

Nitrat – Eintrag, Verhalten und  
Entwicklungstrends:  
Vorschau auf den  
DWA-/DVGW-Themenband  
„Stickstoffumsatz im Grundwasser“

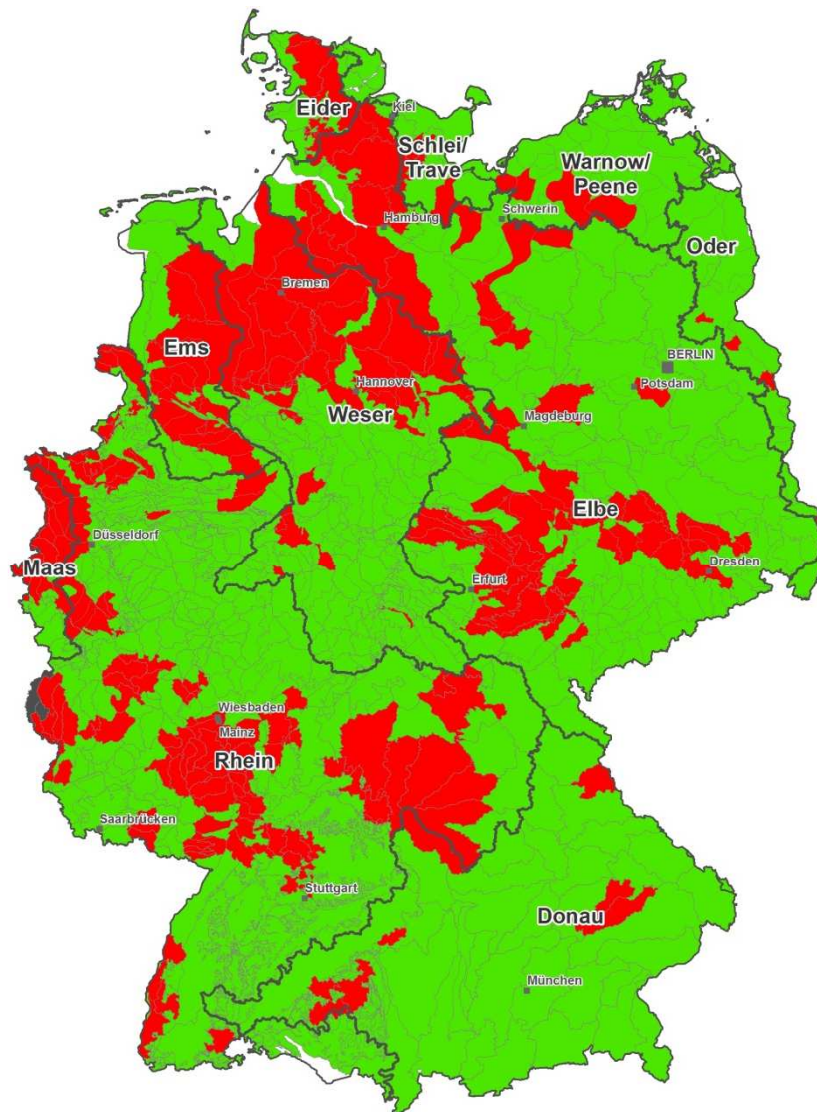
Dr. Nils Cremer

19.11.2014

# Gliederung

- **Nitratsituation in Deutschland**
- **Konzept des Themenbandes  
„Stickstoffumsatz im Grundwasser“**
- **Nitratabbaureaktionen**
- **Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels  
Grund- und Rohwasseranalysen**
- **„Lebensdauer“ des Nitratabbaus**
- **Fazit**

# Chemischer Zustand des Grundwassers in Deutschland aufgrund der Nitratbelastung



guter Zustand

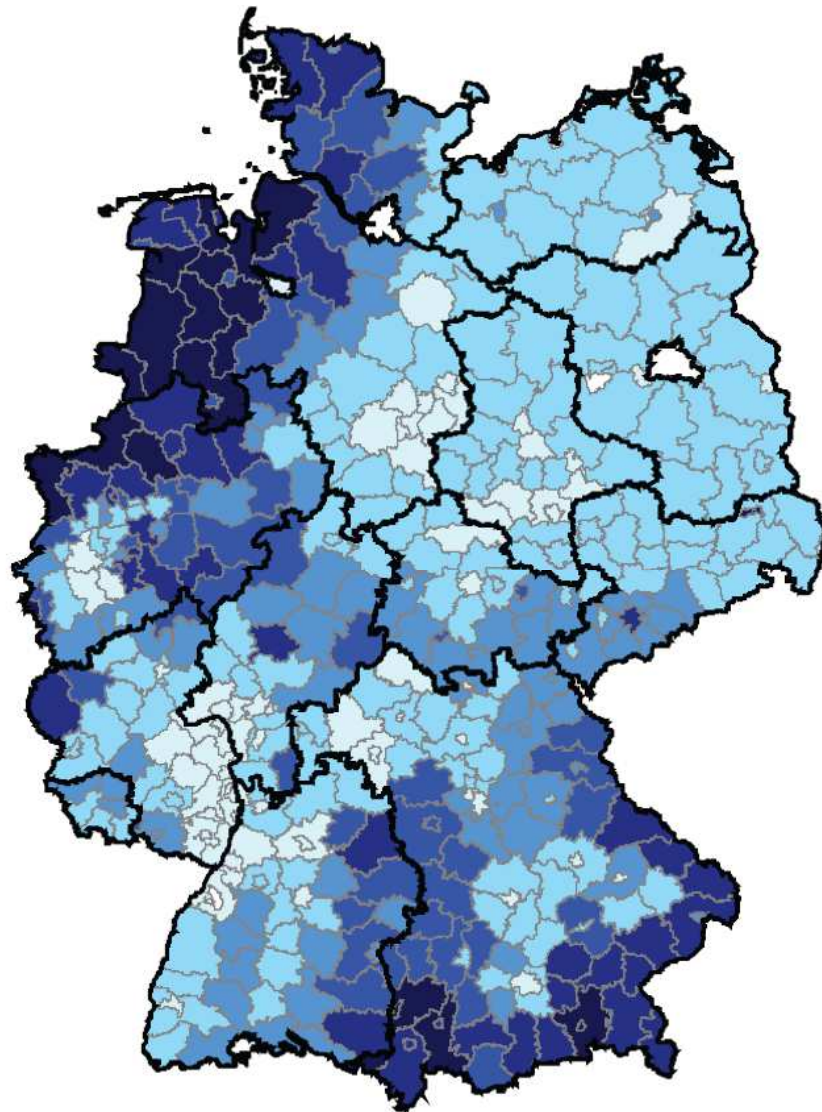


schlechter Zustand

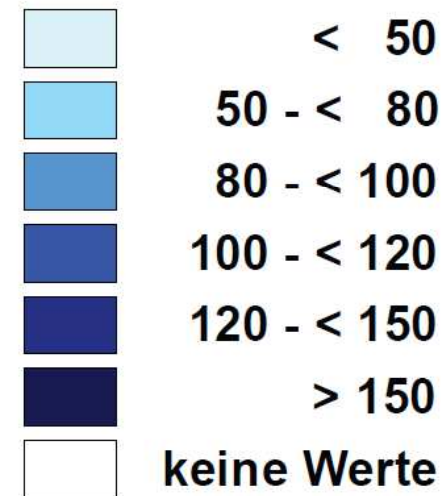
**27 %** aller Grundwasserkörper sind nitratbedingt in einem schlechten chemischen Zustand !

Quelle: BfG  
WasserBLICK  
Stand 2010

# Stickstoff-Flächenbilanzüberschuss in Deutschland, Stand 2003



N-Flächenbilanzüberschuss  
in kg N/ha LF

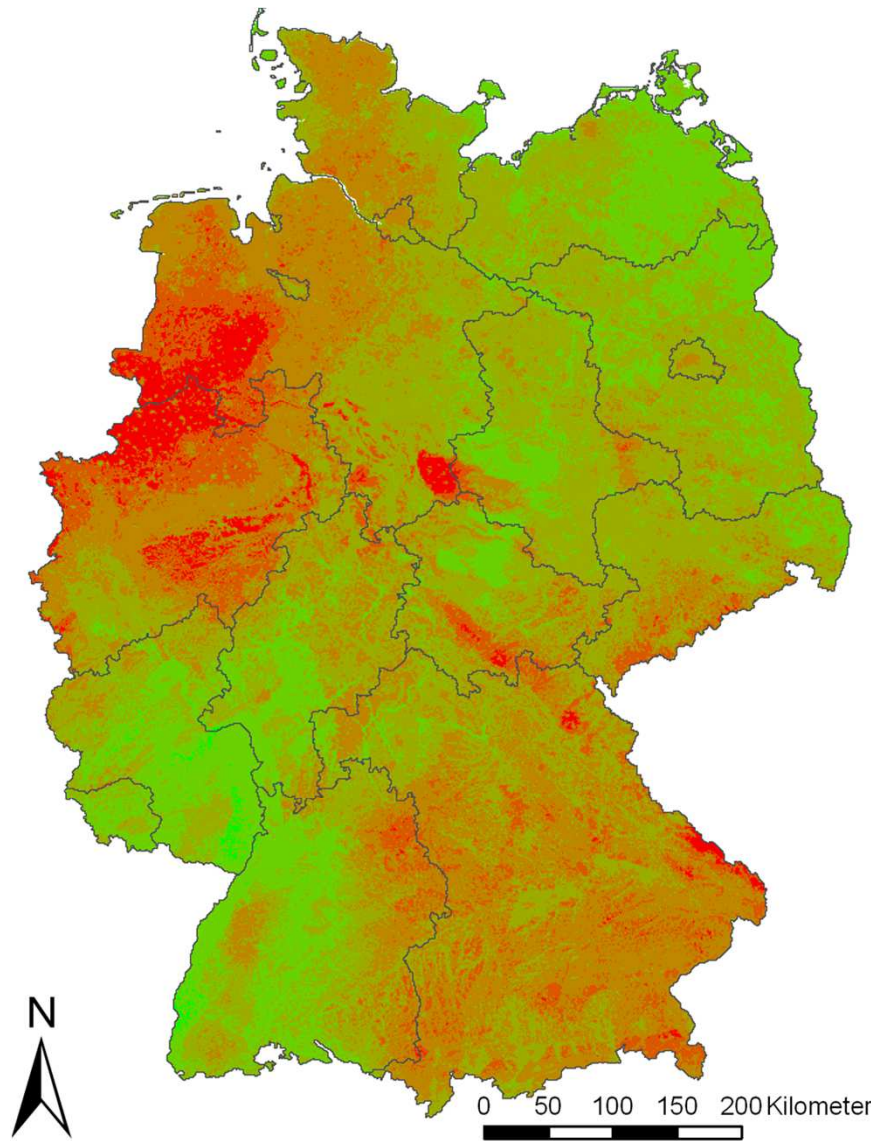


Quelle: Osterburg 2008

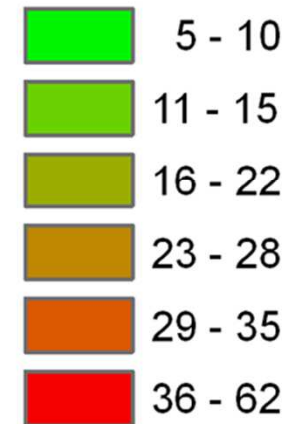
ohne N-Deposition, ohne Abzug von NH<sub>3</sub>



# Stickstoff-Gesamtdeposition in Deutschland



## N Gesamt-Deposition kg N/ha



Ergebnisse aus dem  
UFOPLAN  
Forschungsvorhaben  
BMU/UBA FE-No. 3707 64 200

GIS&Mapping 03/2010:  
Thomas Gauger,  
Institut für Navigation,  
Universität Stuttgart (INS)

Quelle: Gauger 2011, verändert

# Nitratkonzentration in Abhängigkeit von N-Überschuss und Grundwasserneubildungsrate

N-Überschuss [kg N/(ha·a)]	Grundwasserneubildung [mm/a oder l/(m <sup>2</sup> ·a)]	Nitratkonzentration [mg/l]
100	300	148
60	300	88
34	300	50

## Rechengang:

$$100 \text{ kg N}/(\text{ha}\cdot\text{a}) / 10.000 = 0,01 \text{ kg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

Umrechnung ha in m<sup>2</sup>

$$0,01 \text{ kg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a}) * 1.000.000 = 10.000 \text{ mg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

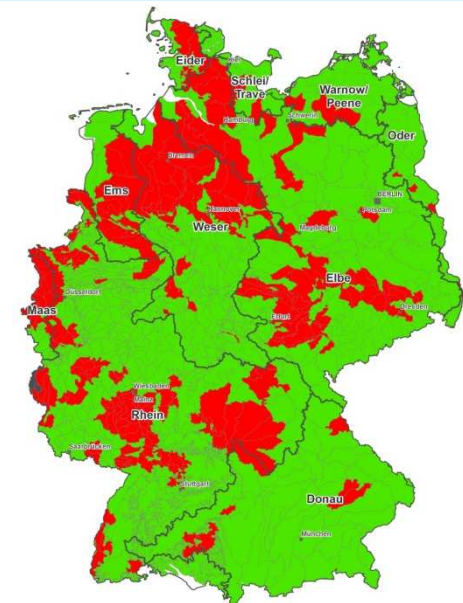
Umrechnung kg in mg

$$10.000 \text{ mg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a}) * 4,4258 = 44.258 \text{ mg NO}_3^-/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

Umrechnung N in NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

$$44.258 \text{ mg NO}_3^-/(\text{m}^2\cdot\text{a}) / 300 \text{ l}/(\text{m}^2\cdot\text{a}) = 147,5 \text{ mg/l}$$

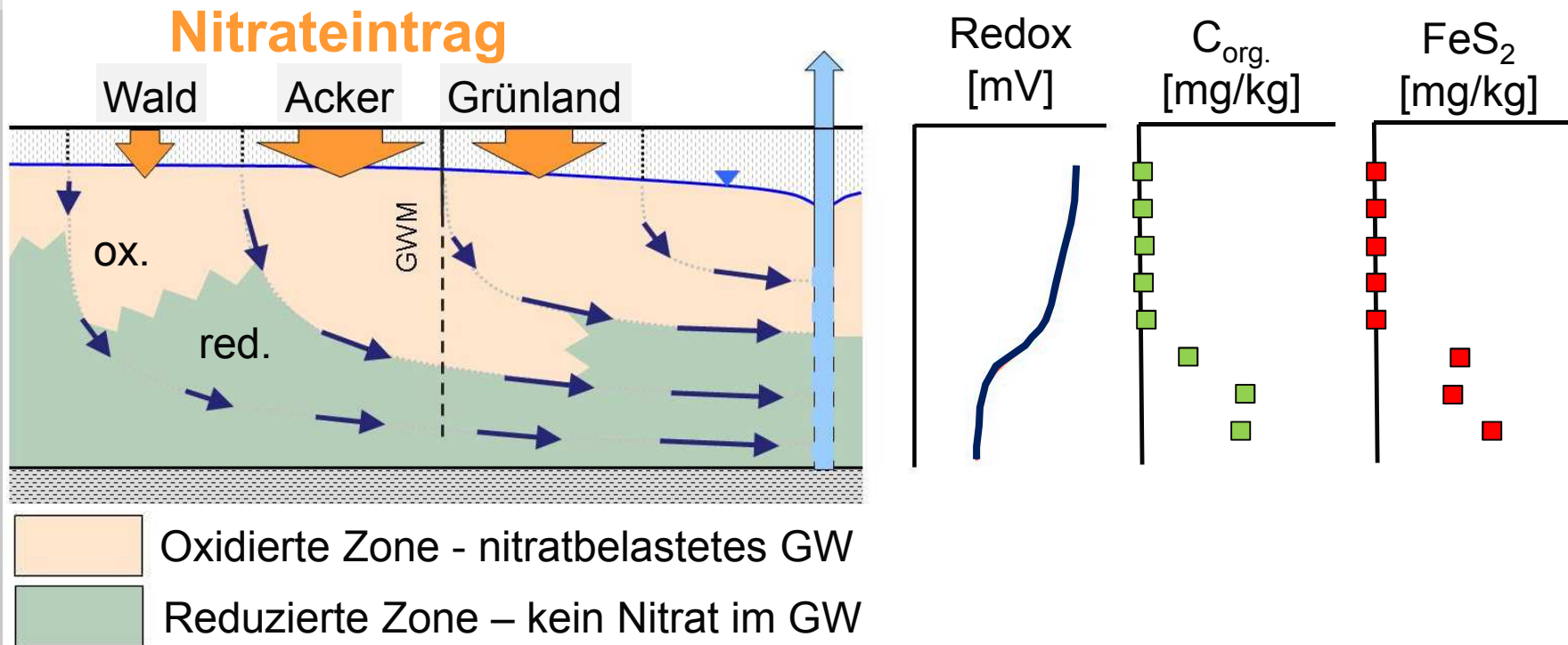
Berechnung Konzentration  
(Masse / Volumen)



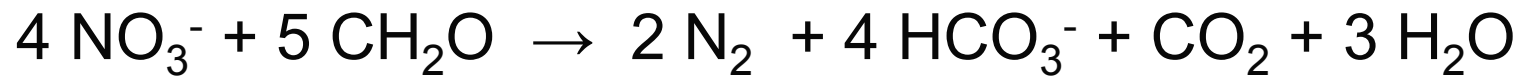
# Konzept des DWA-/DVGW-Themenbandes „Stickstoffumsatz im Grundwasser“

- **Leicht verständliche Darstellung relevanter Informationen zum Thema Nitrat im Grundwasser**
- **Schwerpunkte Nitratabbauprozesse und „Lebensdauer“ der Denitrifikation**
- **Modularer Aufbau**
- **Veröffentlichung 2015**

# Nitratabbauprozesse



chemo-organotrophe Denitrifikation:

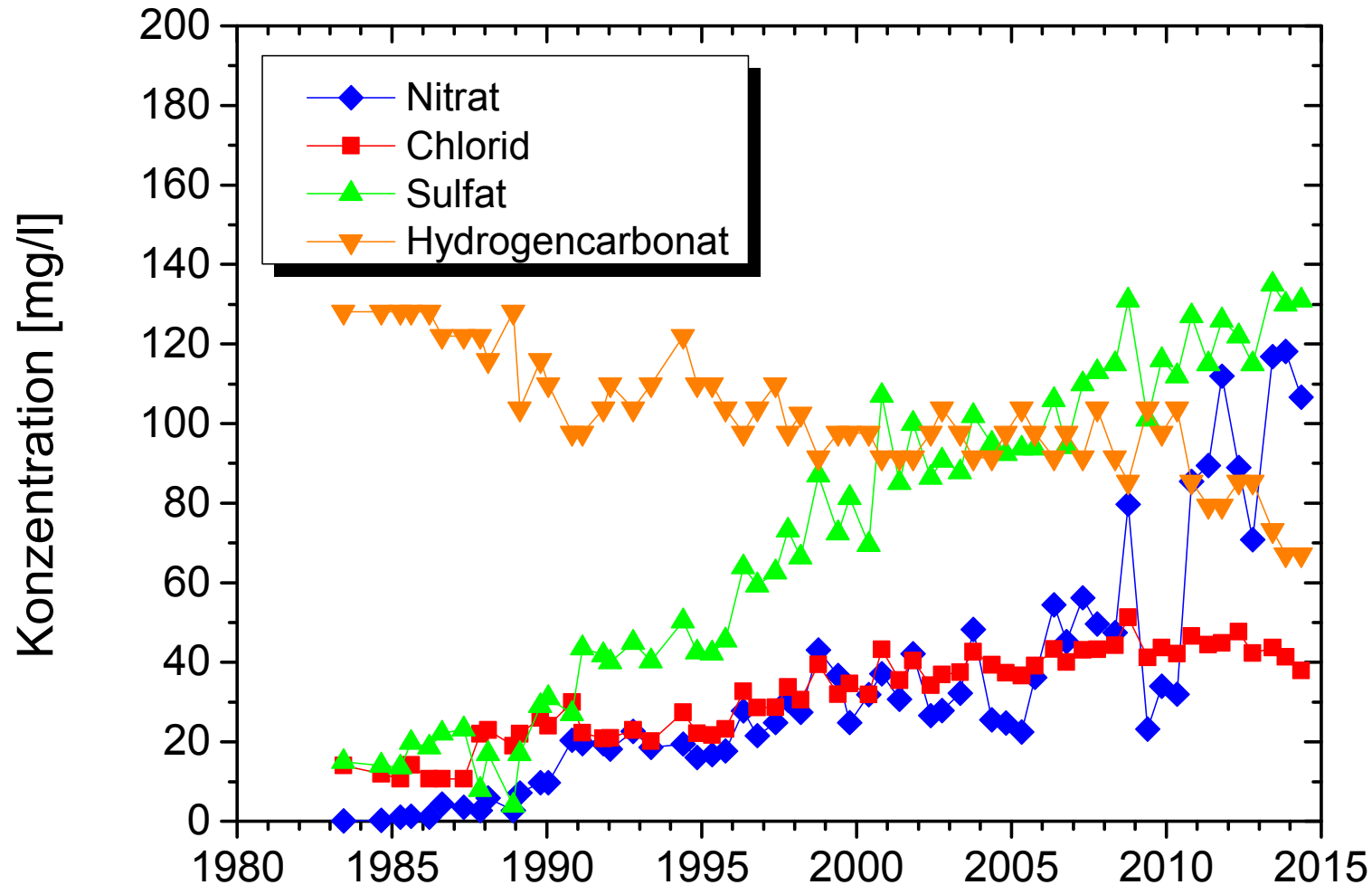


chemo-lithotrophe Denitrifikation:



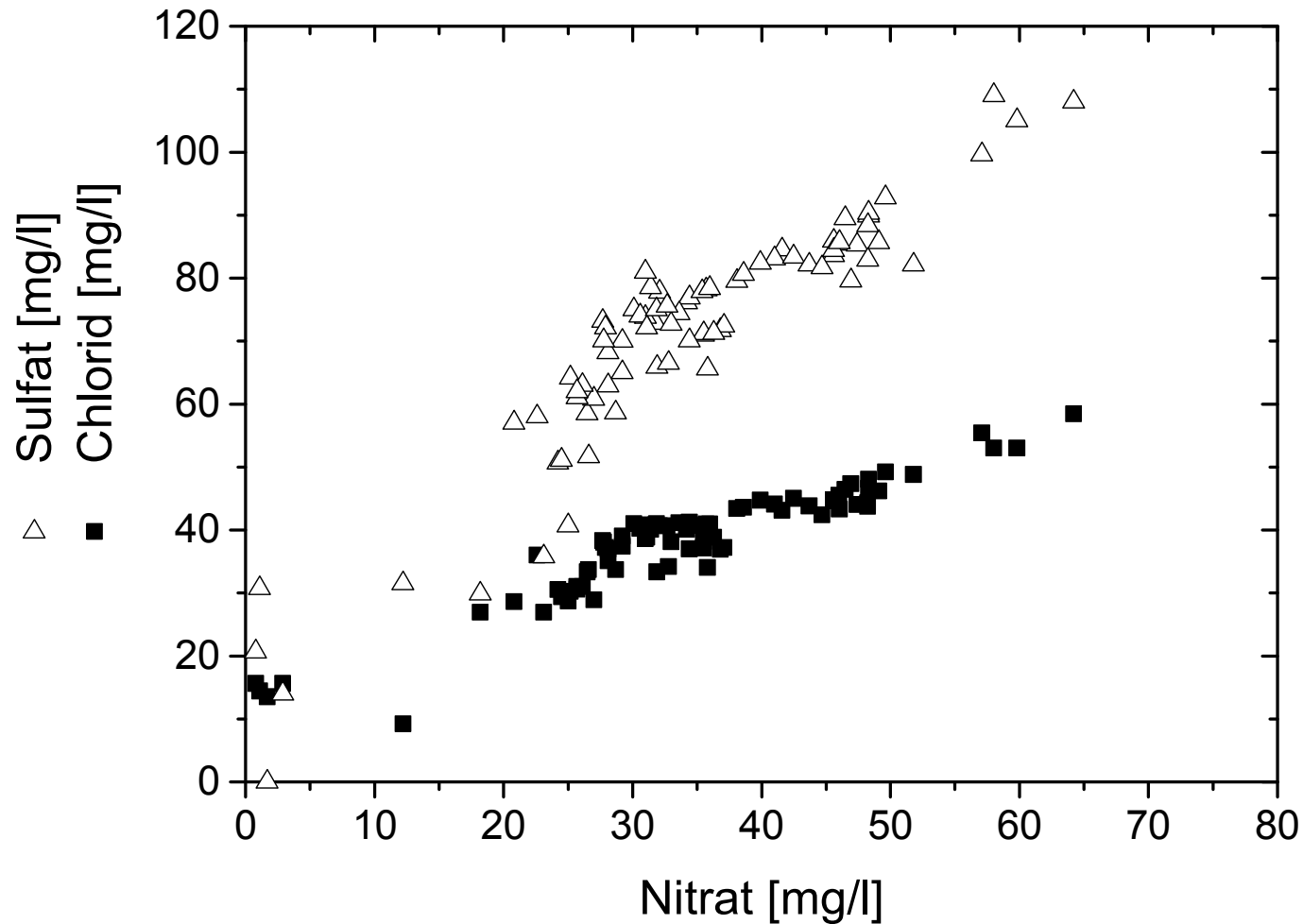


# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



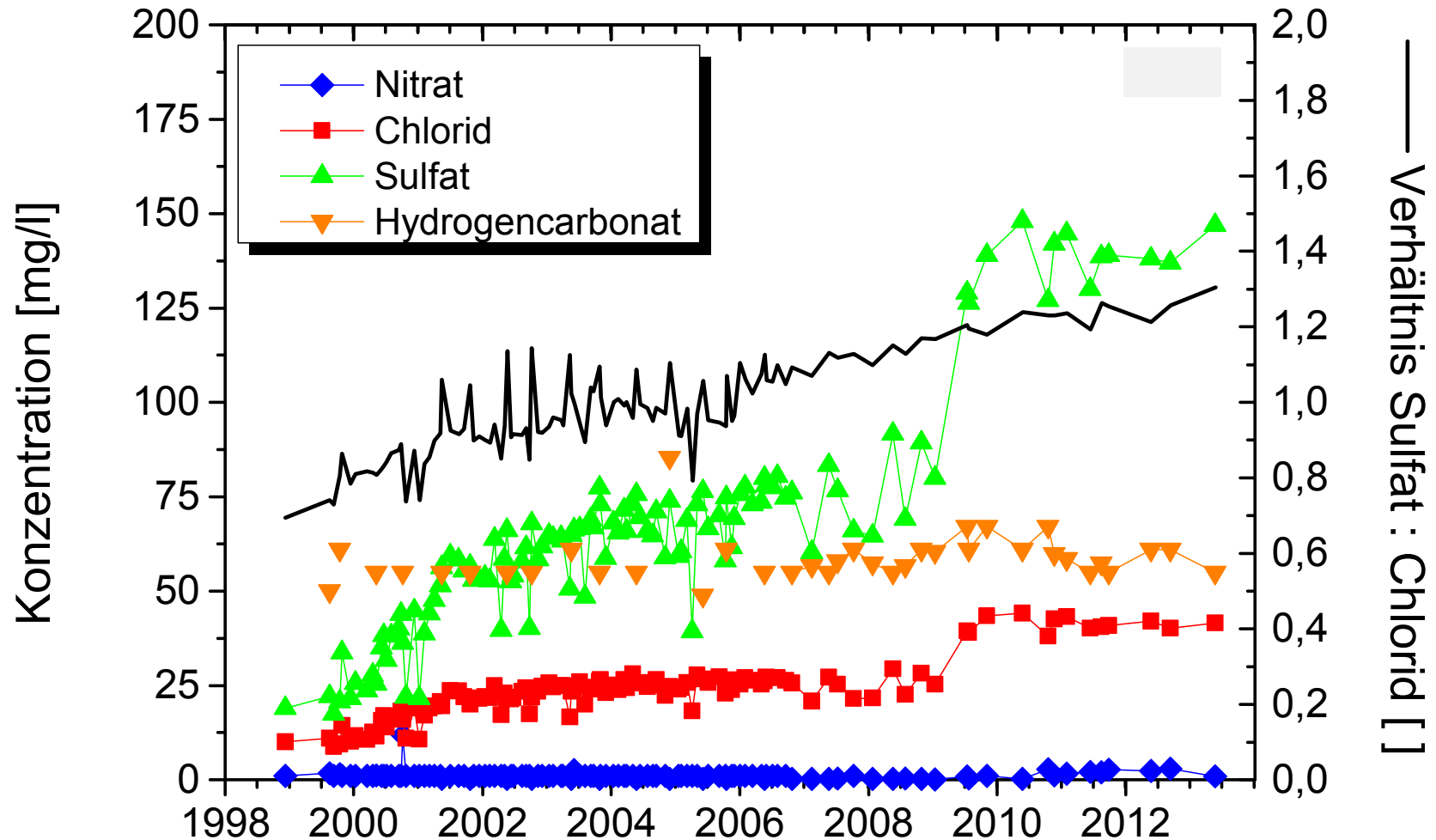
Beispiel: fehlendes Nitratabbauopotenzial eines Grundwasserleiters

# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



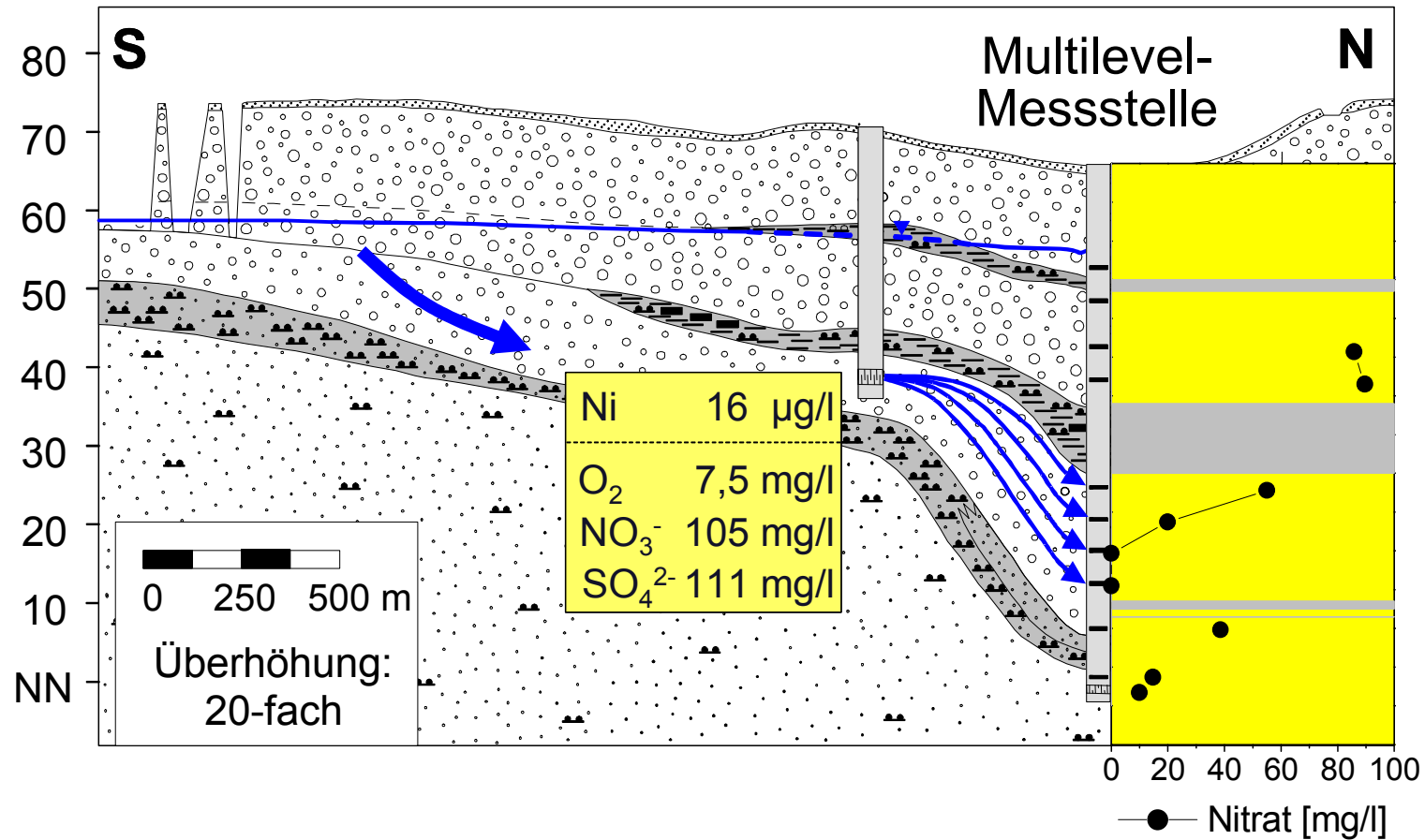
Beispiel: fehlendes Nitratabbauopotenzial eines Grundwasserleiters

# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen

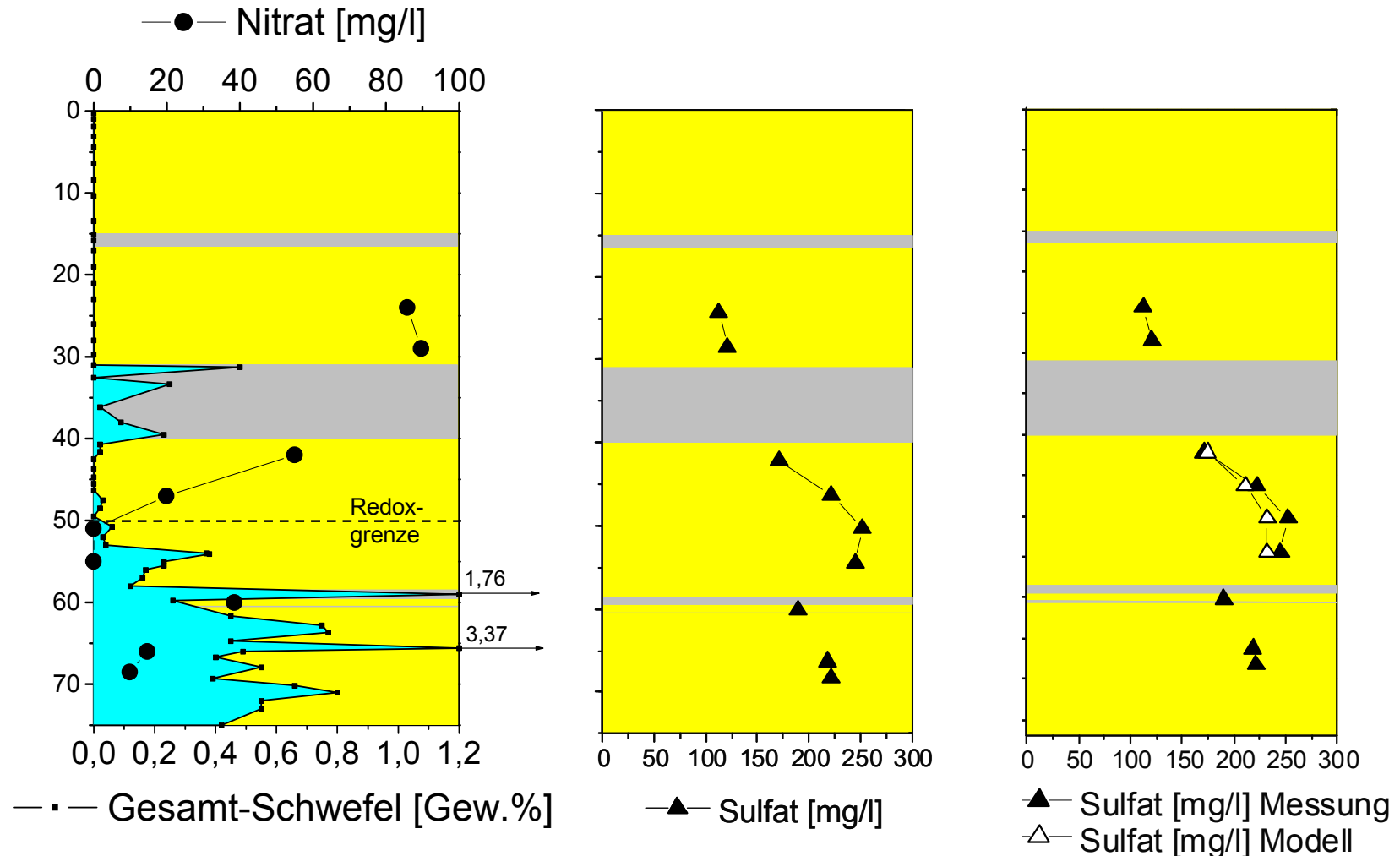


Beispiel: chemo-lithotrophe  
Denitrifikation

# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



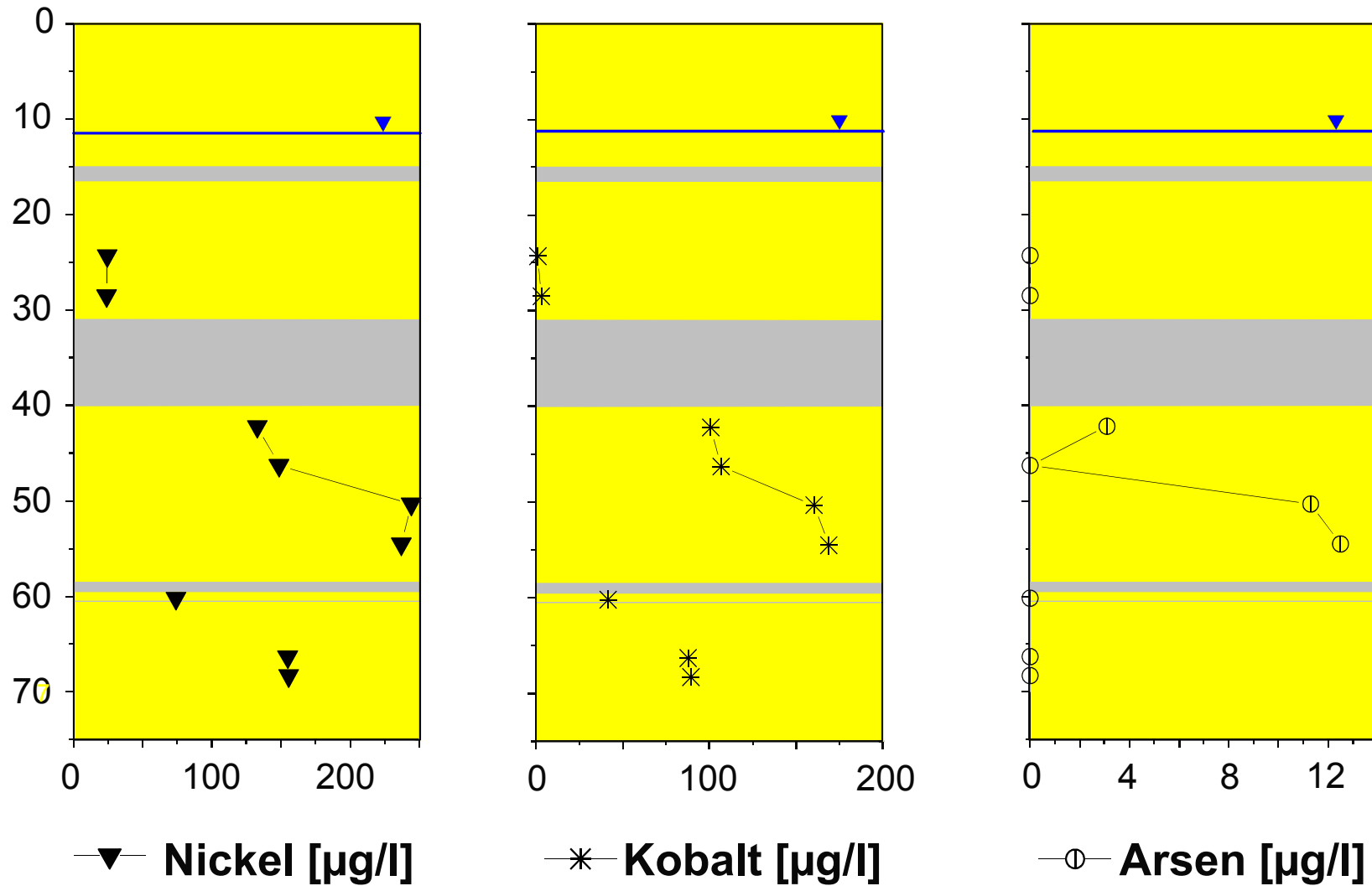
# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



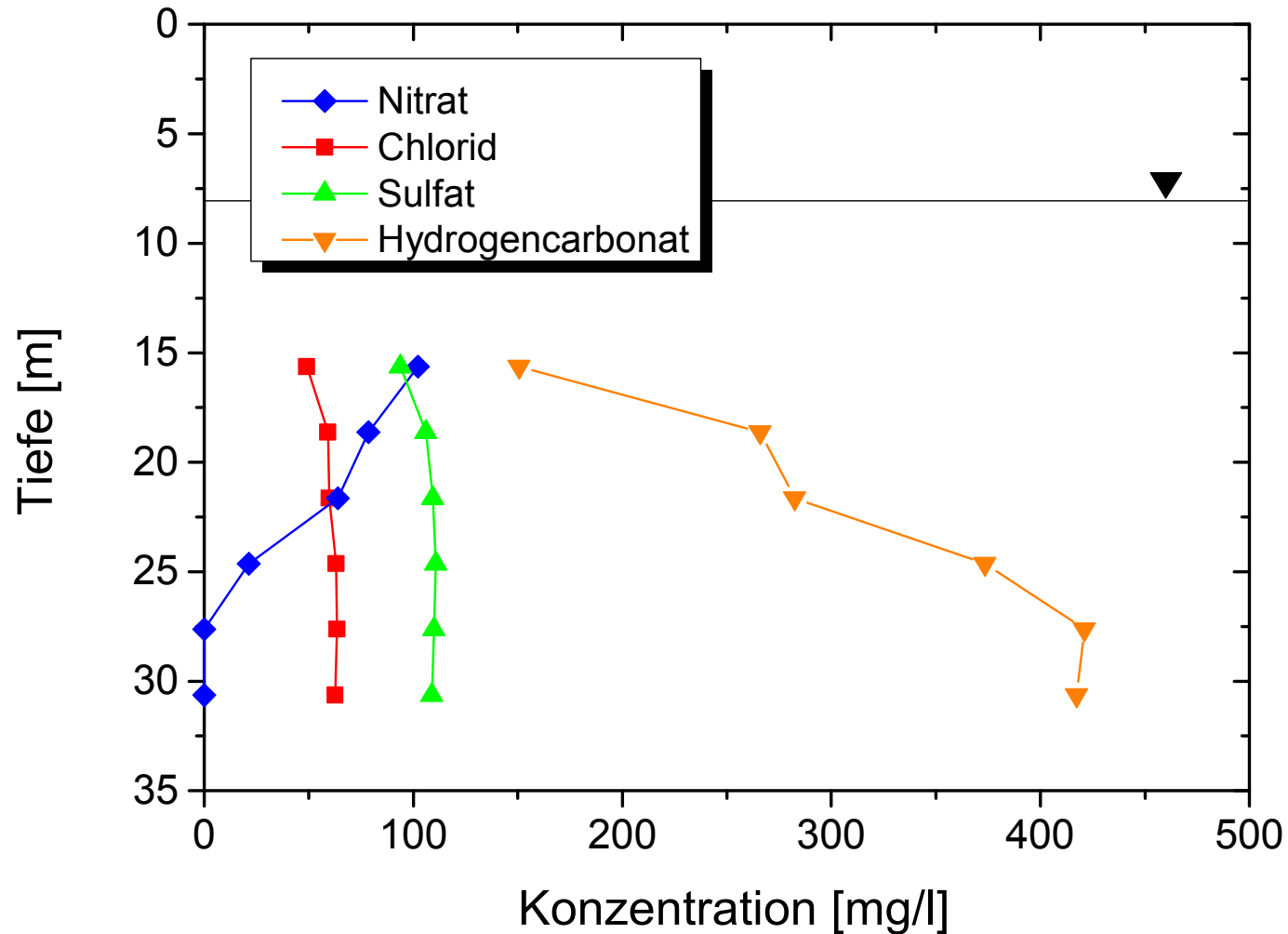
Beispiel: chemo-lithotrophe Denitrifikation



# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen

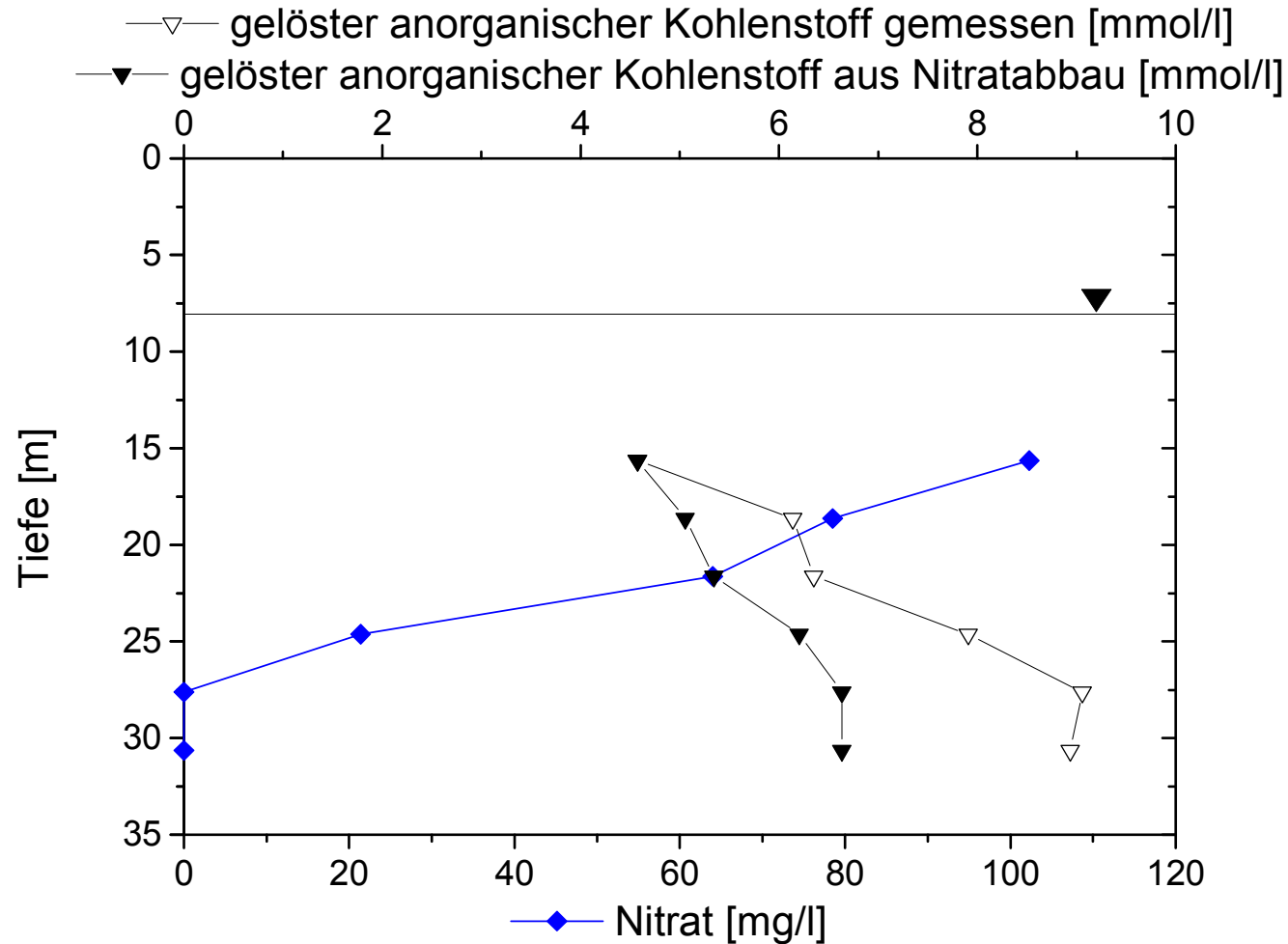


# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



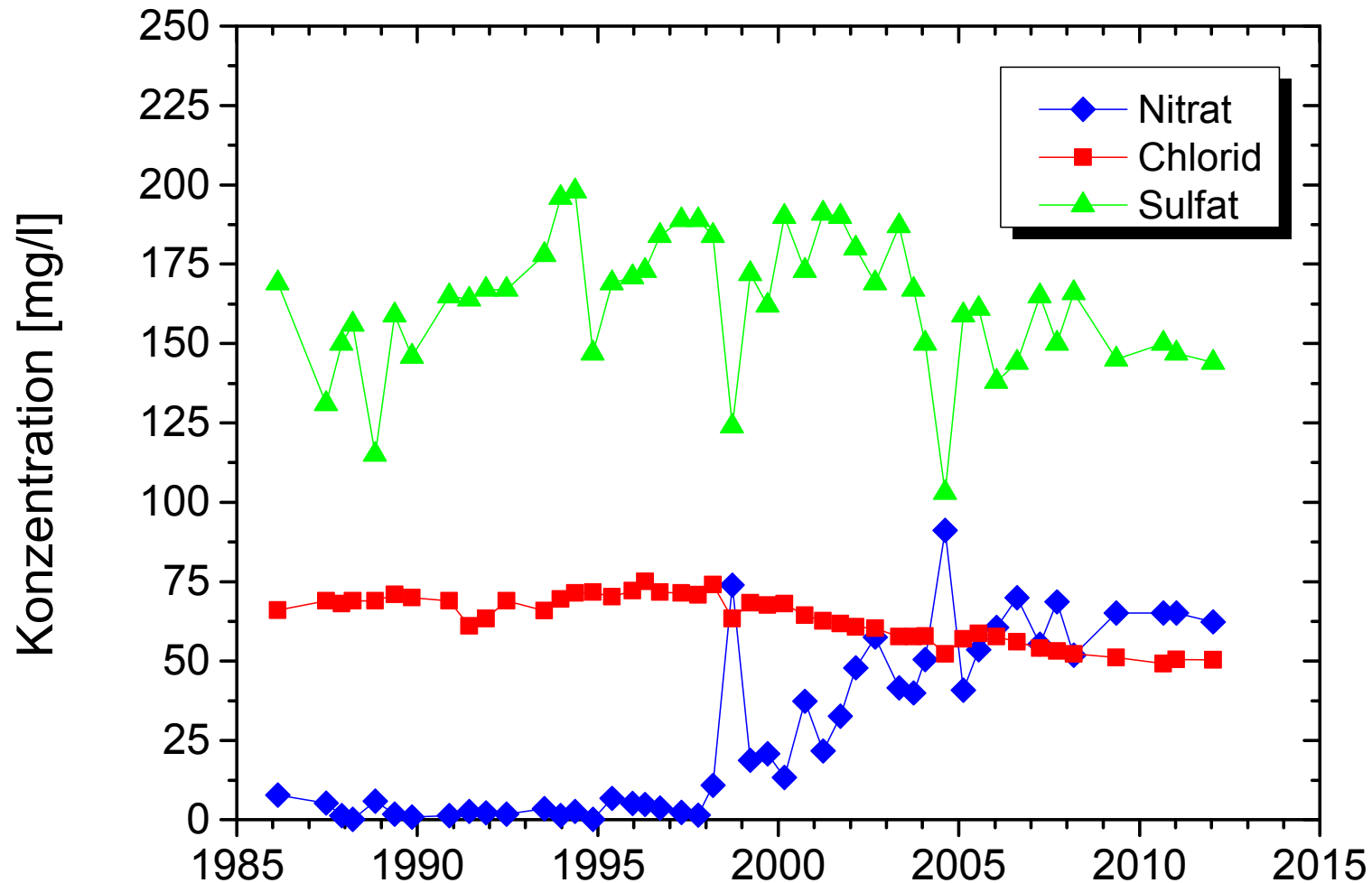
Beispiel: chemo-organotrophe Denitrifikation

# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



Beispiel: chemo-organotrophe  
Denitrifikation

# Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen

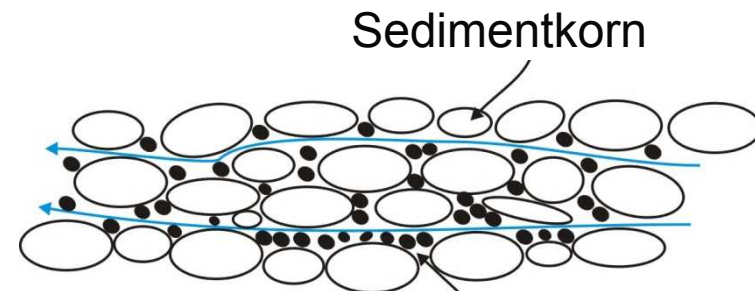
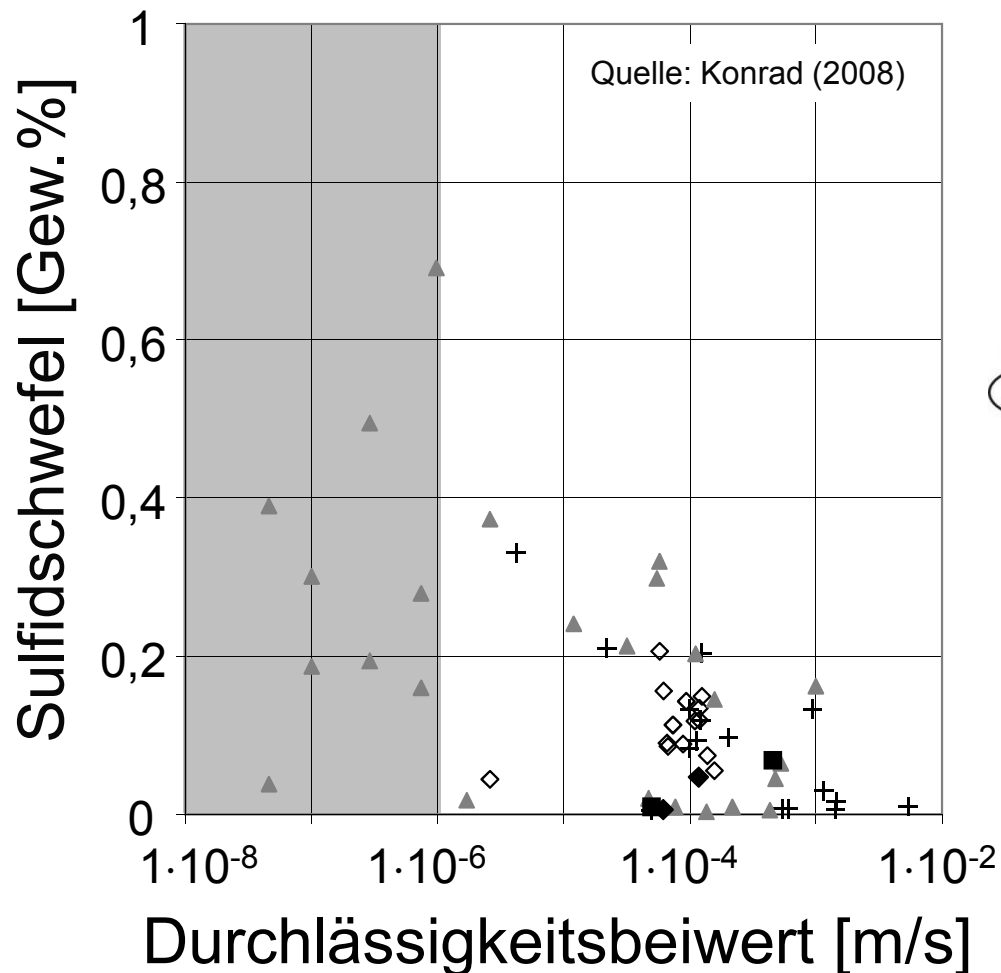


Beispiel: Erschöpfung des Nitratreduktionspotenzials

# „Lebensdauer“ des Nitratabbaus Zugang zum reaktiven Material

## reaktives Material:

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



Biofilm um reaktives Material,  
z. B. Kohlepartikel



# „Lebensdauer“ des Nitratabbaus

## Berechnung der Dauer des Nitratabbaus

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

### Berechnung der Abbaudauer für Einheitsvolumen (1 m<sup>3</sup>):

- bei Vorhandensein von Sedimentkennwerten (S und C)
- anhand stöchiometrischer Gleichungen
 
$$14 \text{ NO}_3^- + 5 \text{ FeS}_2 + 4 \text{ H}^+ \rightarrow 7 \text{ N}_2 + 10 \text{ SO}_4^{2-} + 5 \text{ Fe}^{2+} + 2 \text{ H}_2\text{O}$$
- für vollständige Zugänglichkeit und Umsetzung der Sulfidminerale („very best case“)
- auch für organischen Kohlenstoff

# „Lebensdauer“ des Nitratabbaus

## Berechnung der Dauer des Nitratabbaus

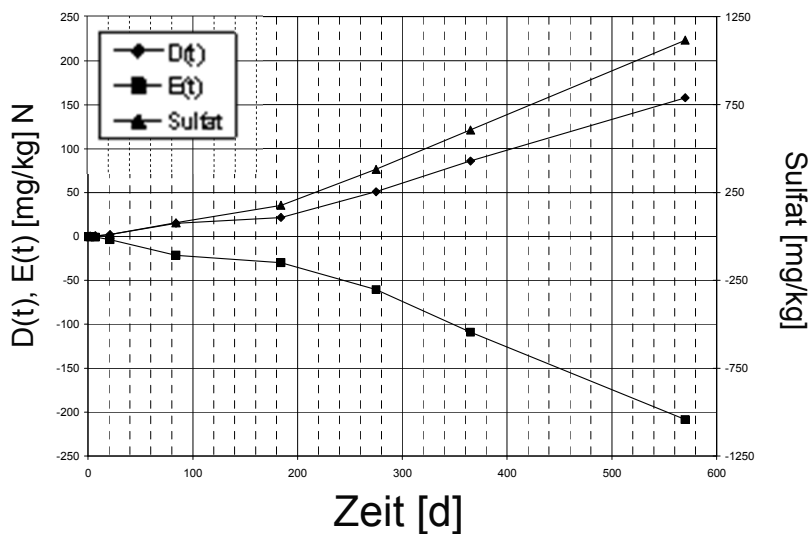
	niedriger Wert	mittlerer Wert	hoher Wert
Disulfid-Schwefelgehalt [Gew.%]	0,01	<b>0,05</b>	0,1
Grundwasserneubildungsrate [mm/a]	75	<b>150</b>	300
Nitratkonzentration des Sickerwassers [mg/l]	10	<b>100</b>	200
Gesamtporenanteil des Gesteins [ ]	0,10	<b>0,25</b>	0,40

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
<b>150</b>	200	108	90	72
	<b>100</b>	215	<b>179</b>	144
	10	2152	1793	1435
75	200	215	179	144
	100	430	359	287
	10	4304	3587	2870

# „Lebensdauer“ des Nitratabbaus

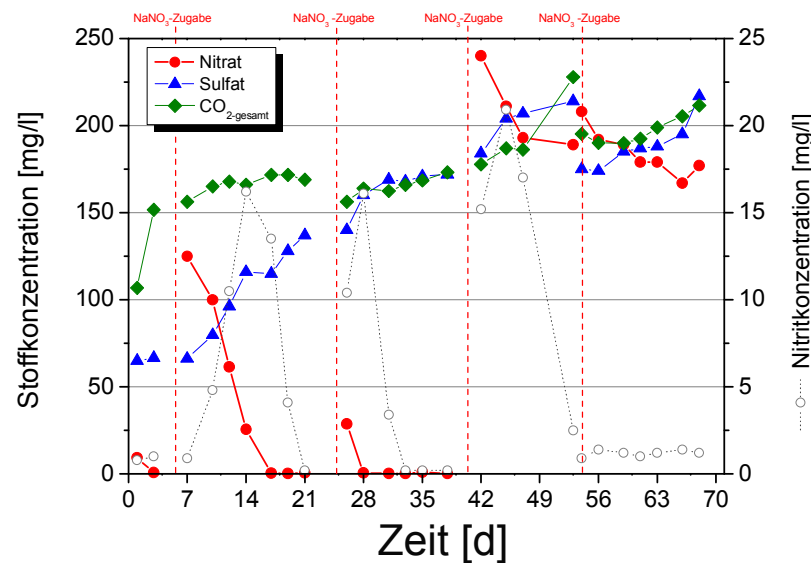
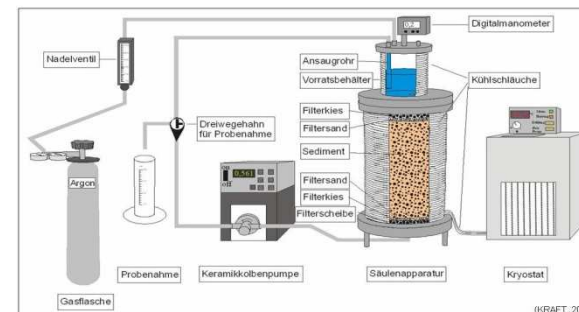
## Bestimmung des reaktiven Stoffanteils

Stand-  
versuch



	Disulfid-S [mg/kg]	$\Delta$ - 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 areaktiven Materials 10 % [a]
0,1	359	180	36
0,05	<b>179</b>	<b>90</b>	<b>18</b>
0,01	36	18	4

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

# Fazit

- Nitrat ist nach wie vor der bundesweite wichtigste Belastungsparameter im Grundwasser
- Hauptursache hoher Nitratkonzentrationen sind die zu hohen Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft
- Nitratreduktionsprozesse können zu einer Minderung der Konzentrationen beitragen
- Denitrifikationsprozesse können anhand hydrochemischer Daten oft zuverlässig identifiziert werden
- Das Nitratabbau Potenzial ist endlich und – in den allermeisten Fällen – nicht regenerierbar
- Der 2015 erscheinende DWA-/DVGW-Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ stellt Methoden zur Abschätzung des „Lebensdauer“ des Nitratabbaus vor