

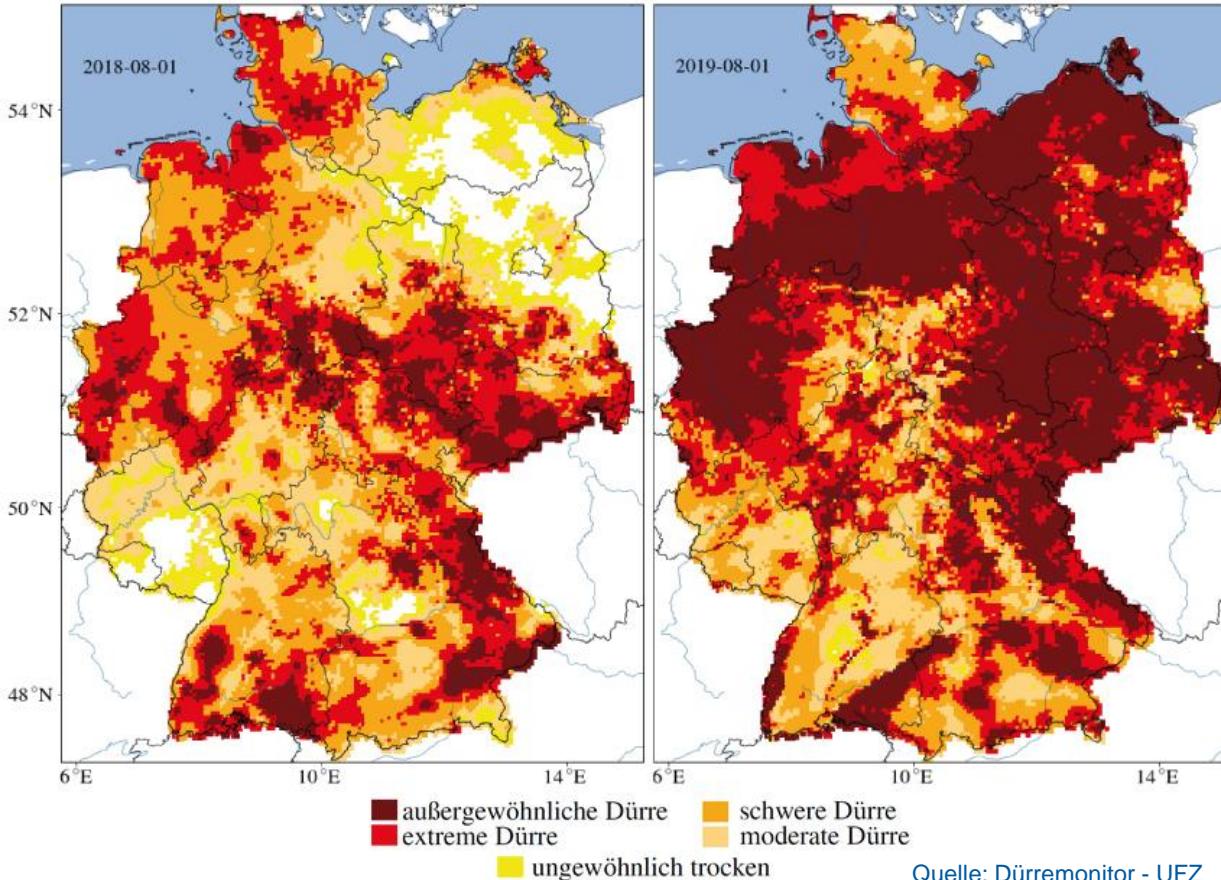
# Der Einfluss von Dürre auf den Nitratrückhalt in Einzugsgebieten

Carolin Winter<sup>1</sup>, Andreas Musolff<sup>1</sup> & Jan H. Fleckenstein<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department für Hydrogeologie – UFZ Leipzig

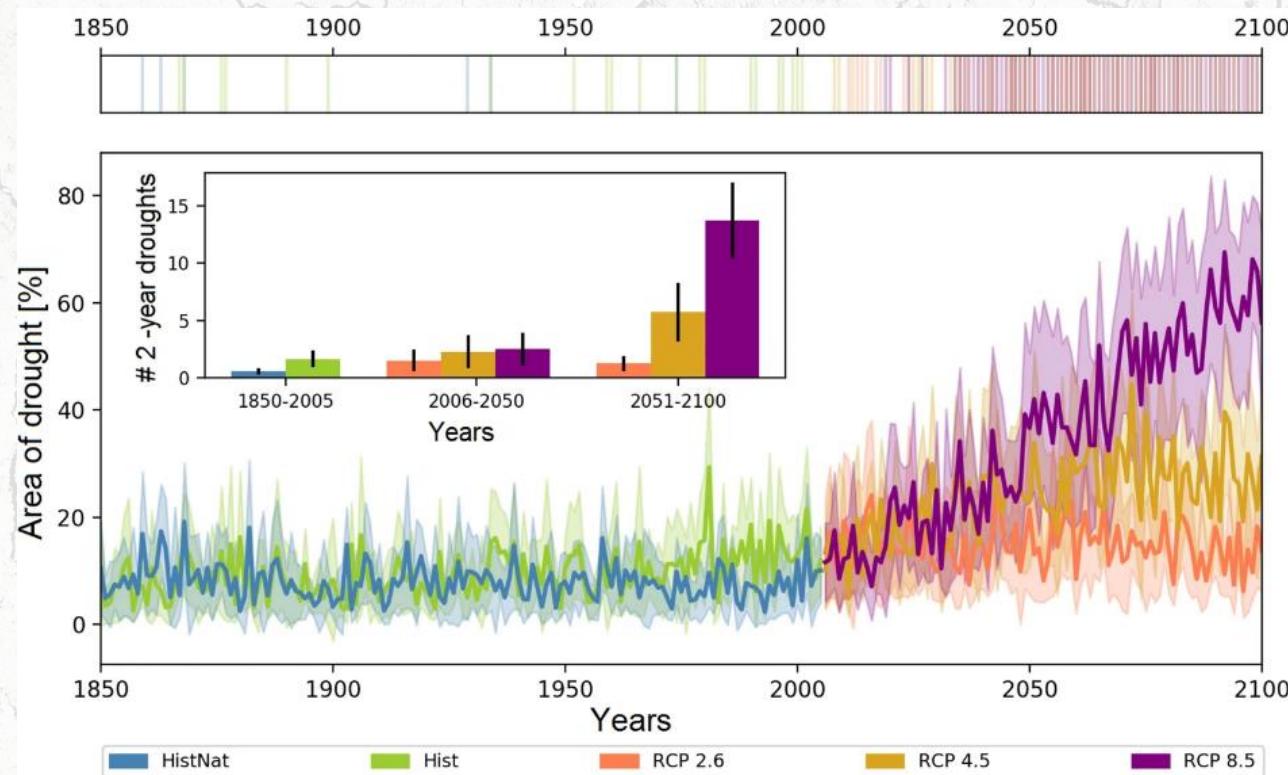
<sup>2</sup>Professur für Hydrologische Modellierung – Universität Bayreuth





