TZW
Technologiezentrum Wasser

Gefördert durch:

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Wasser: N
SCHUTZ. NUTZUNG. INNOVATION.

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

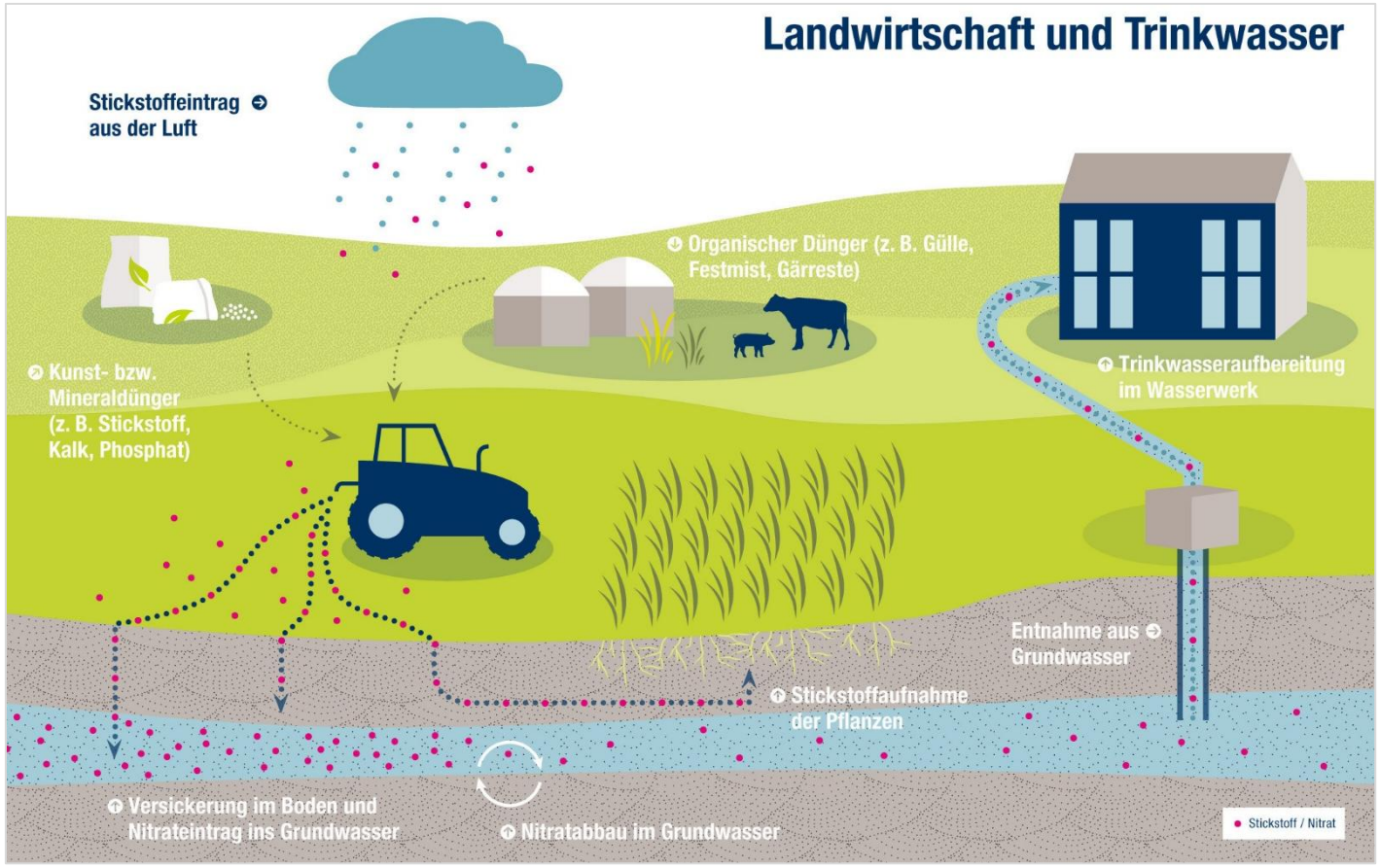
Beurteilung der Nitratbelastung im Grundwasser

Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Grundwasser-Projekt ArNO

Nitratbelastung von Einzugsgebieten –
Eignung der verwendeten Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Nitratbelastung unter Berücksichtigung historisch erzeugter Nitrateinträge

ArNO$_3^-$

Hintergrund: Nitratabbau im Grundwasser



https://www.dvgw.de/themen/umwelt/nitrat-im-wasser

- Unter bestimmte Voraussetzungen **Nitratabbau (Denitrifikation)**:
  - Denitrifizierende Mikroorganismen
  - Organisch gebundener Kohlenstoff / Eisensulfide
  - Sauerstoffarmes Wasser

➢ Ggf. **kein Rückschluss** auf gesamten Nitrateintrag durch Nitratkonzentrationen

➢ Nitratabbaupotential **erschöpfbar**

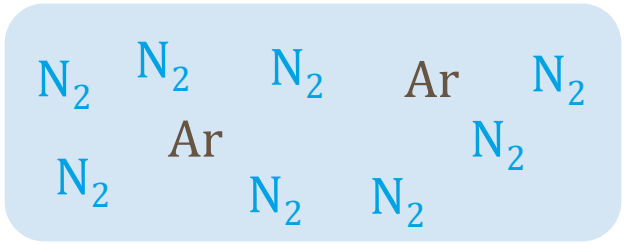
DüV (2022) &
AVV GeA (2022, „rote Gebiete“):
Berücksichtigung Denitrifikation

Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

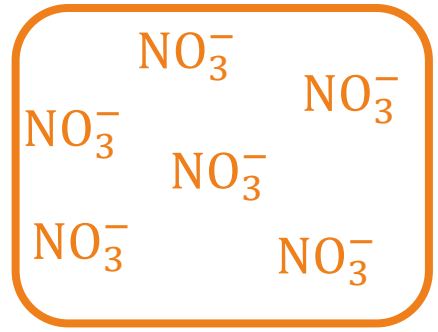
TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

Hintergrund: Stickstoff-Argon Methode

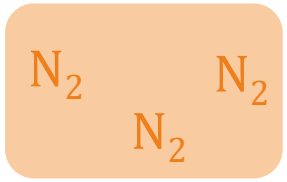
N_2/Ar-Verhältnis unter Normalbedingungen im GW bekannt (Gleichgewichtskonzentrationen)



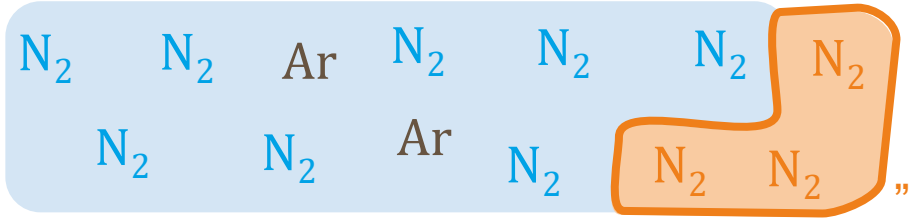
Denitrifikation/ Nitratabbau



„Denitrifikationswert“



Grundwasser



„Exzess N_2“

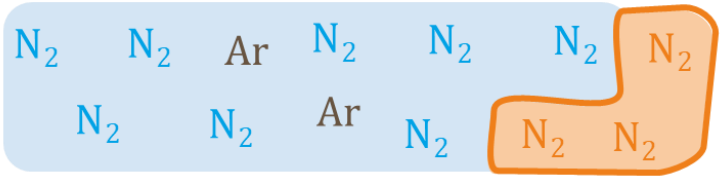
*abhängig von Druck und Temperatur

Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Fragen & Projektziel

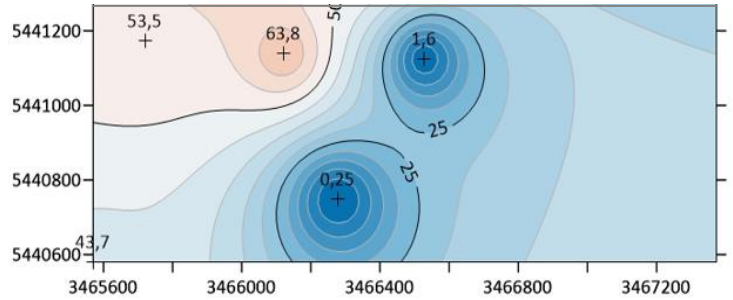
- Wie kann man den **gesamten Nitrateintrag** im Grundwasser ermitteln?



- Welche Voraussetzungen müssen **Grundwassermessstellen** und die **Probenahme** für die Bestimmung des gesamten Nitrateintrags erfüllen?



- Welche Methodik ist zur Bestimmung **räumlicher** Nitratbelastungen geeignet?

