

Nitratabbauprozesse im Grundwasser

—

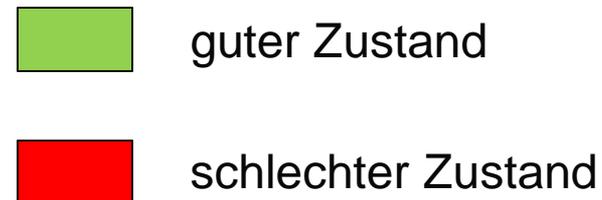
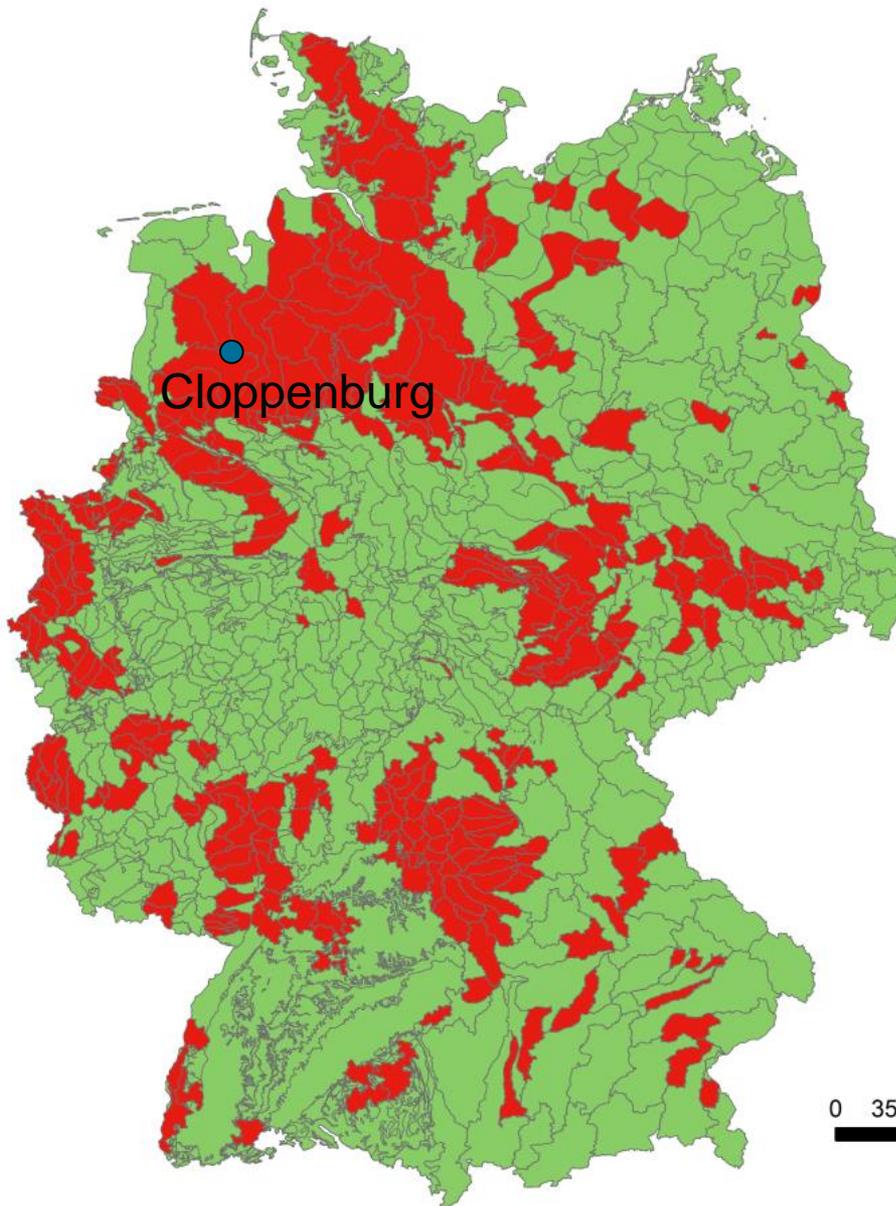
aktuelle Erkenntnisse,
Untersuchungsmethoden und
Abschätzung der „Lebensdauer“ des
Nitratabbaus

Dr. Nils Cremer

Gliederung

- **Nitratsituation in Deutschland**
- **Nitratabbaureaktionen**
- **Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen**
- **„Lebensdauer“ des Nitratabbaus**
- **Fazit**