Quelle: Dürremonitor - UFZ

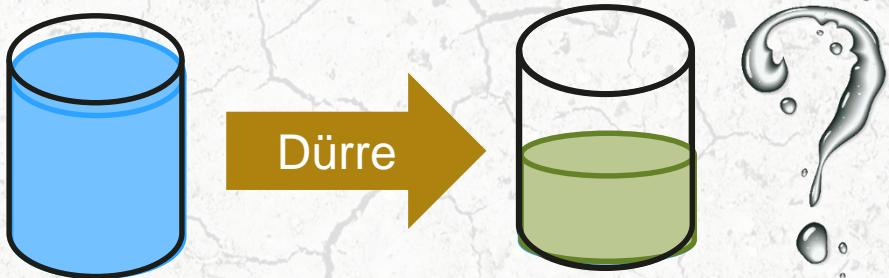
Die Dürre in 2018 und 2019 war aufgrund ihrer Stärke und Dauer, eine der schwersten Dürren in Zentral-Europa seit Aufzeichnungen  
(Hari et al., 2020)



Durch den  
Klimawandel nimmt  
die Wahrscheinlichkeit  
solch schwerer  
Dürren zu

Quelle: Hari et al. (2020)

Bei Dürre denke wir zuallerst an Wassermangel – also die Auswirkungen der Dürre auf die Wasserquantität...



...aber hat eine Dürre auch Auswirkungen auf die Wasserqualität?

- Wie beeinflusste die Dürre in 2018 und 2019 Nitratkonzentrationen und Nitratfrachten im Fluss (bzw. am Einzugsgebietsauslass)?
- Welchen Einfluss hatte die Dürre auf das Nitratrückebehältervermögen des Einzugsgebietes?
- Welche Prozesse sind verantwortlich für Veränderungen in den Nitratkonzentrationen, -frachten und im -rückhalt?



## Methoden: Das Selke Einzugsgebiet

### Legend

Gauges

River

### Land use

Urban

Mining

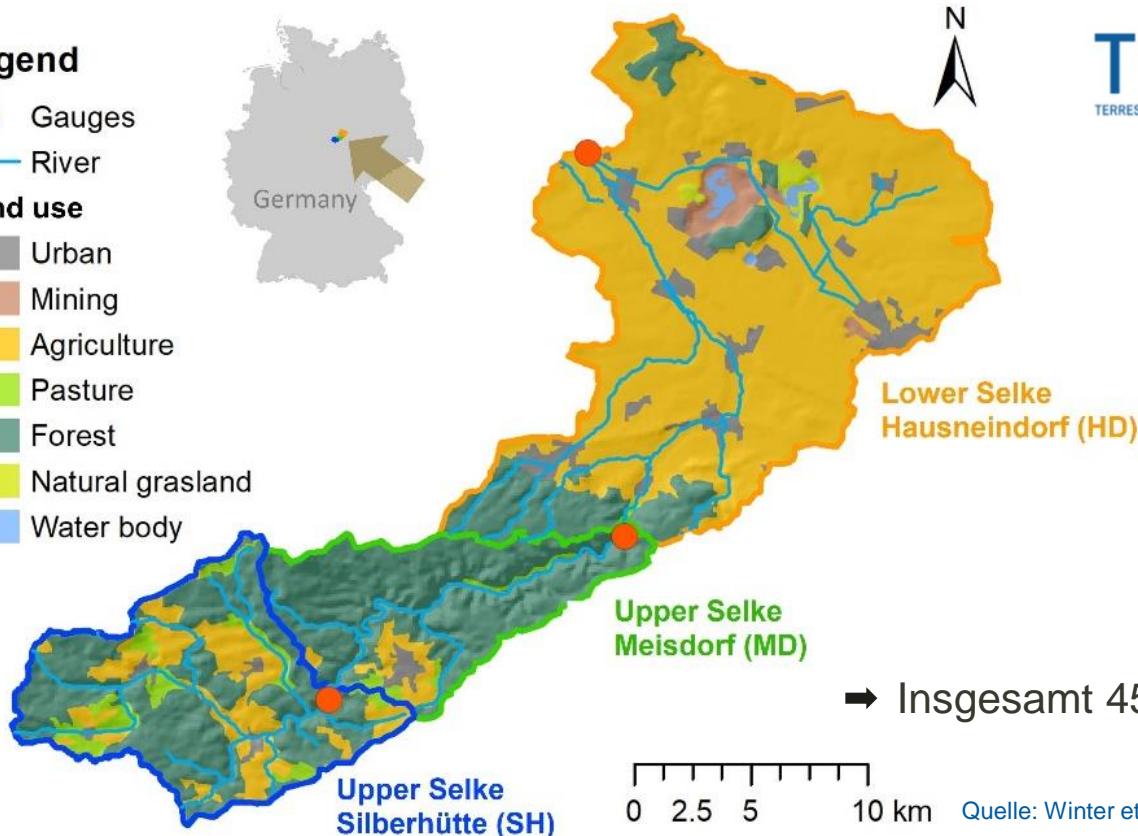
Agriculture

Pasture

Forest

Natural grasland

Water body



**TERENO**  
TERRESTRIAL ENVIRONMENTAL OBSERVATORIES

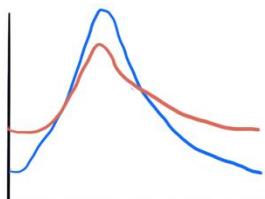
Nitratkonzentrationen und -frachten an drei Messstationen im Selke Einzugsgebiet (im Harz und Harz-Vorland)

→ Insgesamt 457 km<sup>2</sup>

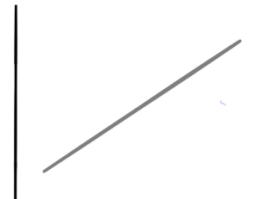
Quelle: Winter et al. (2022)

# Methoden: Datengetriebene Analyse der Konzentrations-Abflussbeziehung

C, Q



C-Q Steigung

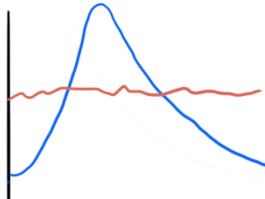


L-Q Steigung



Positive C-Q Steigung, L-Q Steigung > 1

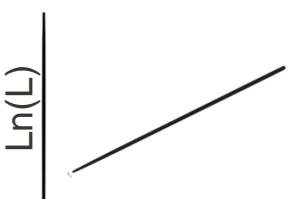
Nitratkonzentrationen steigen mit steigenden Abfluss



Ln(C)

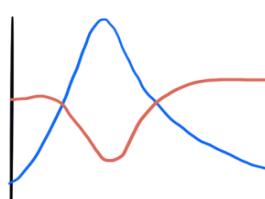


Ln(L)