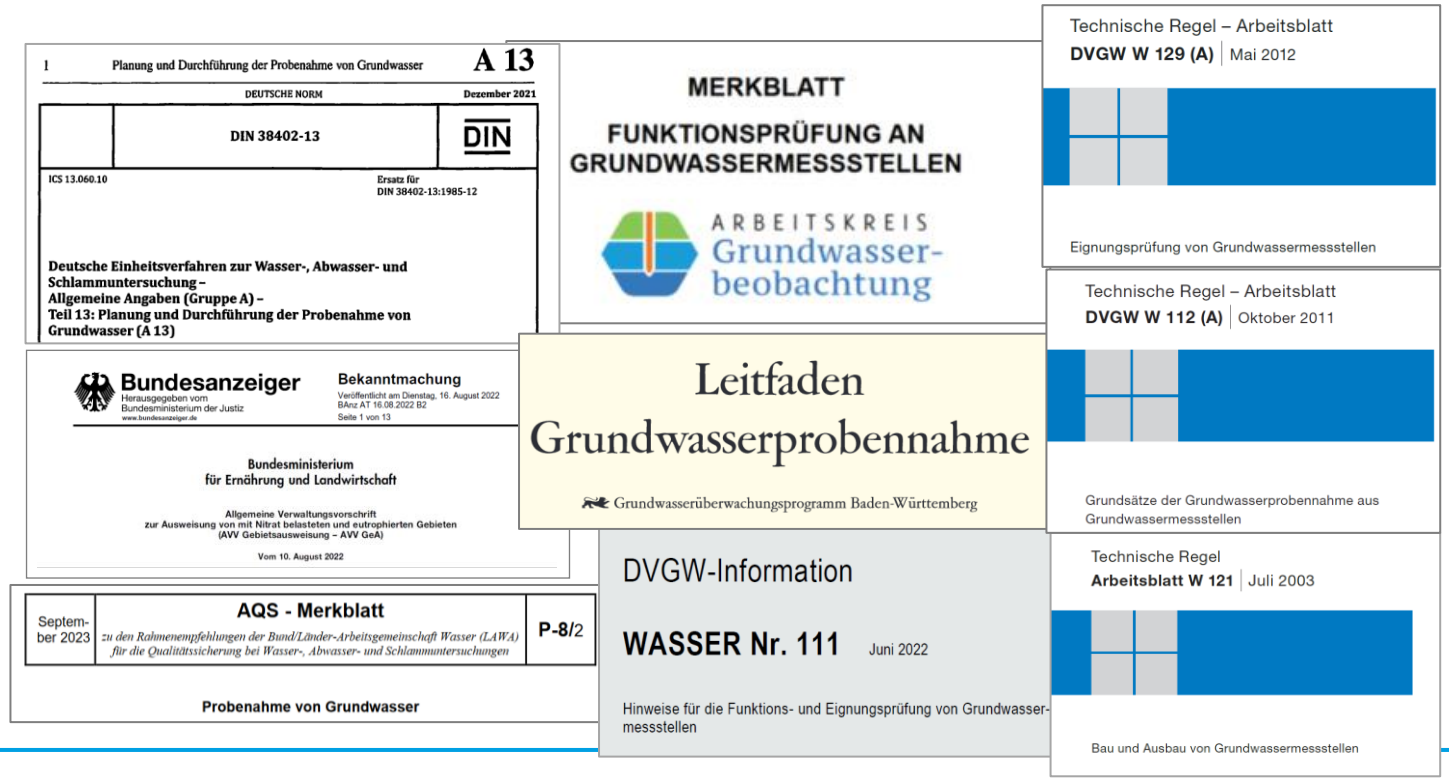


Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

Bauliche Eignung von Messstellen - Methodik

Nitrat-spezifische Anforderungen aus aaRdT & Fachdokumenten



Factsheet

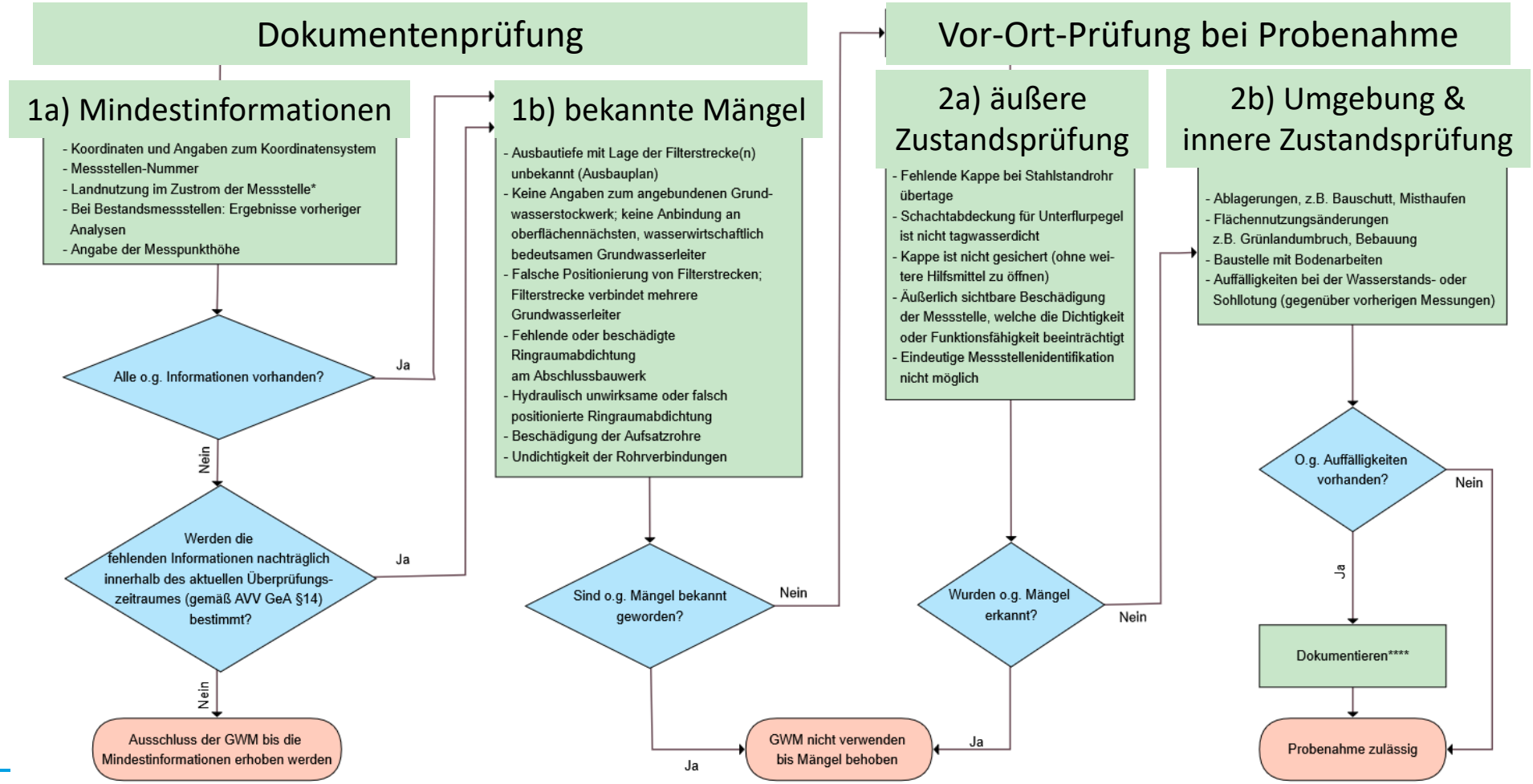
https://tzw.de/fileadmin/user_upload/pdf/04_Projekte/Factsheet_Eignung_von_Messstellen_13.10.2025.pdf



Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

Bauliche Eignung von Messstellen - Entscheidungsbaum



* Siehe AVV GeA, Anlage 1, Ziffer 2, Lit f); fachliche Ermittlung des Anstrombereichs z.B. über regionale Grundwassergleichenpläne der Landesanstalten.
**Es wird empfohlen Messstellen regelmäßig einer Funktionsprüfung gemäß DVGW Arbeitsblatt W129 zu unterziehen und in Verdachtsfällen geophysikalische Untersuchungen gemäß DVGW Arbeitsblatt W110 durchzuführen.
*** Generelle Auffälligkeiten und Auffälligkeiten im Vergleich zum letzten Probenahmetermin.
****Foto sowie Himmelsrichtung und Entfernungsschätzung oder Foto und Lageskizze.

Anforderungen an die Probenahme

Denitrifikation-spezifische Anforderungen aus aaRdT & Fachdokumenten



Die wichtigsten Aspekte:

- **Vermeidung von Ausgasung**!
- Tauchpumpe
- Probennahme luftfrei (z. B. unter Wasser)
- Gasdichte Probenahmegefäße
- Probennahme bei Konstanz der Leitkennwerte und Erreichen des **optimalen Abpumpvolumens**

Factsheet

https://tzw.de/fileadmin/user_upload/pdf/04_Projekte/260527_Factsheet_Anforderungen_an_Probenahme_ArNO.pdf


Anforderungen an die Probenahme

Bestimmung des gesamten Nitrateintrags (gemessener Nitratgehalt und ermittelter Denitrifikationswert)

Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

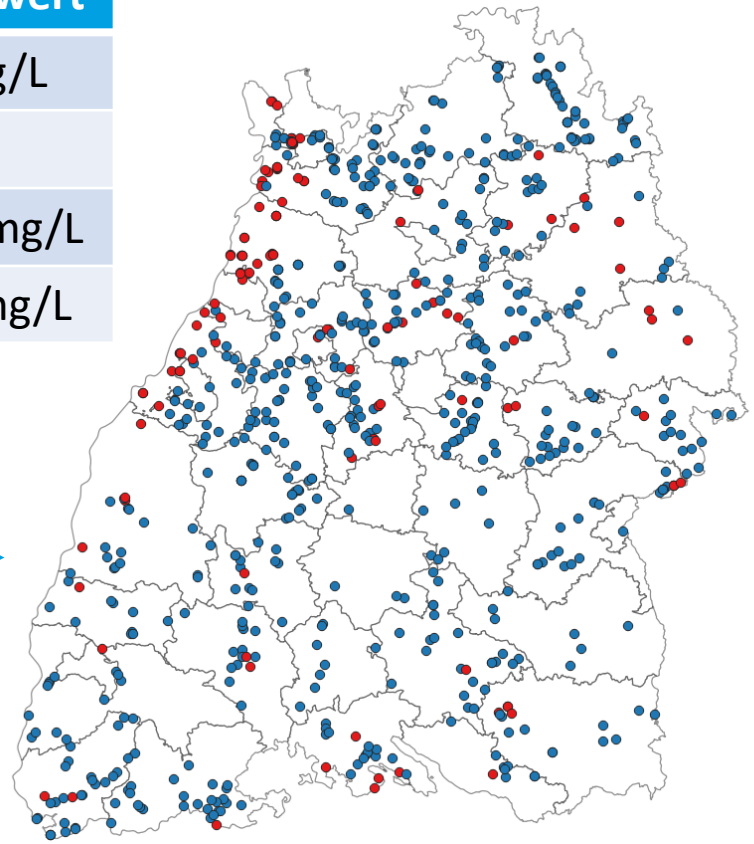
TZW Technologiezentrum Wasser
Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
Wasser: N SCHUTZ. NUTZUNG. INNOVATION.
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

Hydrogeochemische Indikatoren für Denitrifikation

- **Hydrogeochemische Rahmenbedingungen**
  → Auswertung von Messnetzdaten von:
  - LUBW → Identifikation
  - LfU RP → Validierung

Parameter	Grenzwert
O_2	≤ 4 mg/L
pH-Wert	> 6,5
DOC	≥ 0,7 mg/L
Sulfat	≥ 20 mg/L

- **Mögliche Denitrifikationsstandorte in BW**
  → Übertragung der Kriterien auf:
  - Grundwasserdatenbank WV BW



Nitratabbau
möglich (15 %)
unwahrscheinlich (85 %)

Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

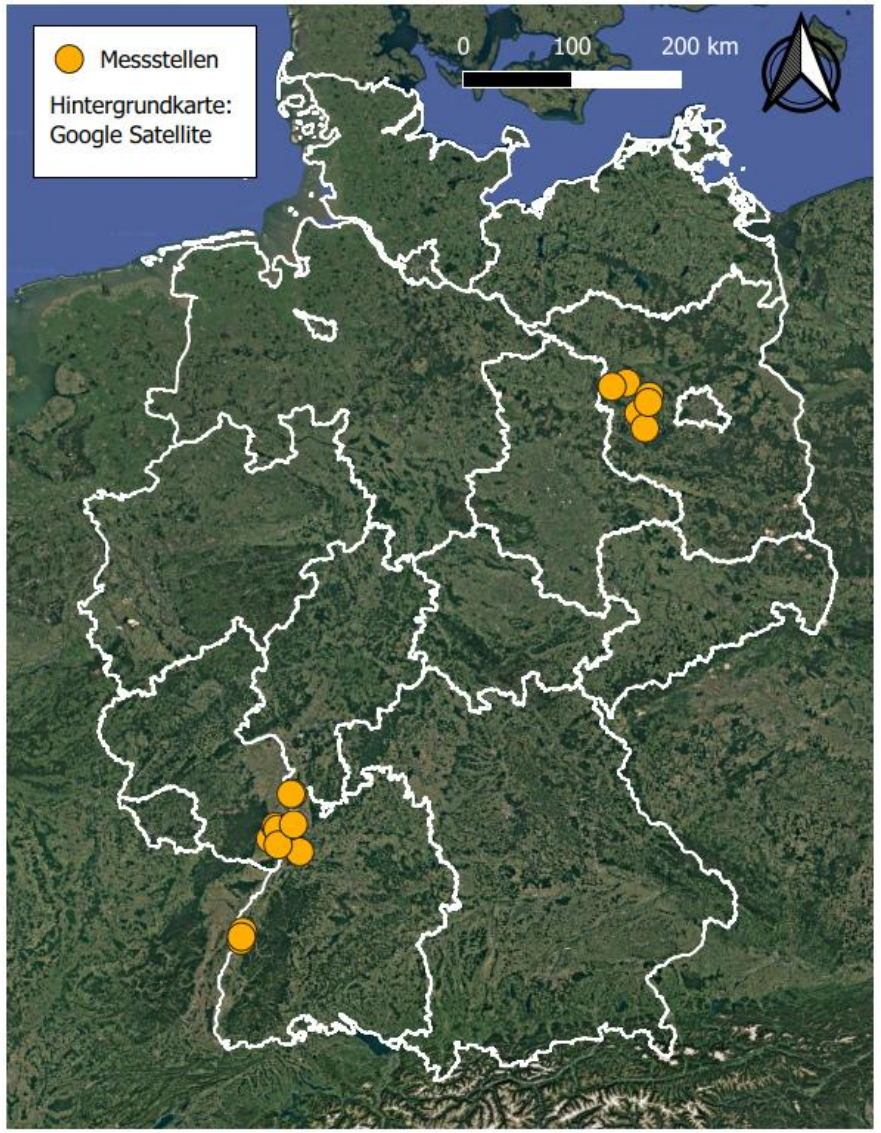
Beprobungskampagne - Methodik

Ziel

- Praxiserfahrungen zu Anforderungen
- Zeitliche Schwankungen der Denitrifikation?

Umsetzung

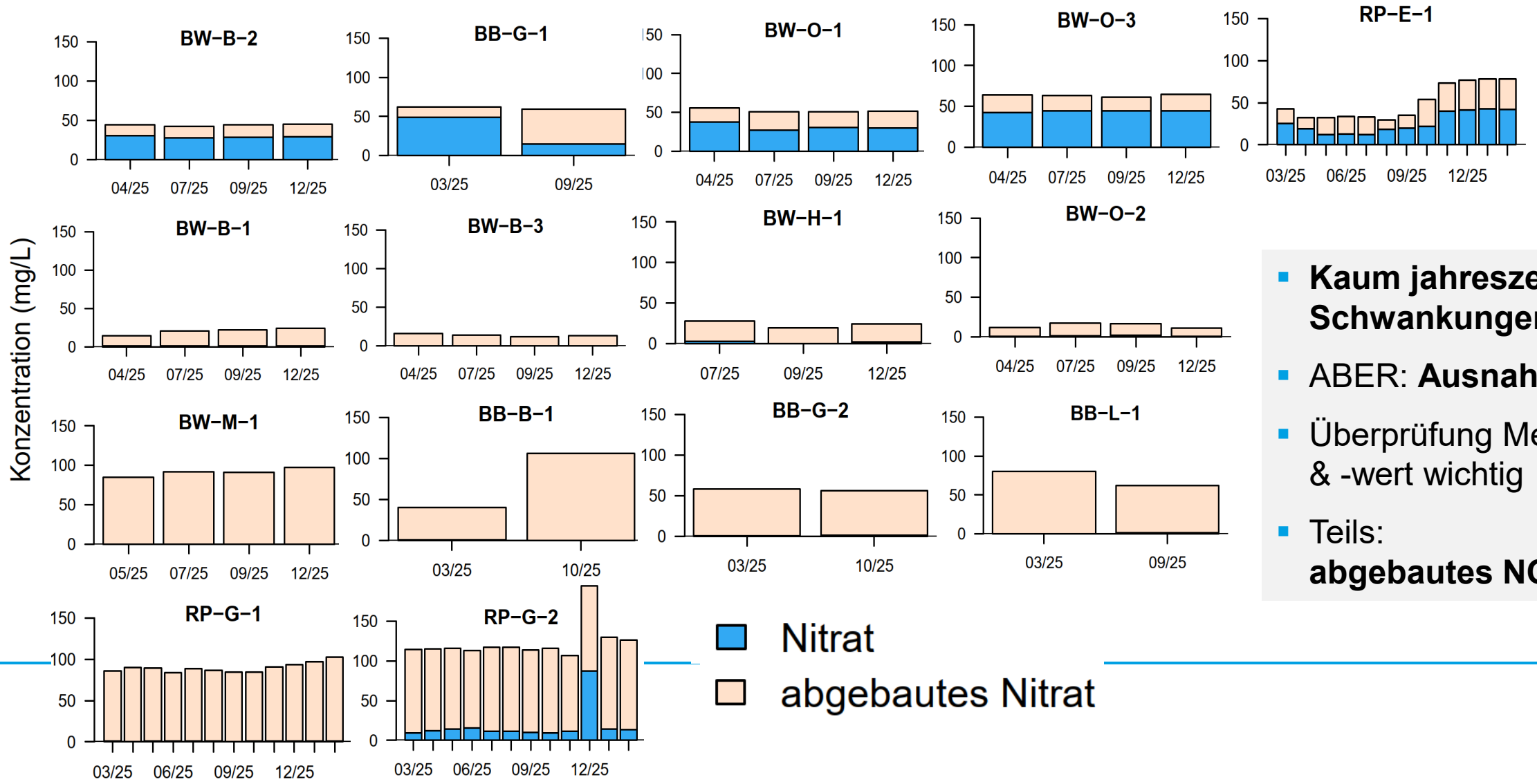
- 19 Grundwassermessstellen *„Denitrifikation möglich“*
- Analyse: u. a. Nitrat & abgebautes Nitrat (N_2/Ar-Methode)
- Intervall halbjährlich - monatlich für 1 Jahr



Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

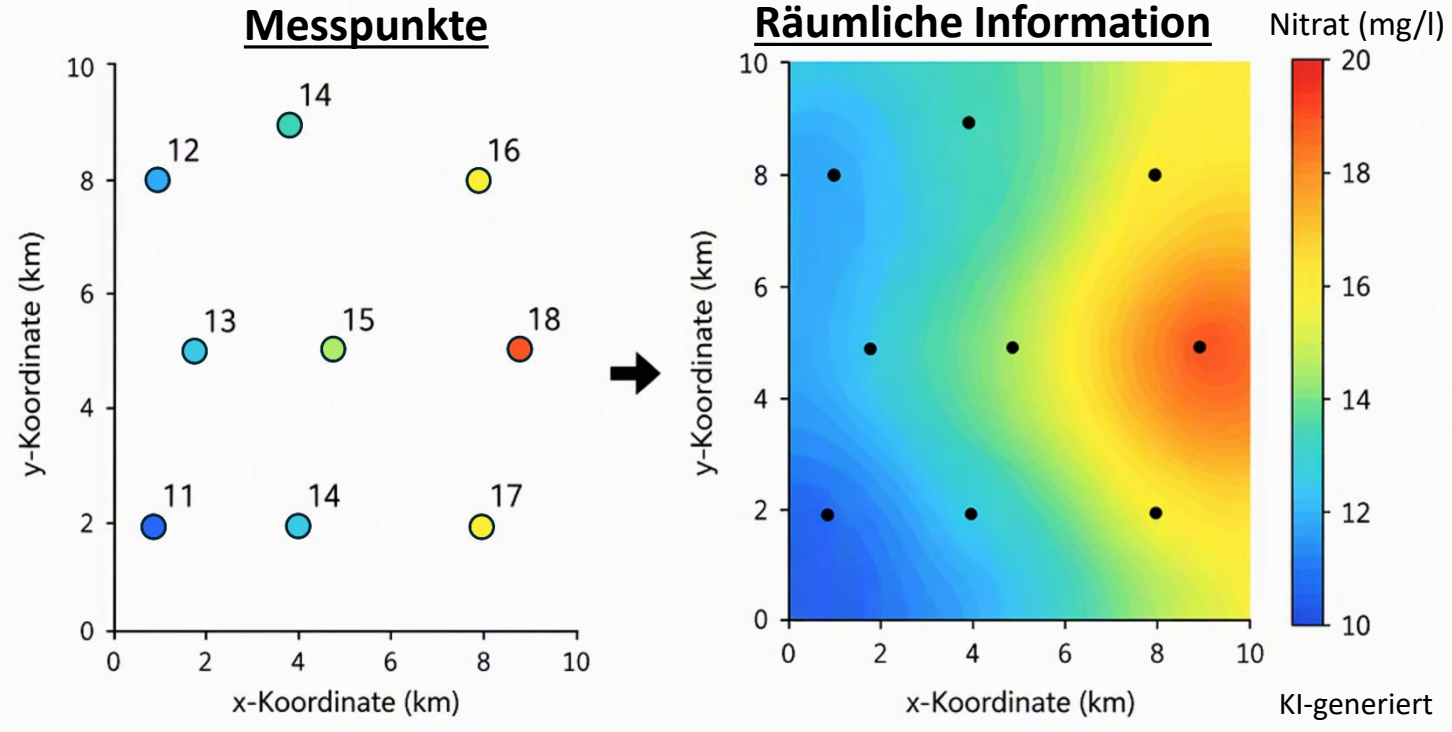
Beprobungskampagne - Ergebnisse



- **Kaum jahreszeitliche Schwankungen**
- ABER: **Ausnahmen**!
- Überprüfung Messstelle & -wert wichtig
- Teils: **abgebautes NO3- >> NO3-**

Interpolationsverfahren zur Regionalisierung von Nitratkonzentrationen

Anwendung & Bewertung 6 verschiedener Interpolationsverfahren anhand realem Messnetz



- Inverse Distance Weighting
- Nächster Nachbar Verfahren
- Bedingte geostatistische Simulation
- Ordinary Kriging
- Universal Kriging
- Regression Kriging

Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

Interpolationsverfahren - Erkenntnisse

- Alle Verfahren: **Homogene Verteilung** von Nitratkonzentrationen gut darstellbar
- Verfahren, die **genauere Analyse räumlicher Beziehung** nutzen, vorziehen (z. B. Kriging)
- Alle Verfahren: Hohe Sensitivität gegenüber **einzelnen Messpunkten** hoher Nitratkonzentration
- Berücksichtigung **Metainformationen** (z. B. Grundwasserkörper) in ausreichender Qualität → bessere Ergebnisse
- **Regressionsverfahren** & Verfahren aus **Machine-Learning**-Bereich bei einzelnen hohen Messwerten besser geeignet
- **Grenzen** der Verfahren berücksichtigen!
- „Schlechte“ Eingangsdaten → „schlechte“ Ausgangsdaten

Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

TFA als Indikator für Denitrifikationsprozesse?

Räumlicher Zusammenhang TFA & Nitrat?

- Nitrat: Haupteintrag = Landwirtschaft
- TFA: viele Quellen, u. a. fluorierte PSM, Gülle

→Studie *Joerss et al. (2024)*:
(an 1011 Grundwassermessstellen)

- 👍 Räumlicher Zusammenhang TFA-Belastung & landwirtschaftliche Nutzung
- 👍 Räumlicher Zusammenhang von TFA- und Nitratbelastung

Grundwasser-Projekt ArNO
Förderkennzeichen 02WGW1720

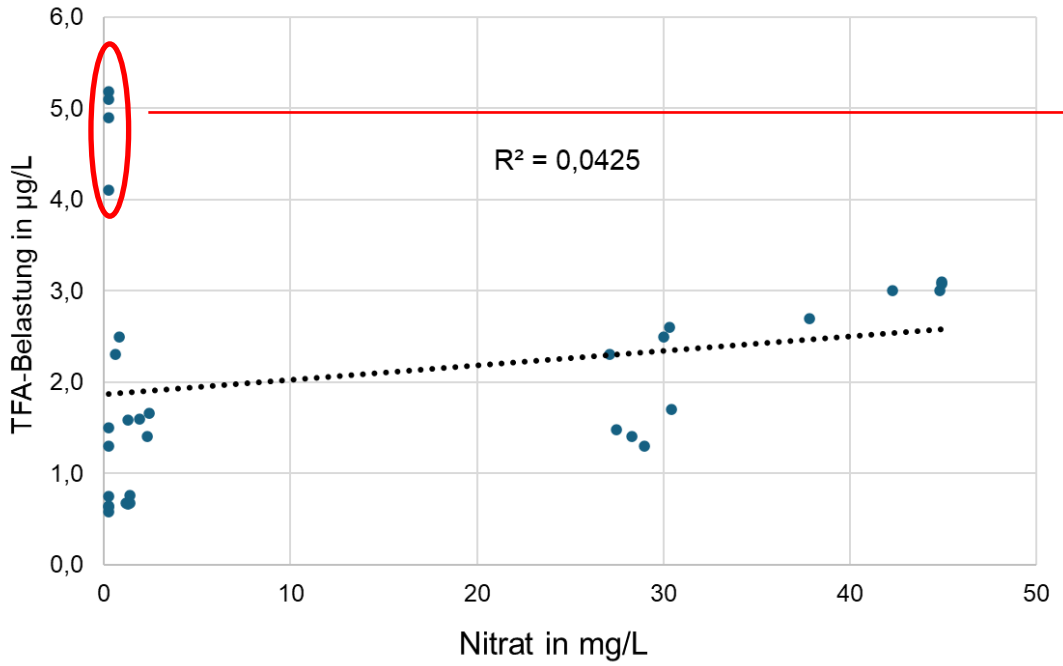
TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO$_3^-$

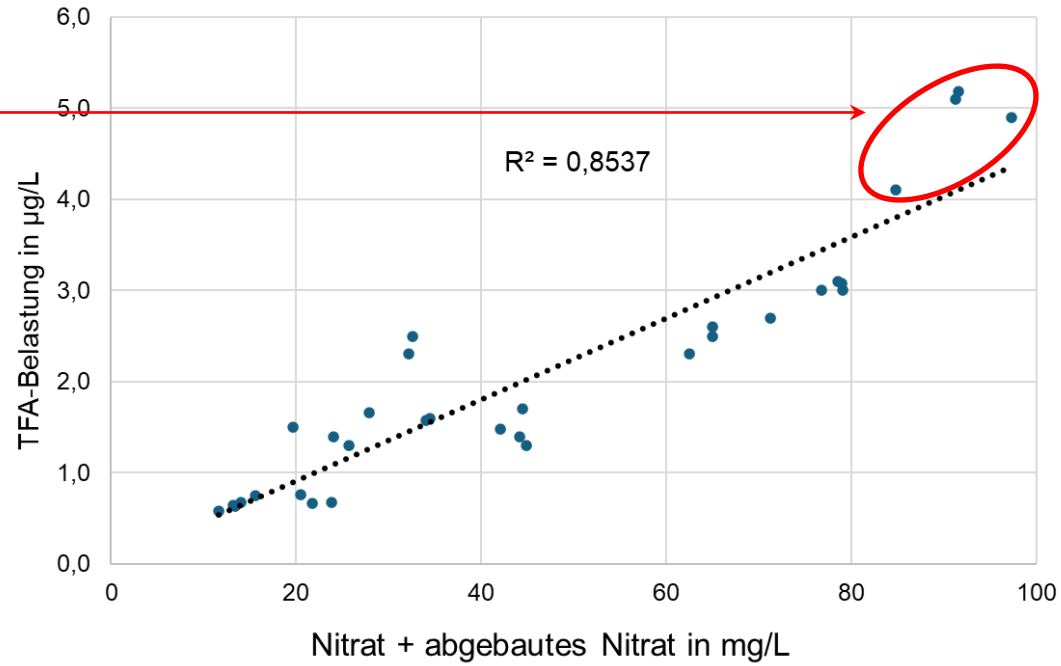
TFA als Indikator für Denitrifikationsprozesse?

TFA hoch, Nitrat niedrig → Denitrifikation?

- Beispiel Grundwassermessstellen Baden-Württemberg

Hinweise vorhanden
aber kleiner Datensatz





Grundwasser-Projekt ArNO
Förderkennzeichen 02WGW1720

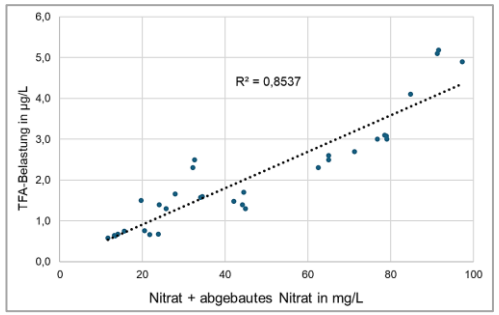
TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

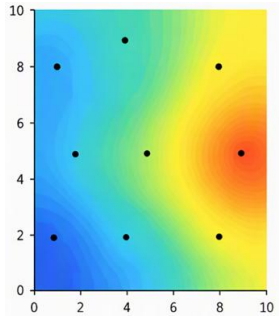
Fazit

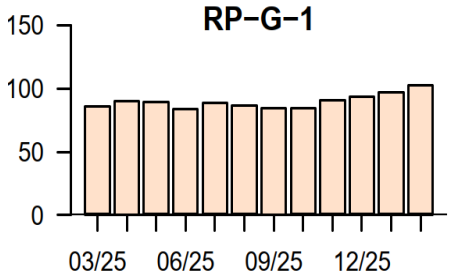
- Beachten der **Anforderungen** an Messstellen und Probenahme für zuverlässige Analyseergebnisse
- Eingrenzung von Messstellenauswahl durch **hydrogeochemische** Rahmenbedingungen
- „TFA hoch, Nitrat niedrig“ möglicherweise als **Indikator** für Denitrifikation nutzbar
- Regionalisierung: **Zusatzinformationen** nutzen & **Grenzen** des Verfahrens beachten
- Miteinbeziehung von Denitrifikation **vermeidet Unterschätzung** des Gesamtnitrateintrags



Parameter	Grenzwert
O_2	≤ 4 mg/L
pH-Wert	> 6,5
DOC	≥ 0,7 mg/L
Sulfat	≥ 20 mg/L





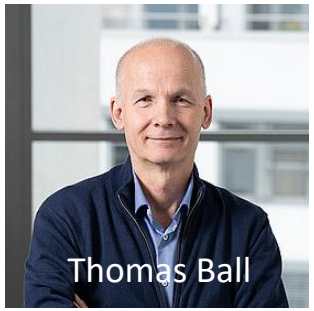


Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3

Das Projektteam bedankt sich für Ihre Aufmerksamkeit!

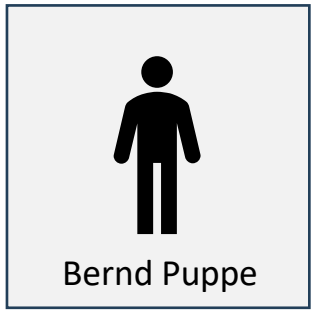
























Assoziierte Partner

Externe Experten

Kontakt: Dr. Birgit Maria Müller
birgit.mueller@tzw.de
0721 9678-290

Website: https://tzw.de/projekte/projektdetails/detail/nitratbelastung-einzugsgebiete

Grundwasser-Projekt Ar*NO*
Förderkennzeichen 02WGW1720

TZW Technologiezentrum Wasser
Wasser: N
FONA Forschung für Nachhaltigkeit
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
ArNO3