Chemischer Zustand des Grundwassers in Deutschland aufgrund der Nitratbelastung

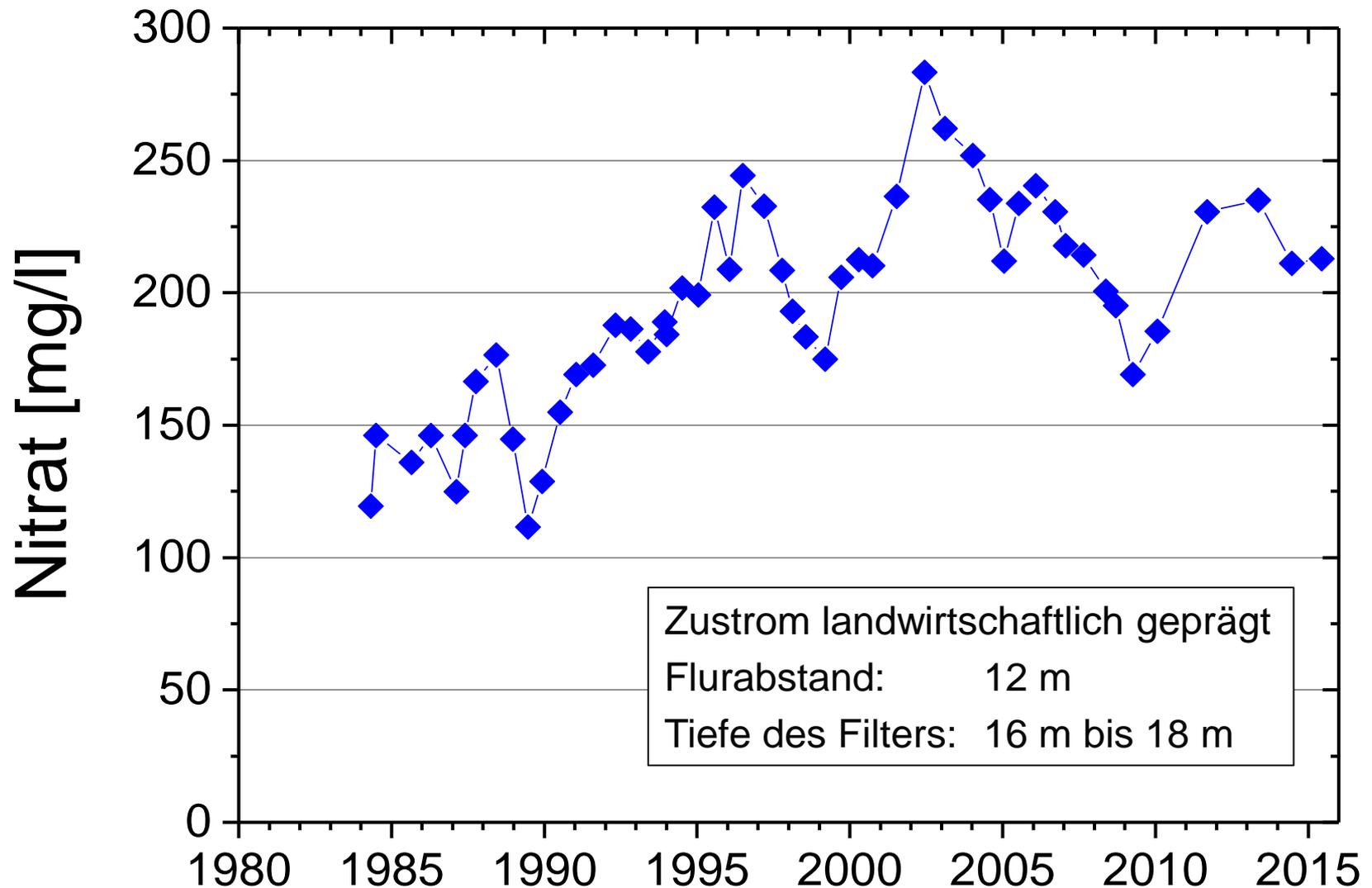


26 % aller Grundwasserkörper
sind nitratbedingt in einem
schlechten chemischen Zustand !

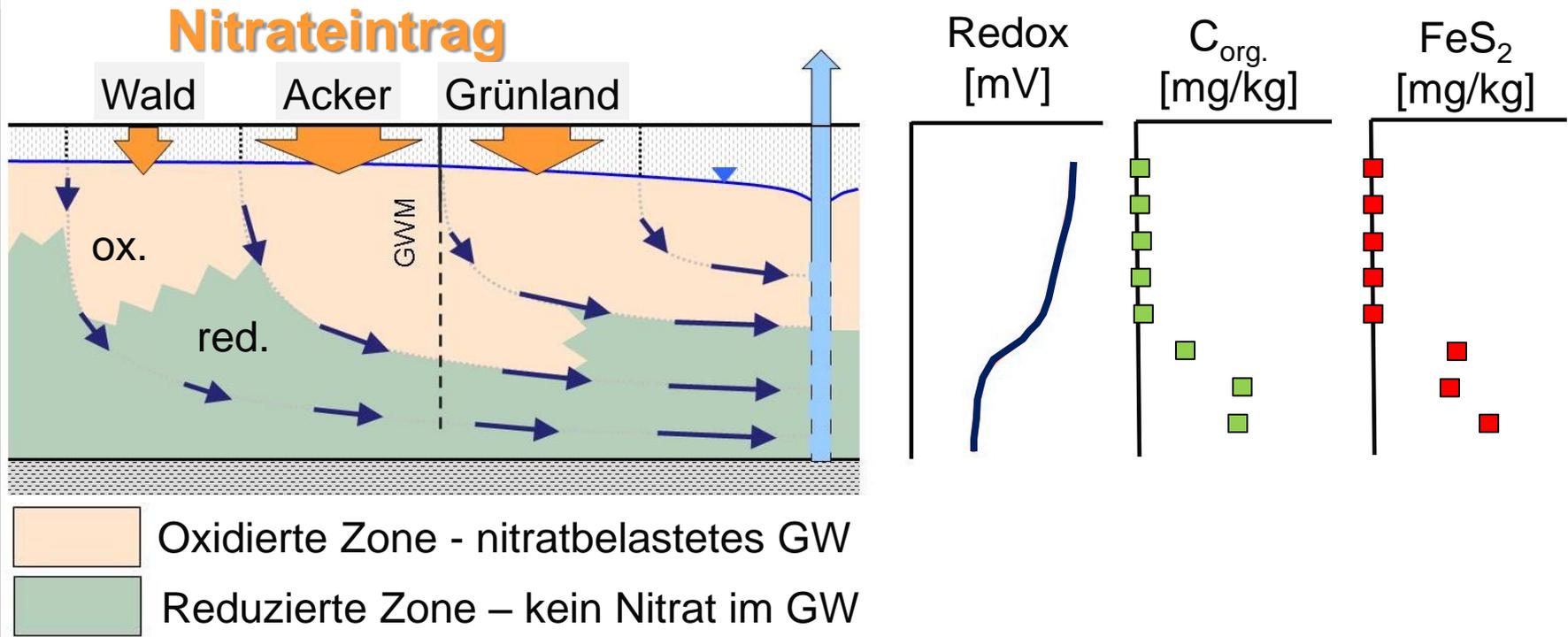
Quelle: Auswertung des UBA und des FZ Jülich nach WasserBLiCK, Stand 2012 sowie Angaben der Länder (Mecklenburg-Vorpommern, Bayern)

0 35 70 140
Kilometer

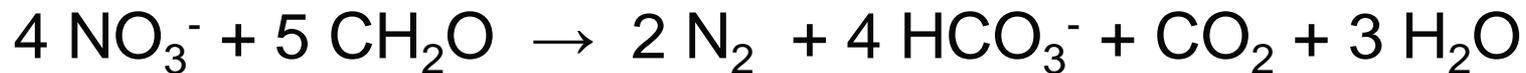
Entwicklung der Nitratkonzentrationen des Grundwassers (Negativbeispiel vom Niederrhein)



Nitratabbauprozesse



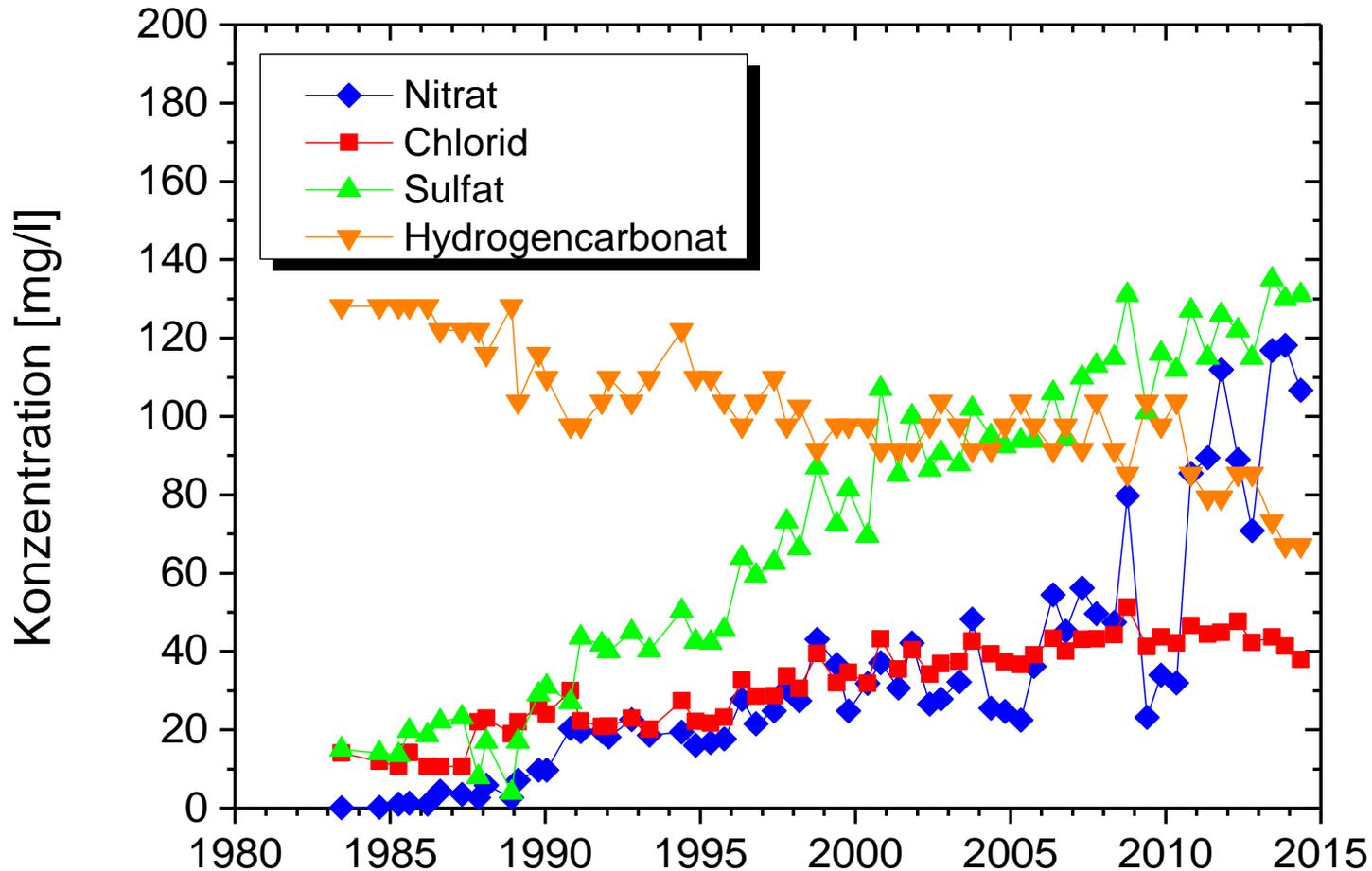
chemo-organotrophe Denitrifikation:



chemo-lithotrophe Denitrifikation:

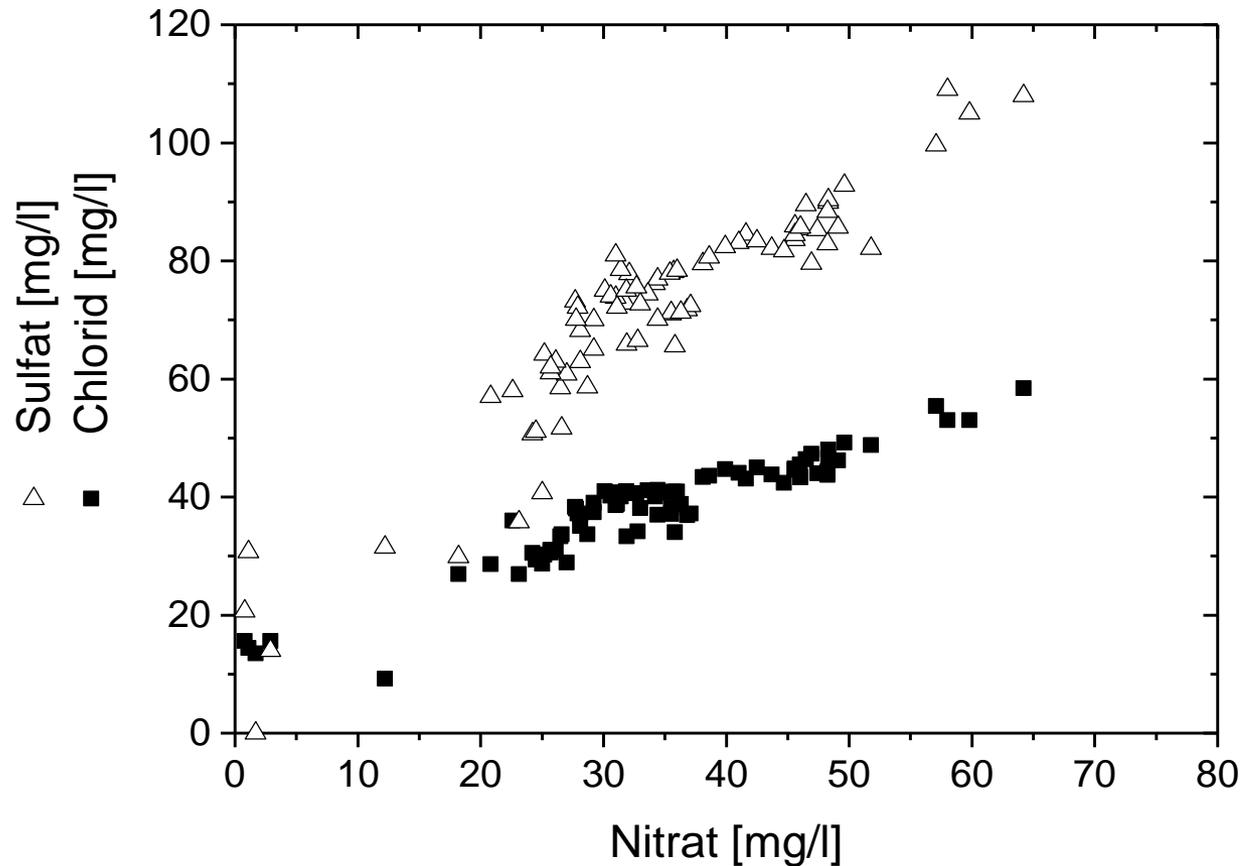


Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



Fehlendes Nitratabbaupotenzial

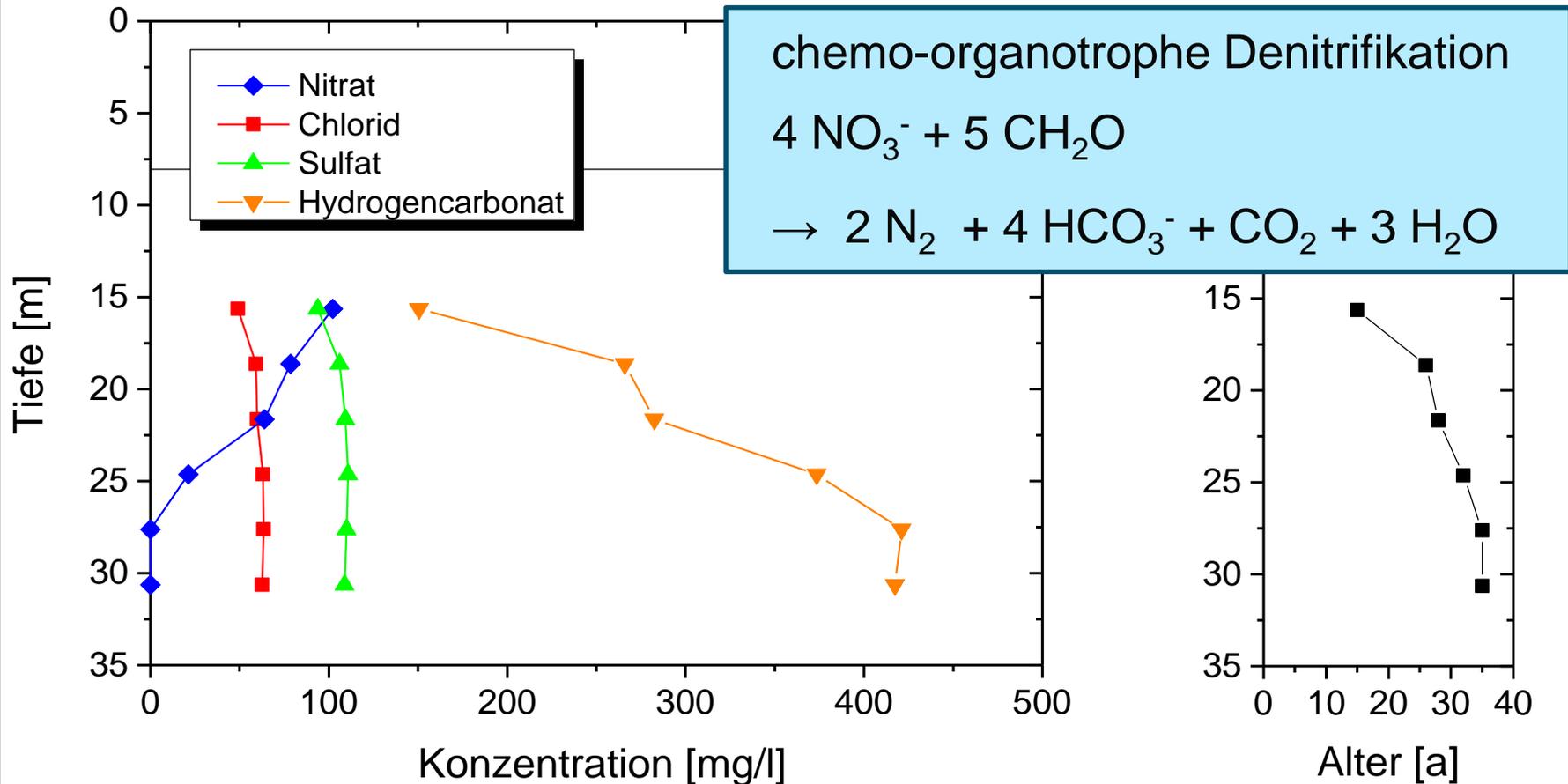
Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



Fehlendes Nitratabbaupotenzial

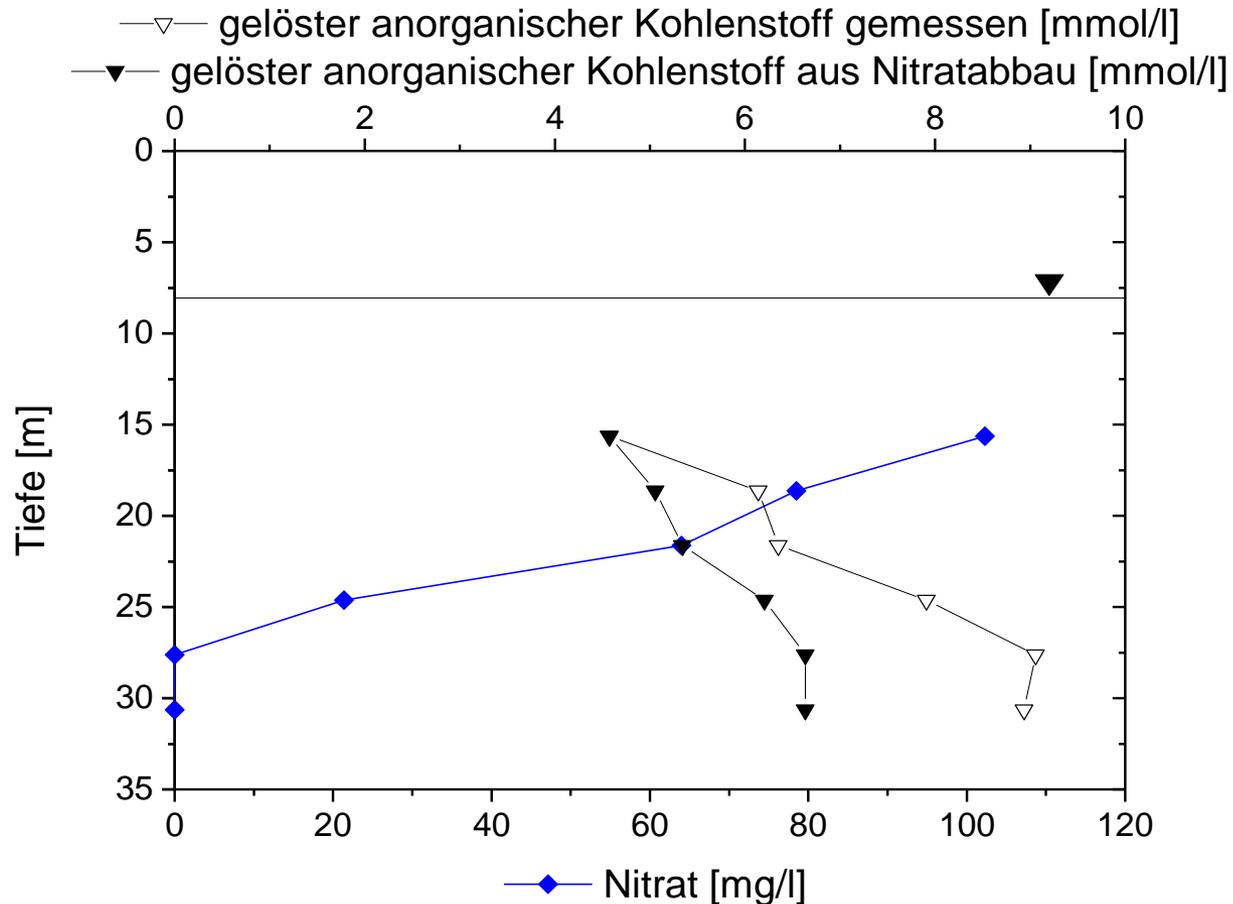
Konzentrationsverhältnis Sulfat : Chlorid im Grundwasser am Niederrhein $\approx 0,7$ (aus landwirtschaftlichen Einträgen)

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



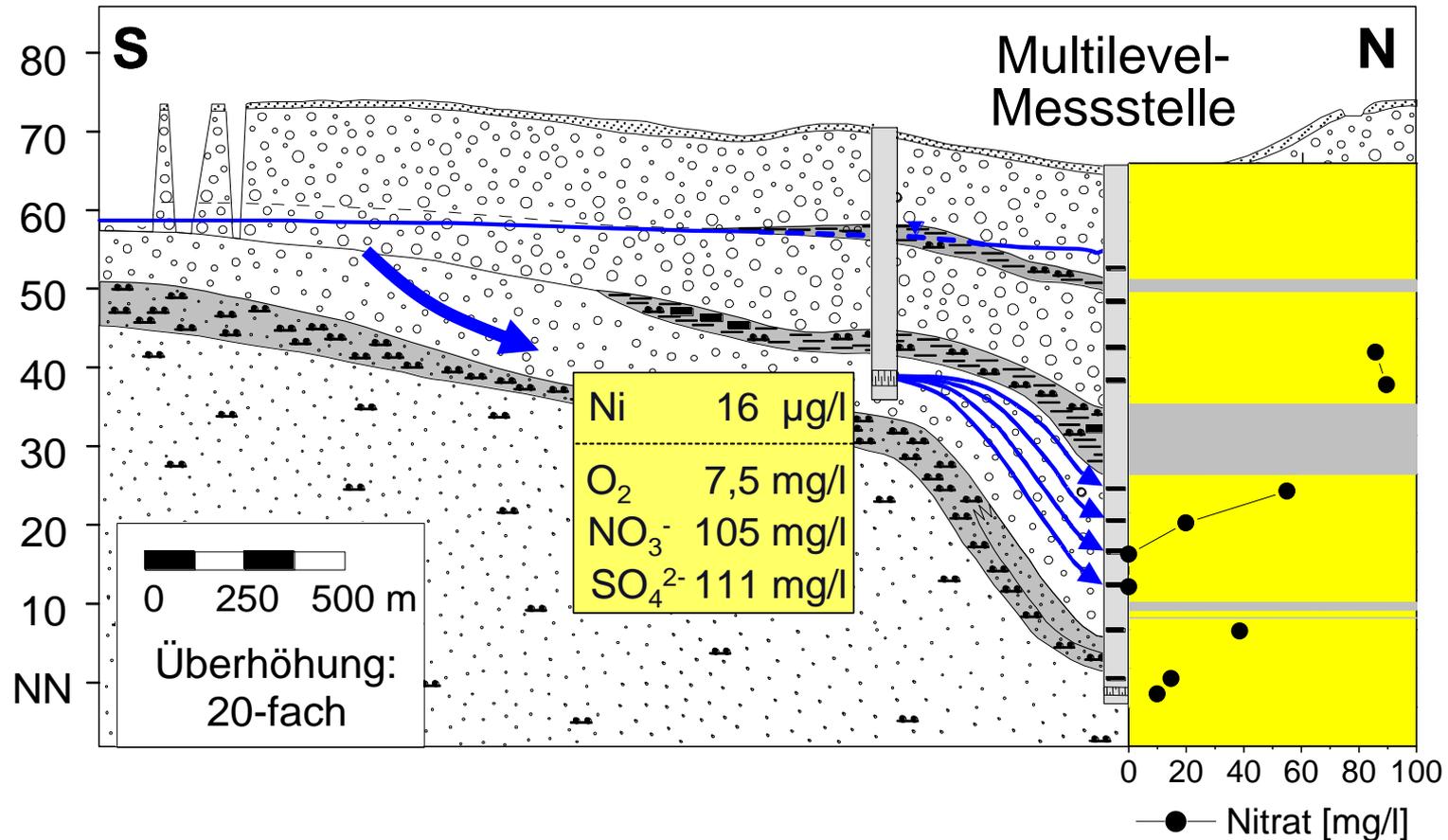
(Hinweis auf) chemo-organotrophe Denitrifikation

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



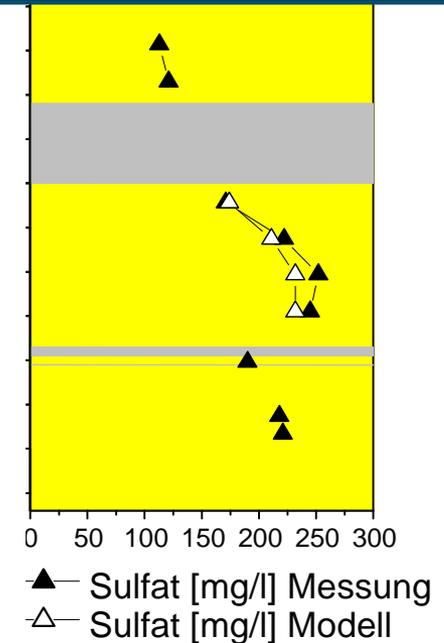
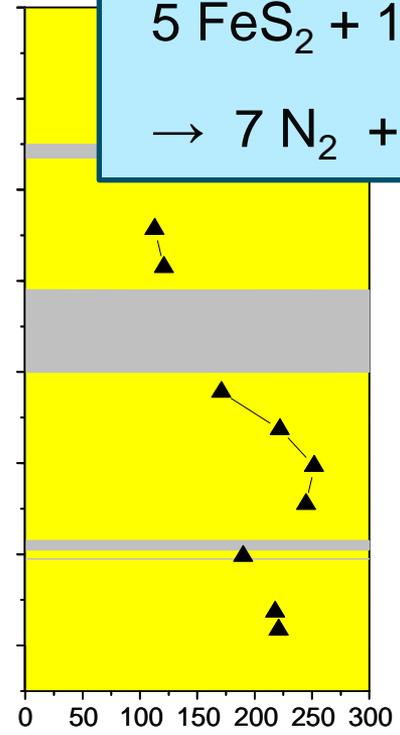
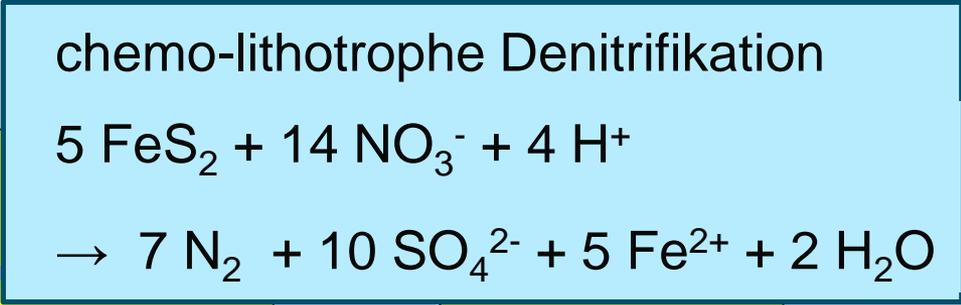
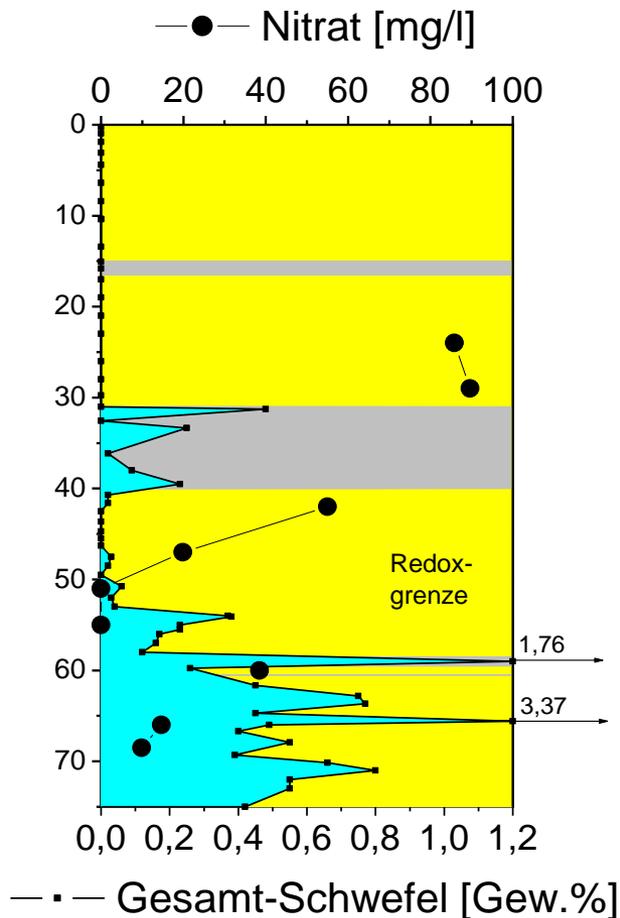
Nachweis der chemo-organotrophen Denitrifikation

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



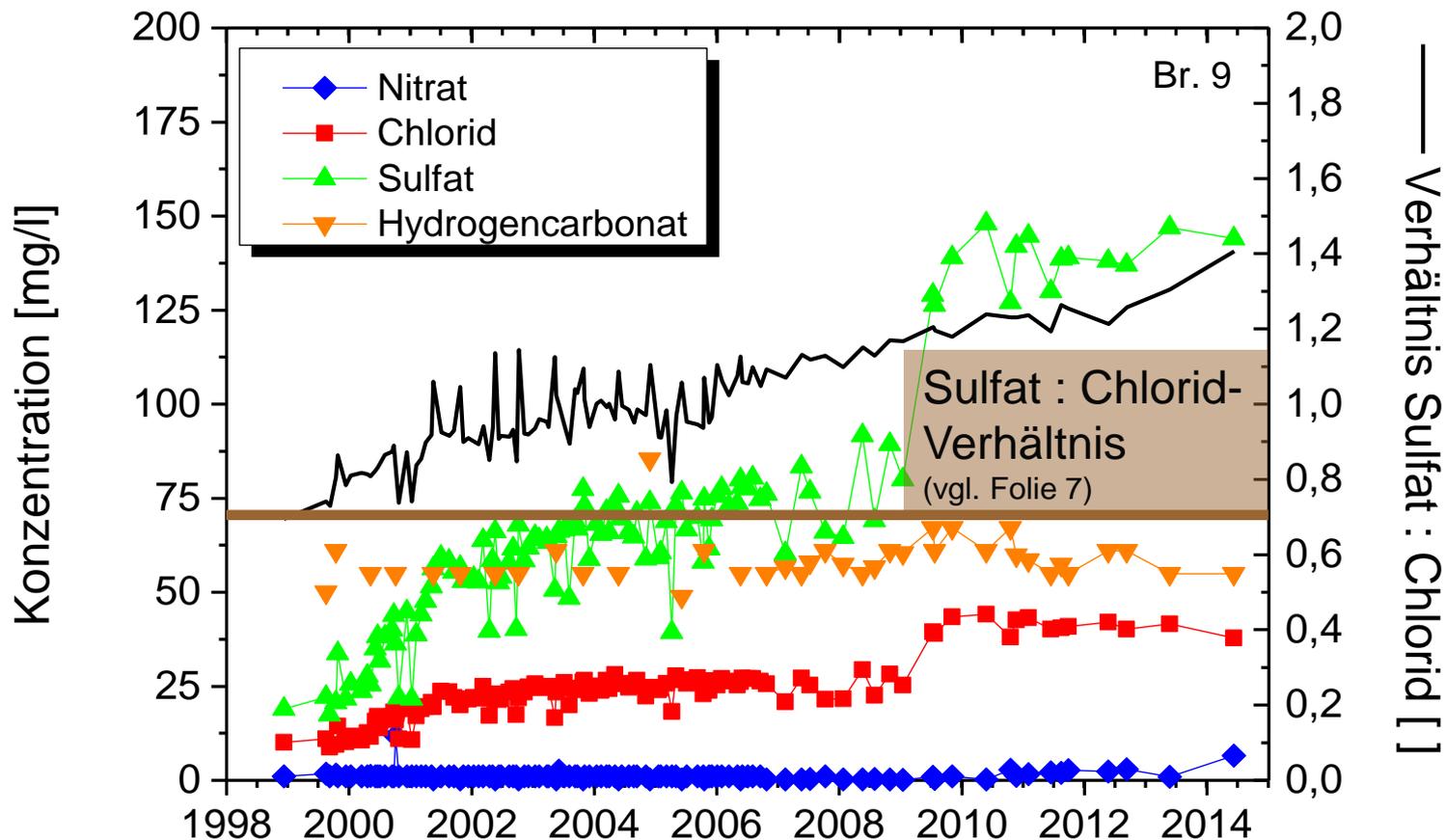
Nachweis der Nitratreduktion

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



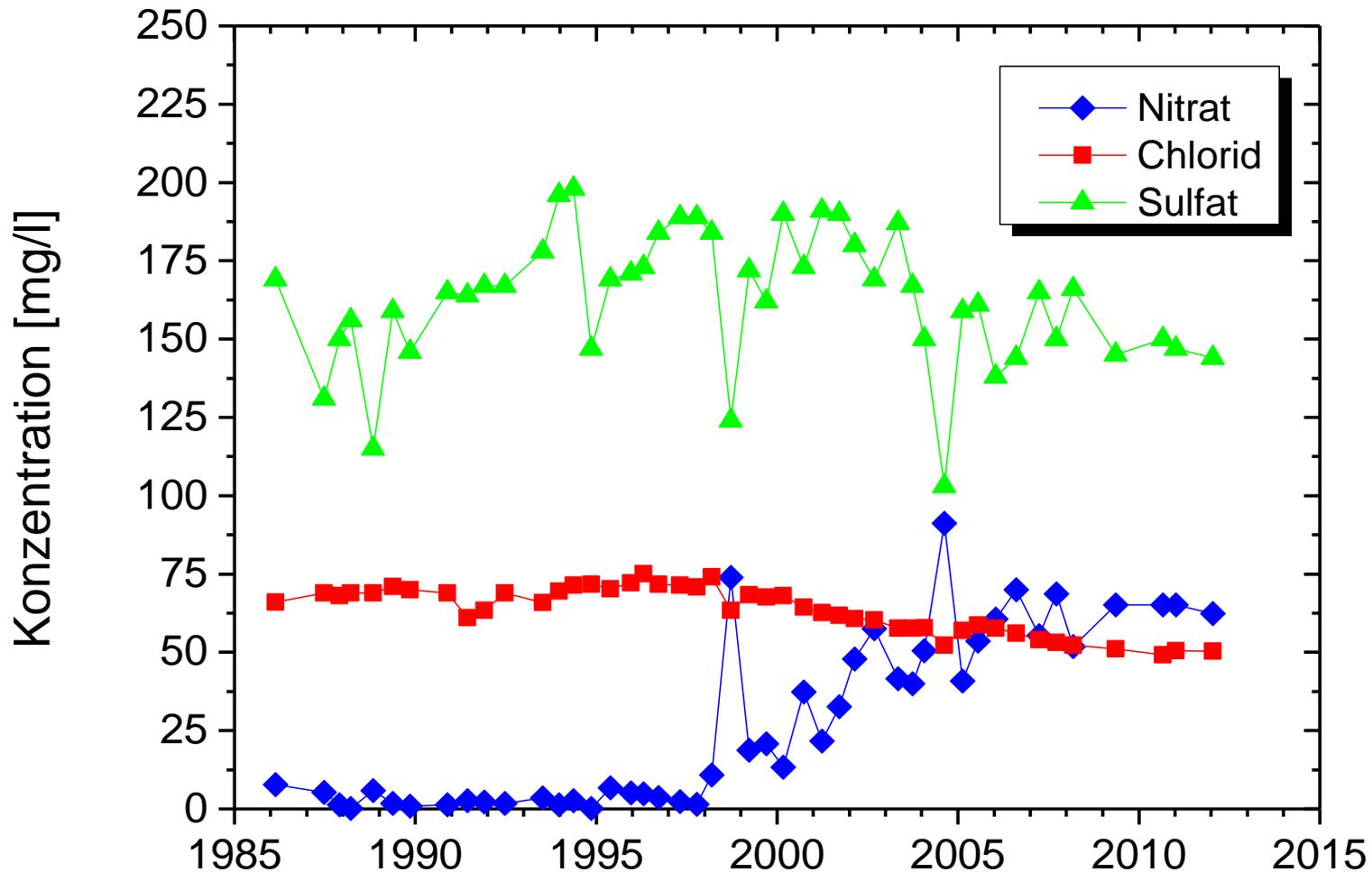
Nachweis der chemo-lithotropen Denitrifikation

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



Nachweis der chemo-lithotrophen Denitrifikation

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



Beispiel: Erschöpfung des Nitratreduktionspotenzials

Zwischenfazit

- **In Grundwasserleitern finden zwei wesentliche Nitratabbauprozesse statt:**
 - **Nitratabbau durch organische Substanz (chemo-organotroph)**
 - **Nitratabbau durch Sulfidminerale wie Pyrit (chemo-lithotroph)**
- **Ob und welche Prozesse ablaufen, kann oft anhand vorhandener Grund- und / oder Rohwasseranalysen erkannt werden, wenn diese**
 - **in Form von Zeitreihen vorliegen**
 - **tiefenspezifisch aufgelöst sind**

„Lebensdauer“ des Nitratabbaus

Berechnung der Dauer des Nitratabbaus

Berechnung der Abbaudauer für Einheitsvolumen (1 m³):

- bei Kenntnis von S und C-Gehalten des Sediments, d. h. der Menge der Reduktionsmittel/Höhe des Abbaupotenzials
- anhand stöchiometrischer Gleichungen (vgl. Folie 5)
$$14 \text{ NO}_3^- + 5 \text{ FeS}_2 + 4 \text{ H}^+ \rightarrow 7 \text{ N}_2 + 10 \text{ SO}_4^{2-} + 5 \text{ Fe}^{2+} + 2 \text{ H}_2\text{O}$$
- für vollständige Zugänglichkeit und Umsetzung der Sulfidminerale / des Kohlenstoffs („very best case“)

	niedriger Wert	mittlerer Wert	hoher Wert
Disulfid-Schwefelgehalt [Gew.%]	0,01	0,05	0,1
Grundwasserneubildungsrate [mm/a]	75	150	300
Nitratkonzentration des Sickerwassers [mg/l]	10	100	200
Gesamtporenanteil des Gesteins []	0,10	0,25	0,40

„Lebensdauer“ des Nitratabbaus

Berechnung der Dauer des Nitratabbaus

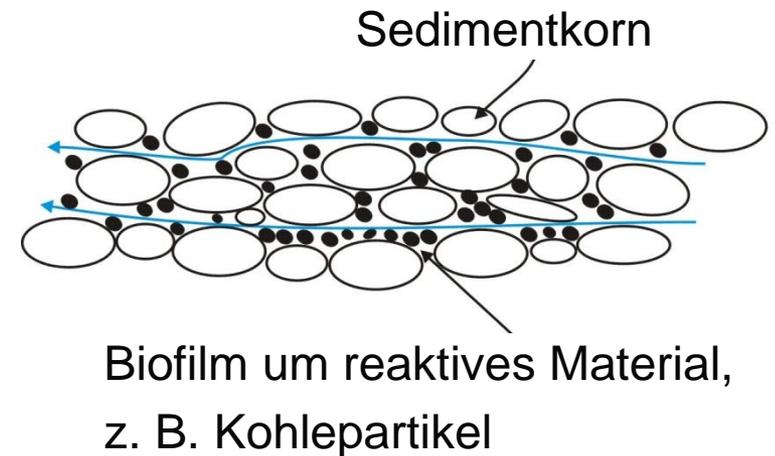
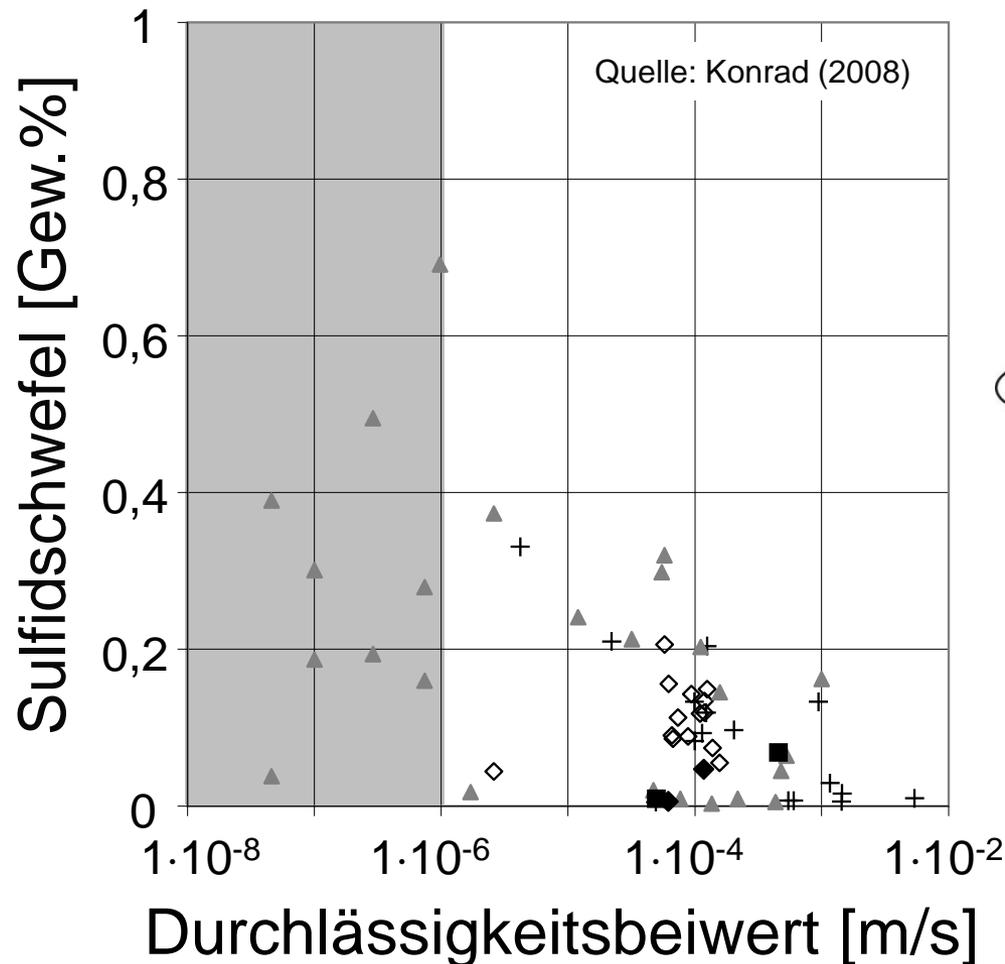
	niedriger Wert	mittlerer Wert	hoher Wert
Disulfid-Schwefelgehalt [Gew.%]	0,01	0,05	0,1
Grundwasserneubildungsrate [mm/a]	75	150	300
Nitratkonzentration des Sickerwassers [mg/l]	10	100	200
Gesamtporenanteil des Gesteins []	0,10	0,25	0,40

Neubildung [mm/a]	Nitrat [mg/l]	Dauer [a]		
		n = 0,10	n = 0,25	n = 0,40
300	200	54	45	36
	100	108	90	72
	10	1076	897	717
150	200	108	90	72
	100	215	179	144
	10	2152	1793	1435
75	200	215	179	144
	100	430	359	287
	10	4304	3587	2870

„Lebensdauer“ des Nitratabbaus Zugang zum reaktiven Material

reaktives Material:

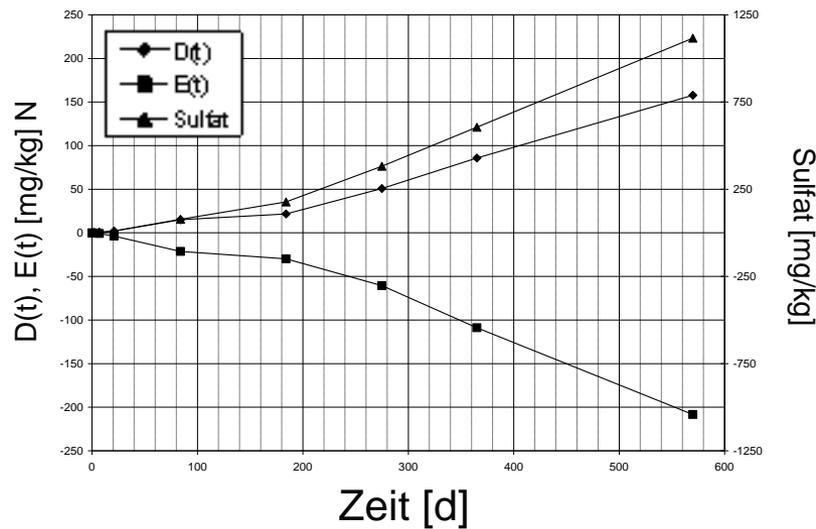
- organisch gebundener Kohlenstoff (Holz, Torf, Lignit)
- anorganische reduzierte Schwefelverbindungen (Pyrit, Markasit)



„Lebensdauer“ des Nitratabbaus

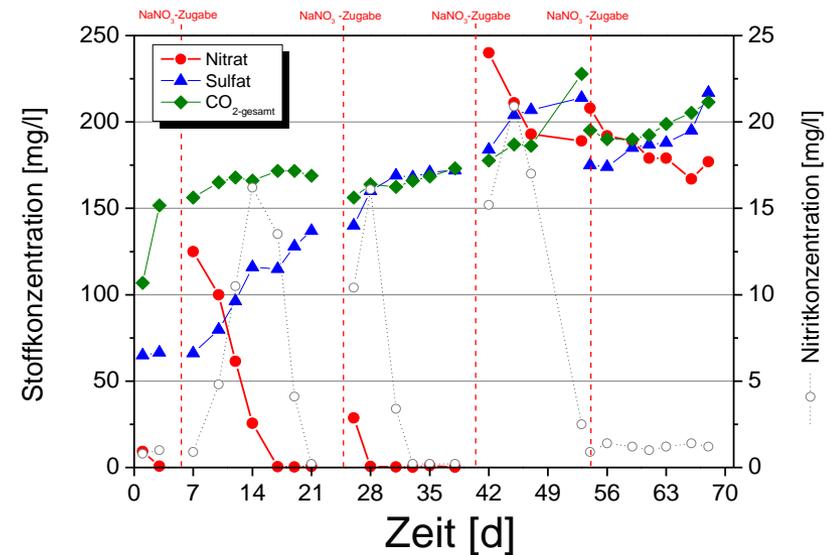
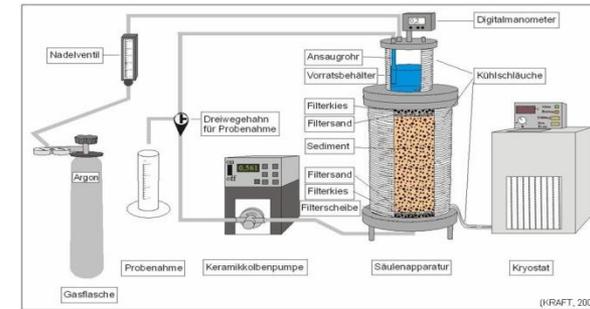
Bestimmung des reaktiven Stoffanteils

Stand-
versuch



	Disulfid-S [mg/kg]	Δ - Disulfid-S [%] (= Verbrauch)
Min	180	34
Max	6910	82
Median	1055	55

Säulen-
versuch



Aufbrauch < 10 %

„Lebensdauer“ des Nitratabbaus

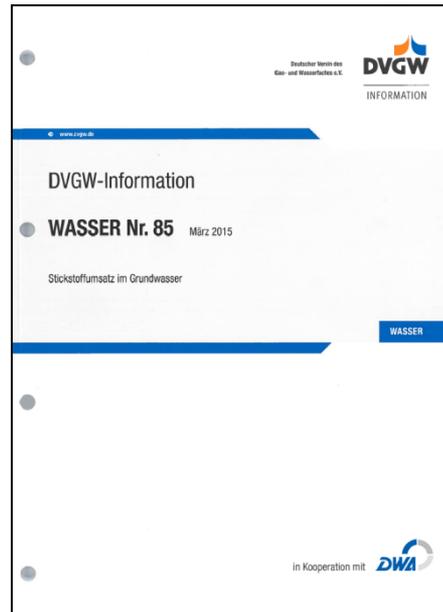
Bewertung und zusammenfassende Diskussion

Disulfid-Schwefel-Gehalt [Gew.%]	Dauer stöchiometrisch [a]	Abschätzung Lebensdauer - Anteil reaktiven Materials 50 % [a]	Abschätzung Lebensdauer - Anteil reaktiven Materials 10 % [a]
0,1	359	180	36
0,05	179	90	18
0,01	36	18	4

- Breite Spanne realistischer Angaben
- Größenordnung plausibel
- Wasserwirtschaftliche Entscheidungen auf Basis dieser Angaben erfordern Augenmaß

- Es bestehen zwei wesentliche Nitratabbaureaktionen, die zu einer Minderung der Konzentrationen beitragen können
 - Chemo-organotrophe Denitrifikation (organischer Kohlenstoff)
 - Chemo-lithotrophe Denitrifikation (Sulfidminerale)
- Die Gesamteinschätzung der chemischen Situation im Grundwasser (Prozessverständnis) erfordert Analysen, die
 - in Form von Zeitreihen vorliegen oder
 - tiefenspezifisch aufgelöst sind
- Der 2015 erschienene DWA-/DVGW-Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ stellt Methoden zur Abschätzung der „Lebensdauer“ des Nitratabbaus vor
- Das Nitratabbaupotenzial ist endlich und nicht regenerierbar. Sinkende Konzentrationen erfordern „Minderungsmaßnahmen“
- Die vorgestellten Methoden und Ergebnisse sind wichtige „Bausteine“ der Grundwasser-Monitoringprogramme und Planungsgrundlage für die Wasserschutzberatung

Konzept des DWA-/DVGW-Themenbandes „Stickstoffumsatz im Grundwasser“



- **Leicht verständliche Darstellung relevanter Informationen zum Thema Nitrat im Grundwasser**
- **Schwerpunkte:**
 - **Nitratabbauprozesse**
 - **„Lebensdauer“ der Denitrifikation**
- **Modularer Aufbau, d. h. die Kapitel sind inhaltlich miteinander verknüpft, aber in sich abgeschlossen**
- **Veröffentlichung März 2015, Kurzfassung in den Mai-Ausgaben (2015) der Zeitschriften KW und EWP**