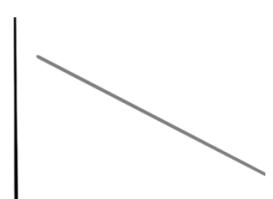


C-Q Steigung  $\approx 0$ , L-Q Steigung  $\approx 1$

Nitratkonzentrationen sind unabhängig von den Abflussschwankungen



Time



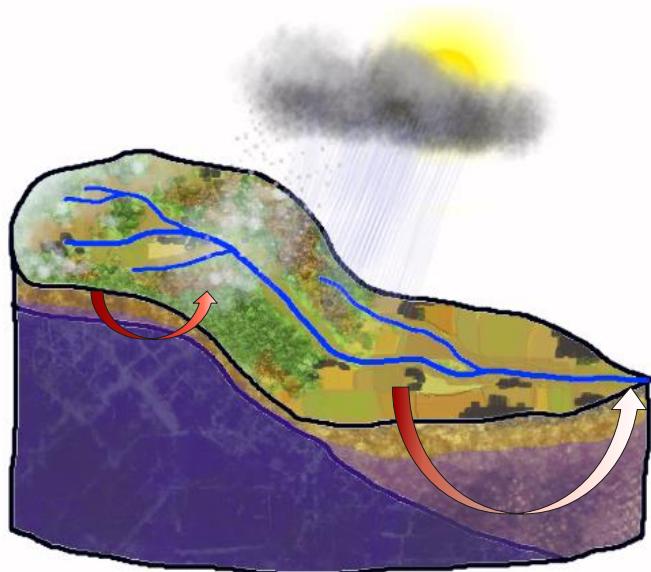
Ln(Q)



Negative C-Q Steigung, L-Q Steigung < 1

Nitratkonzentrationen sinken mit steigendem Abfluss

## Methoden: Verweilzeiten von Wasser im Einzugsgebiet

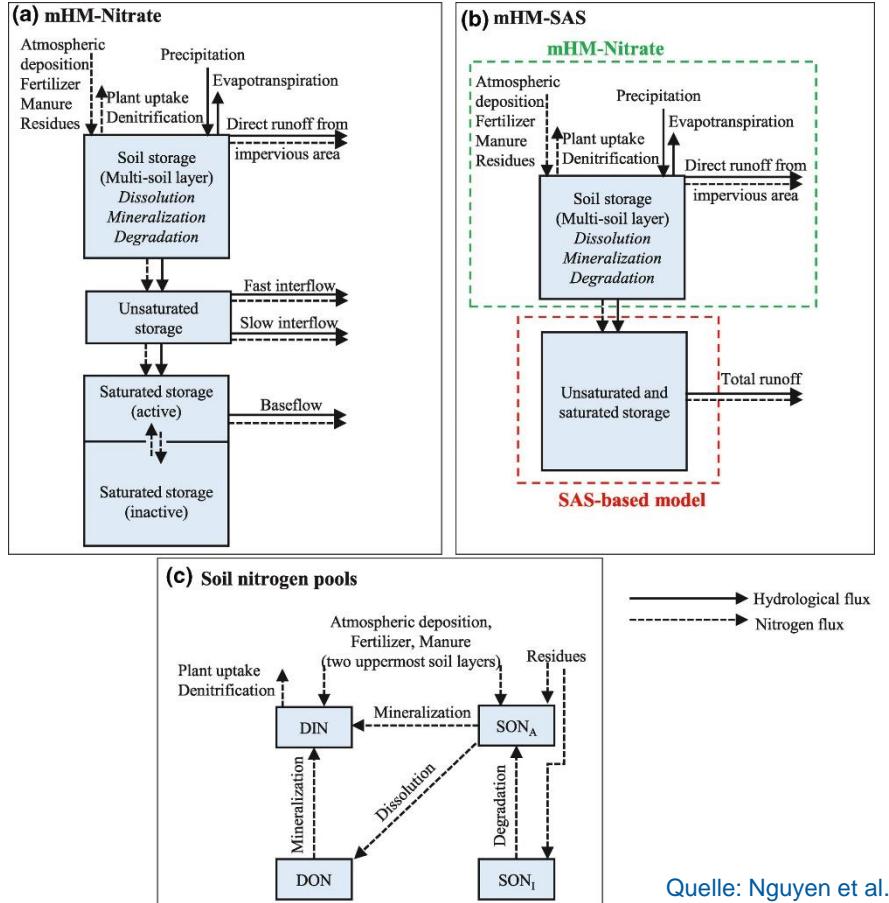


Wie lange braucht es vom Eintrag (z.B. Niederschlag) bis zum Export am Einzugsgebietsauslass?

→ Einfluss auf Nitrattransportdauer

→ Variabel in Raum und Zeit

# Methoden: Modellierung von Stickstoffumwandlung und -transport



Prozess-basiertes Model mHM-SAS

Simulation biogeochemischer Prozesse der Stickstoffumwandlung

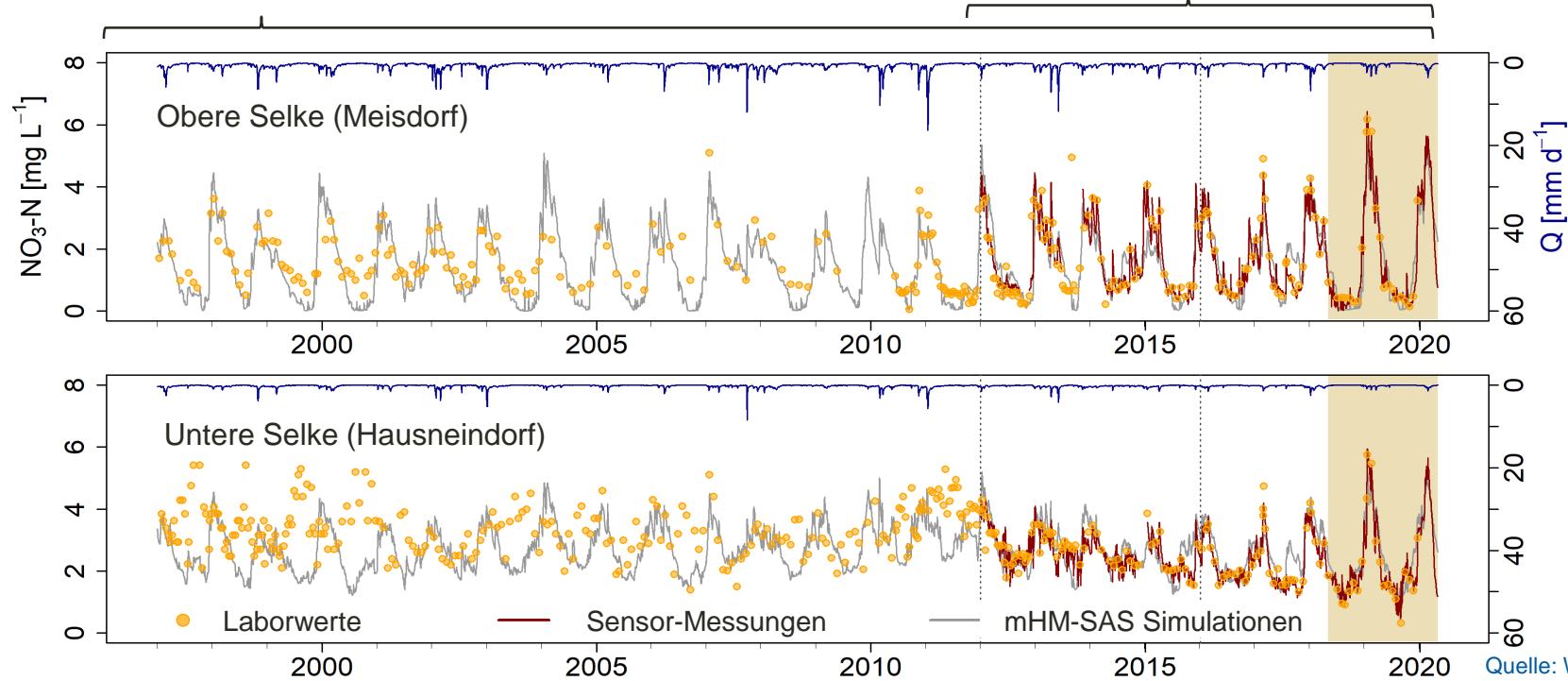
Simulation des hydrologischen Nitrat-Transportes

