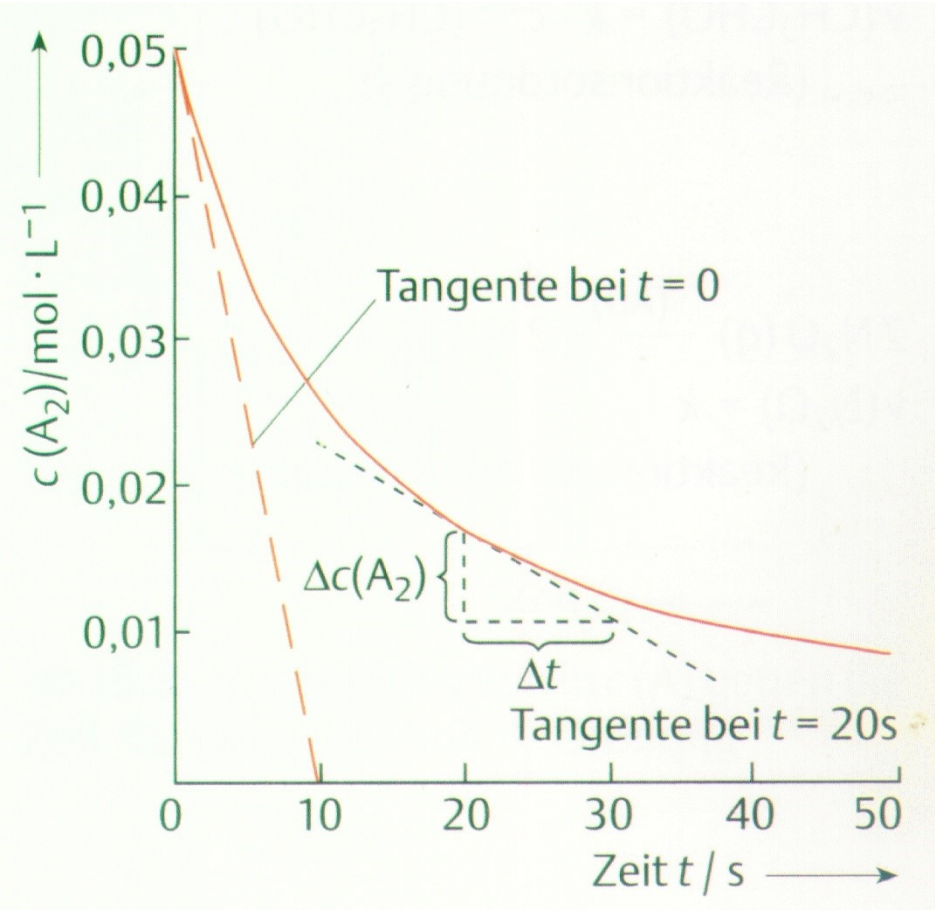
Bodennitrat- Grundwassernitrat

Niedersachsen: Nitratkonzentration im Sickerwasser nimmt drastisch ab

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser ist in Niedersachsen so niedrig wie noch nie seit Beginn der Berechnungen, die bis in die 1950er-Jahre reichen. Das ist das Ergebnis des Basis-Emissionsmonitorings, das das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) veröffentlicht hat. Während im landesweiten Durchschnitt noch vor acht Jahren die berechnete Nitratkonzentration bei 58 Milligramm pro Liter Sickerwasser lag, betrug der Wert nun nur noch 17 Milligramm. Bezogen auf Ackerflächen, die als besonders nitratbelastet gelten, sank der landesweite Durchschnitt noch stärker von 115 auf 27 Milligramm pro Liter Sickerwasser. Ein Grund für die deutliche Abnahme der Nitratkonzentration ist die Abnahme der Tierzahlen.

https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=2IoMF4dn

Wird die N_2/Ar Methode Klarheit bringen ?



Zusammenfassung

1. Kenntnis zur Herkunft von Kontaminationen ist wichtig zum Ergreifen und Bewerten von Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität.
2. Mikroschadstoffe sind essentieller Bestandteil des investigativen Monitorings
3. Mehr Information über Systeme statt mehr Daten ist essentiell, um Verursacher und Maßnahmen abzuleiten

Umweltforensik ist wichtiger Baustein in der Wassersicherheit

DLG Mitteilungen 02/2026

Grundwasserbelastung

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.

DLG Mitteilungen 10/2018

PANORAMA | Wasserqualität

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.

Wollen Sie etwas für die Umwelt tun?

Nehmen Sie Ibuprofen statt Diclofenac !

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !