LANUV
Kompetenz für ein lebenswertes Land

Kooperationsprojekt
JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Geologischer Dienst NRW
THÜNEN
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW
GROWA+ NRW 2021

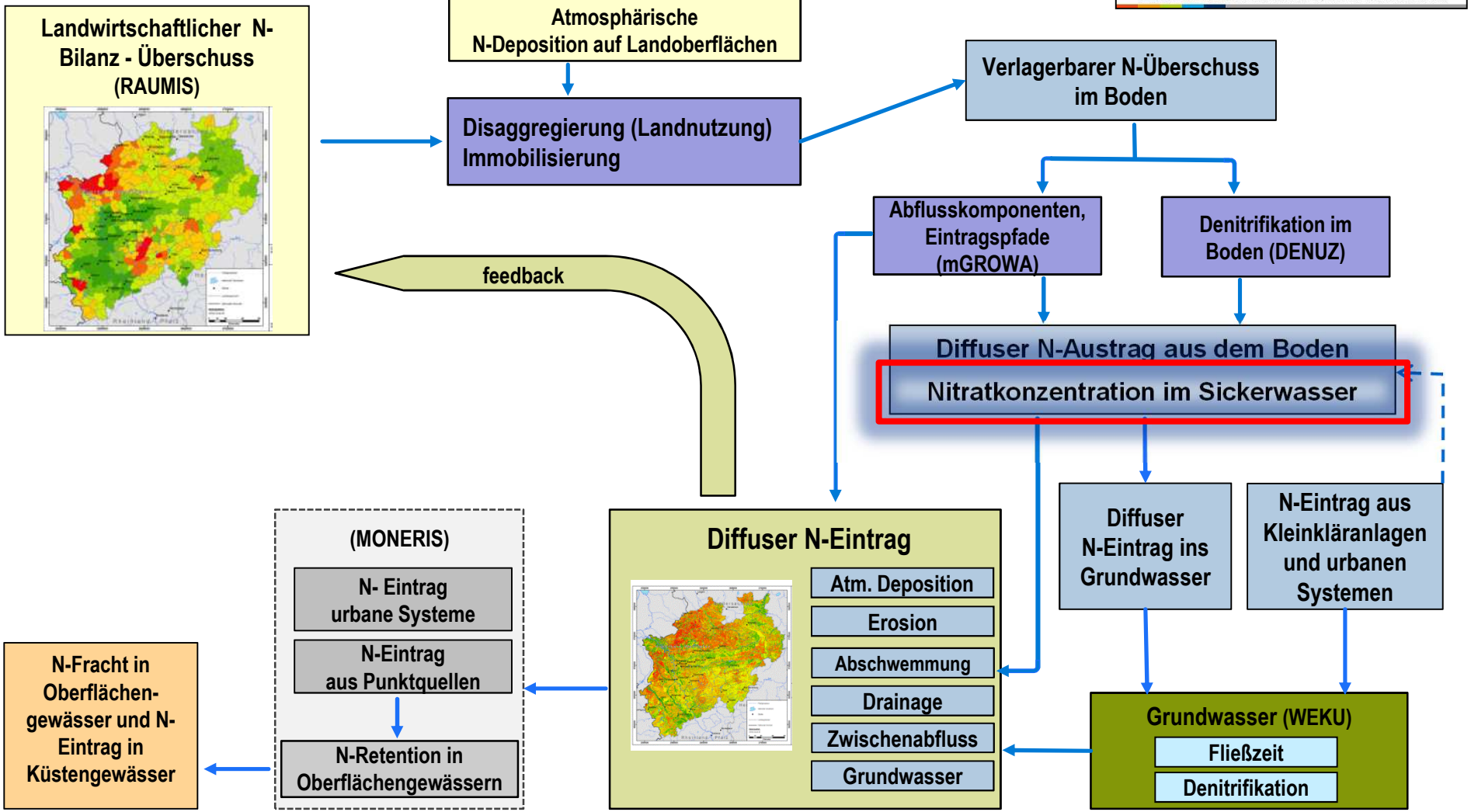
Erft Verband

Validierung der modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser anhand von Grundwassermessstellen des Erftverbands und des Landes NRW

Michael Eisele (LANUV FB52), Nils Cremer (Erftverband)

GROWA+NRW2021:

Modellsystem RAUMIS-mGROWA-DENUZ-WEKU

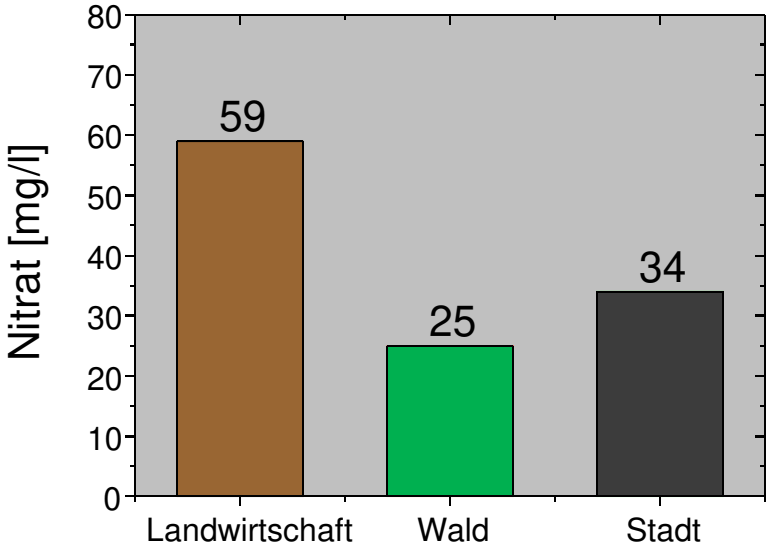


Untersuchungen zur Validierung

- Validierung anhand von Grundwassergütemessstellen:
  - A: Im Tätigkeitsbereich des Erftverbands (ca. 1500 Messstellen)

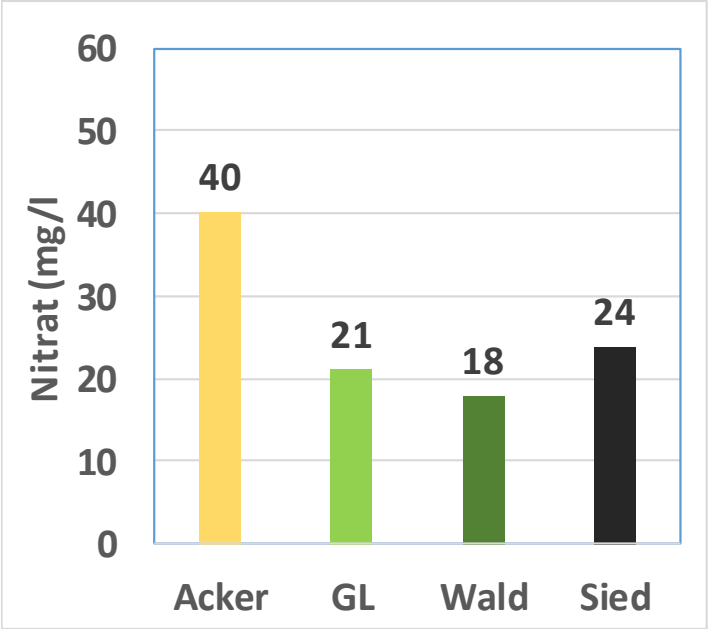
    Abgleich der räumlichen Verteilung, Konzentrationsniveau
  - B: Landesweit auf Basis aktueller Nitratwerte an 1374 Messstellen aus der landesweiten GW-Datenbank Abgleich der räumlichen Verteilung, Konzentrationsniveau, statistische Auswertung

Zusammenhang zwischen Nitrat-konzentration und Flächennutzung



Erftverbandsgebiet

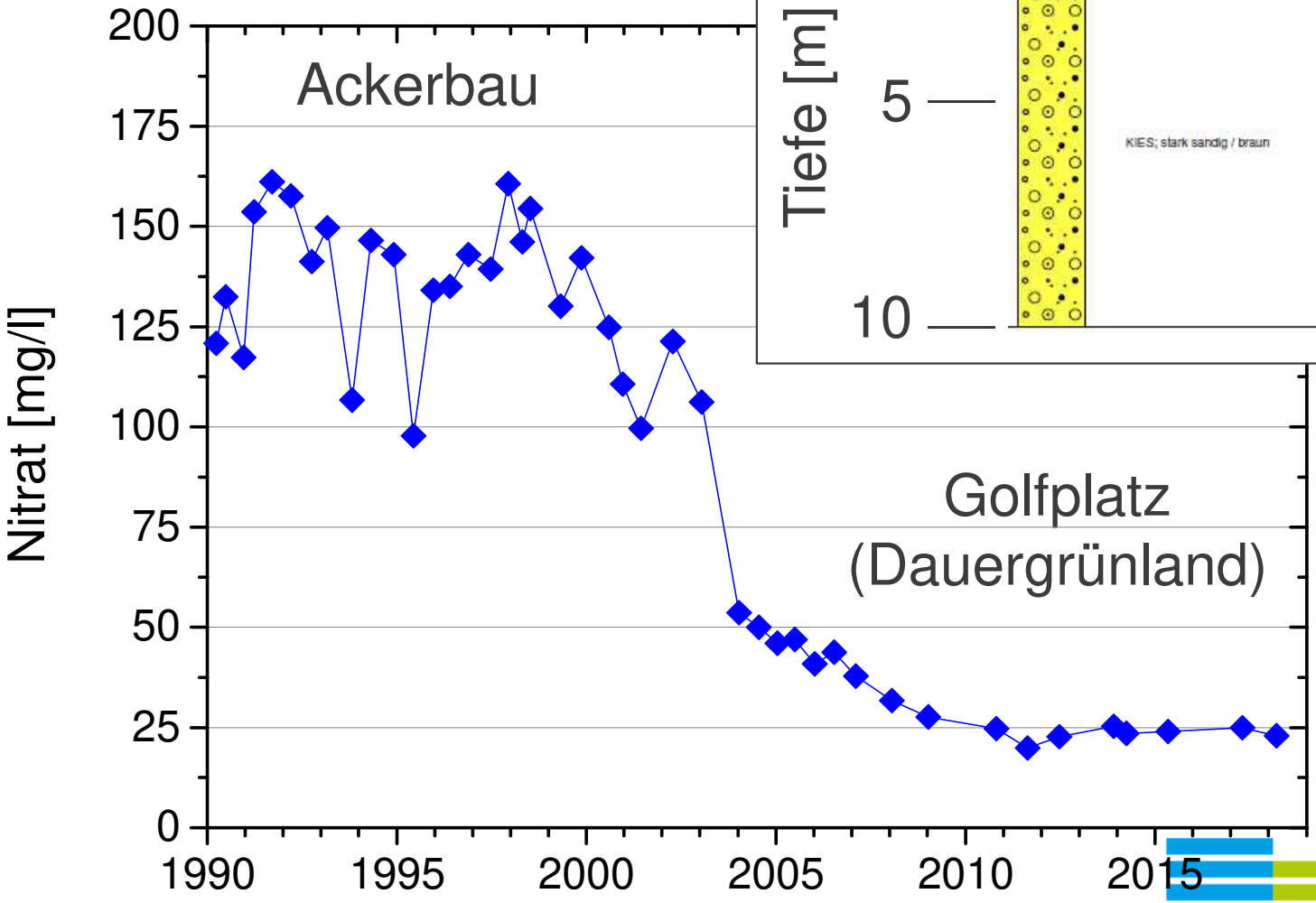
hohes Nitrat-Konzentrationsniveau im Einflussbereich landwirtschaftlicher Nutzung

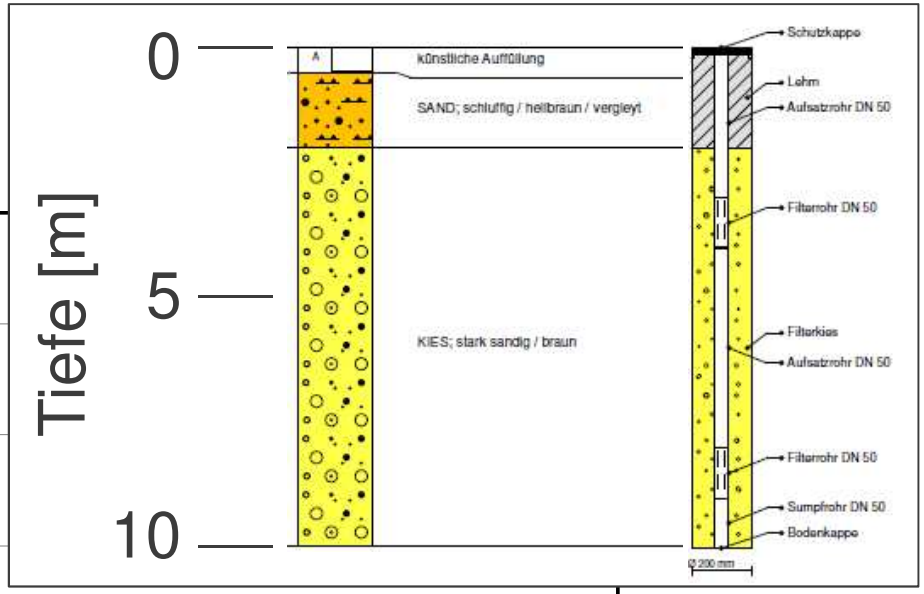


landesweit

Beispielganglinie einer oberflächennah verfilterten Grundwassermessstelle

Filtertiefe: 8-9 m
Flurabstand: ca. 6 m





Vergleich und Bewertung der Nitratwerte im Sicker- und Grundwasser

Messstelleneignung setzt voraus:

- homogenen Aufbau des Grundwasserleiters
- keine nennenswerte hydrochemische Schichtung
- langjährige Ganglinien mit einheitlichem Verlauf
- mehrere benachbarte Messstellen mit vergleichbarem Konzentrationsniveau (größeres Einzugsgebiet)
- mit Einschränkung: sehr flache Messstellen bzw. Grundwasserleiter mit geringer wassererfüllter Mächtigkeit

Zwangsläufige Abweichungen bei:

- mehrere 10er Meter mächtigen Grundwasserleitern mit Messstellen, die in großer Tiefe verfiltert sind
- großem Bergbaueinfluss von mehreren 10er Metern
- Abraumkippen
- Gebieten mit Infiltrationswassereinfluss
- Oberflächengewässernähe

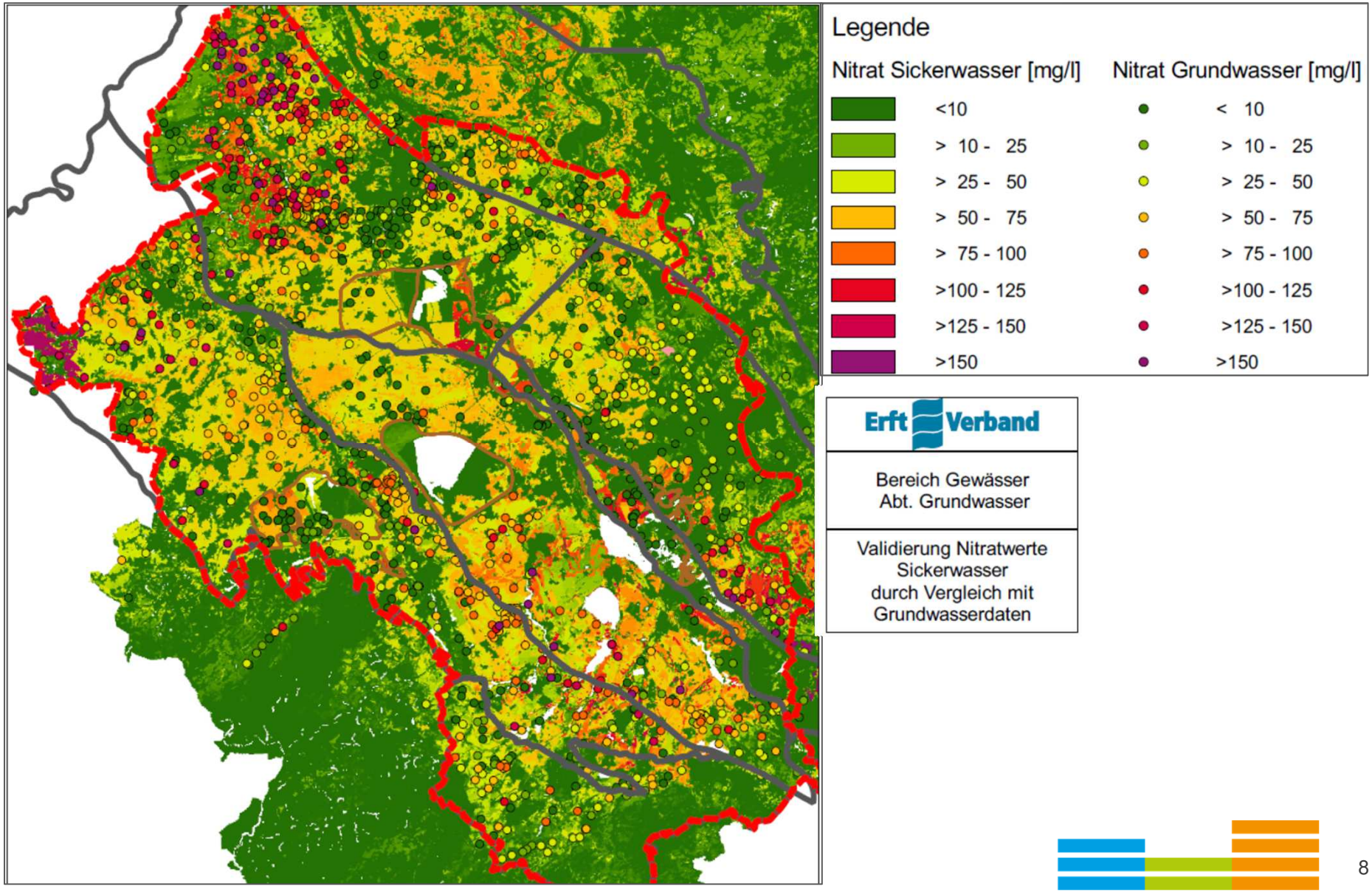
Vergleich und Bewertung der Nitratwerte im Sicker- und Grundwasser

Datenbasis:

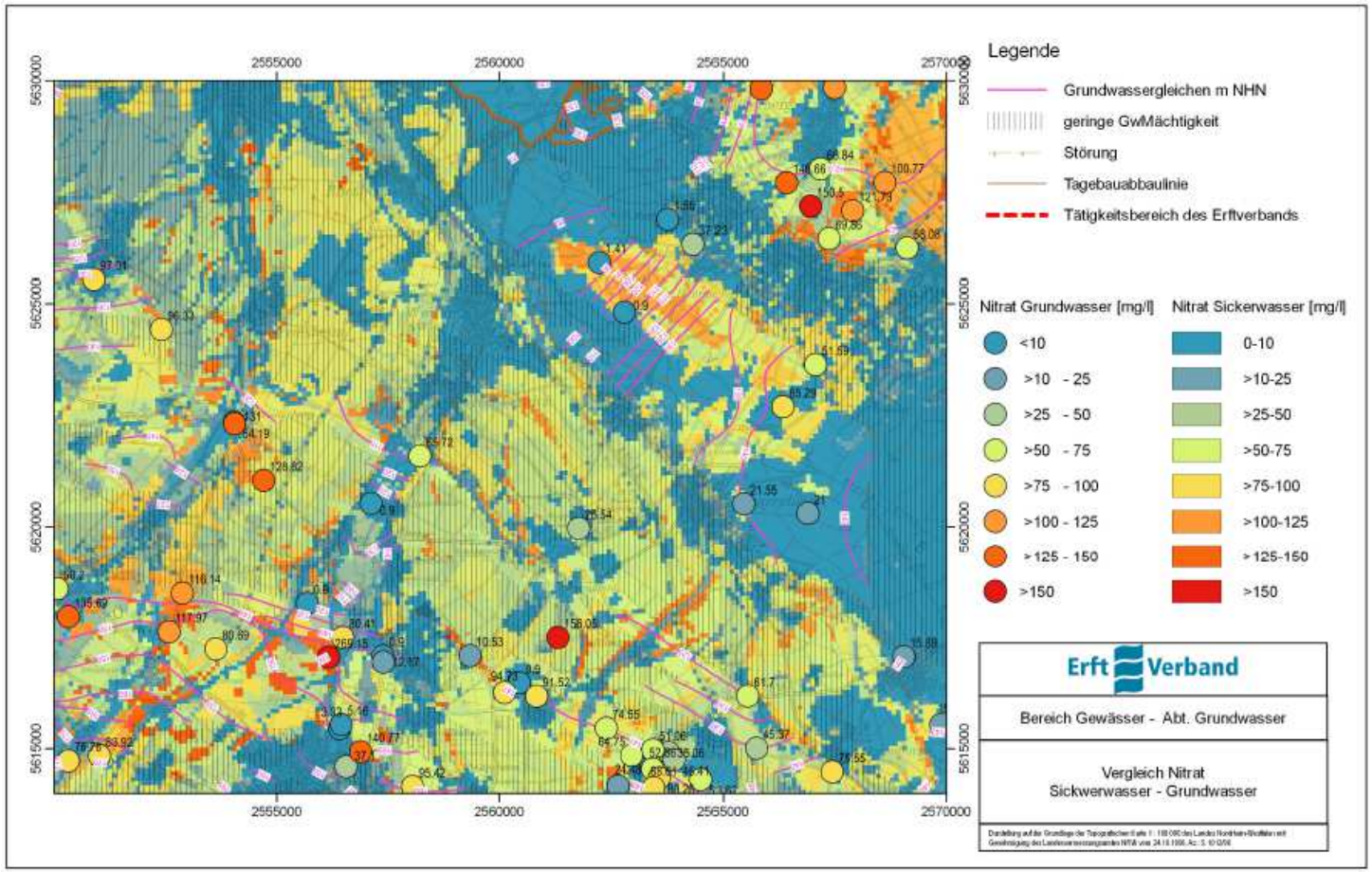
- 1461 Grundwassermessstellen und Brunnen mit Filterposition im Obersten Grundwasserstockwerk zwischen 2013 und heute
- Insgesamt 8328 Analysen (durchschnittlich 5,7 Analysen pro Messstelle)
- Mittelwerte der Analysen 2013 bis 2018
- Zuordnung zu den Nitrat-Konzentrationsklassen:

<	10	mg/l	480	Messstellen (davon 259 <BG)
>	10 - 25	mg/l	179	Messstellen
>	25 - 50	mg/l	261	Messstellen
>	50 - 75	mg/l	211	Messstellen
>	75 - 100	mg/l	148	Messstellen
>	100 - 125	mg/l	84	Messstellen
>	125 - 150	mg/l	53	Messstellen
>	150	mg/l	39	Messstellen (Maximum: 269 mg/l)

Vergleich und Bewertung der Nitratwerte im Sicker- und Grundwasser

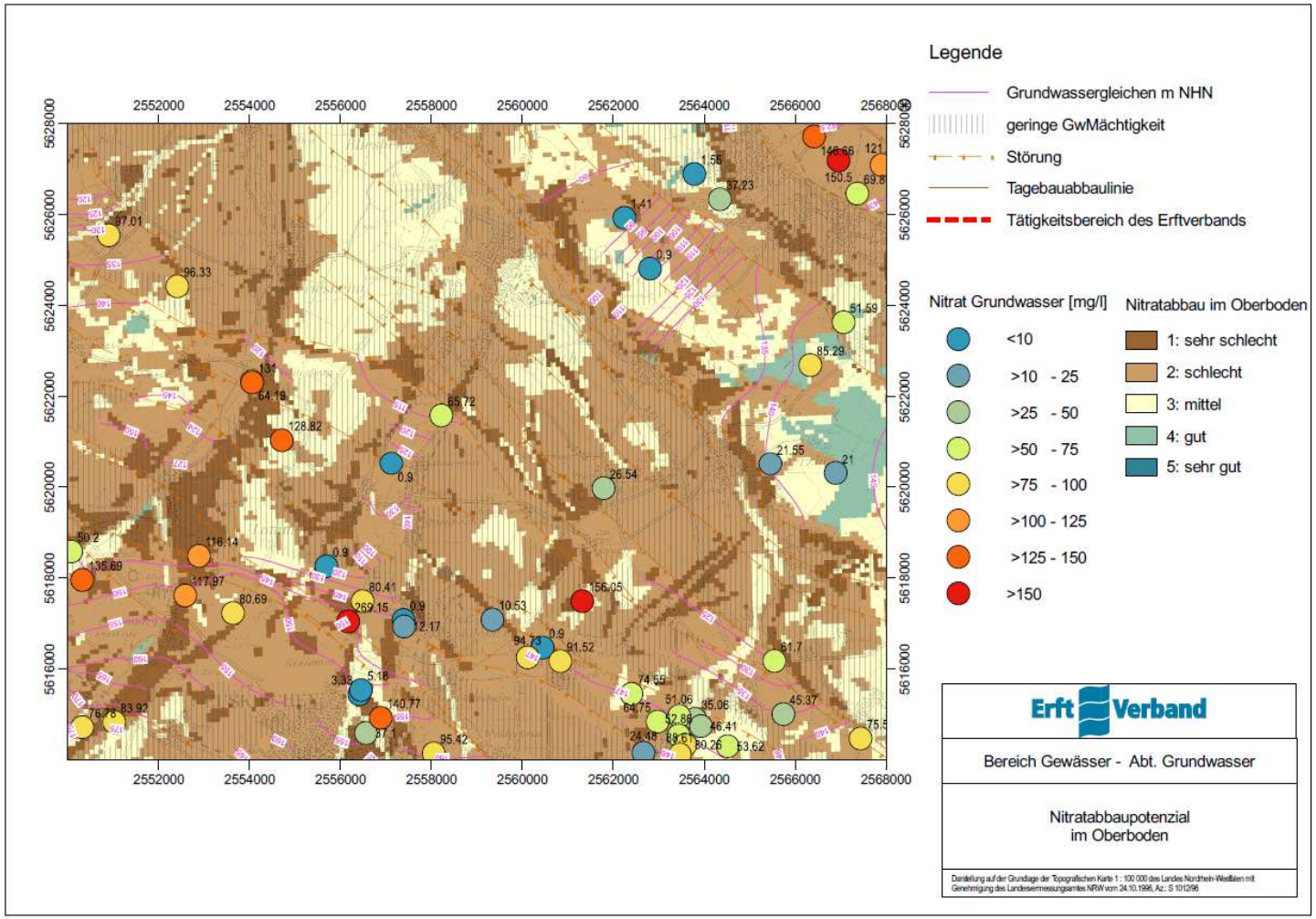


Vergleich und Bewertung der Nitratwerte im Sicker- und Grundwasser

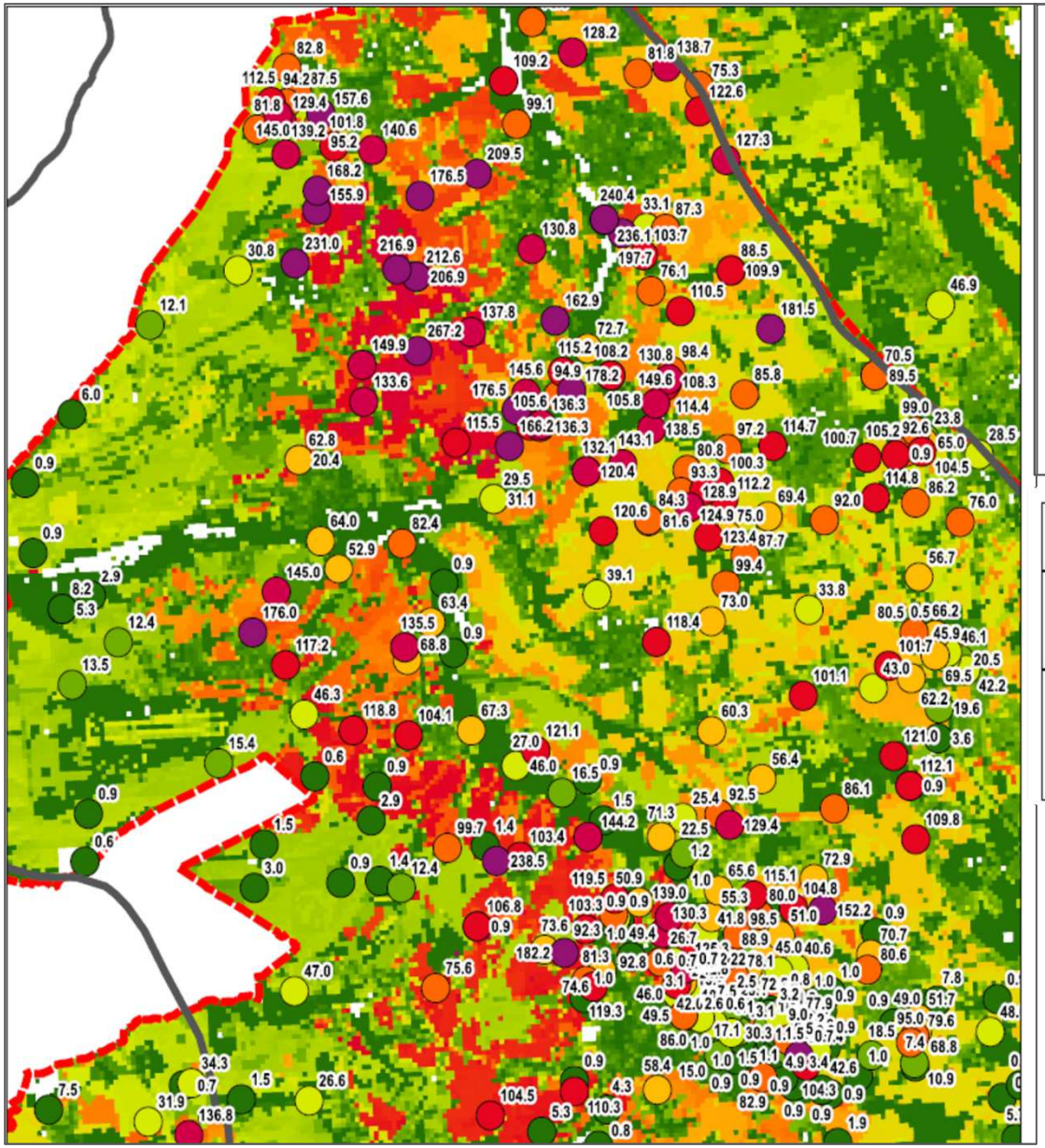


Vergleich und Bewertung der Nitratwerte im Sicker- und Grundwasser

gute Übereinstimmung, insbesondere bei lokalen Besonderheiten bzgl. Nitratabbaupotenzial im Oberboden



Vergleich und Bewertung der Nitratwerte im Sicker- und Grundwasser



Legende

Nitrat Sickerwasser [mg/l]	Nitrat Grundwasser [mg/l]
<10	< 10
> 10 - 25	> 10 - 25
> 25 - 50	> 25 - 50
> 50 - 75	> 50 - 75
> 75 - 100	> 75 - 100
>100 - 125	>100 - 125
>125 - 150	>125 - 150
>150	>150

Erft Verband

Bereich Gewässer
Abt. Grundwasser

Validierung Nitratwerte Sickerwasser durch Vergleich mit Grundwasserdaten

Bsp.: Nordwestliche Venloer Scholle: Erhöhte NO3-Werte an den GW-Messstellen
Mögliche Gründe: Sonderkultur-Flächen, nicht erfasste Gülle-Importe ?

Verallgemeinerung der Ergebnisse

Erft Verband

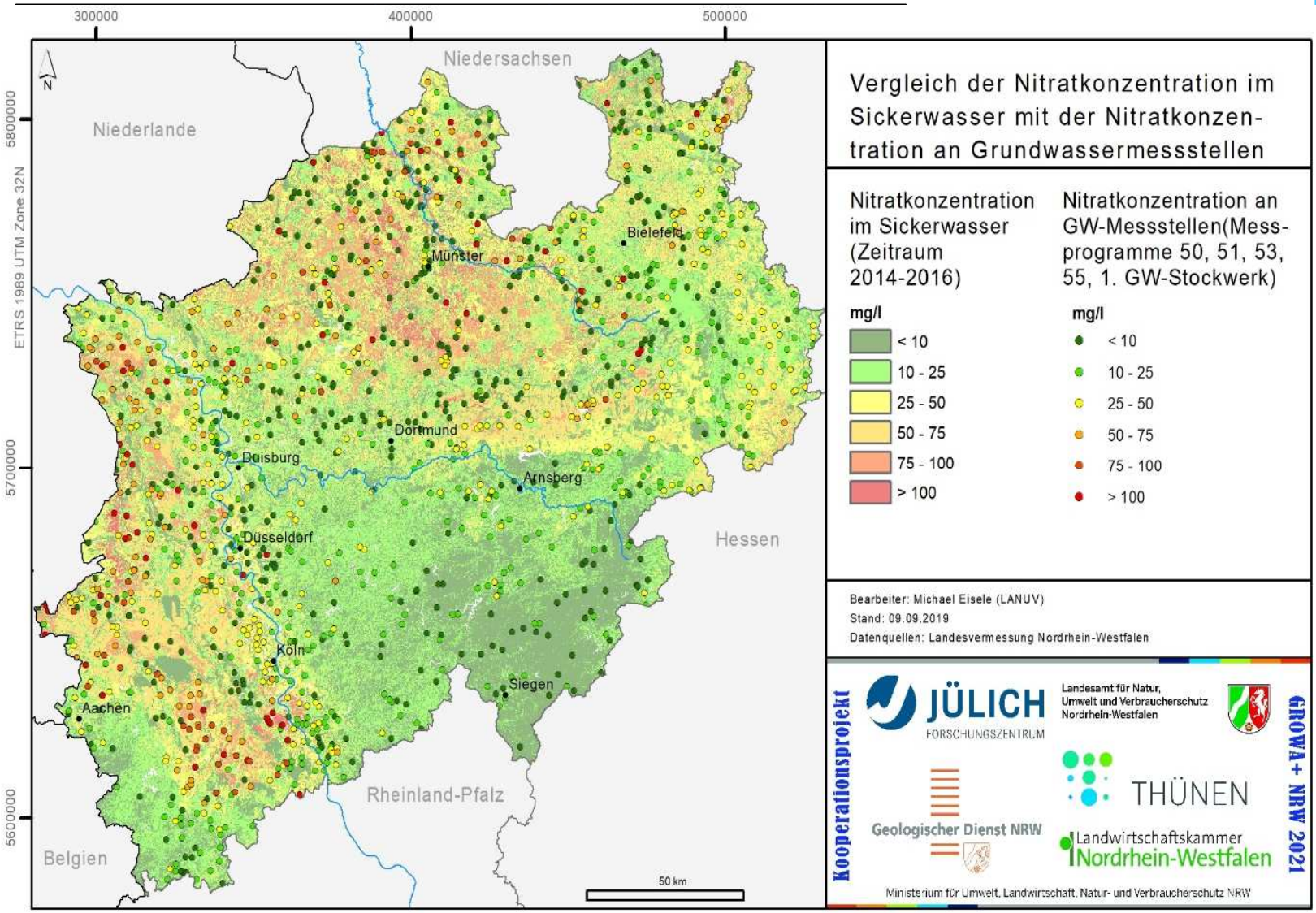
Kooperationsprojekt JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen THÜNEN Geologischer Dienst NRW Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW GROWA+ NRW 2021

- an zahlreichen Standorten auf allen tektonischen Schollen im Tätigkeitsbereich des Erftverbands besteht mindestens eine gute Übereinstimmung zwischen den modellierten Nitratwerten des Sickerwassers und den gemessenen Nitratkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers
- das Modell bildet das Gesamtsystem (Wasserhaushalt, Stickstoffhaushalt) sowie die Zusammenhänge und Einflußfaktoren, die die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers bestimmen, zuverlässig ab
- Abweichungen sind durch Genauigkeitsbeschränkungen der Eingangsdaten begründet (z. B. N-Überschüsse, Daten auf Gemeindeebene)
- Abweichungen treten bei externen Einflüssen wie Grundwasserabsenkungen, Infiltrationswassereinleitungen und Nitratabbau im Grundwasserleiter auf

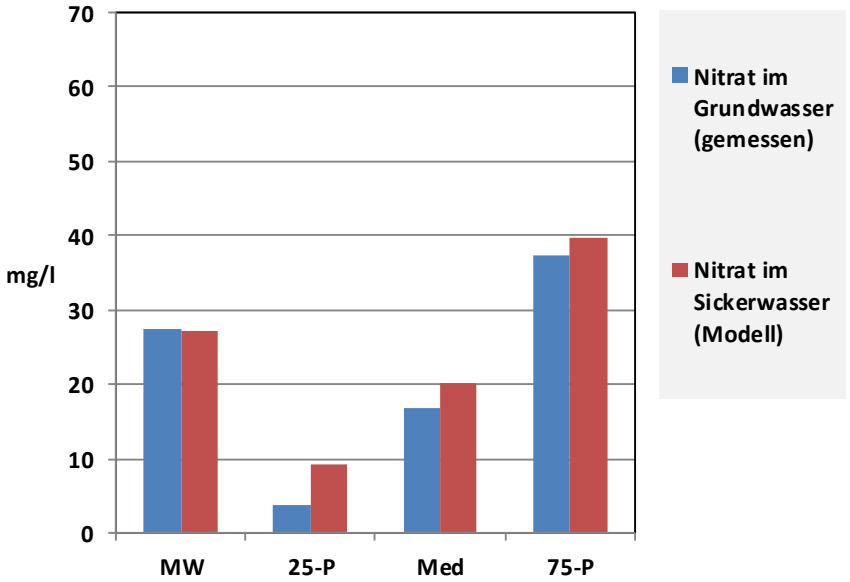
Auswertung landesweit

- Zielsetzung:
  - landesweiter Vergleich mit Nitratkonzentrationen an Grundwassermessstellen soll darüber Auskunft geben, ob die räumliche Verteilung der berechneten Nitrateinträge und deren Größenordnung plausibel sind.
  - Die Interpretation der Vergleichsergebnisse kann auch Hinweise auf relevante Einflussfaktoren auf (z.B. Denitrifikation, Verdünnung, Fließ- und Verweilzeiten) geben.
- Vergleich der Verteilung der berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser (Einzugsgebiet der Messstellen) mit der Verteilung der gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser anhand der jeweiligen Kenngrößen Mittelwert, 25-Perzentil, Median, 75-Pezentil
- Differenzierte Auswertung nach
  - Landnutzung, Region u.a.

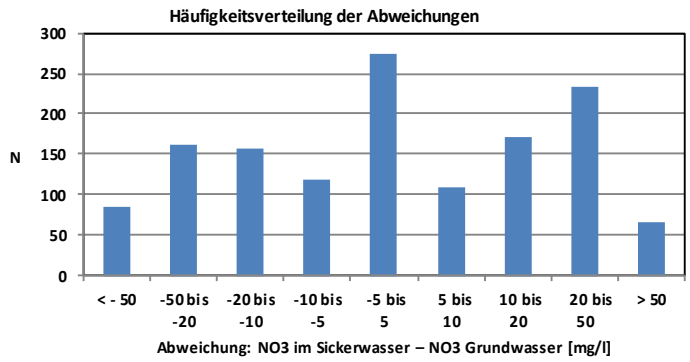
Nitrat: Sickerwasser vs. Grundwasser-Mst.

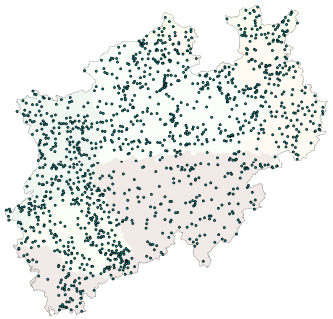


Auswertung: Alle Messstellen



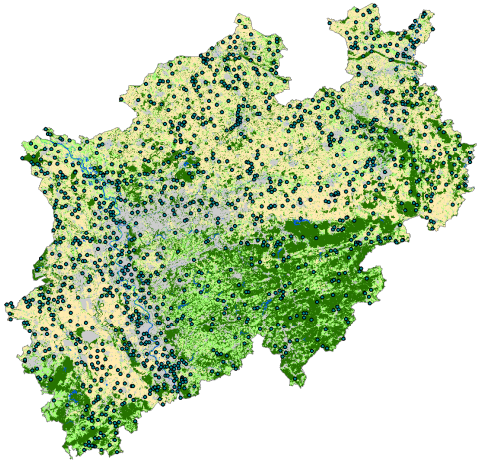
Hauptnutzung	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Acker	466	34
Siedlung	311	23
Grünland	277	20
Wald	320	23
Gesamt	1374	100



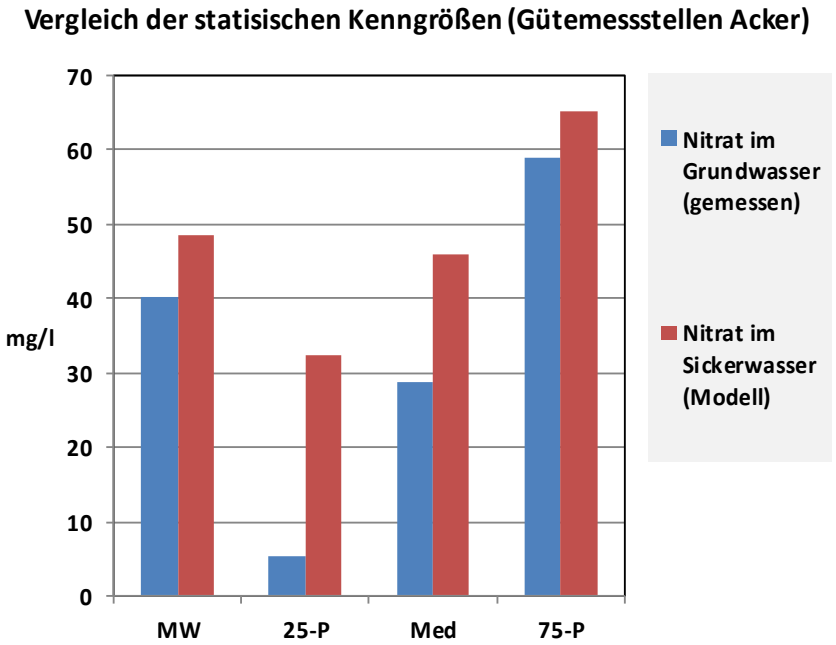


- Gute Übereinstimmung, modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser liegen geringfügig über den gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser

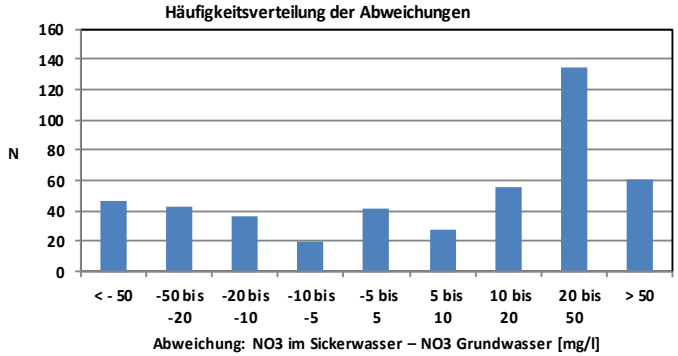
Auswertung nach Landnutzung



Auswertung: Messstellen Acker



Region	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Niederrheinische Bucht	85	18
Niederrheinisches Tiefland	79	17
Rheinisches Schiefergebirge	30	6
Weserbergland	70	15
Westfälische Bucht	164	35
Westfälisches Tiefland	38	8
Gesamt	466	100

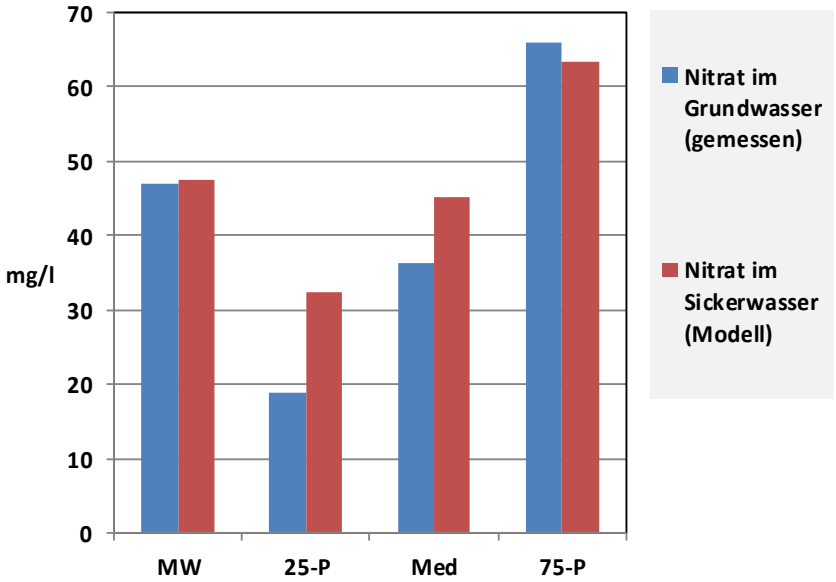


- modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser bei „Messstellen Acker“ z.T. deutlich über den gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

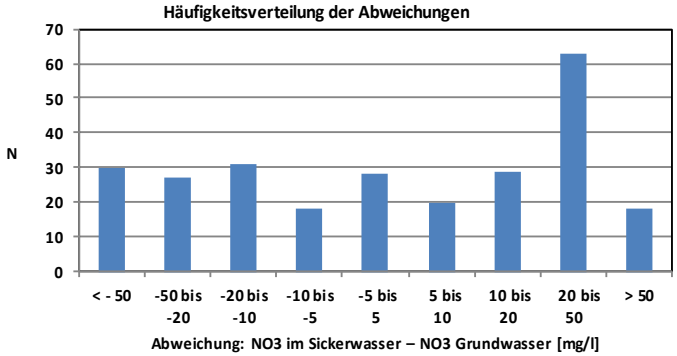
➢ Ursache: Denitrifikation im Grundwasser (ist bei modellierter Nitratkonzentrationen im Sickerwasser noch **<u>nicht</u>** berücksichtigt. Ein verhältnismäßig großer Anteil der Messstellen mit Nutzung Acker liegt in Gebieten mit hoher Denitrifikation im Grundwasser.

Auswertung: Messstellen Acker

Vergleich der statisischen Kenngrößen (Gütemessstellen Acker ohne Westf. Bucht und Westf. Tiefland)

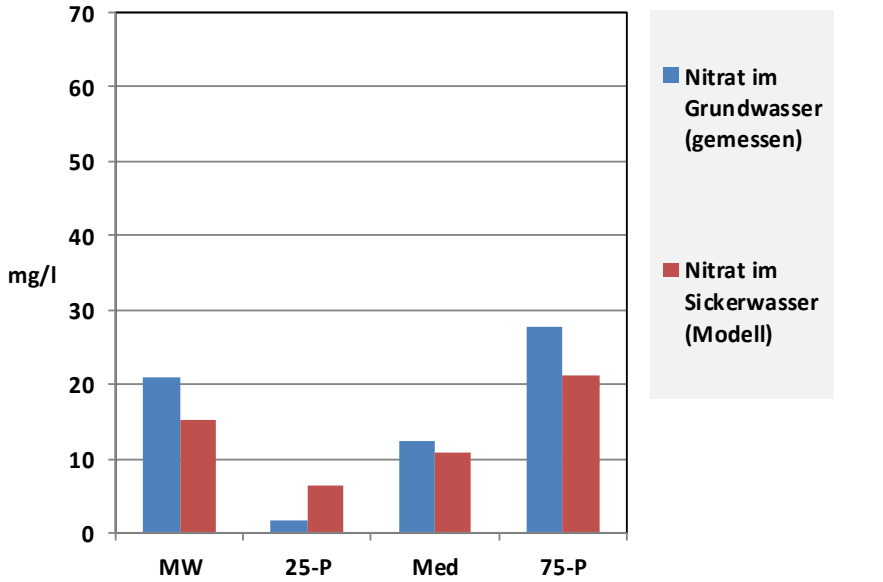


Region	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Niederrheinische Bucht	85	32
Niederrheinisches Tiefland	79	30
Rheinisches Schiefergebirge	30	11
Weserbergland	70	27
Gesamt	262	100

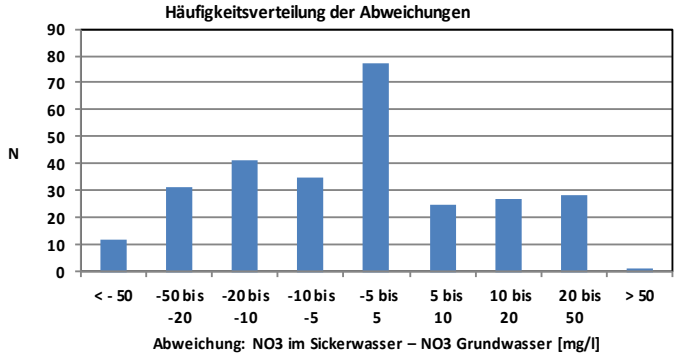


- Werden die Bereiche mit hoher Denitrifikation im Grundwasser aus der Bewertung ausgenommen, stimmen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser besser mit den Messwerten im Grundwasser überein

Auswertung: Messstellen Grünland



Region	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Niederrheinische Bucht	11	4
Niederrheinisches Tiefland	42	15
Rheinisches Schiefergebirge	99	36
Weserbergland	32	12
Westfälische Bucht	78	28
Westfälisches Tiefland	15	5
Gesamt	277	100

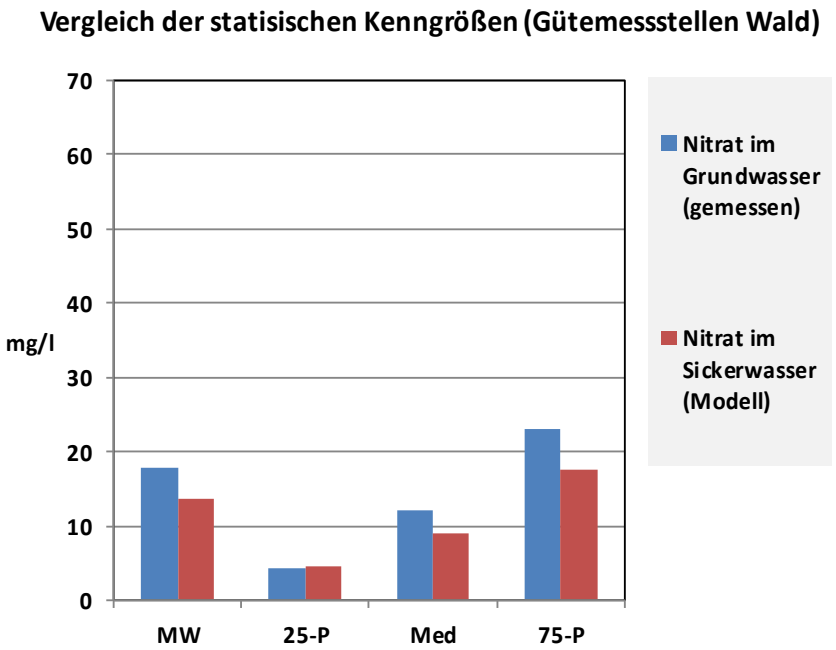


- modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser bei „Messstellen Grünland“ z.T. geringfügig unterhalb der gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser, bei 25-P leicht darüber.
- Mögliche Ursachen:

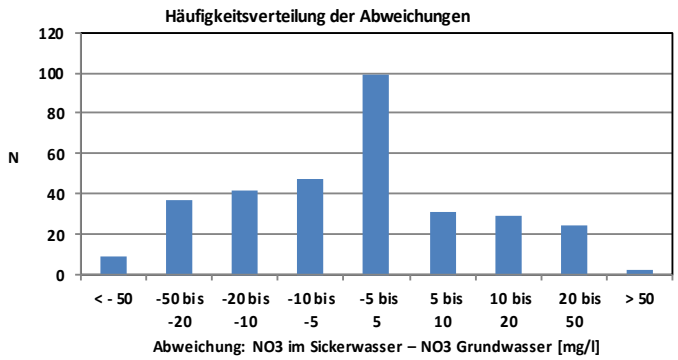
➢ N-Immobilisierung Grünland wird bei der Modellierung ggf. etwas überschätzt

➢ Modellinput N-Überschuss geht als Mittel je Gemeinde ein; Intensität der Bewirtschaftung unterscheidet sich bei Grünlandstandorten stark

Auswertung: Messstellen Wald



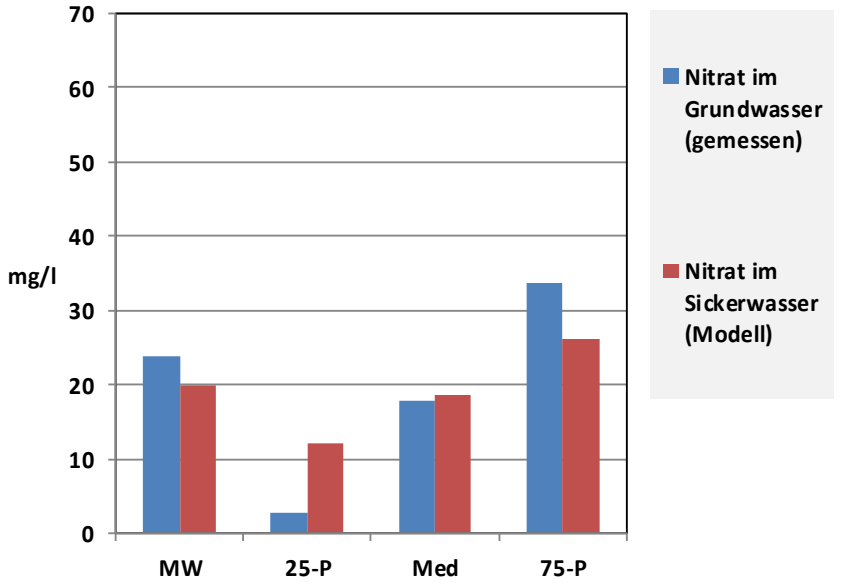
Region	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Niederrheinische Bucht	40	13
Niederrheinisches Tiefland	44	14
Rheinisches Schiefergebirge	110	34
Weserbergland	55	17
Westfälische Bucht	68	21
Westfälisches Tiefland	3	1
Gesamt	320	100



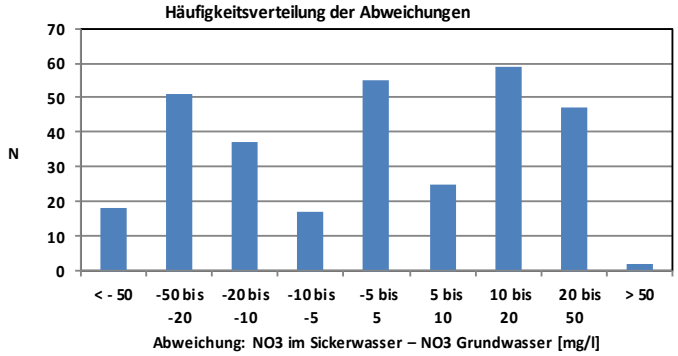
- Gute Übereinstimmung, modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser liegen geringfügig unterhalb der gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

➢ Mögliche Ursache: N-Immobilisierung im Wald wird bei der Modellierung ggf. etwas überschätzt

Auswertung: Messstellen Siedlung



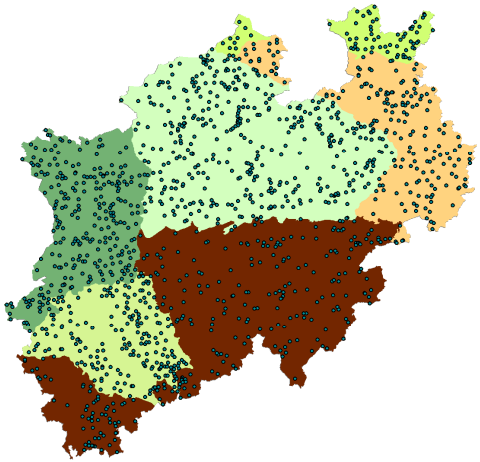
Region	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Niederrheinische Bucht	63	20
Niederrheinisches Tiefland	83	27
Rheinisches Schiefergebirge	38	12
Weserbergland	25	8
Westfälische Bucht	89	29
Westfälisches Tiefland	13	4
Gesamt	311	100



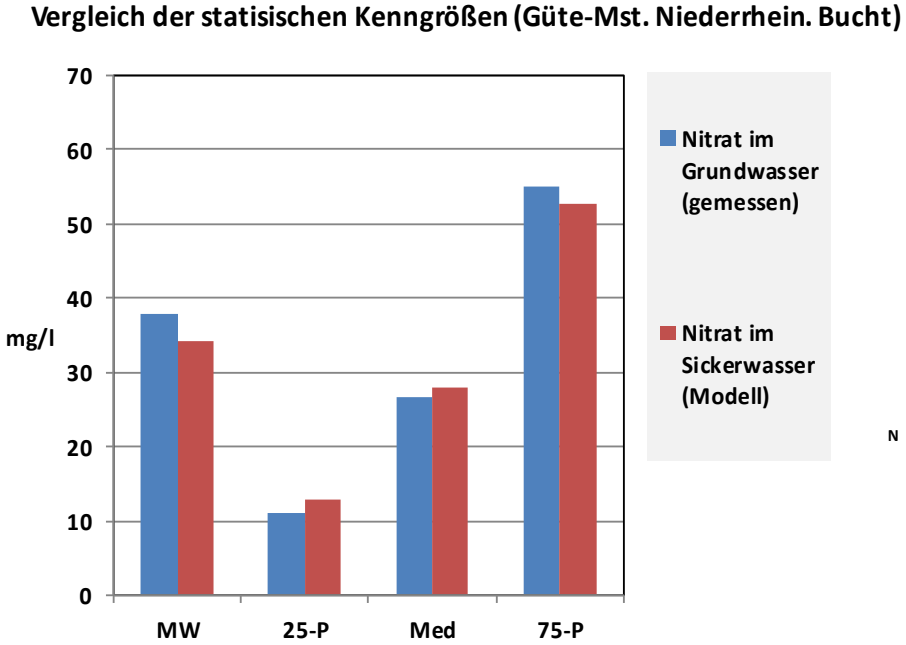
- Generell gute Übereinstimmung, modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, Abweichungen nach beiden Richtungen (25- und 75-Perzentil).

➢ Mögliche Ursache: Modellinput N-Fracht je Einwohner geht als Mittel je Gemeinde ein und wird gleichmäßig auf die Siedlungsfläche verteilt; in der Realität sind die N-Austräge im Bereich der Abwasserleitungen erhöht.

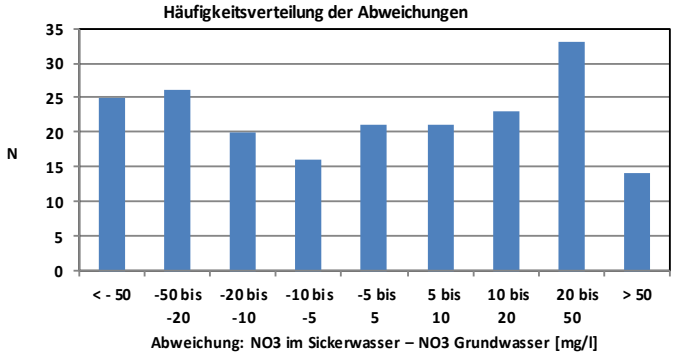
Auswertung nach Region



Auswertung: Niederrheinische Bucht

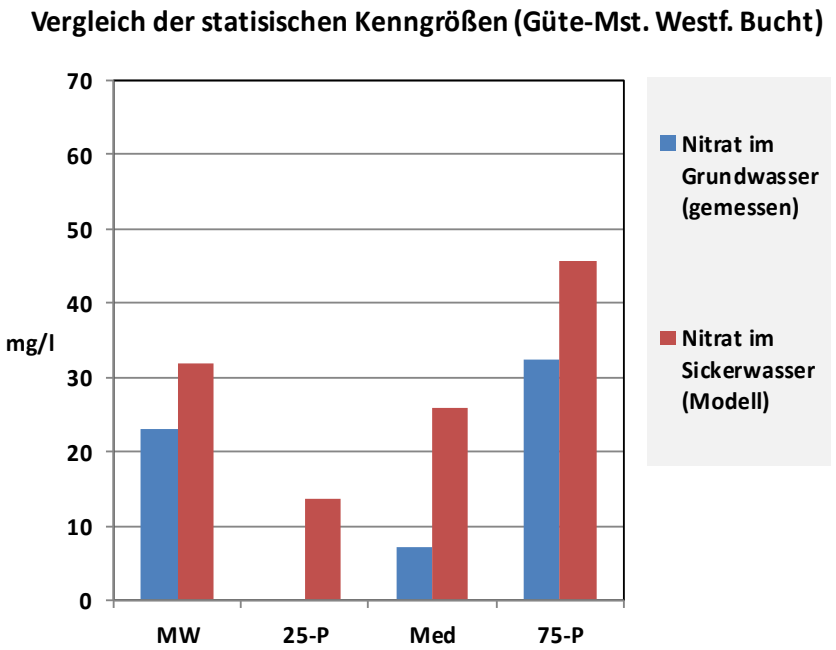


Hauptnutzung	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Acker	85	43
Siedlung	63	32
Grünland	11	6
Wald	40	20
Gesamt	199	100

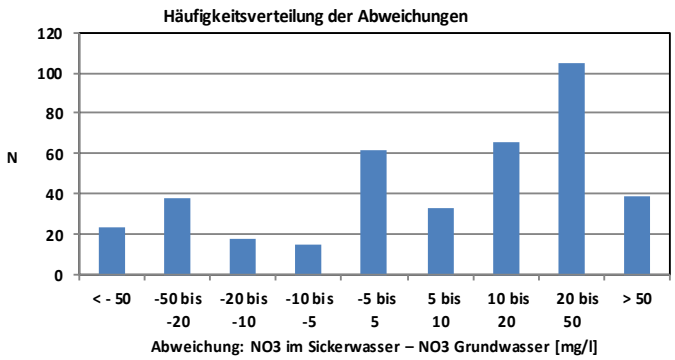


- Gute Übereinstimmung, modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser liegen nur geringfügig über / unter den gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

Auswertung: Westfälische Bucht



Hauptnutzung	Anzahl Messstellen	Anteil (%)
Acker	164	41
Siedlung	89	22
Grünland	78	20
Wald	68	17
Gesamt	399	100



- modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser liegen systematisch über den gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

➢ Ursache: Denitrifikation im Grundwasser (ist bei modellierter Nitratkonzentration im Sickerwasser noch nicht berücksichtigt.

Fazit

1. Dort, wo keine oder eine nur geringe Denitrifikation im Grundwasser erwartet werden kann (z.B. Niederrheinische Bucht, Weserbergland, Schiefergebirge) stimmen die modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung und Größenordnung sehr gut mit den Messwerten im Grundwasser (Gütemessstellen HYGRIS-C, 1. Stockwerk) überein.

➢ *durch fehlende Denitrifikation im Grundwasser bleibt (modellierte) Nitratkonzentrationen im Sickerwasser im Grundwasserleiter erhalten.*

Fazit

2. In den Aquiferen der Westfälischen Bucht und im Westfälischen Tiefland gibt es Denitrifikationsprozesse. Dort liegen die modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser systematisch über den gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

- *Ursache: Denitrifikation im Grundwasser ist bei der modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser noch nicht berücksichtigt und dementsprechend noch nicht in diese Auswertung eingegangen.*
- *Denitrifikationsrate im Grundwasser wird im nächsten Modellschritt berechnet.* ⟶ *Gegenstand der Validierung auf Basis von Untersuchungen zur Denitrifikation an GW-Messstellen* (N_2/Ar-Methode)

Fazit

- das Modell bildet das Gesamtsystem sowie die Zusammenhänge und Einflussfaktoren, die die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers bestimmen, zuverlässig ab
- Abweichungen sind durch Genauigkeitsbeschränkungen der Eingangsdaten (z. B. N-Überschüsse, Daten auf Gemeindeebene) oder externe Einflüsse (z.B. Nitratabbau im Grundwasserleiter auf)

LANUV
Kompetenz für ein lebenswertes Land

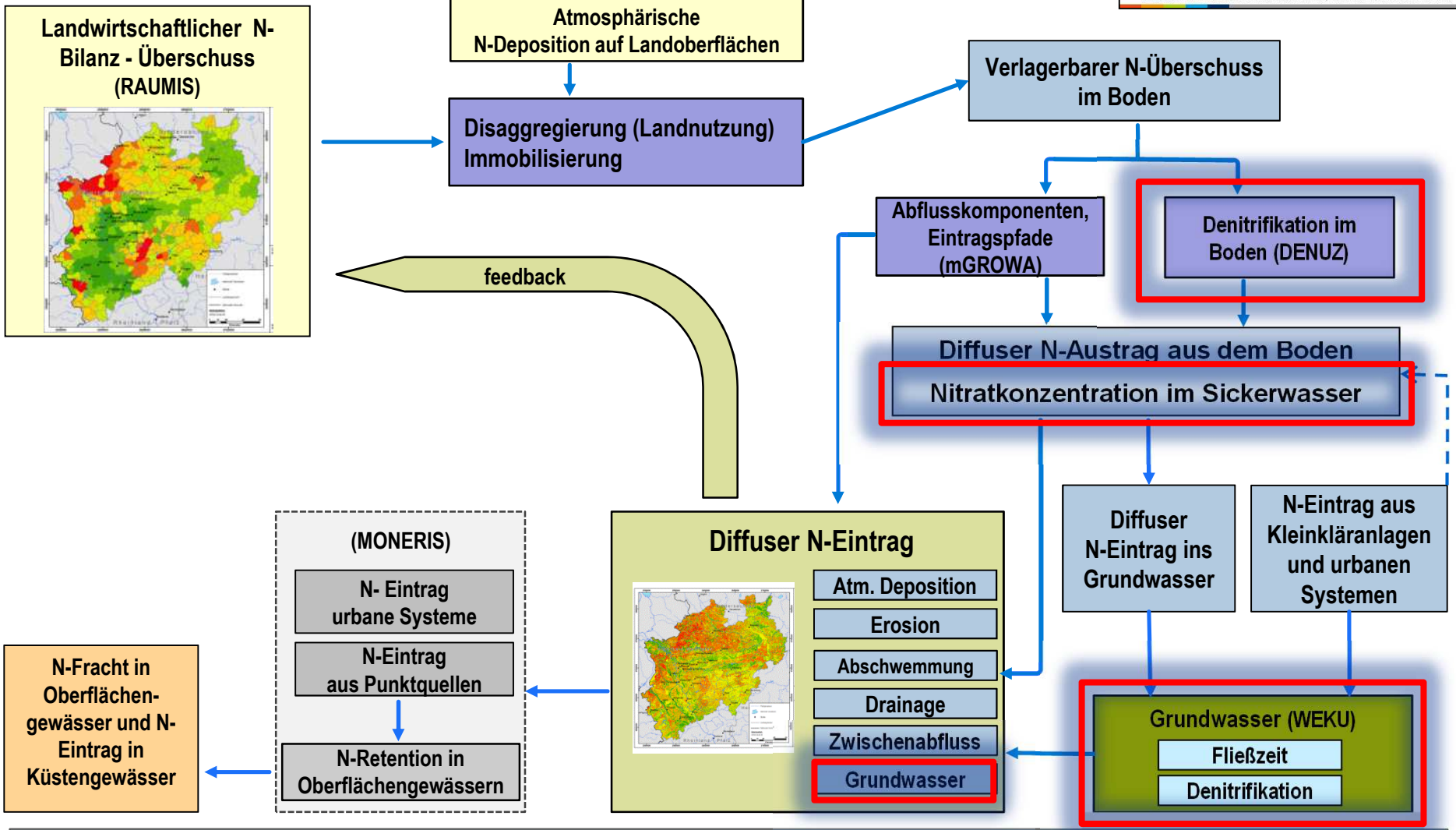
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Ergebnisse der Untersuchungen zum Nitratabbau im Grundwasser und deren Nutzung zur Modellvalidierung

Michael Eisele

GROWA+NRW2021:

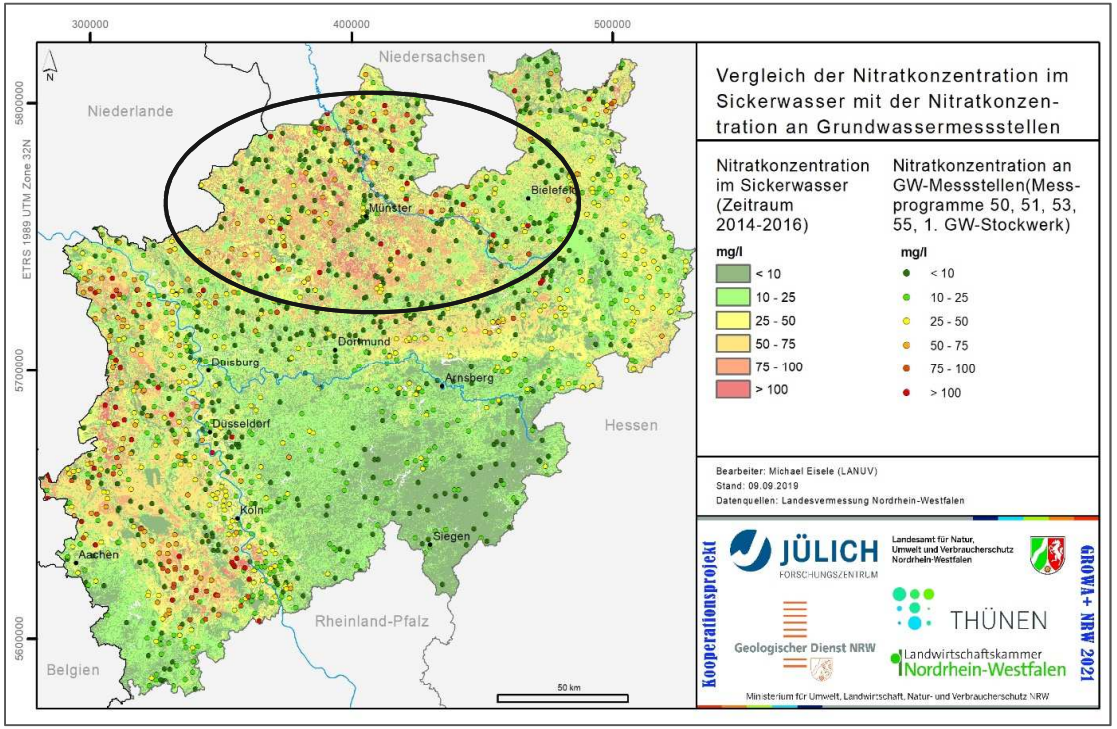
Modellsystem RAUMIS-mGROWA-DENUZ-WEKU



Denitrifikationsprozesse finden im Boden und im Grundwasser statt und müssen für eine realitätsnahe Modellierung der N-Einträge berücksichtigt werden → Wie valide sind die Ergebnisse?

Validitätsüberprüfung „Nitratkonzentration im Sickerwasser“

Ca. **1400** Gw-Msst. der Landesgrundwasserdatenbank

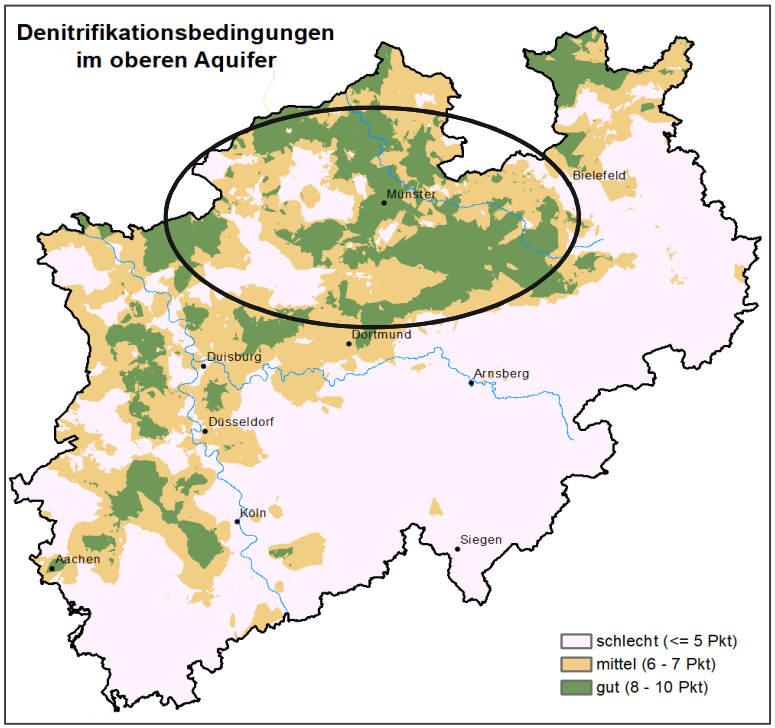


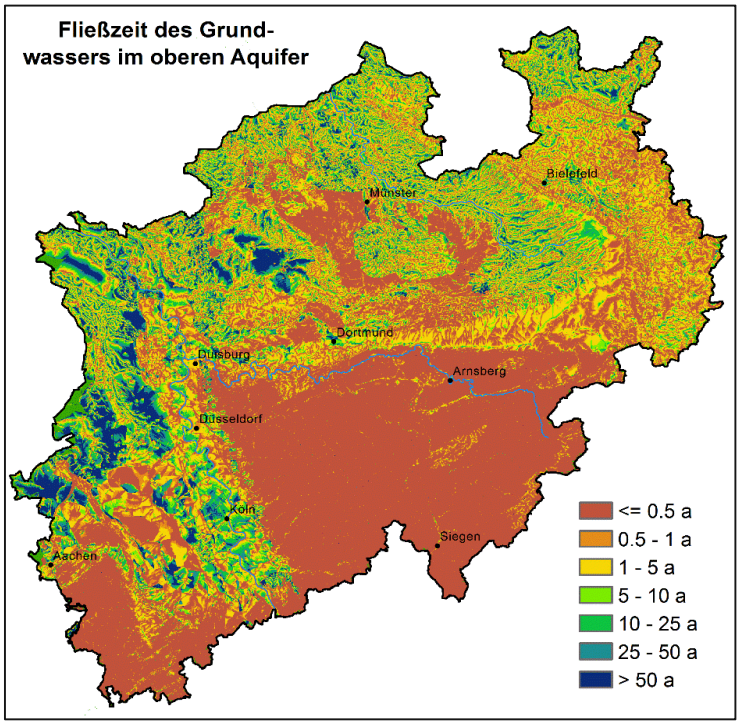
Räumliche Verteilung und Größenordnung der modellierten Nitratkonz. im Sickerwasser stimmt sehr gut mit Messwerten im Grundwasser <u>oxidierter Aquifere</u> überein

- **In reduzierten Aquiferen wird kann Nitrat im Grundwasser abgebaut werden: die Nitratkonzentration im Sickerwasser stimmt dann nicht mit den Messwerten im Grundwasser überein**

Validitätsüberprüfung „Nitratkonzentration im Sickerwasser“

Abbaubedingungen und Fließzeit im Teilmodell WEKU





Dieser Abbau wird im Teilmodell WEKU in Abhängigkeit von der Fließzeit und den Abbaudingungen simuliert.

- **Wie realistisch ist der Nitratabbau im Modell?**
- **Zur Validierung können Messungen der Denitrifikation mit der N_2/Ar-Methode herangezogen werden**

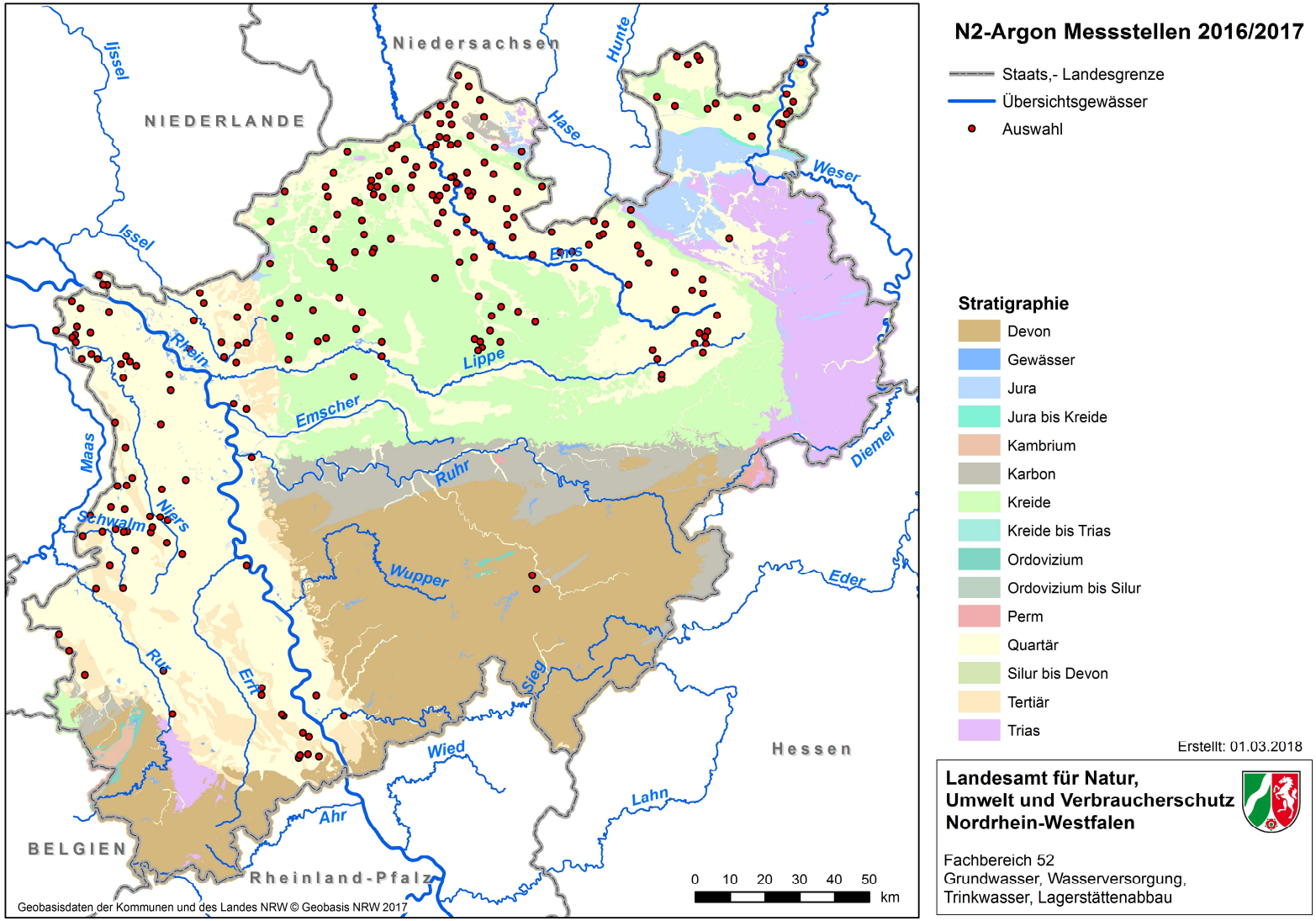
Methodik: N_2/Ar-Methode

- Bei der N_2/Ar-Methode werden die im Grundwasser gelösten Gase Argon und N_2 gemessen und in Relation gesetzt.
- Aus der Abweichung des N_2-Gehalts von vom natürlichem N_2/Argon-Verhältnis wird der „Exzess-N_2“ berechnet. Dieser wird als Indikator für den atomaren Stickstoff, der aus dem Abbau von in das Grundwasser eingetragenem Nitrat resultiert, verwendet.
- Der Exzess-N_2 wird zu Vergleichszwecken in sein Nitratäquivalent umgerechnet („Exzess-N_2 als NO_3).
- Durch Addition von Exzess-N_2 als NO_3 und gemessener Nitratkonzentration wird auf die ursprünglich vorhandene Nitrateintragskonzentration geschlossen („NO_3t0“).
- Unsicherheiten: Durch Ausgasung kann das N_2/Argon-Verhältnis verändert werden, es kann nicht zwischen der Denitrifikation im Boden und Grundwasser (gesättigtem Bereich) unterschieden werden.

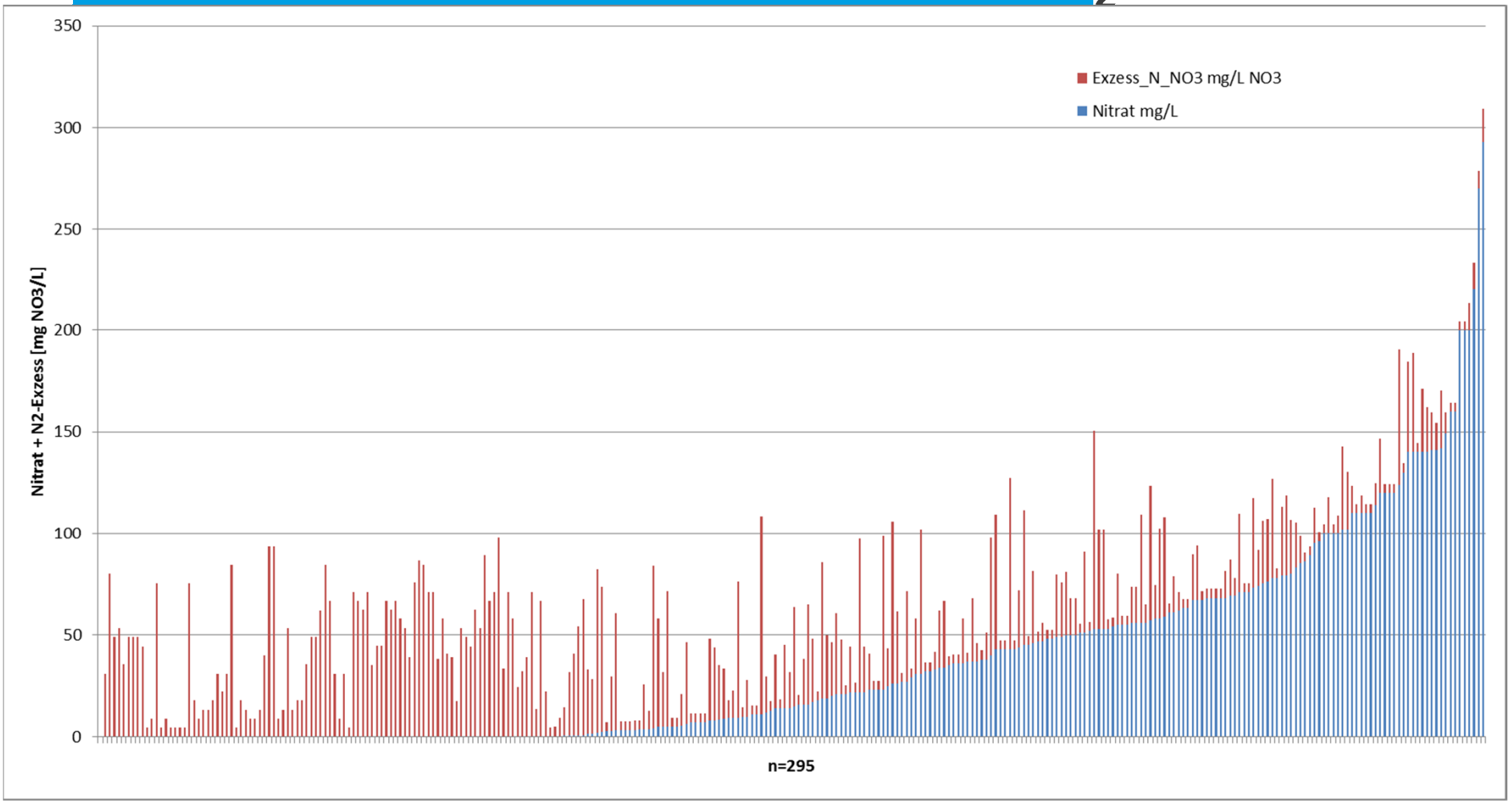
N_2/Ar Untersuchungen in NRW

- Im Auftrag des LANUV wurden 2016/17 an ca. 270 Grundwassermessstellen in NRW Messungen mit der N_2/Ar-Methode durchgeführt.
- Ziele:
  - Erprobung der Methodik / Aussagekraft
  - Überblick über Größenordnung und räumliche Verteilung der Denitrifikation im Grundwasser in NRW
  - Unabhängige Überprüfung der Annahmen zur Denitrifikation in der Modellkette RAUMIS-mGROWA-DENUZ-WEKU.

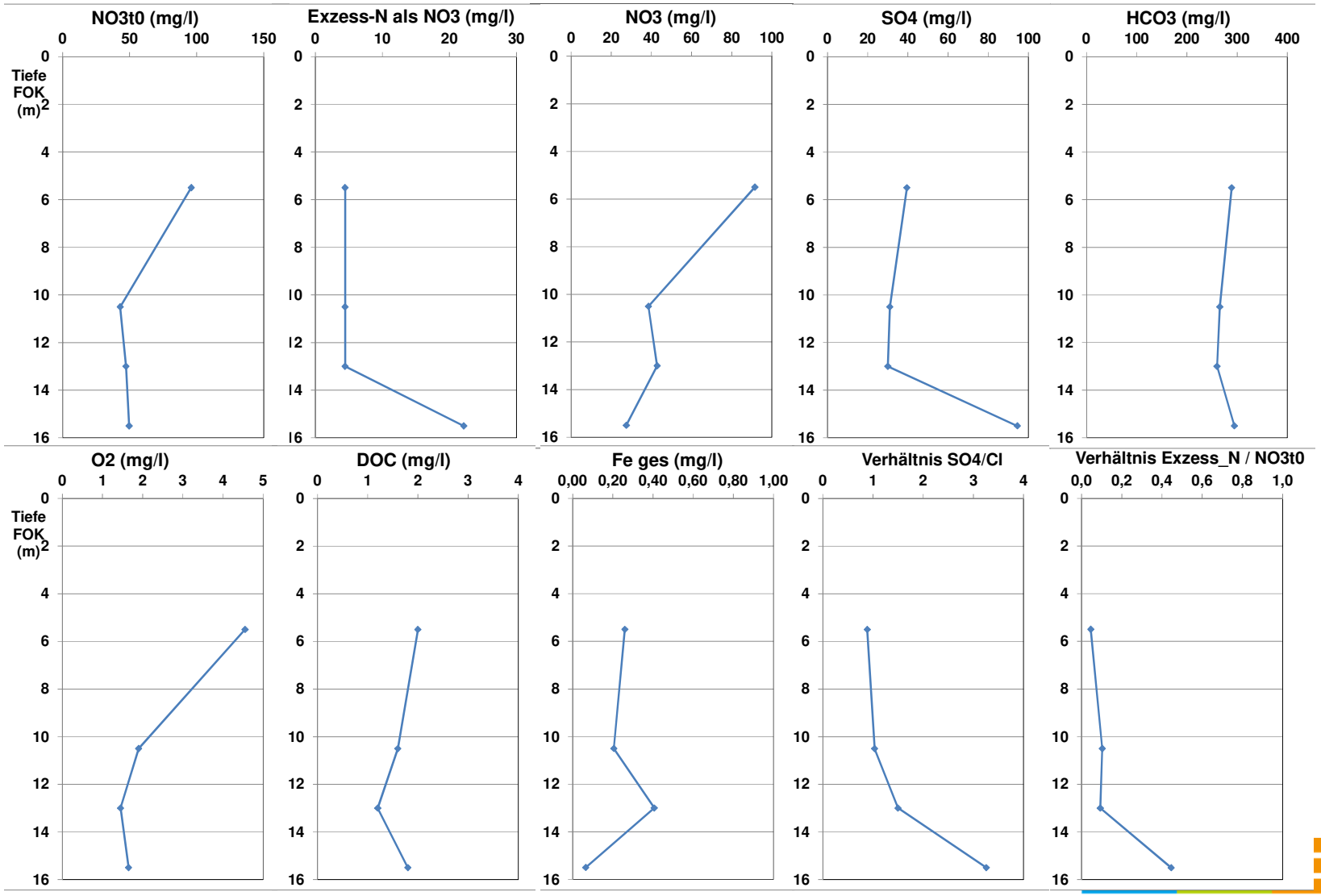
Methodik: Untersuchte Messstellen



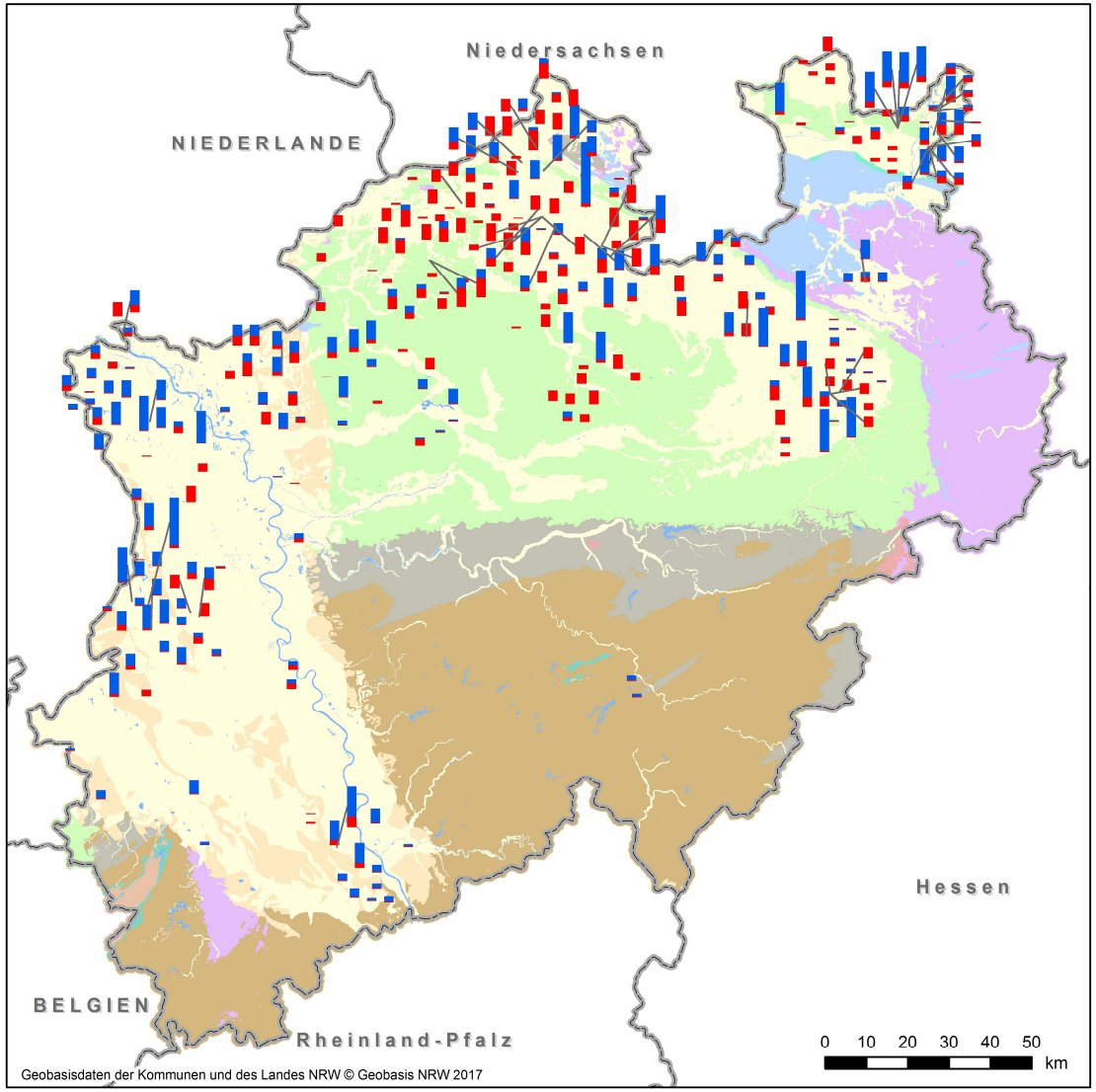
Ergebnisse: Nitrat- und Exzess-N_2



Ergebnisse: Multilevelmessstelle BS 1 ML Nordheide



Ergebnisse: Nitrat- und Exzess-N_2



N2-Argon Messsungen 2016/2017

Staats,- Landesgrenze

Ergebnisse

Messungen Exzess_N (mg/l)

150

NITRAT

Exzess-N als Nitrat

Stratigraphie

- Devon
- Gewässer
- Jura
- Jura bis Kreide
- Kambrium
- Karbon
- Kreide
- Kreide bis Trias
- Ordovizium
- Ordovizium bis Silur
- Perm
- Quartär
- Silur bis Devon
- Tertiär
- Trias

Erstellt: 01.03.2018

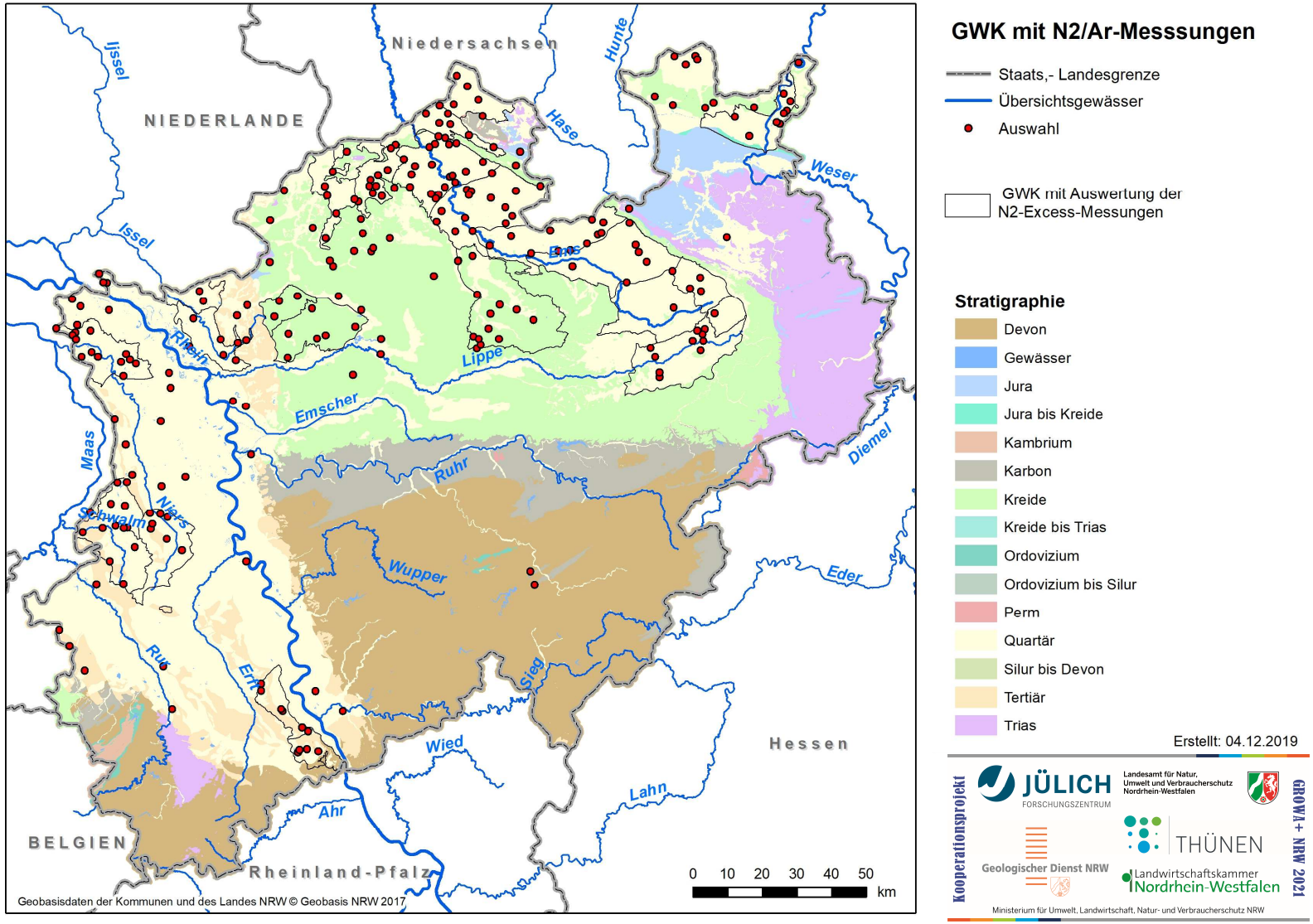
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Fachbereich 52
Grundwasser, Wasserversorgung, Trinkwasser, Lagerstättenabbau

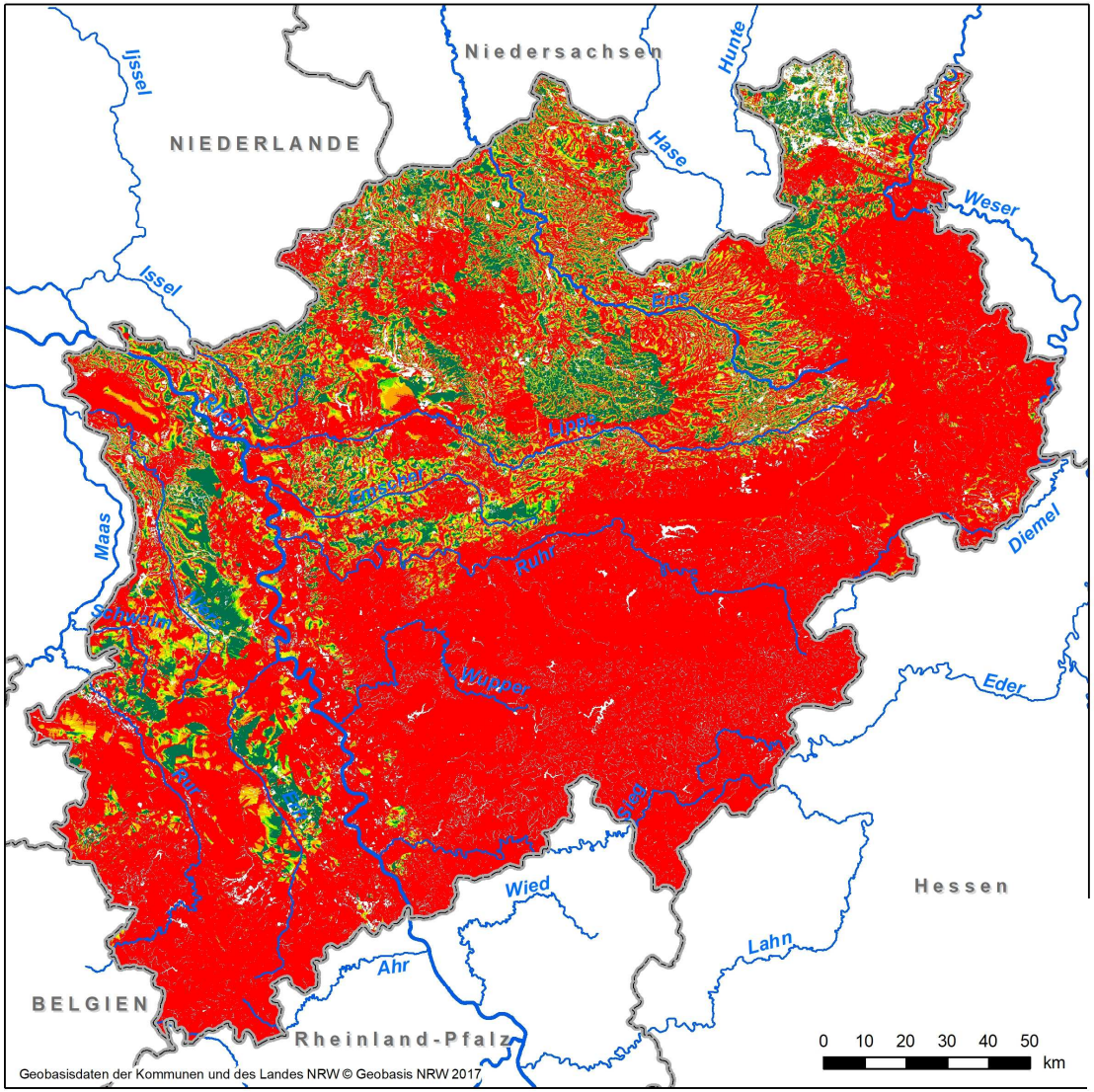
Auswertung auf Ebene der GWK: Vergleich

- Vergleich des an den Messstellen ermittelten Anteils der Denitrifikation (Exzess-N_2) an der Nitrateintragskonzentration („NO_3t0) mit dem im WEKU-Modell abgebauten Anteil des N-Eintrags ins Grundwasser
- Vergleich auf Ebene von GWK / GWK-Gruppen mit ausreichender Anzahl von Messstellen

Auswertung auf Ebene der GWK



Auswertung auf Ebene der GWK: Modell



Denitrifikation im Grundwasser (WEKU-Modell)

Staats,- Landesgrenze

Übersichtsgewässer

Abgebauter Anteil des Nitrateintrags ins Grundwasser

%

- < 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100

Erstellt: 04.12.2019

Kooperationsprojekt

JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Geologischer Dienst NRW

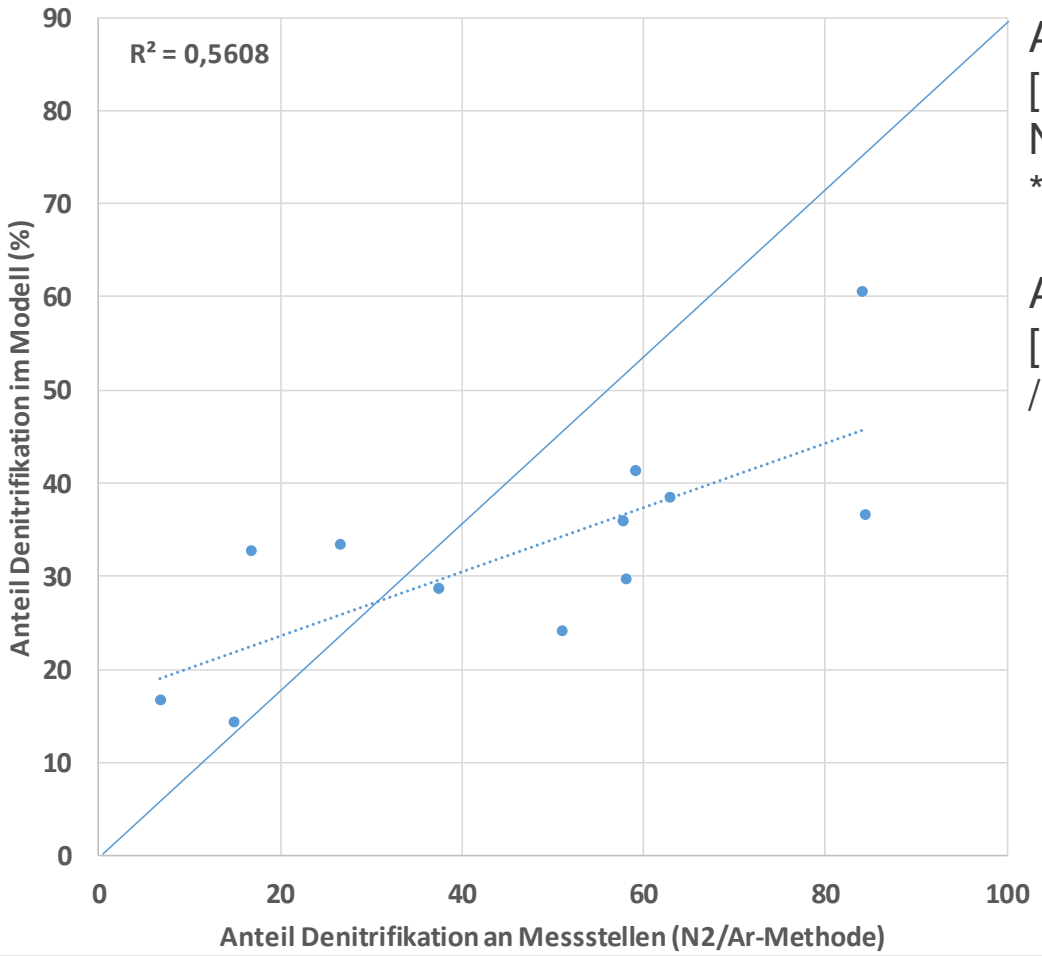
THÜNEN

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW

GROWA+ NRW 2021

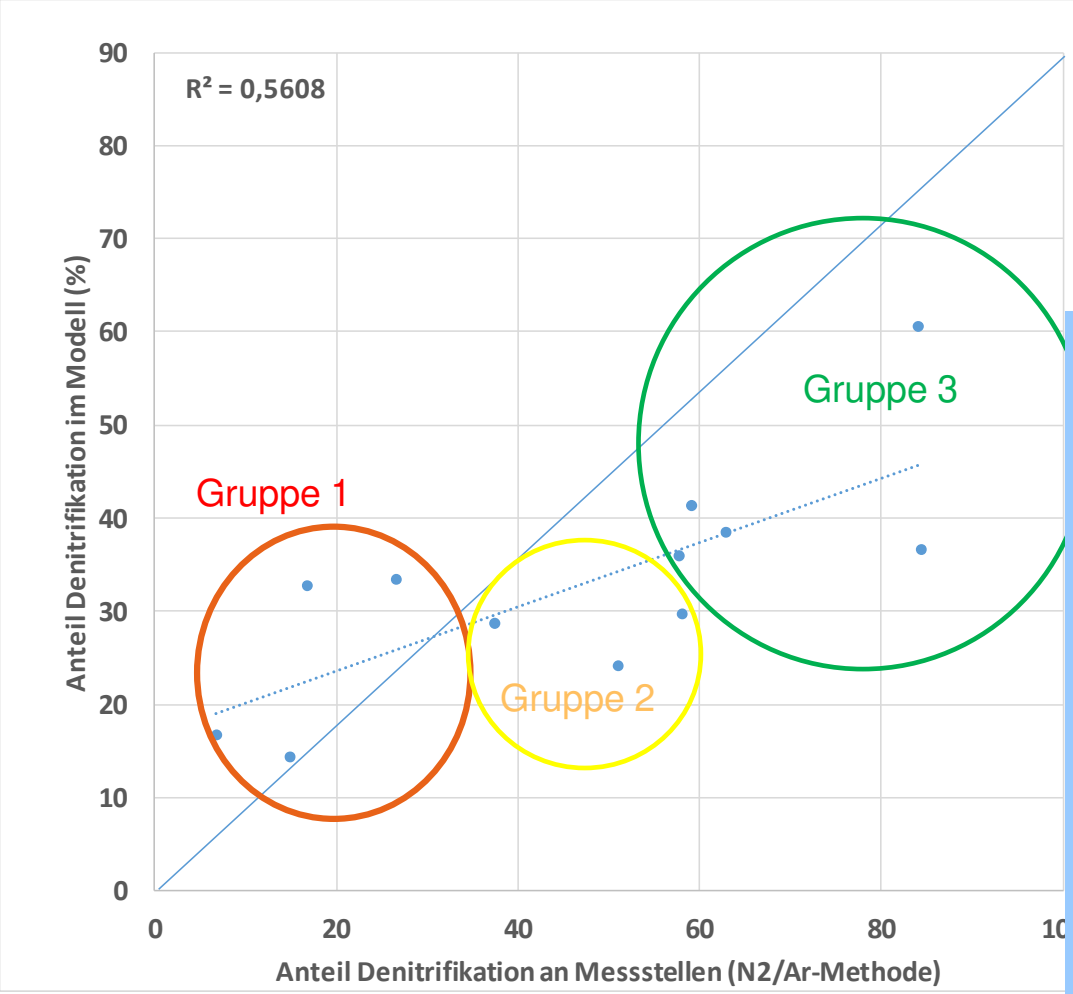
Auswertung auf Ebene der GWK: Ergebnis



Anteil Denitrifikation Messstelle:
[Exzess-N_2 (als NO_3) / NO_3-Eintragskonzentration (NO_3t0)] *100

Anteil Denitrifikation Modell:
[1 – (N-Austrag in Vorfluter über GW / N-Eintrag ins GW)] * 100

Auswertung auf Ebene der GWK: Ergebnis

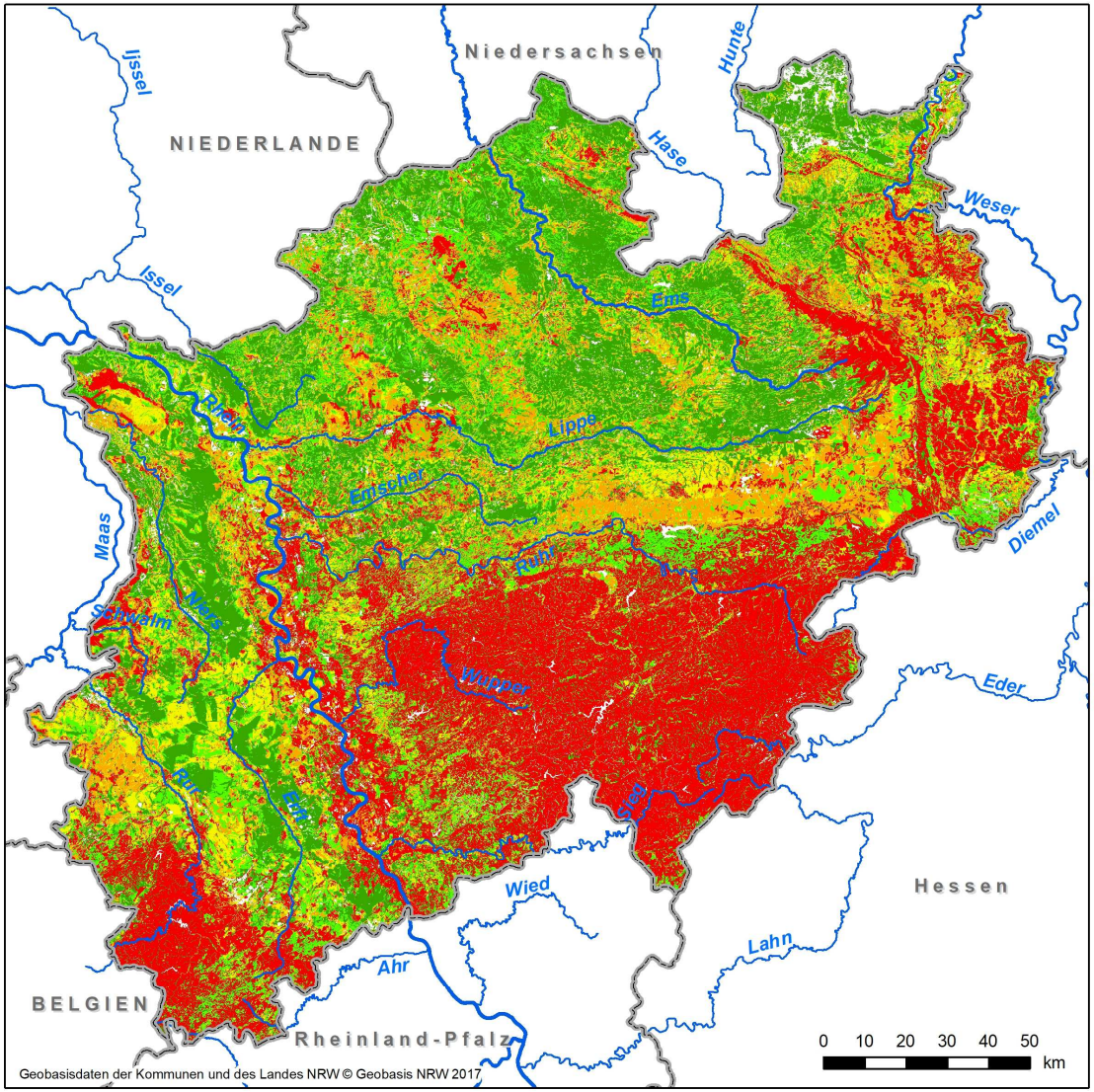


Gruppen mit unterschiedlich hohem Anteil der Denitrifikation

In Gruppe 2 und 3 ist der Denitrifikationsanteil im Modell niedriger.

- Viele Messstellen mit geringem Flurabstand
- Im Exzess-N_2 -Wert ist Denitrifikation im Boden enthalten

Auswertung auf Ebene der GWK: Modell



Denitrifikation im Grundwasser (WEKU-Modell) und Boden (DENUZ-Modell)

Staats,- Landesgrenze

Übersichtsgewässer

Abgebauter Anteil des Nitrateintrags ins Grundwasser zuzüglich der im Boden abgebauten N-Menge (Anteil GW-Neubildung)

%

- < 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100

Erstellt: 04.12.2019

Kooperationsprojekt

JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Geologischer Dienst NRW

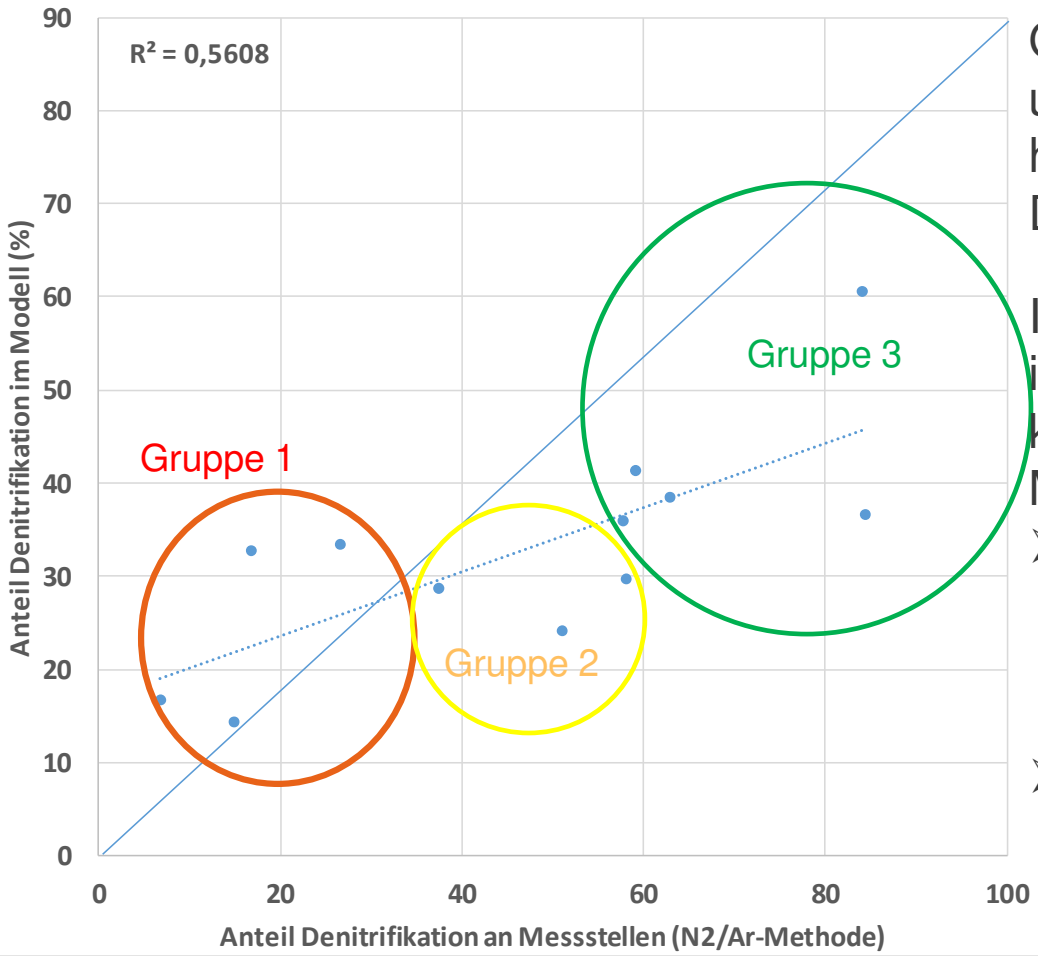
THÜNEN

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW

GROWA+ NRW 2021

Auswertung auf Ebene der GWK: Ergebnis

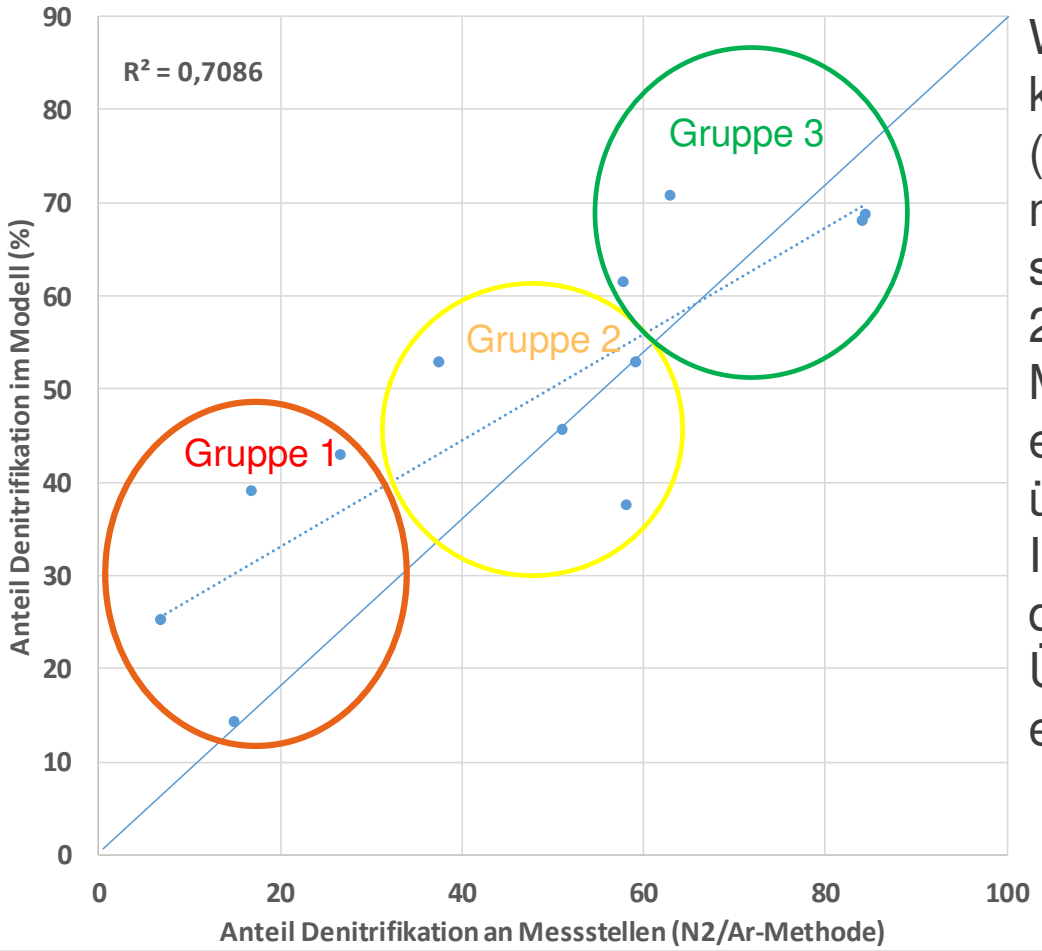


Gruppen mit unterschiedlich hohem Anteil der Denitrifikation

In Gruppe 2 und 3 ist der Denitrifikationsanteil im Modell niedriger.

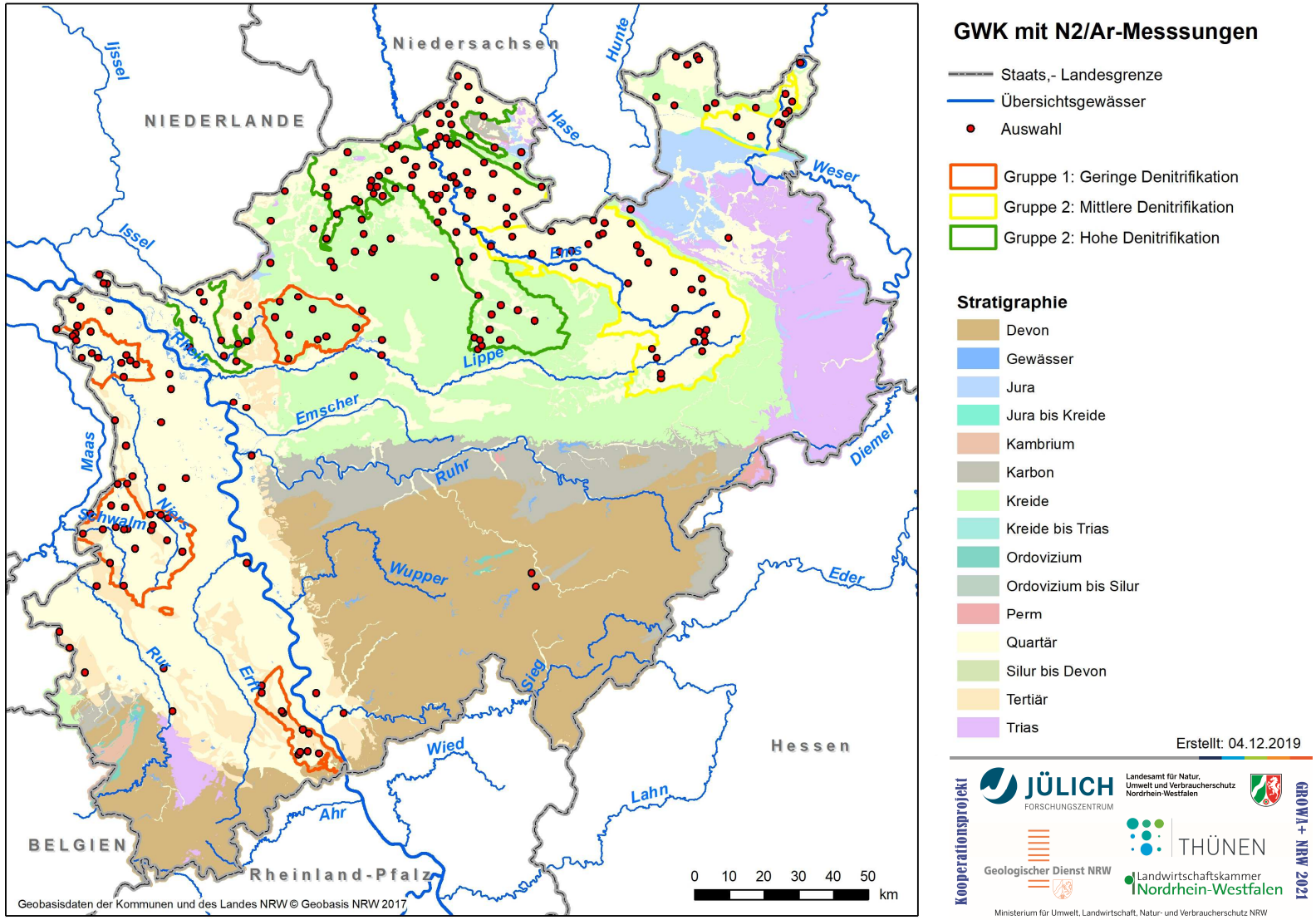
- Viele Messstellen mit geringem Flurabstand
- Im Exzess-N_2 -Wert ist Denitrifikation im Boden enthalten

Auswertung auf Ebene der GWK: Ergebnis

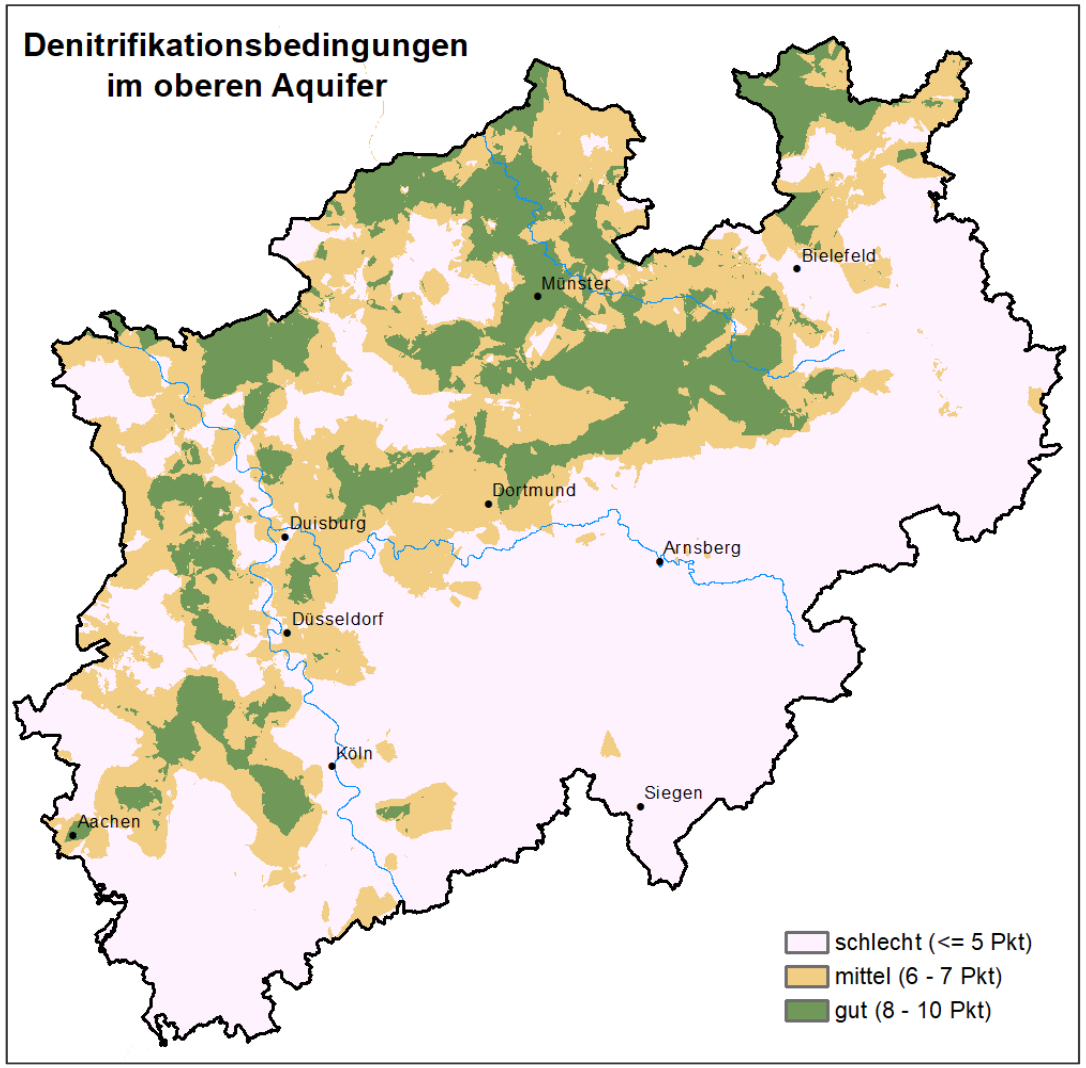


Wird die Denitrifikation im Boden (DENUZ) mitberücksichtigt stimmen in Gruppe 2 und 3 Modell und Messstellenergebnis gut überein.
In Gruppe 1 nimmt die Übereinstimmung etwas ab.

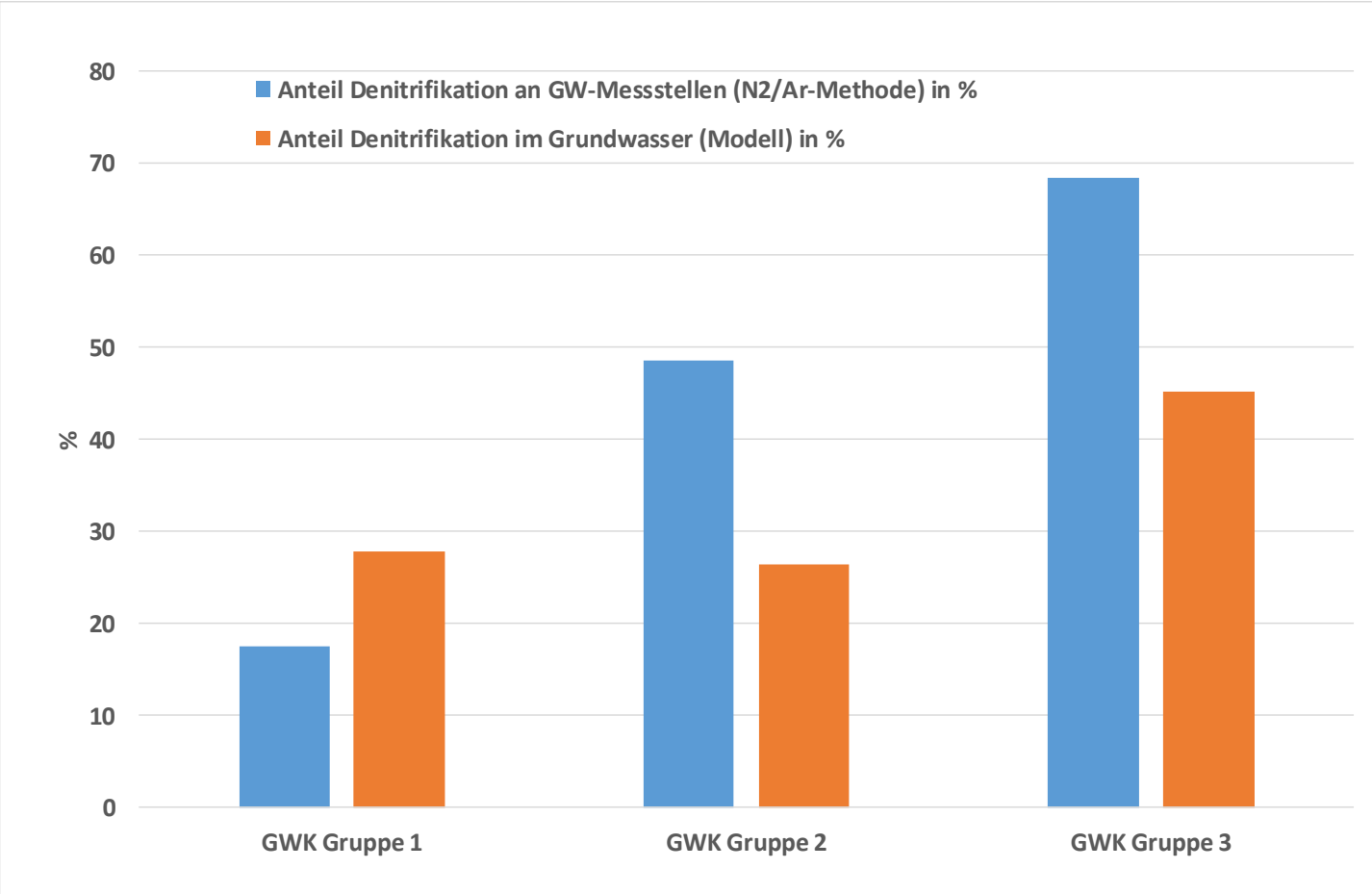
Auswertung auf Ebene der GWK-Gruppen



Auswertung auf Ebene der GWK-Gruppen

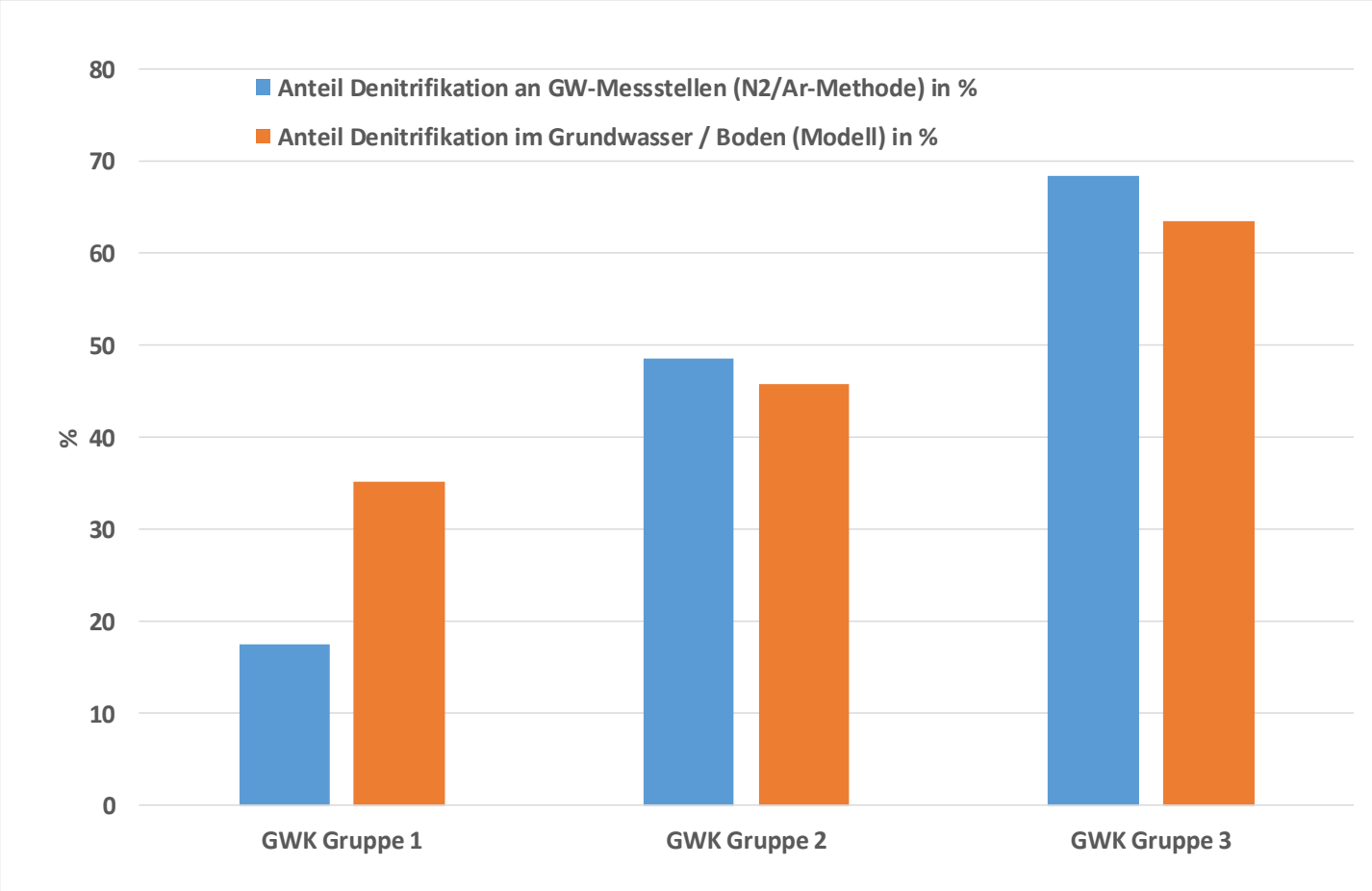


Auswertung auf Ebene der GWK-Gruppen



Ohne Berücksichtigung der Denitrifikation im Boden

Auswertung auf Ebene der GWK-Gruppen



Mit Berücksichtigung der Denitrifikation im Boden

Zusammenfassung

- Mit Hilfe der N_2/Ar-Messungen kann Denitrifikation an einem großen Teil der untersuchten Messstellen nachgewiesen werden.
- Mit dem Parameter Exzess-N_2 kann die Größenordnung der Denitrifikation unabhängig von den standardmäßig gemessenen Parametern abgeschätzt werden.
- Der Anteil der Denitrifikation im Modell kann mit dem Anteil der Denitrifikation an Messstellen (nach N_2/Ar-Methode) verglichen werden.
- Die Größenordnung und räumliche Verteilung der Denitrifikation im Modell wird durch Exzess-N_2 -Messungen an Messstellen bestätigt
- In Gebieten mit hohem Anteil an Messstellen mit niedrigem Flurabstand wird durch die Exzess-N_2 -Messungen sowohl Denitrifikation im Grundwasser als auch im Boden indiziert.

Zusammenfassung / Ausblick

- Wird die Denitrifikation im Boden aus dem DENUZ-Modell anteilig mitberücksichtigt ergibt sich in diesen Gebieten eine höhere Übereinstimmung mit den N_2-Excess-Ergebnissen
- Die Denitrifikation in der Modellkette konnte auf Basis der Messungen nach der N_2/Ar-Methode validiert werden
  - Insbesondere in den Gebieten mit reduzierten Aquiferen
- Die gemessenen Exzess-N_2-Werte sind in der Grundwasserdatenbank hinterlegt (Stoff-Nr. 3009) und allgemein verfügbar (über elwasweb bzw. OpenNRW).
- Messungen nach der N_2-Argon-Methode werden derzeit im LANUV als Labormethode etabliert.
- Zukünftig werden deshalb umfangreichere und detailliertere Untersuchungen der Denitrifikation möglich sein

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit