

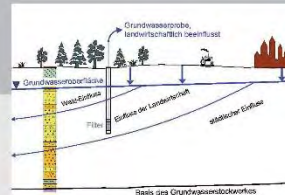
Abschätzung der Lebensdauer des Nitrat-Abbaus im Grundwasser Deutschlands

DWA-
Themen

T 2/2015

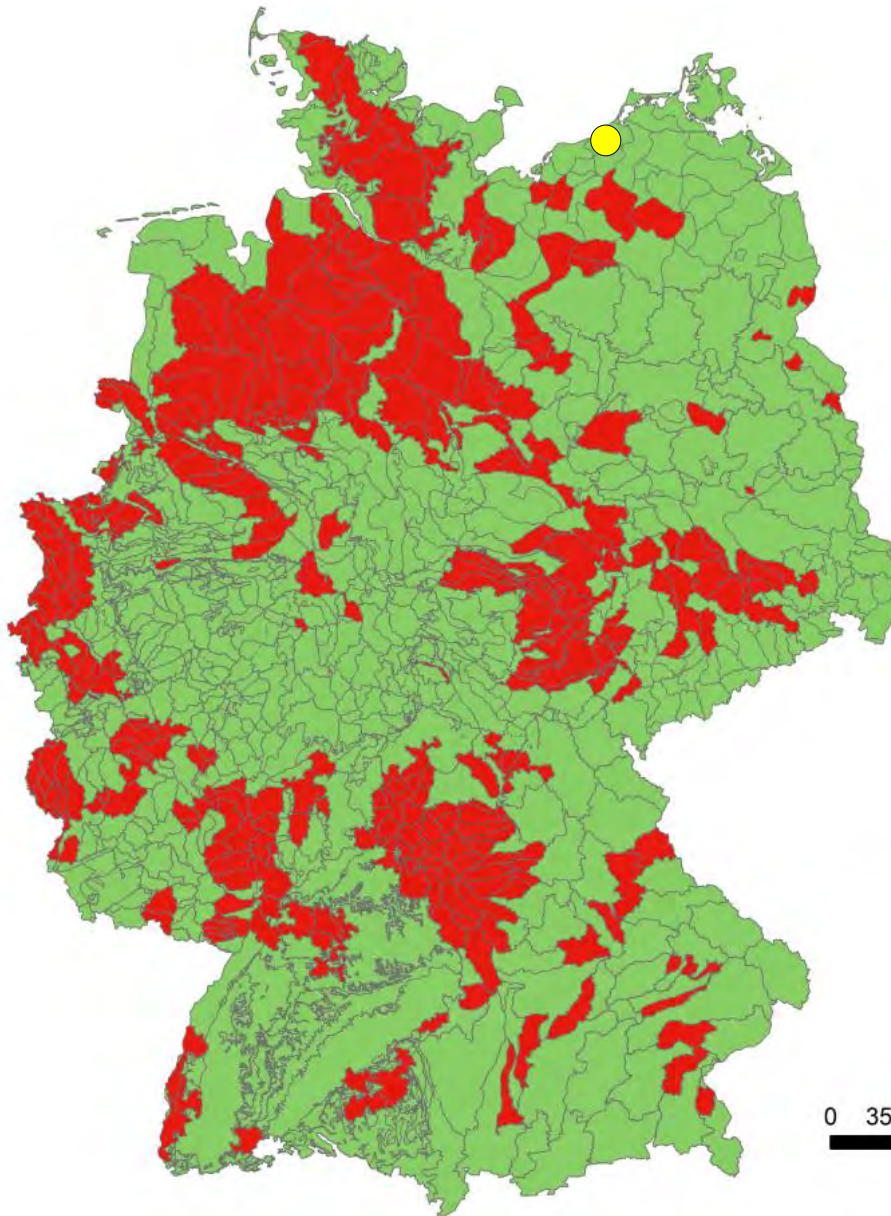
Stickstoffumsatz im Grundwasser



März 2015



Vorstellung DVGW/DWA-
Themenband
„Stickstoffumsatz im
Grundwasser“

Chemischer Zustand des Grundwassers in Deutschland aufgrund der Nitratbelastung



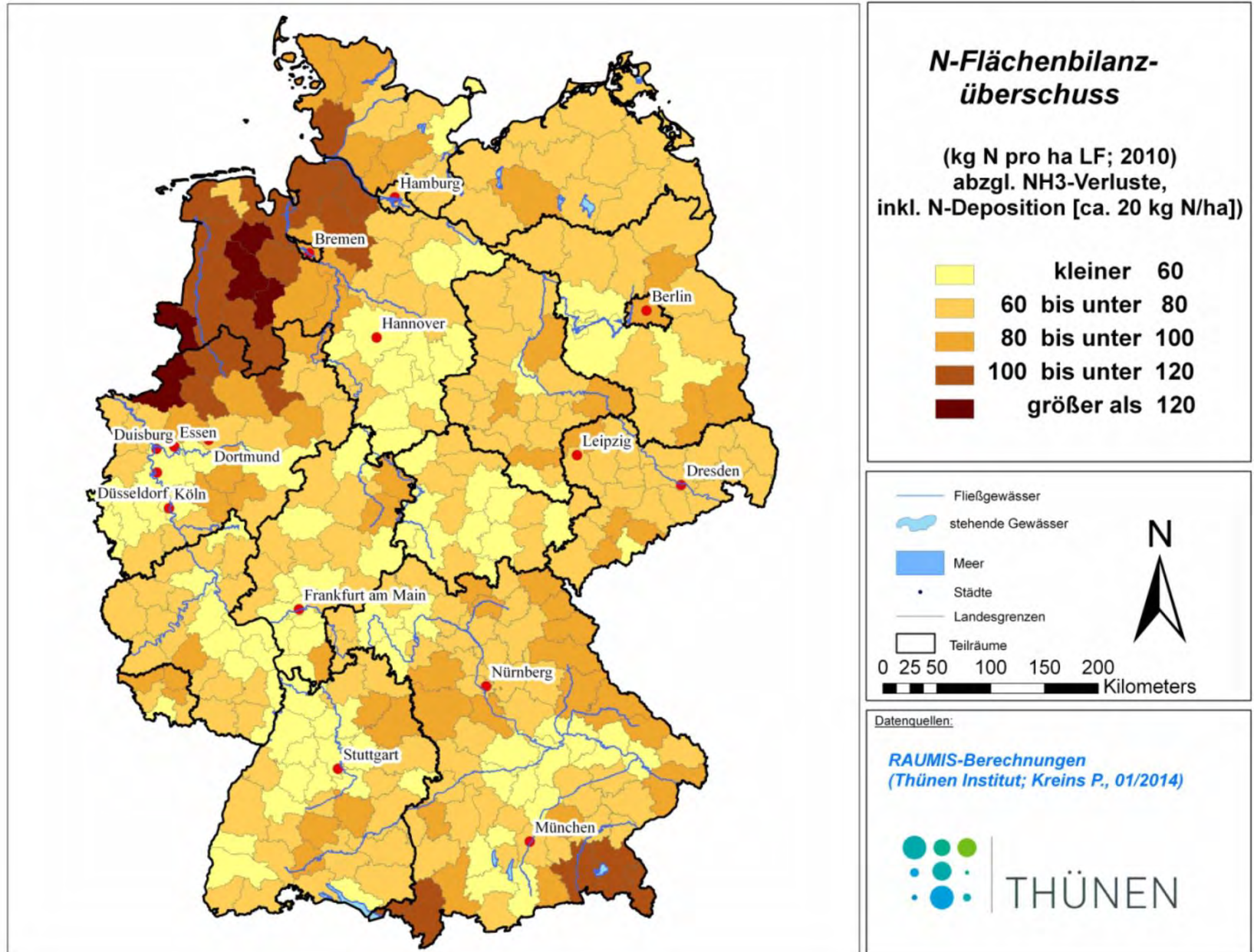
-  guter Zustand
-  schlechter Zustand

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

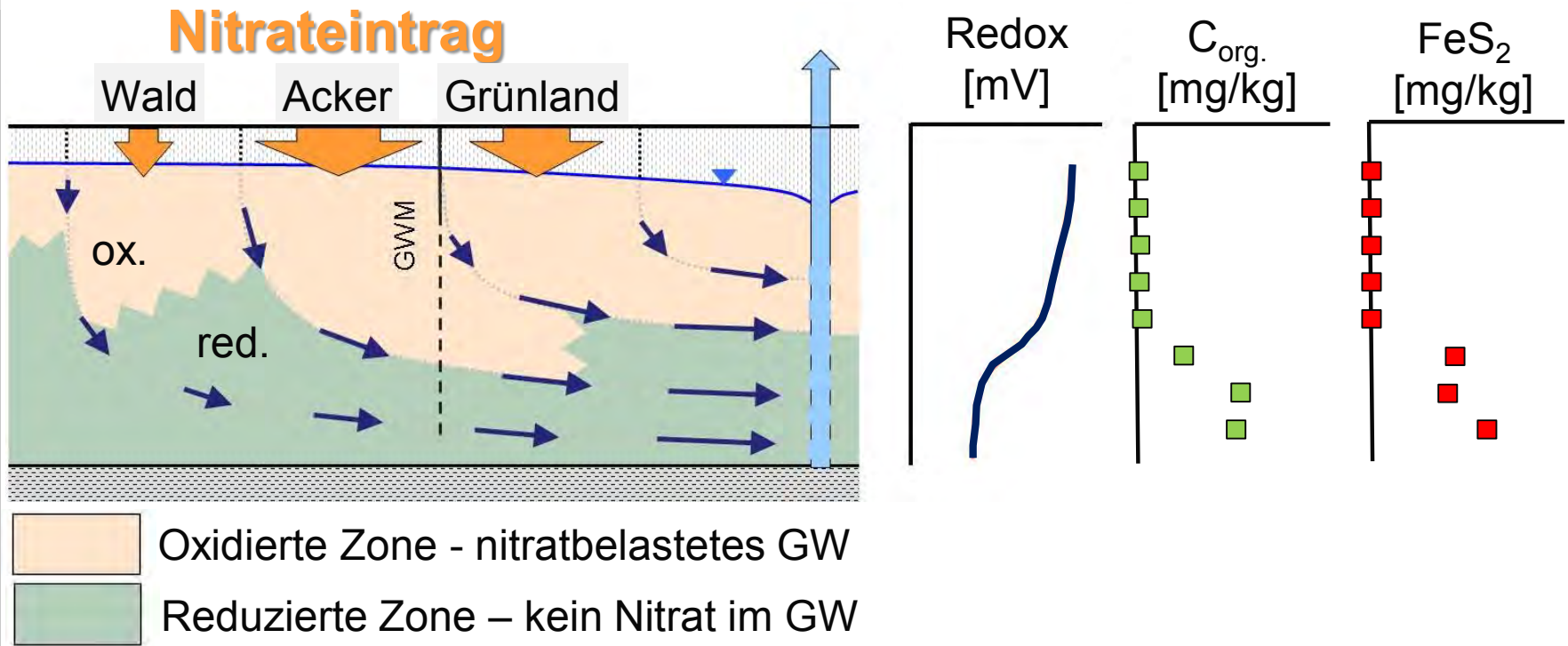
Quelle: Auswertung des UBA und des FZ Jülich nach WasserBLiCK, Stand 2012 sowie Angaben der Länder

0 35 70 140
Kilometer

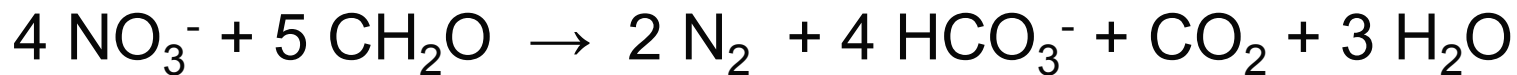
Stickstoff-Flächenbilanzüberschuss in Deutschland, Stand 2010



Nitratabbauprozesse



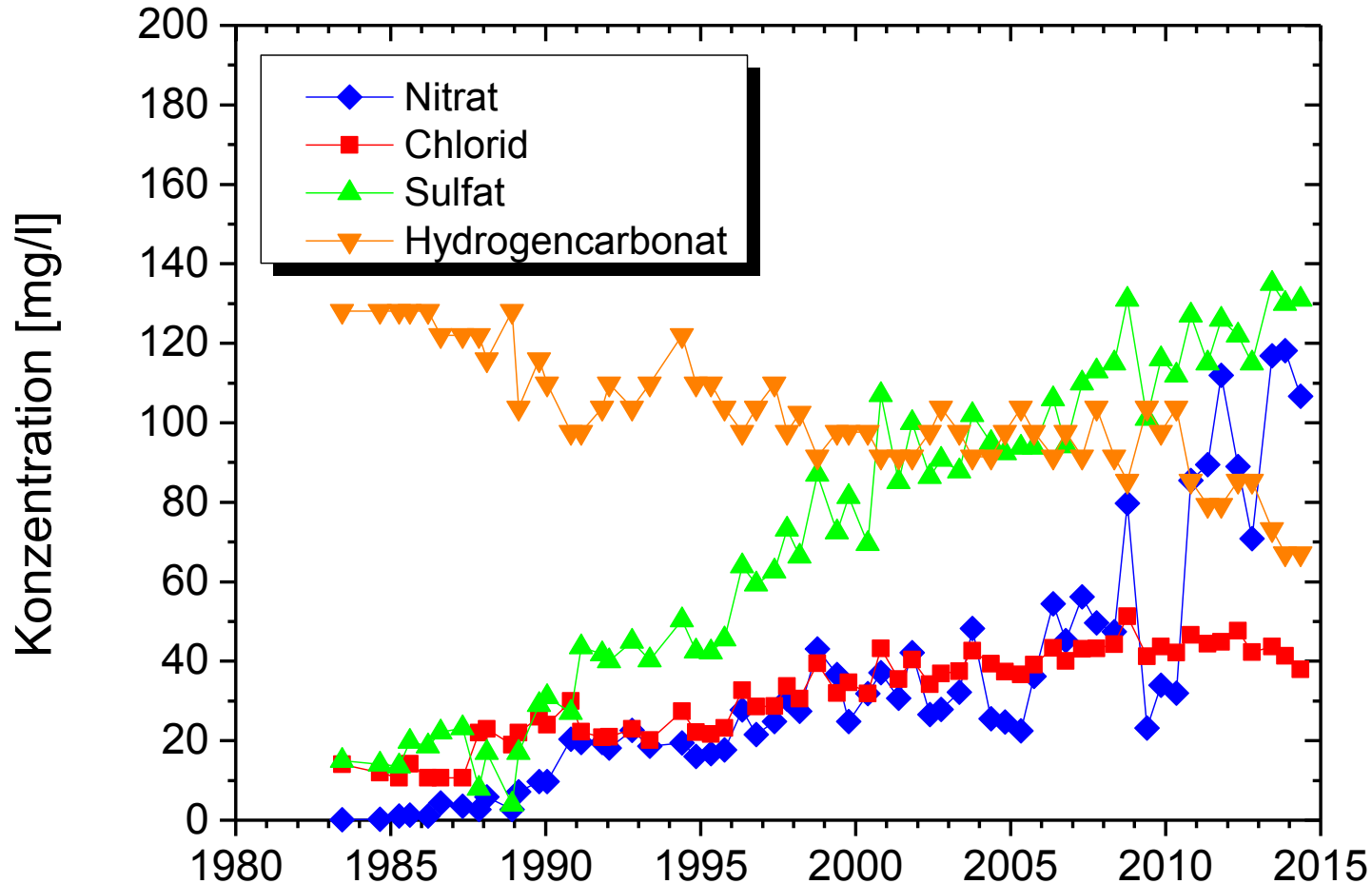
chemo-organotrophe Denitrifikation:



chemo-lithotrophe Denitrifikation:

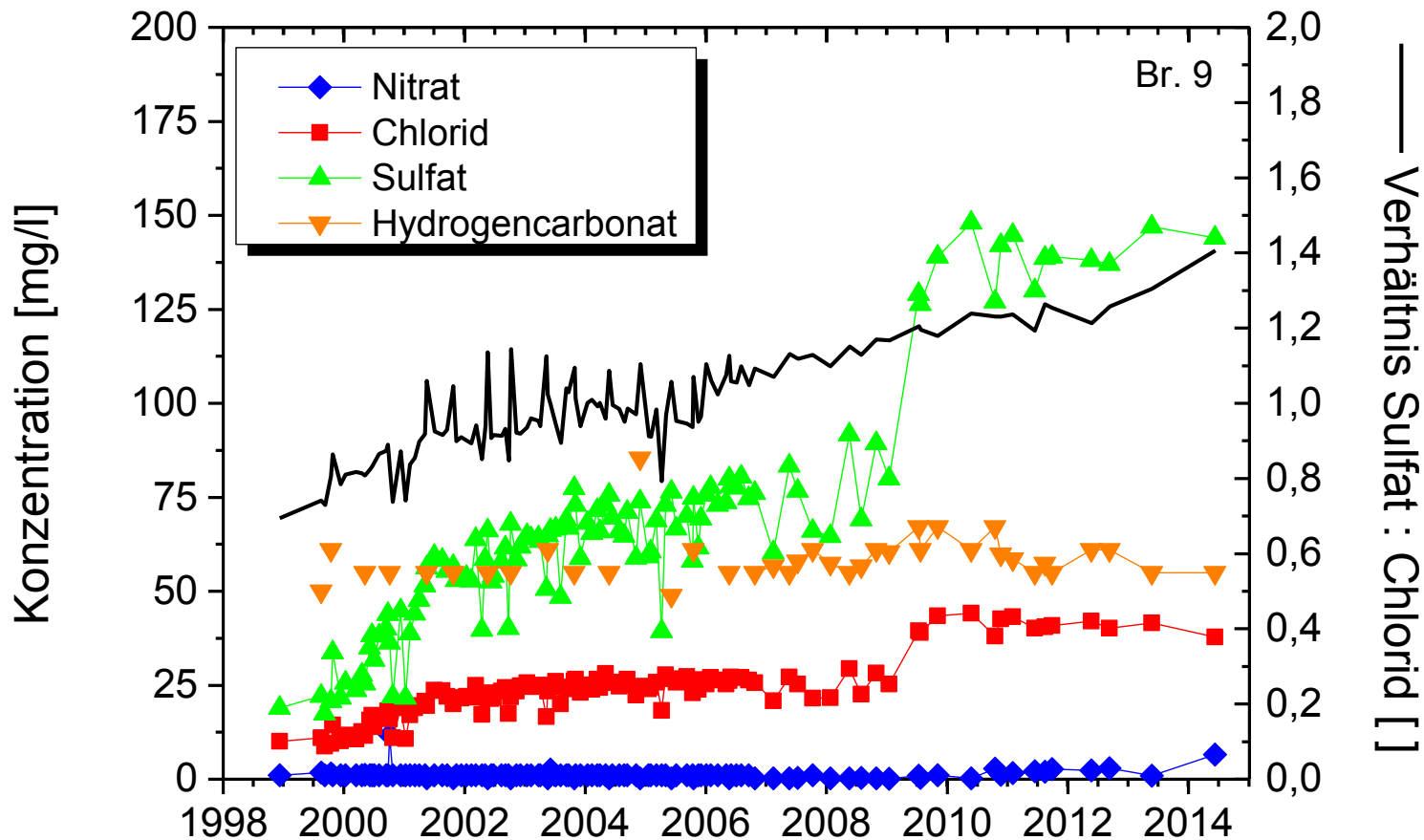


Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



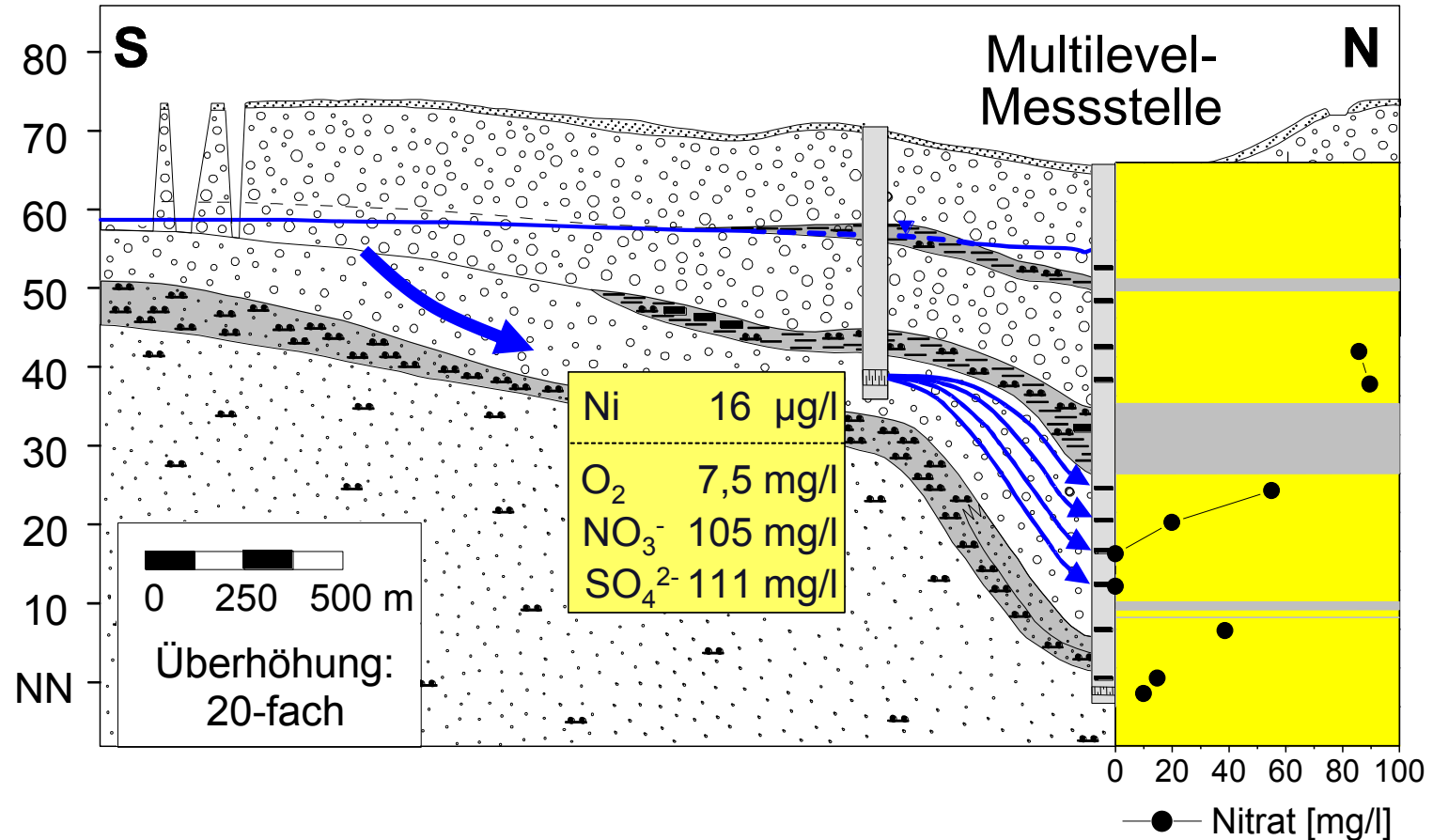
Fehlendes Nitratabbaupotenzial

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



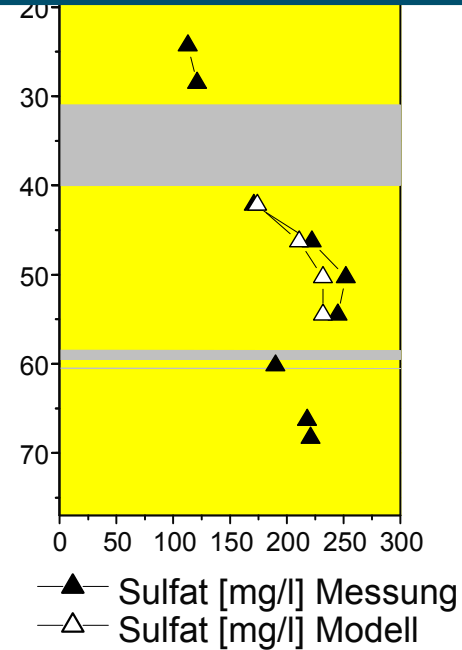
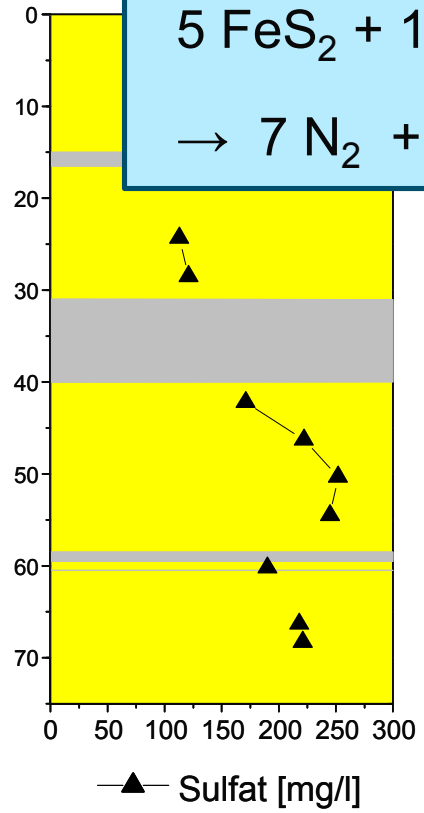
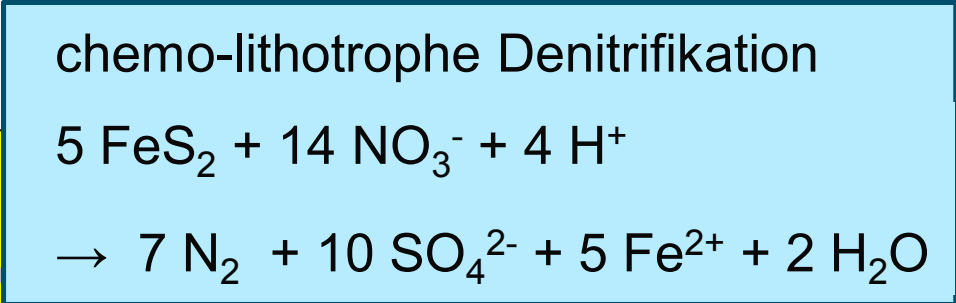
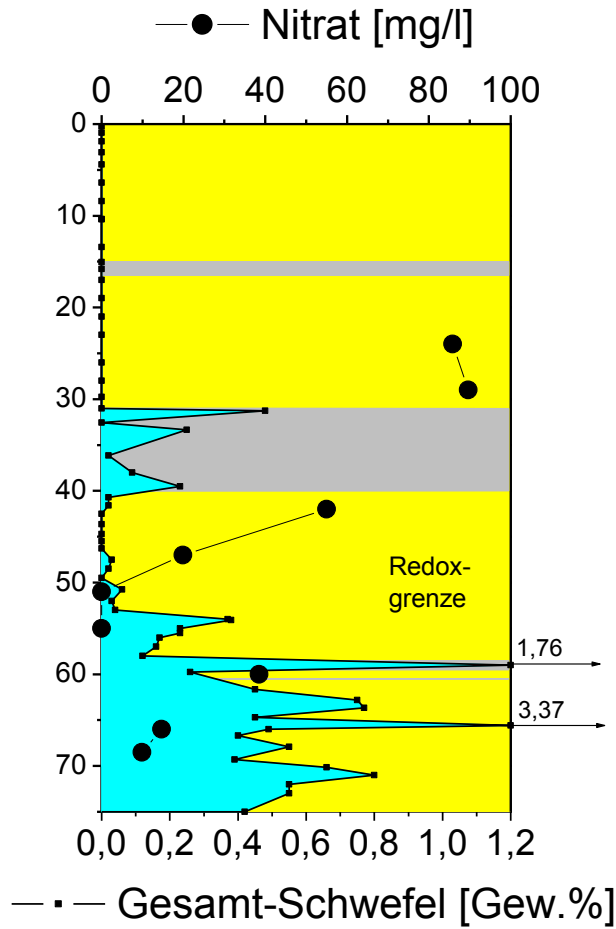
Nachweis der chemo-lithotrophen Denitrifikation

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



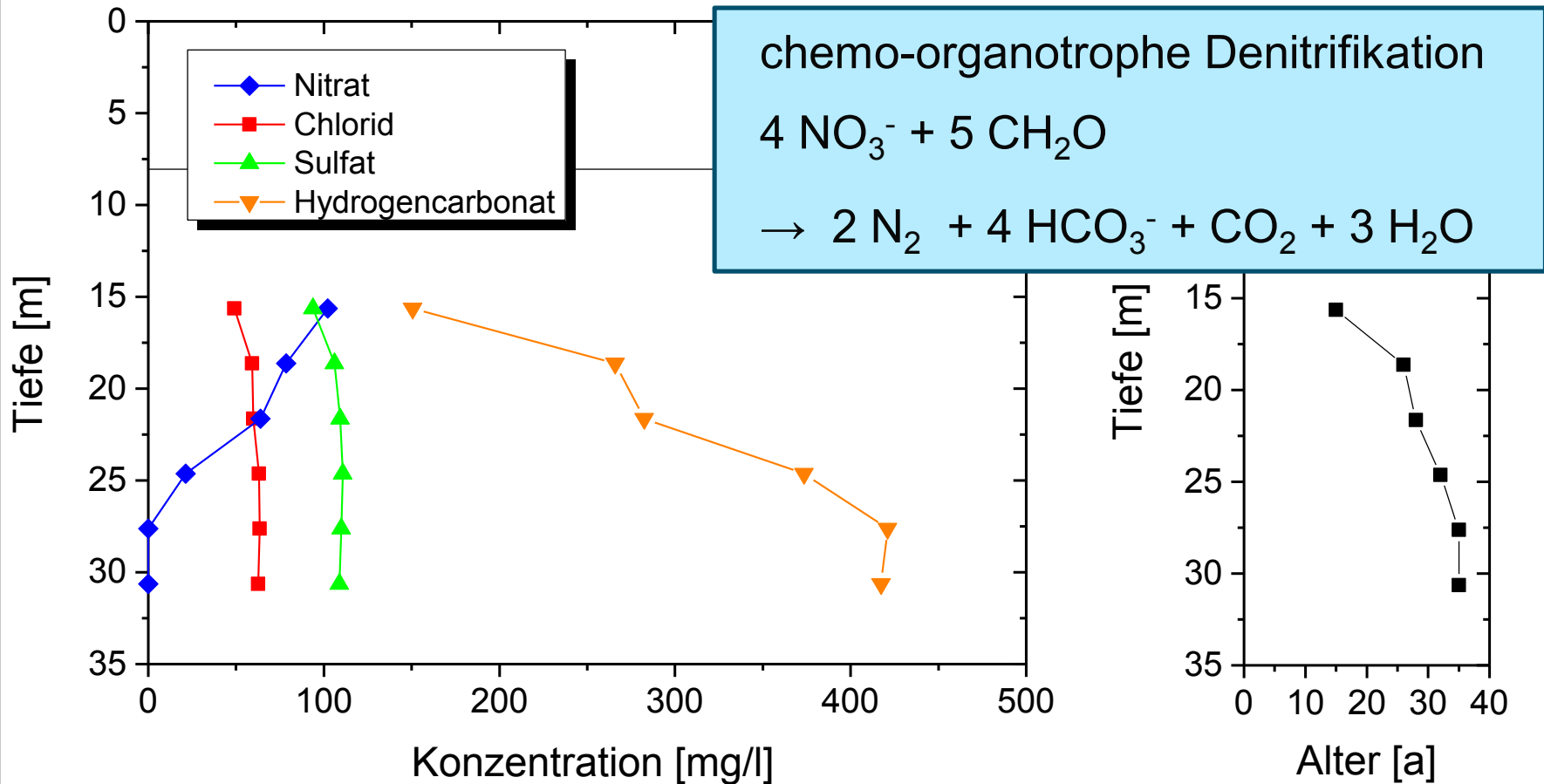
Nachweis der Nitratreduktion

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



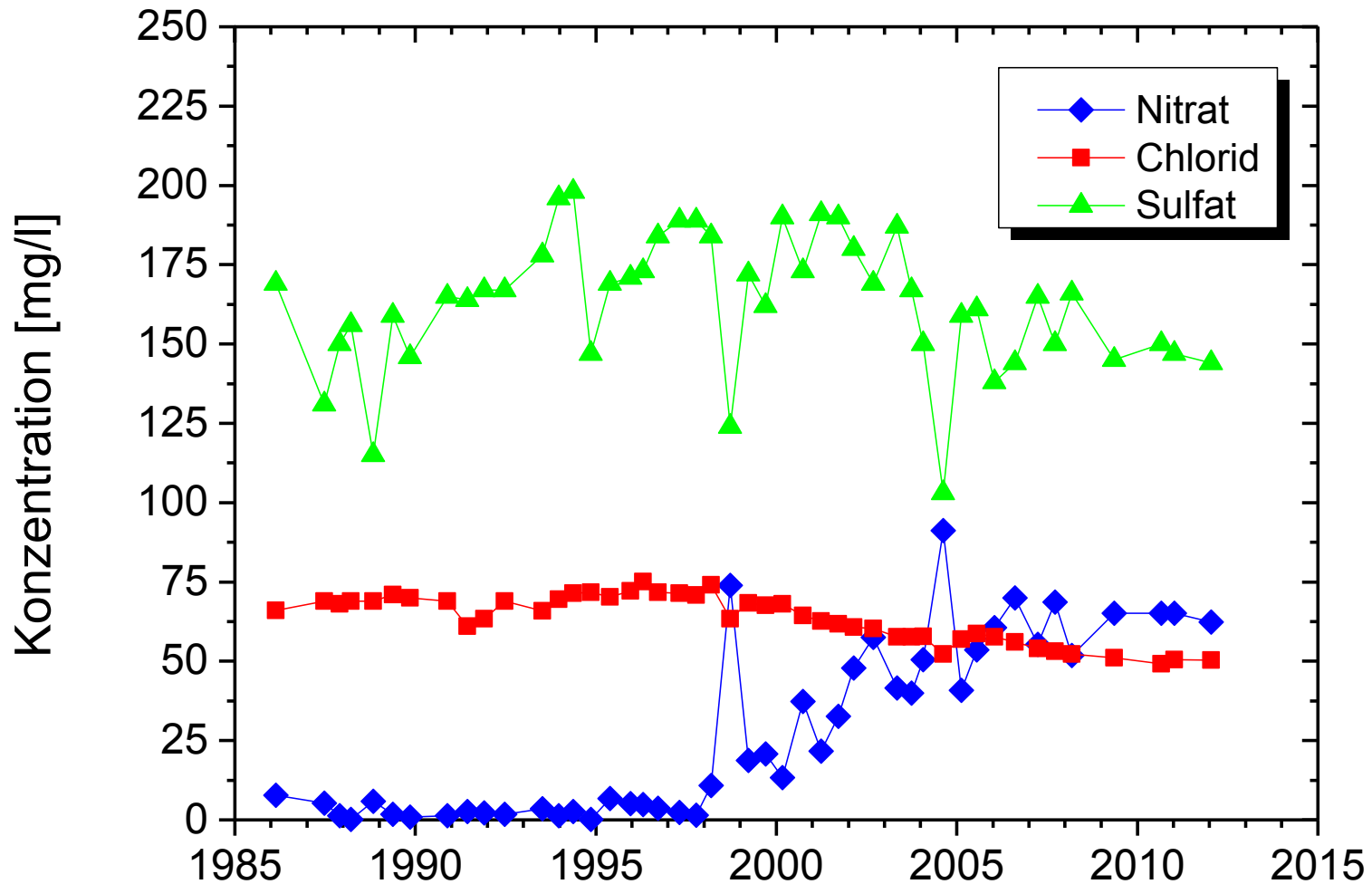
Nachweis der chemo-lithotropen Denitrifikation

Identifikation von Denitrifikationsprozessen mittels Grund- und Rohwasseranalysen



(Hinweis auf) chemo-organotrophe 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**
 - **Angaben zu hydrochemischen Milieuparametern beinhalten**
 - **in Form von Zeitreihen vorliegen oder**
 - **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
- 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 / 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

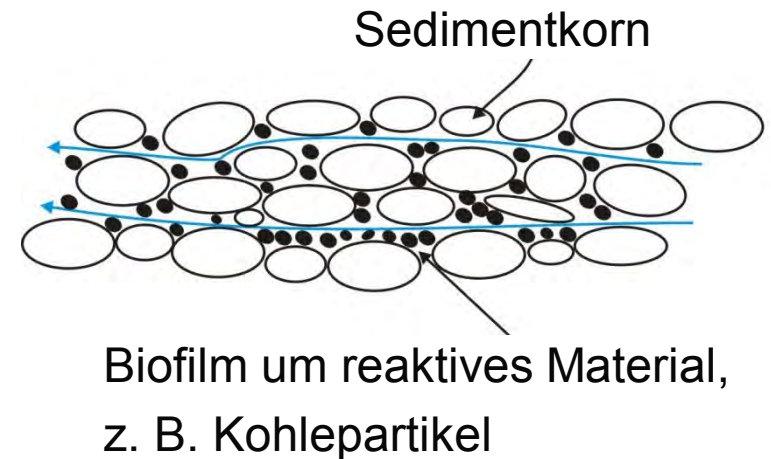
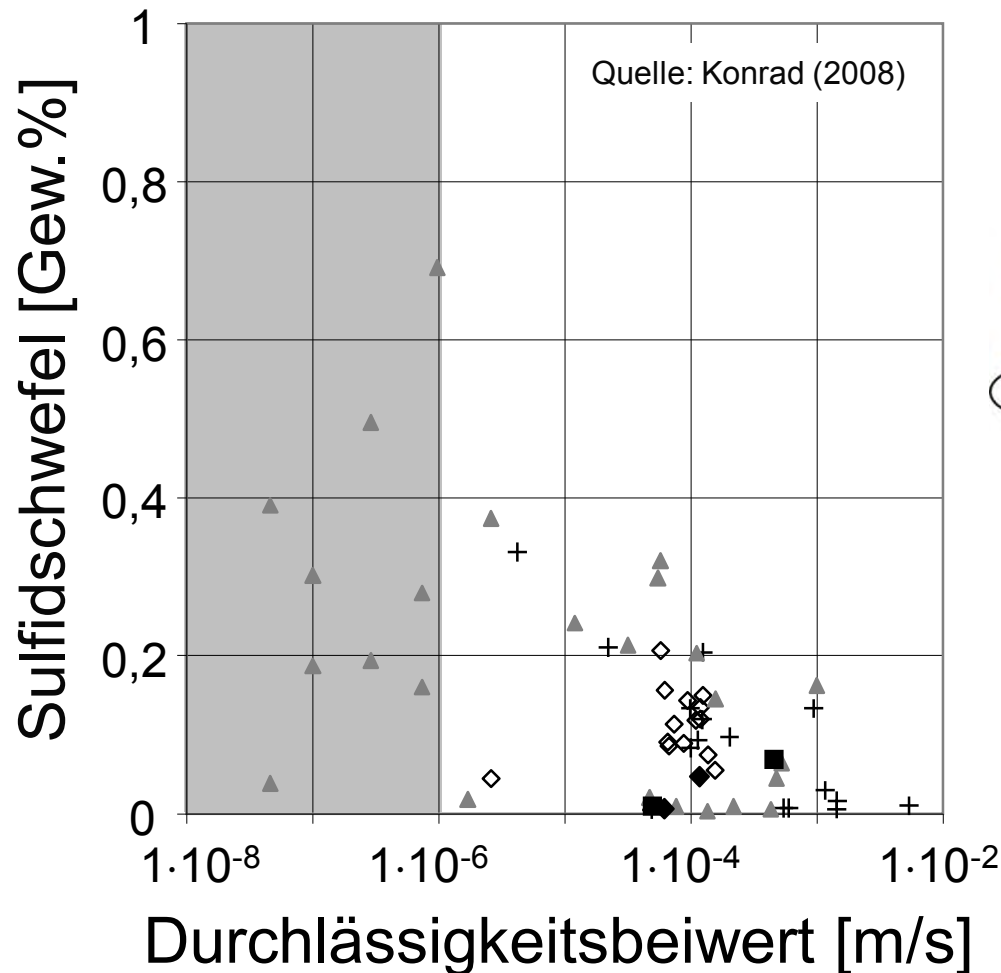
	niedriger Wert	mittlerer Wert	hoher Wert
Disulfid-Schwefelgehalt [Gew.%]	0,01	0,05	0,1
Grundwasserneubildungsrate [mm/a]	75	150	300
Nitratkonzentration des Sickerwassers [mg/l]	10	100	200
Gesamtporenanteil des Gesteins []	0,10	0,25	0,40

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:

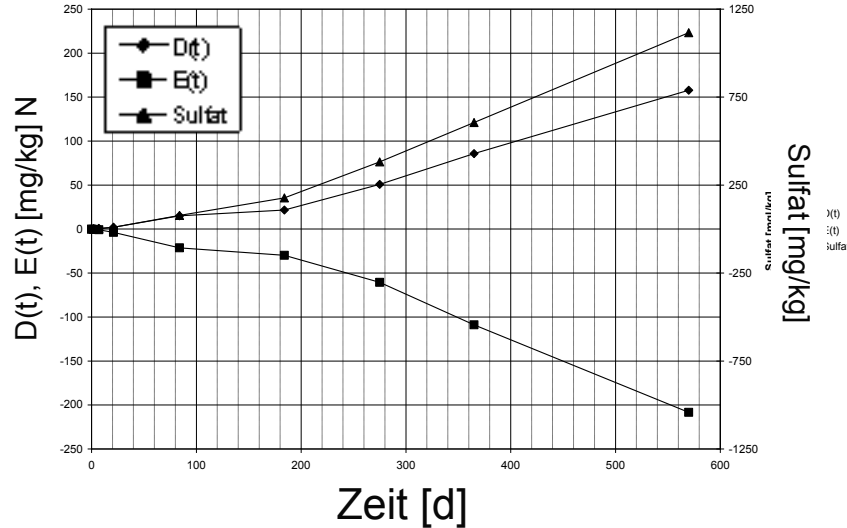
- organisch gebundener Kohlenstoff (Holz, Torf, Lignit)
- anorganische reduzierte Schwefelverbindungen (Pyrit, Markasit)



„Lebensdauer“ des Nitratabbaus

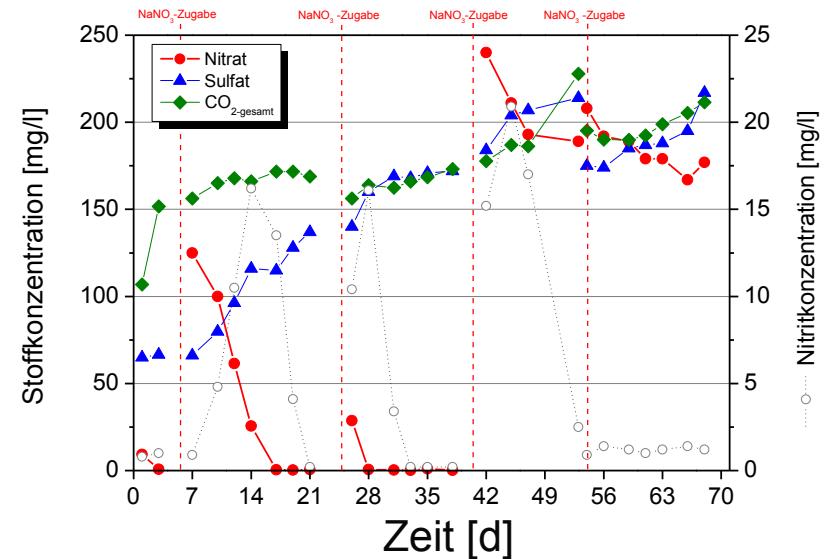
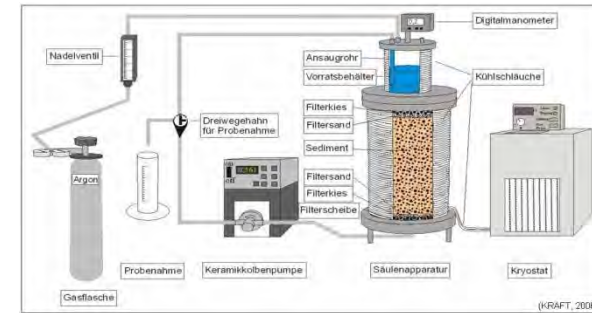
Bestimmung des reaktiven Stoffanteils

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

Nitratwerte in Abhängigkeit von N-Überschuss und Grundwasserneubildungsrate ohne Denitrifikation

Sickerwasserneubildung in mm	100	150	180	200*	230	250	300	Sickerwasserneubildung in mm
N-Überschuss in kg N pro ha	Nitrat-Konzentration im Sickerwasser in mg/l NO ₃							N-Überschuss in kg N pro ha
120	531,2	354,1	295,1	265,6	231,0	212,5	177,1	120
100	442,7	295,1	245,9	221,3	192,5	177,1	147,6	100
90	398,4	265,6	221,3	199,2	173,2	159,4	132,8	90
60	265,6	177,1	147,6	132,8	115,5	106,2	88,5	60
50	221,3	147,6	123,0	110,7	96,2	88,5	73,8	50
40	177,1	118,0	98,4	88,5	77,0	70,8	59,0	40
35	154,9	103,3	86,1	77,5	67,4	62,0	51,6	35
30	132,8	88,5	73,8	66,4	57,7	53,1	44,3	30
25	110,7	73,8	61,5	55,3	48,1	44,3	36,9	25
20*	88,5	59,0	49,2	44,3*	38,5	35,4	29,5	20
15	66,4	44,3	36,9	33,2	28,9	26,6	22,1	15
								10

Rechengang:

$$60 \text{ kg N}/(\text{ha}\cdot\text{a}) / 10.000 = 0,006 \text{ kg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

Umrechnung ha in m²

$$0,006 \text{ kg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a}) * 1.000.000 = 6.000 \text{ mg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

Umrechnung kg in mg

$$6.000 \text{ mg N}/(\text{m}^2\cdot\text{a}) * 4,4258 = 26.555 \text{ mg NO}_3^-/(\text{m}^2\cdot\text{a})$$

Umrechnung N in NO₃⁻

$$26.555 \text{ mg NO}_3^-/(\text{m}^2\cdot\text{a}) / 150 \text{ l}/(\text{m}^2\cdot\text{a}) = 177,1 \text{ mg/l}$$

Berechnung Konzentration
(Masse / Volumen)

Wolter 2014

HYDOR