Quelle: Nguyen et al. (2021)

## Methoden: Nitratekonzentrationen und Abfluss

Langzeit-Daten 1997 – 2020

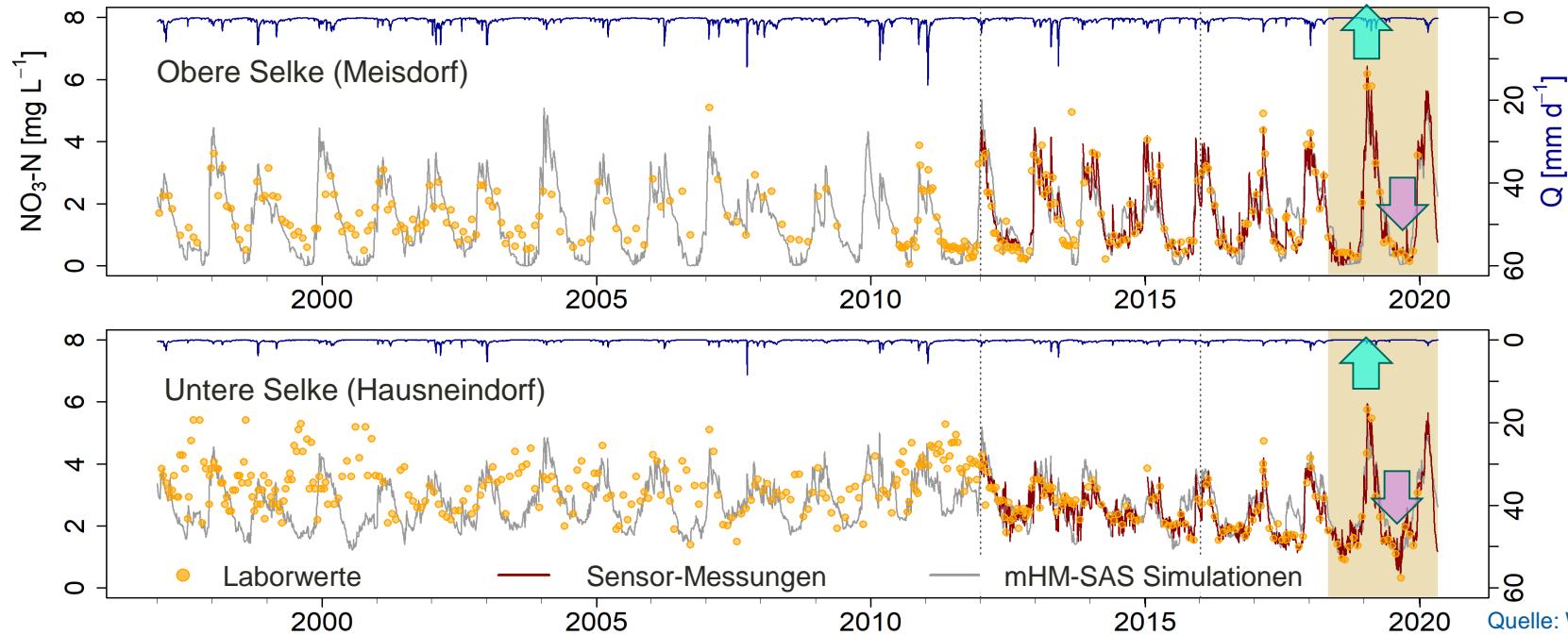
Tägliche Nitratkonzentrationen seit 2012



Quelle: Winter et al. (2022)

## Resultate: Nitratkonzentrationen und Abfluss

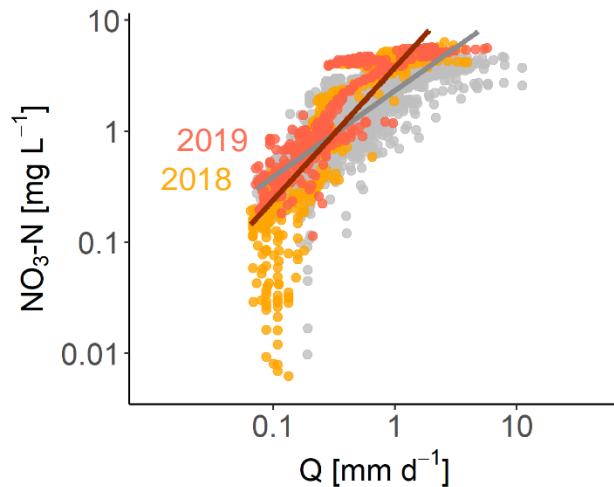
- ↑ Höchste Nitratkonzentrationen seit Winter und Frühling seit Start der Aufzeichnungen
- ↓ Sehr niedrigen Nitratkonzentrationen in den trockensten Phasen im Sommer und Herbst



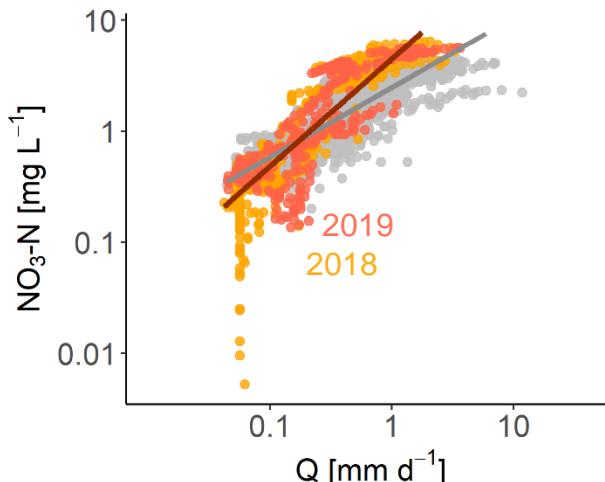
Quelle: Winter et al. (2022)

## Resultate: Einfluss der Dürre auf Nitratkonzentrationen

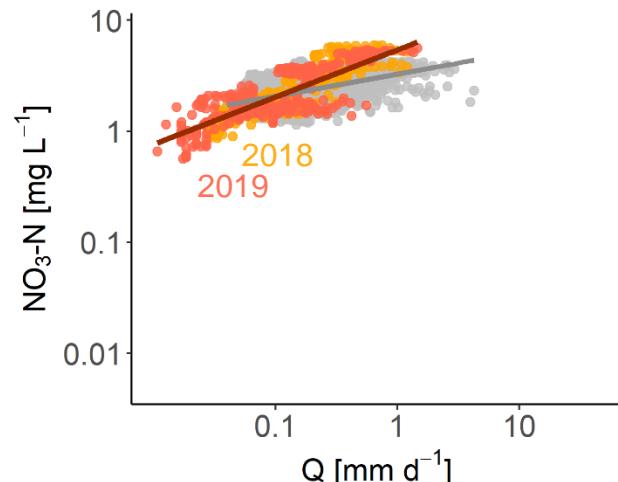
a) Silberhütte (Obere Selke)



b) Meisdorf (Obere Selke)



c) Hausneindorf (Untere Selke)



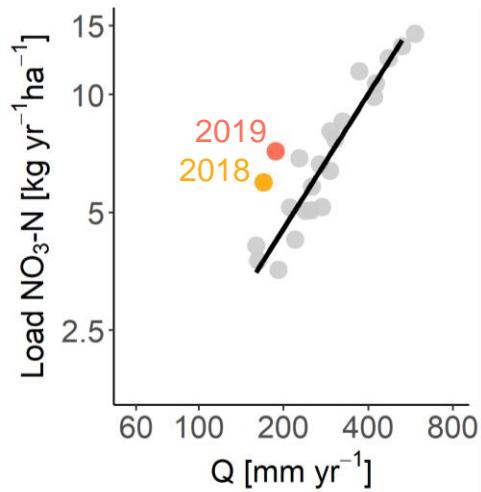
Steile Konzentrations-Abfluss Beziehung während der Dürre (im Vergleich zur Langzeitreihe):

- Höhere Nitratkonzentrationen bei hohem Abfluss (Winter und Frühling)
- Niedrigere Nitratkonzentrationen bei niedrigem Abfluss (Sommer und Herbst)
- Besonder ausgeprägt in der Oberen Selke

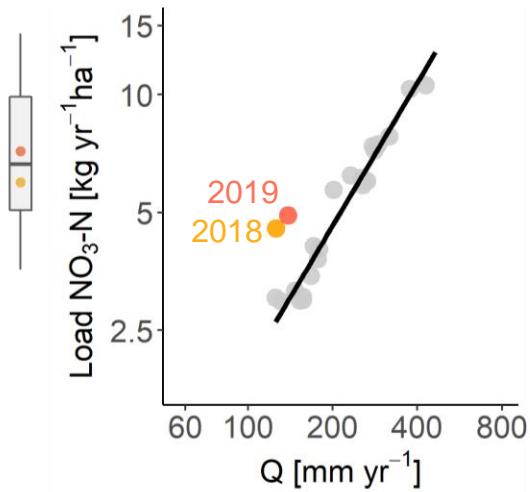
Quelle: Winter et al. (2022)

## Resultate: Einfluss der Dürre auf Nitratfrachten

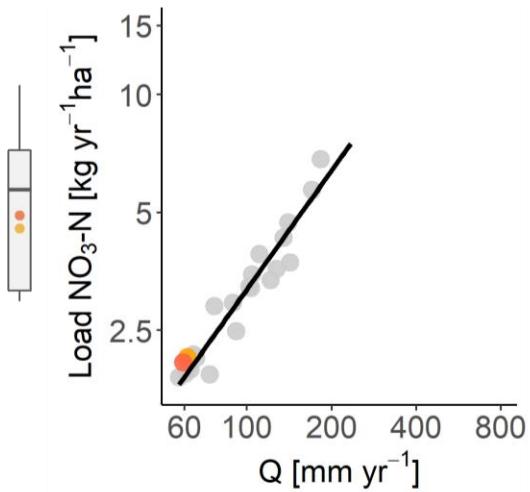
a) Silberhütte (Obere Selke)



b) Meisdorf (Obere Selke)



c) Hausneindorf (Untere Selke)



Quelle: Winter et al. (2022)

### Obere Selke:

Im Verhältnis zum jährlichen Abfluss, sind die Nitratfrachten außergewöhnlich hoch.

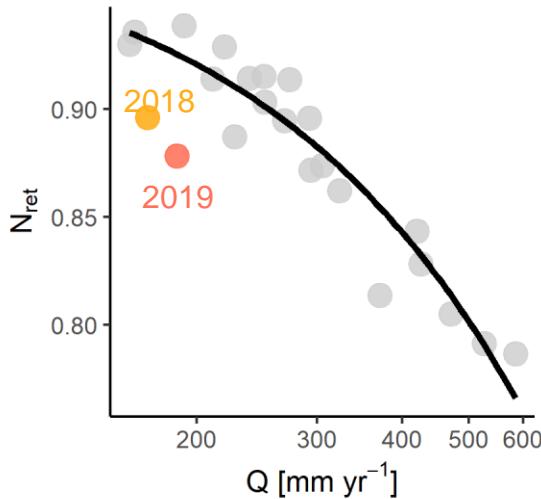
### Untere Selke:

Im Verhältnis zum jährlichen Abfluss, liegen die Nitratfrachten im Normalbereich.

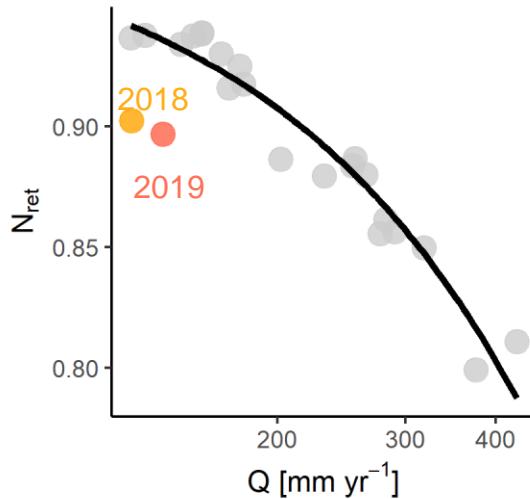
## Resultate: Dürreeinfluss auf die Nitratrückehaltefunktion des Einzugsgebietes

Rückhaltekapazität  $\left(1 - \frac{N_{\text{Eintrag}}}{N_{\text{Export}}}\right)$  im Verhältnis zum Abfluss (Q)

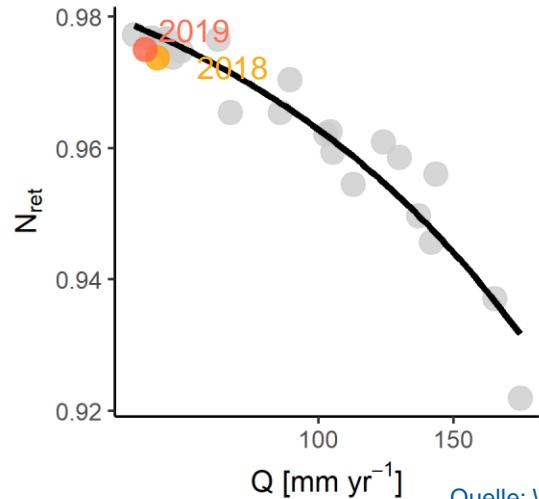
a) Silberhütte (Obere Selke)



b) Meisdorf (Obere Selke)



c) Hausneindorf (Untere Selke)

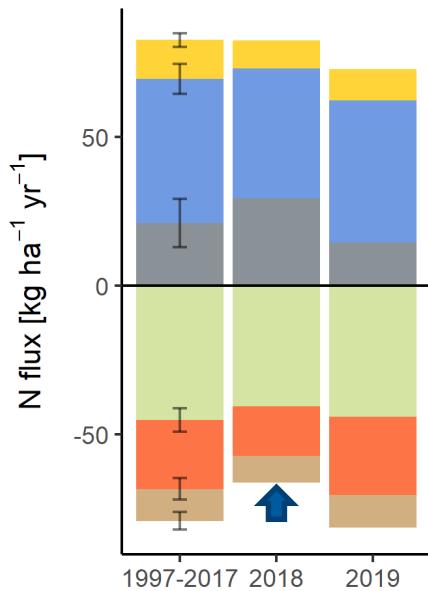


Quelle: Winter et al. (2022)

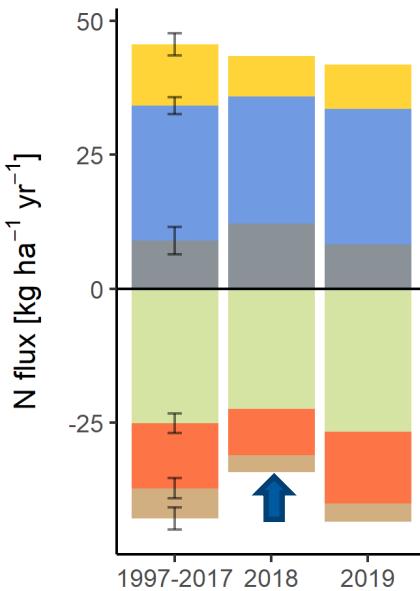
- Verhältnismäßig geringer Stickstoffrückhalt in der oberen Selke
- Untere Selke im Normalbereich... woher kommt der Unterschied?

## Resultate: Einfluss der Dürre auf Stickstoffumwandlung und -flüsse

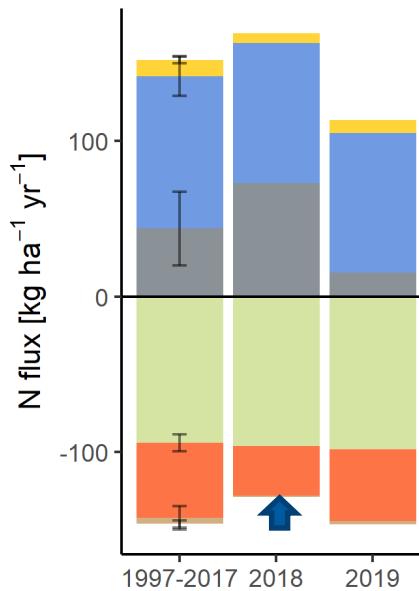
a) Silberhütte (Obere Selke)



b) Meisdorf (Obere Selke)



c) Hausneindorf (Untere Selke)



### Legende

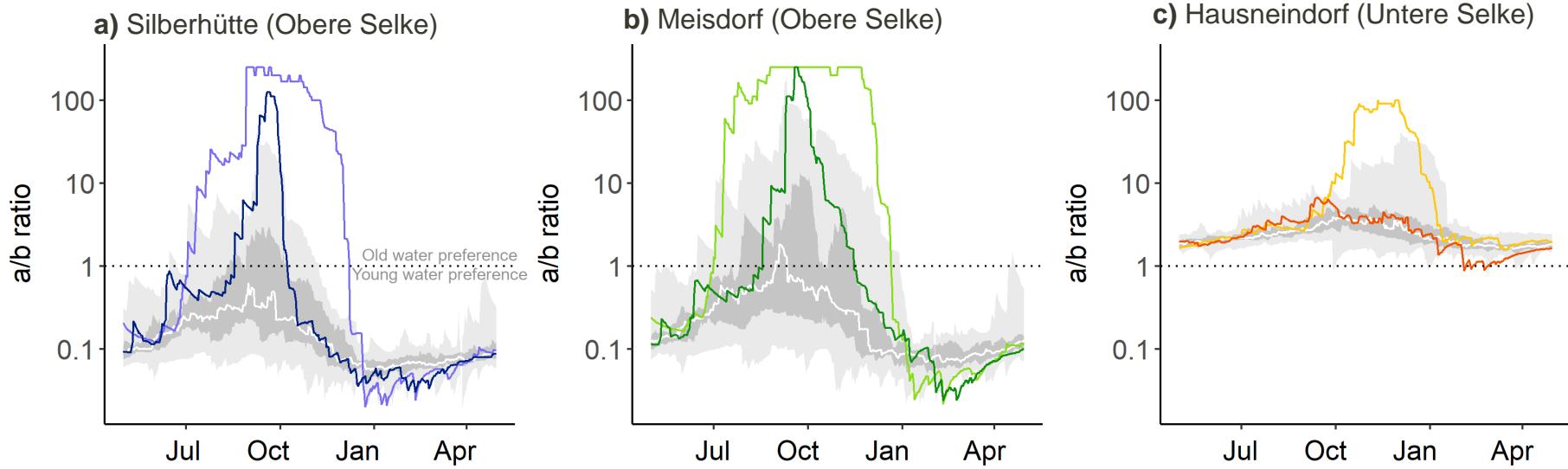
- Atm. Deposition
- Stickstoffeintrag (Dünger)
- Mineralisierung
- Sickerwasserfracht
- Denitrifizierung
- Pflanzenaufnahme

Quelle: Winter et al. (2022)



Abnahme der Denitrifizierung und der Stickstoffaufnahme durch Pflanzen im Jahr 2018, bei vergleichbar hohem Stickstoffeintrag

# Resultate: Einfluss der Dürre auf die Verweilzeiten von Stickstoff im Einzugsgebiet



Quelle: Winter et al. (2022)

Sommer & Herbst: Stark erhöhte Tendenz zu altem Wasser in allen Teileinzugsgebieten

Winter & Frühling: Tendenz zu jungem Wasser (< 2 Monate seit Niederschlag) in der Oberen Selke.  
Weiterhin überwiegend altes Wasser in der Unteren Selke.

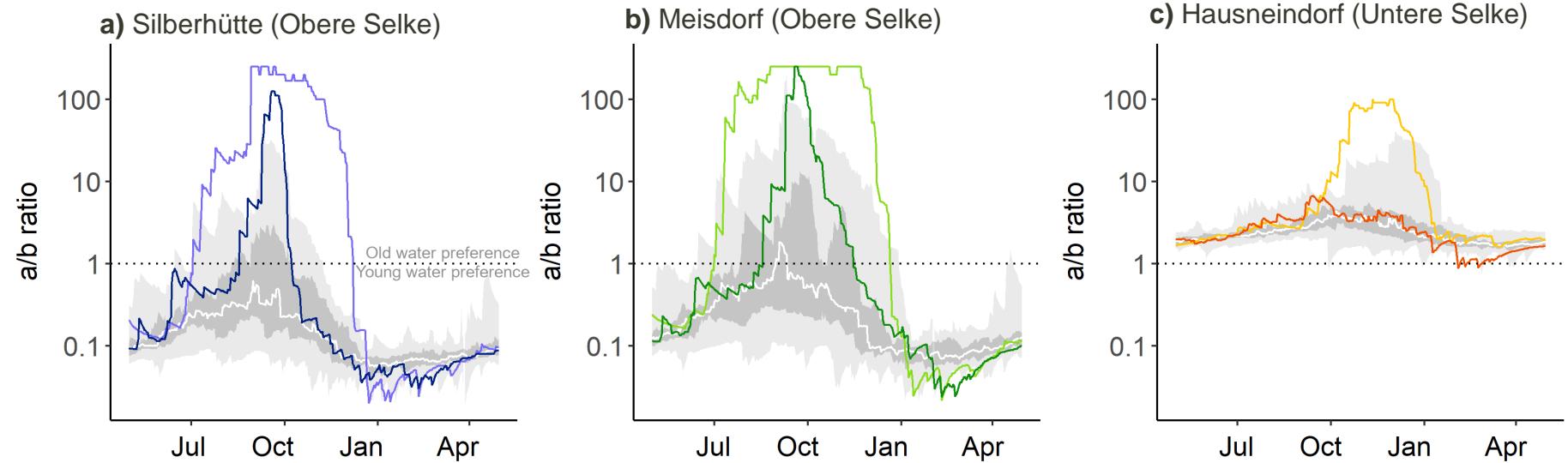


Schneller Transport von akkumuliertem Stickstoff in der Oberen, nicht aber in der Unteren Selke

Quelle: Winter et al. (2022)

www.ufz.de

# Resultate: Einfluss der Dürre auf die Verweilzeiten von Stickstoff im Einzugsgebiet

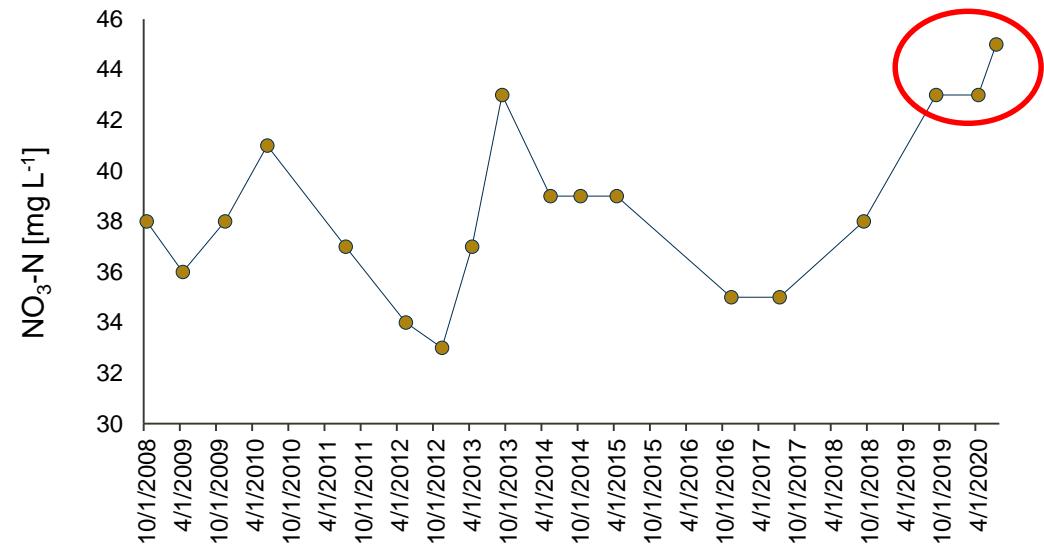


Quelle: Winter et al. (2022)

- Änderungen in Nitratkonzentrationen in Frachten stammen aus der Obere Selke
- Überschüssiges Nitrat in der unteren Selke wird langsamer transportiert und ist daher wahrscheinlich noch “unterwegs”, d.h. im Boden oder Grundwasser.

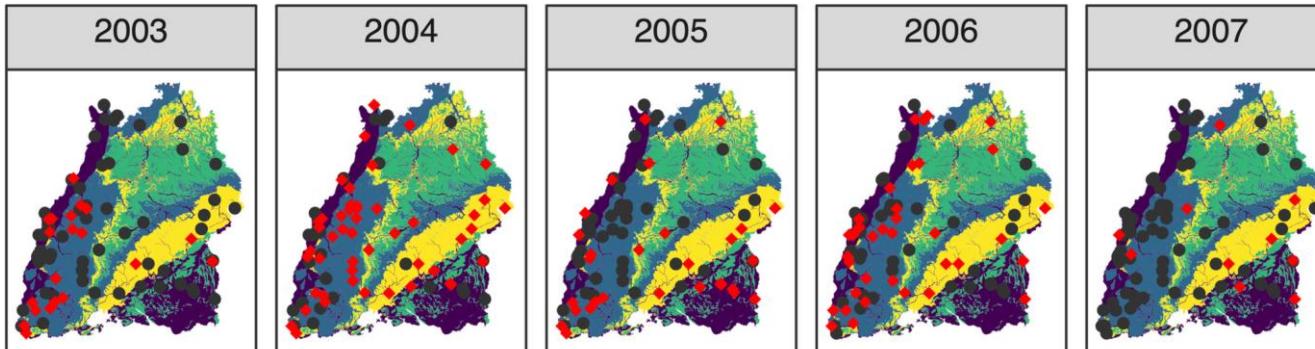
# Resultate: Einfluss der Dürre auf Nitratkonzentrationen im Grundwasser

Grundwassermessstelle in Wilsleben (Untere Selke)



- Hinweise auf erhöhte Nitratkonzentrationen im Grundwasser (bisher nicht weitergehend analysiert)
- Jutglar et al. (2021) fanden Hinweise auf erhöhte Nitratkonzentrationen nach der Dürre in 2003 in 44 Brunnen und 41 Quelle in Baden Württemberg
- Ähnlich zu unserer Studie berichten die Autoren von direkten und zeitverzögerten Reaktionen, je nach Art des Grundwasserleiters

# Resultate: Einfluss der Dürre auf Nitratkonzentrationen im Grundwasser



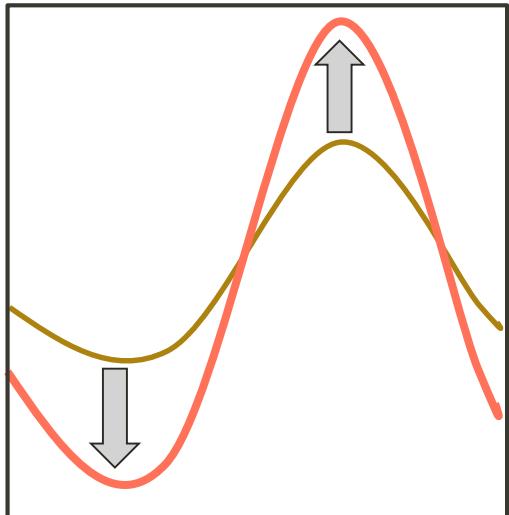
Quelle: Jutglar et al (2021)

Aquifer Type    ■ Porous    ■ Fractured    ■ Porous & fractured    ■ Karst

Grundwassermessstellen mit außergewöhnlich hohen Nitratkonzentrationen im Anschluss an eine Dürre sind als rote Vierecke markiert

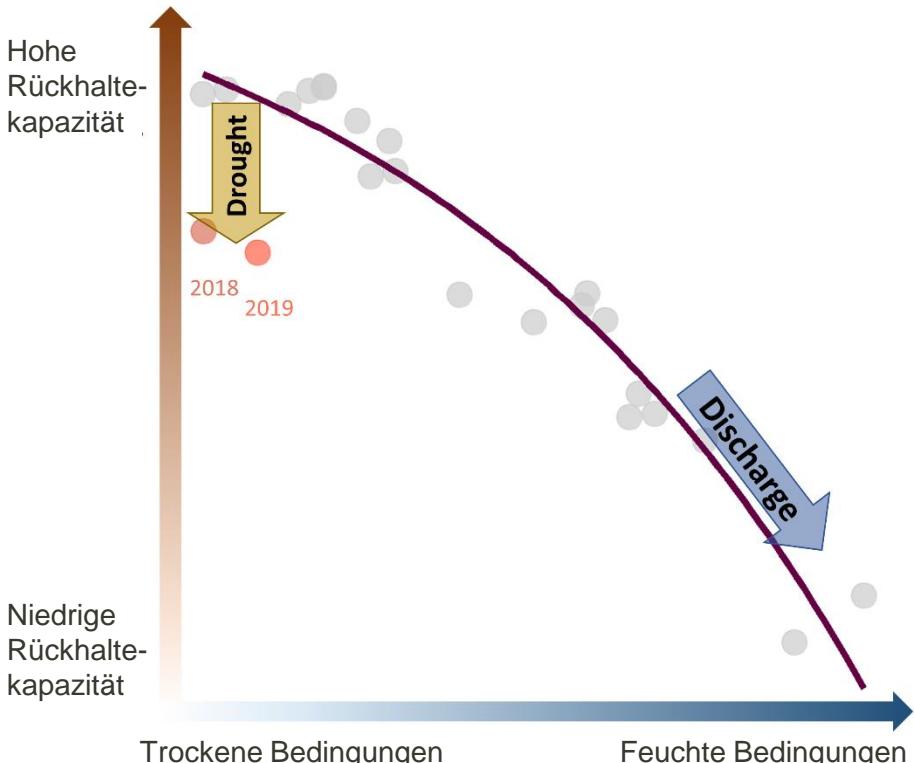
- Jutglar et al. (2021) fanden Hinweise auf erhöhte Nitratkonzentrationen nach der Dürre in 2003 in 44 Brunnen und 41 Quelle in Baden Württemberg
- Ähnlich zu unserer Studie berichten die Autoren von direkten und zeitverzögerten Reaktionen, je nach Art des Grundwasserleiters

## Zusammenfassung



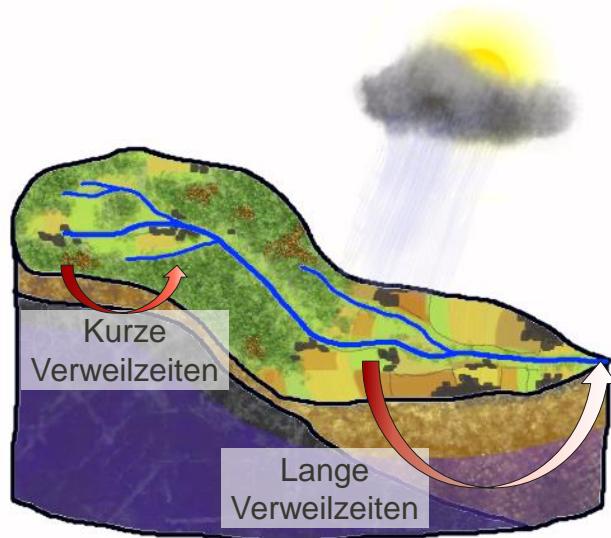
Dürre kann die **Saisonalität der Nitratkonzenrationen** im Fluss verstärken und zu **erhöhten Spitzenkonzentrationen** führen

# Zusammenfassung



Dürre kann zu einem **Rückgang des Nitratrückhaltes** im Einzugsgebiet (durch Pflanzenaufnahme oder Denitrifizierung) führen

# Zusammenfassung



Die Gebiets-spezifischen Verweilzeiten sind entscheidend um die **Zeitverzögerung zwischen Dürre und Anstieg der Konzentrationen im Fluss zu verstehen.**

Die erhöhte Wahrscheinlichkeit von schweren Dürren ist  
nicht nur eine Bedrohung für die Wasserquantität,  
sondern auch für die Wasserqualität im Bezug auf Nitrat





Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

#### Literatur

Hari, V., Rakovec, O., Markonis, Y., Hanel, M., and Kumar, R. (2020). Increased future occurrences of the exceptional 2018–2019 Central European drought under global warming, *Sci. Rep.*, 10, 1–10.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-68872-9>

Jutglar, K., Hellwig, J., Stoelzle, M., & Lange, J. (2021). Post-drought increase in regional-scale groundwater nitrate in southwest Germany. *Hydrological Processes*, 35(8), e14307. <https://doi.org/10.1002/hyp.14307>

Nguyen, T. V., Kumar, R., Musolff, A., Lutz, S. R., Sarrazin, F., Attinger, S., & Fleckenstein, J. H. (2022). Disparate Seasonal Nitrate Export From Nested Heterogeneous Subcatchments Revealed With StorAge Selection Functions. *Water Resources Research*, 58(3), e2021WR030797.  
<https://doi.org/10.1029/2021WR030797>

Winter, C., Nguyen, T. V., Musolff, A., Lutz, S. R., Rode, R., Kumar, R., & Fleckenstein, J. H. (2022). Droughts can reduce the nitrogen retention capacity of catchments. Preprint in Earth and Space Science Open Archive.  
<http://www.essoar.org/doi/10.1002/essoar.10511446.2>