

Anhang B5: Sorption von As(III) unter anoxischen und As(V) unter oxischen Bedingungen an vier verschiedenen Torfproben in Schüttelversuchen

Methoden

Vier verschiedene Niedermoorproben, SB2 und SB3 aus dem Schlöppnerbrunnen sowie GB2 und GB3 aus dem Greifenbachstauweiher, wurden untersucht (Eigenschaften siehe Dissertation Tabelle 4-1).

Nach der Homogenisierung der Proben durch Verkneten in einer Plastikschaale wurden jeweils 36 Parallelproben feldfeucht in säuregespülten 100 ml Rollrand-Glasflaschen eingewogen. Die Einwaage entsprach jeweils einem Torf-Trockengewicht von 1,5-1,7 g (Anhang B5-1). Die Hälfte der Proben wurde in der Glovebox unter N₂-Atmosphäre eingewogen. Alle Proben wurden mit 30 ml verdünnter Salzlösung (0,04 mM Ca²⁺, 0,04 mM Mg²⁺, 0,04 mM Na⁺, 0,15 mM K⁺, 0,10 mM NH₄⁺, 0,07 mM SO₄²⁻, 0,09 mM NO₃⁻, 0,2 mM Cl⁻) versetzt. Für die anoxischen Proben wurde die Lösung zuvor mit Stickstoff begast, um den Sauerstoff zu entfernen. Für jede Behandlung wurde eine Flasche ohne Torf, nur mit den Lösungen, für die Ermittlung des Reagenzienblindwertes mitgeführt. Anschließend wurden alle Proben für sieben Tage in einer 15°C-Kammer vorinkubiert. Dabei waren die Flaschen mit den anoxischen Proben mit Bördelkappen verschlossen, diejenigen mit die oxischen Proben inkubierten unverschlossen.

Anschließend wurden je drei Parallellproben jeweils mit einer definierten Menge As versetzt, so dass sechs verschiedene Konzentrationsstufen vorlagen (Tabelle B5 1). Die oxischen Proben wurden dabei mit einer Lösung mit As(V) (As-Standardlösung, H₃AsO₄ in HNO₃ 0,5 mol/l, 1000mg/l As; Merck), die anoxischen mit As(III) (Arsenic Standard for AAS, 1000 mg/L As in 2% nitric acid; Fluka) versetzt.

Die Proben wurden anschließend mit Regenwasser aufgefüllt, so dass das Torf: Lösungs-Verhältnis 1:50 betrug.

Tabelle B5 1: Konzentrationsstufen der Zugabe von As(III) bzw. As(V) während des Sorptionsversuches.

Konzentrationsstufe	As-Zugabe [µg/g]
1	0
2	10
3	25
4	50
5	100
6	200

Alle Proben wurden für 24 h in einem Überkopfschüttler mit 10 Umdrehungen pro Minute geschüttelt und anschließend bei 2063 g zentrifugiert.

Zur Probenahme wurden die Flaschen geöffnet und die Lösung wurde mit Hilfe eines Polyethylen-Schlauches, der auf eine Spritze aufgesteckt war, entnommen. Die anoxischen Proben wurden anschließend sofort verschlossen und die Gasphase im Headspace für 20 min mit N₂ ausgetauscht.

Nach dem Sorptionsversuch wurde in den Proben GB2, GB3, den Blindwerten und den anoxischen Teilproben der Probe SB3 jeweils eine Teilprobe mittels pH-Papier auf ihre pH-Werte untersucht.

Anschließend erfolgten an den Torfproben, die zuvor mit der Konzentrationsstufe 6 versetzt worden waren, sieben Desorptionsschritte mit einer verdünnten Salzlösung (siehe oben). Das Torf-Lösungs-Gemisch wurde pro Desorptionsschritt jeweils 24 h geschüttelt. Das Boden-Lösungs-Verhältnis betrug auch hier 1:50. Nach dem Zentrifugieren wurden die Proben in gleicher Weise wie im Sorptionsversuch entnommen.

Alle Lösungen wurde mittels Unterdruck durch PP-Membranfilter à 0,45 µm (VWR, GH-Polypro Ø 50 mm) gefiltert. Zuvor erfolgte die Konditionierung der Filter durch das Spülen mit 2 ml 6,5%iger HNO₃, 5 ml deionisiertem Wasser und mit 2 ml Bodenlösung. Anschließend wurden die Proben mit 50 µl 65%iger HNO₃ pro 15 ml Probe angesäuert.

Die As-Gesamtgehalte wurden mittels ICP-AAS Graphitrohr (ZEEnit 600s, Lehrstuhl für Hydrogeologie, Uni Bayreuth) gemessen. Die Fe-Konzentrationen wurden an einem Photometer (Shimazu UV-1800) bestimmt (Anhang B5-4).

Ergebnisse

Unter oxischen Bedingungen wurde in allen vier Proben mindestens 65% des As(V) sorbiert. Bei der maximalen As-Zugabe entsprach das 129-171 µg/g (Tabelle B5 2). Die Absorptionskurven nähern sich dabei auch bei der höchsten As-Zugabe keinem Grenzwert an (Abbildung B5 1). In Probe GB3 wurden nach der Zugabe von Konzentrationsstufe 4 teils soviel As sorbiert, dass die As-Lösungskonzentration nach der 24-stündigen Sorption unter die der vorherigen Sorptionsstufe 3 sank. Dadurch entstand ein Zickzackmuster in der Sorptionskurve (Abbildung B5 1).

Die pH-Werte der Blindproben lagen bei den Konzentrationstufen 1-3 bei 4,4-4,7, bei der höchsten As-Konzentrationsstufe bei 4. In den Proben GB2 und GB3 war der Einfluss geringer, die pH-Werte der Proben lagen nach dem Sorptionsversuch für alle Lösungskonzentrationen in einem Bereich von 4,4-5.

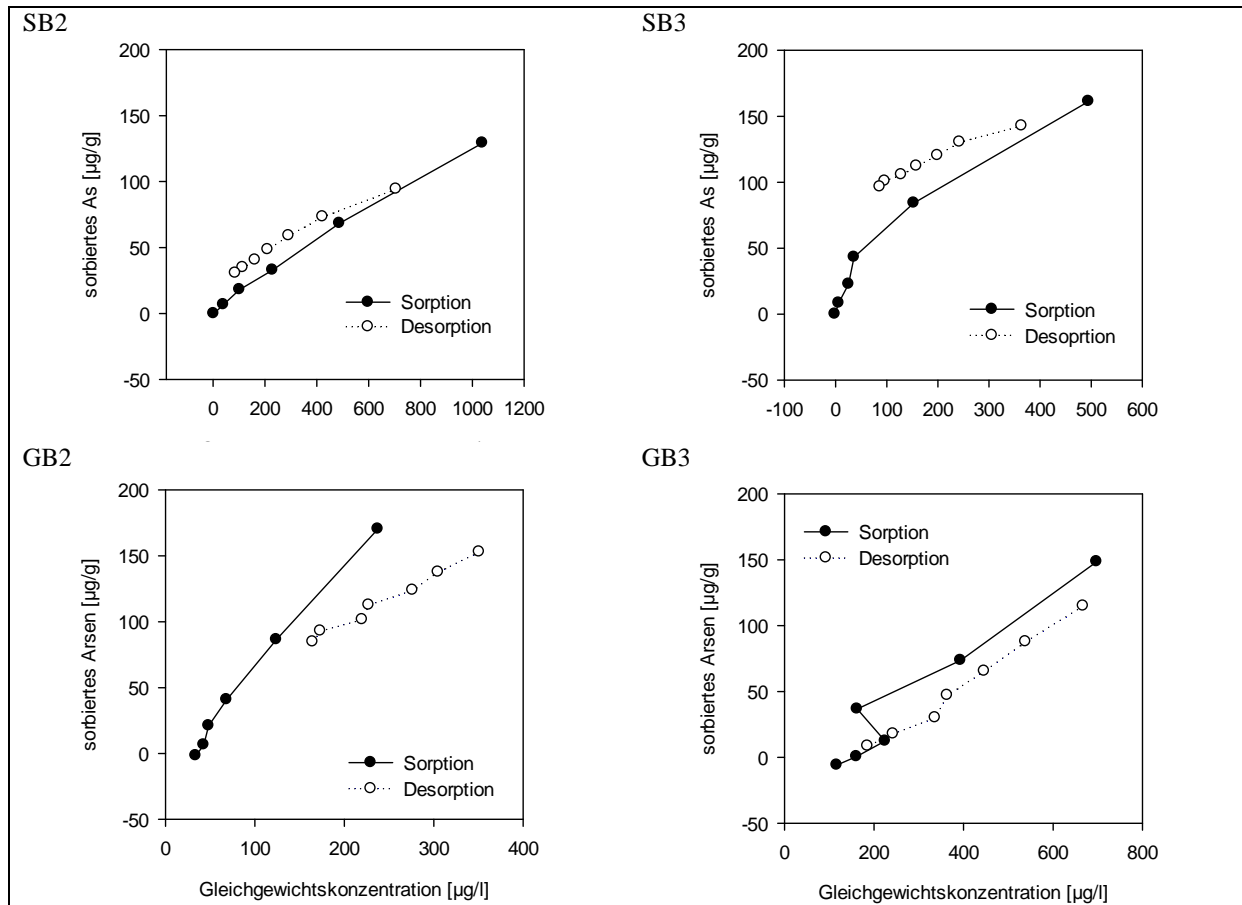


Abbildung B5 1: Sorptions- und Desorptionskurven vier verschiedener Torfproben von As(V) unter oxischen Bedingungen.

Unter anoxischen Bedingungen wurde in den Proben wesentlich weniger As(III) sorbiert als unter oxischen Bedingungen. Ausnahme war die Probe GB2, welche bei der Zugabe der höchsten As-Menge unter oxischen und anoxischen Bedingungen gleiche Mengen sorbierte. Allerdings wurde unter anoxischen Bedingungen überhaupt erst As sorbiert als As in der Konzentrationsstufe 2 zugegeben wurde (Abbildung B5 2). Die Kurve GB2 weist noch eine weitere Besonderheit auf: Die As-Gleichgewichtskonzentration beim ersten Desorptionsschritt liegt deutlich höher als zum Ende der Sorption (Abbildung B5 2).

Der Verlauf der Sorptions- und Desorptionskurven der restlichen Proben zeigt unter anoxischen Bedingungen sehr verschiedenes Verhalten. In Probe SB2 wurde bei der Zugabe höchster As-Mengen überhaupt kein As sorbiert, die Probe sorbierte nur nach der Zugabe niedrigerer As-Konzentrationen (Abbildung B5 2).

In Probe GB3 wurden unter anoxischen Bedingungen nur geringe Mengen As sorbiert und bereits in einem Desorptionsschritt das gesamte zuvor sorbierte As wieder gelöst und anschließend weiteres As aus dem Torf gelöst.

Die pH-Werte nach der Sorption unter anoxischen Bedingungen lagen für die Probe GB2 im Bereich 4,5-5, für Probe GB3 4-4,7 sowie in Probe SB3 im Bereich 4,4- 4,7. In den Blindwerten zeigte sich wieder, dass die Lösungen mit höheren As-Konzentrationen deutlich saurer reagierten als die mit geringeren Konzentrationen. Der pH-Wert für die Sorptionsstufe 2 betrug hier 4,1, der für die Stufe 5 betrug 3,6. Während der Desorption wurden keine pH-Werte mehr gemessen.

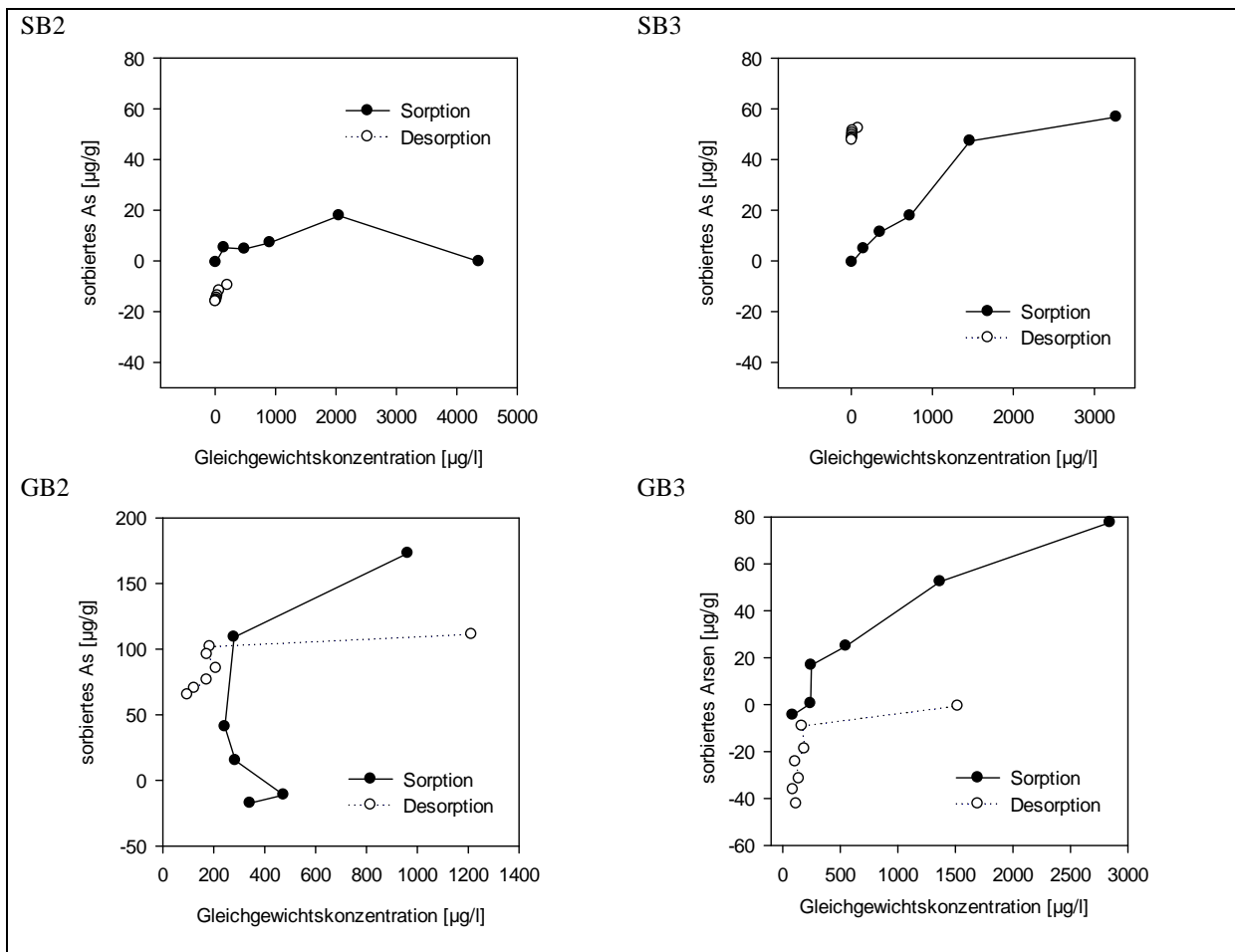


Abbildung B5 2: Sorptions- und Desorptionskurven vier verschiedener Torfproben von As(III) unter anoxischen Bedingungen.

Vergleicht man die Gesamtmengen des sorbierten und desorbierten As, so wird deutlich, dass ein Großteil des sorbierten As wieder desorbiert wurde. Bei den anoxisch inkubierten Proben SB2 und GB2 übersteigt die desorbierte Menge sogar weit die ermittelte sorbierte Menge (Abbildung B5 2), d.h. As welches sich in den vor der As-Zugabe in den Proben befand wurde ebenfalls desorbiert.

Tabelle B5 2: Tabelle: sorbiertes As bei Zugabe der höchsten Konzentrationsstufe von 200 µg/g an vier verschiedenen Torfböden innerhalb von 24h.

Probe	oxisch		anoxisch	
	As sorbiert [µg/g]	As desorbiert [µg/g]	As sorbiert [µg/g]	As desorbiert [µg/g]
SB2	129	99	0	16
SB3	161	65	57	9
GB2	171	86	173	108
GB3	149	140	78	120

Unter oxischen Bedingungen wurde also As wesentlich schneller und auch stärker sorbiert, mit Ausnahme der Probe GB2. Allerdings wurden in Probe GB2 unter oxischen Bedingungen nur 86 µg/g As wieder desorbiert und unter anoxischen Bedingungen 108 µg/g.

Während des Versuches wurden unter oxischen Bedingungen 0,04-0,1% des in den Proben vorhanden Fe freigesetzt und 3,1-9,6% unter anoxischen Bedingungen. Die höchste Freisetzung erfolgte bei den anoxischen Proben bei Zugabe der höchsten As-Konzentrationen.

Während des Desorptionsversuches kam es bei einigen Proben während der Zentrifugation zum Glasbruch, weshalb diese Proben dann nicht weiter analysiert werden konnten.

Auch war es trotz Zentrifugation der Proben zumeist nicht möglich, die gesamte zuvor zugegebene Lösungsmenge wieder zu entnehmen, da das Torfmaterial stark aufquoll. Teilweise wurden nur 49 ml von 75 ml, dafür aber zu einem späterem Zeitpunkt z.B. 83 ml entnommen. Die entnommenen Lösungsmengen und Lösungskonzentrationen sind in Anhang B5-2 und Anhang B5-3 im Anhang des Versuches zu finden

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Sorption unter oxischen Bedingungen stärker zu sein scheint als unter anoxischen Bedingungen. Allerdings lassen sich die Sorptions- und Desorptionskurven z.T. keinen typischen Sorptions- und Desorptionsisothermen anpassen, vor allem unter anoxischen Bedingungen, bei denen z.B. Probe SB2 As nur bei der Zugabe niedrigerer As-Konzentrationen sorbierte.

Verschiedene methodische Ursachen könnten dafür verantwortlich sein:

1) Aufgrund der großen Wasseraufnahmefähigkeit des Torfes (Quellung) konnte nicht immer die gesamte zugegebene Lösung vollständig wieder aus den Proben entnommen werden. Damit verblieb möglicherweise nach der Sorption As-haltige Lösung in den Proben und verfälschte den Wert für die Desorption. Das könnte in Probe GB2 unter anoxischen Bedingungen auch zu höheren As-Gleichgewichtskonzentrationen nach dem ersten Schritt der Desorption als nach der Sorption geführt haben.

2) Eine andere Ursache könnten größere pH-Unterschiede zwischen den verschiedenen Behandlungen sein. Verschiedene pH-Werte führen zu einem veränderten Sorptionsverhalten von As in Böden oder an Bodenbestandteilen (z.B. Smedley & Kinniburgh 2002; Goldberg 2002), weshalb bei größeren pH-Schwankungen auch keine Sorptionsisothermen dargestellt werden können. Allerdings waren nach der Sorption keine extremen Unterschiede der pH-Werte nachweisbar. Die Messung mit pH-Papier ist allerdings recht ungenau. Möglicherweise hat der Boden die pH-Werte auch zu einem gewissen Grad gepuffert und wies deshalb ähnliche pH-Werte auf, obwohl sich verschiedene Auswirkungen auf As-Sorption bzw. -Desorption zeigten. In jedem Fall führte unter anoxischen Bedingungen die Zugabe höherer As-Konzentrationen zur Freisetzung größerer Fe-Mengen. Das könnte ebenfalls auf die pH-Unterschiede zurückzuführen zu sein.

Weitere Probleme waren, der Glasbruch der Probenflaschen während der Zentrifugation sowie z.T. recht große Unterschiede der As-Konzentrationen zwischen den Parallelproben. Diese Probleme ließen sich vermindern, wenn man ein Verfahren wählt, bei dem die Proben nicht mehr zentrifugiert werden müssen, beispielsweise, indem man von vornherein nicht die gesamte Bodenlösung zu entnehmen versucht. Zum anderen könnte ein Verfahren gewählt werden, in dem man die Proben gestaffelt mit den verschiedenen As-Konzentrationen versetzt, so dass weniger Parallelproben verwendet werden müssen.

Fazit

Die Ergebnisse des Sorptions- und Desorptionsversuches waren zum Teil schlecht interpretierbar, was auf verschiedenen methodischen Ursachen zurückzuführen ist. Daher ist es sinnvoll, das Vorgehen bei weiteren Sorptions- und Desorptionsversuchen abzuändern:

Um Fehler in der Berechnung zu vermeiden, ist es sinnvoll, bei weiteren Versuchen nicht mehr die gesamte zugegebene Lösung von den Proben zu entnehmen, sondern die vorhandenen Lösungen zu verdünnen. Somit verbleiben keine schlecht kalkulierbaren Lösungsreste in der Probe, sondern genau definierte. Außerdem ist somit kein Zentrifugieren der Bodenproben mehr nötig, was bei der Verwendung der Glasflaschen zu einigen Probenverlusten durch Glasbruch führte.

Ferner ist es nötig, die pH-Werte der Lösungen genau zu kontrollieren, damit die Sorptionseigenschaften nicht fehlinterpretiert werden.

Um Parallelproben zu reduzieren, kann man außerdem an einer Probe verschiedene As-Konzentrationen sorbieren und desorbieren.

Anhang zu B5

Anhang B5-1: Einwaagen der vier Torfproben für den Sorptionsversuch.

Name	GB2		GB3		SB2		SB3	
Teilprobe	Gewicht Probe [g]	Trocken-gewicht [g]	Gewicht Probe [g]	Trocken-gewicht [g]	Gewicht Probe [g]	. Trocken-gewicht [g]	Gewicht Probe [g]	. Trocken-gewicht [g]
1	15,9	1,52	15,9	1,51	5	1,5	5,2	1,5
2	15,9	1,52	15,6	1,49	5,1	1,5	5,1	1,5
3	15,8	1,51	15,6	1,49	5	1,5	5	1,5
4	15,6	1,49	15,9	1,52	5,1	1,5	5,1	1,5
5	15,8	1,51	15,5	1,48	4,9	1,5	5,2	1,5
6	15,7	1,50	15,9	1,52	5	1,5	5,1	1,5
7	15,7	1,50	15,6	1,49	5,2	1,6	5,1	1,5
8	15,6	1,49	15,6	1,49	5,1	1,5	5	1,5
9	15,8	1,51	15,5	1,48	4,9	1,5	5	1,5
10	15,6	1,49	15,5	1,48	4,9	1,5	5,2	1,5
11	15,9	1,52	15,7	1,49	5	1,5	5	1,5
12	15,9	1,52	15,7	1,50	5,2	1,5	5,1	1,5
13	15,6	1,50	15,5	1,48	5	1,5	5,3	1,5
14	15,6	1,49	15,5	1,48	5	1,5	5,2	1,5
15	15,7	1,50	15,6	1,49	4,9	1,5	5,1	1,5
16	15,7	1,50	15,7	1,50	5,1	1,5	5,1	1,5
17	15,7	1,50	15,5	1,48	4,9	1,5	5,1	1,5
18	15,8	1,51	15,6	1,49	5,1	1,5	5,1	1,5
19	15,5	1,48	15,4	1,47	6,6	2	5,3	1,5
20	15,5	1,48	15,7	1,50	7,1	2,1	5	1,5
21	15,5	1,48	16,0	1,53	6,7	2	5,4	1,6
22	15,6	1,49	16,0	1,53	6,7	2	5,4	1,6
23	15,5	1,48	16,0	1,53	6,5	2	5,2	1,5
24	15,8	1,51	15,4	1,47	6,8	2	5,3	1,5
25	15,5	1,48	15,8	1,51	7,1	2,1	5,4	1,6
26	16,2	1,55	15,8	1,51	6,9	2,1	5,3	1,5
27	15,3	1,46	15,5	1,48	6,6	2	5,2	1,5
28	15,6	1,49	15,7	1,50	6,9	2,1	5,4	1,6
29	15,6	1,49	15,8	1,51	7	2,1	4,8	1,4
30	15,3	1,46	15,9	1,52	6,6	2	4,7	1,4
31	15,4	1,47	15,6	1,49	6,9	2,1	5	1,5
32	15,3	1,46	16,0	1,53	6,7	2	5,4	1,6
33	15,3	1,46	15,4	1,47	6,7	2	5,2	1,5
34	15,4	1,47	15,7	1,50	6,7	2	4,8	1,4
35	15,4	1,47	15,0	1,43	6,6	2	5	1,5
36	15,4	1,47	15,5	1,48	6,8	2	5,1	1,5

oxisch

anoxisch

Anhang B5-2: As-Lösungskonzentration während des Sorptionsversuches mit Zugabe verschiedener As-Konzentrationsstufen sowie die Menge entnommene Lösungen in den Proben, die für die Desorption weiter verwendet wurden.

Teilprobe	Probe	As-Konzentration [$\mu\text{g/l}$]				abgenommene Lösung nach Sorption [ml]			
		GB2	GB3	SB2	SB3	GB2	GB3	SB2	SB3
1		34,92	131,43	2,81	n.n.	oxisch			
2		34,15	102,32	1,85	n.n.				
3		32,69	116,62	1,86	n.n.				
4		35,94	140,50	33,58	5,22				
5		47,74	164,45	40,66	6,28				
6		44,46	177,28	44,58	6,51				
7		45,57	249,15	106,35	24,86				
8		43,63	212,04	92,41	25,56				
9		55,40	212,34	105,79	26,15				
10		73,80	165,15	246,16	34,15				
11		72,49	145,28	219,00	35,47				
12		58,86	175,94	222,63	38,62				
13		117,69	395,73	467,61	152,22				
14		117,08	419,02	486,35	148,16				
15		137,19	365,33	507,85	158,13				
16		216,27	675,84	1060,73	430,34	66,0	69,0	70,0	70,0
17		244,85	691,45	978,46	425,49	66,0	67,0	71,0	71,0
18		251,33	725,72	1077,15	563,74	66,0	68,0	70,0	69,0
19		301,07	91,00	11,81	8,17	anoxisch			
20		364,50	87,18	13,40	12,06				
21		360,87	87,44	11,52	10,98				
22		467,25	245,72	146,61	160,72				
23		467,13	246,23	154,66	124,94				
24		489,21	237,71	143,32	174,35				
25		242,33	261,29	467,67	-				
26		360,46	264,94	514,56	355,99				
27		252,20	221,43	485,03	355,77				
28		230,62	541,86	903,73	-				
29		225,14	503,87	979,13	707,74				
30		276,18	603,36	838,41	743,22				
31		255,41	1354,36	1943,20	1396,69				
32		244,16	1365,45	2069,07	1482,39				
33		340,48	1385,68	2143,88	1517,00				
34		1024,10	3282,54	4362,94	3135,29	67,0	68,0	95,0	73,0
35		1089,81	2370,38	4345,04	3302,58	72,0	70,0	95,0	73,0
36		773,15	2885,12	4388,54	3380,87	67,0	71,0	98,0	73,0

Anhang B5-3: As-Lösungskonzentration während des As-Desorptionsversuches mit verdünnter Salzlösung sowie die Menge entnommener Lösungen.

	Desorptionsschritt	Teilprobe	As-Konzentration [$\mu\text{g/l}$]				entnommene Lösungsmengen [ml]			
			Probe GB2	Probe GB3	Probe SB2	Probe SB3	Probe GB2	Probe GB3	Probe SB2	Probe SB3
oxisch	1	16	328,99	618,67	676,90	334,51	74,5	72	53	71
	1	17	343,61	702,26	762,93	358,86	75	71	71	80
	1	18	379,63	681,28	677,77	398,75	63	72	73	64
	2	16	285,64	520,39	420,33	209,06	73,5	63,5	82	72
	2	17	297,42	540,19	426,81	248,53	70	72,5	83	72
	2	18	330,92	555,28	420,59	270,16	72,5	75	73	73
	3	16	260,26	422,22	297,54	174,65	71	76	73,5	73
	3	17	280,23	444,86	291,74	203,40	66	71	73	74
	3	18	288,37	471,78	286,13	219,93	75	71	76	72
	4	16	214,50	343,30	204,60	144,31	74	73	74	74
	4	17	220,60	360,60	210,40	157,30	74	74	74	74
	4	18	246,30	386,40	216,61	173,19	74	74	73,5	74
	5	16	210,54	293,93	160,20	124,49	73	71	74	73
	5	17	219,00	307,04	160,73	127,78	73	74	74	73,5
	5	18	230,41	408,81	165,09	133,73	49	71	73,5	73
	6	16	171,39	227,26	114,57	90,07	74	75	72	73
	6	17	173,46	242,10	113,09	95,71	72	71	77	71
	6	18	174,81	259,36	115,82	102,75	62	73	72	71
	7	16	162,16	117,64	87,63	77,17	74	67	52	74
	7	17	168,72	212,13	83,75	89,10	73	61	75	76
	7	18	162,94	227,16	84,80	93,79	72	68	75	74
anoxisch	1	34	678,75	643,62	185,81	59,91	68	68	74	67
	1	35	1526,59	2088,11	230,32	97,85	79,5	68	74	76
	1	36	1433,60	1835,39	208,76	99,51	79	75	71	81
	2	34	213,28	296,54	72,09	25,11	75	58	75	77
	2	35	177,23	92,06	69,66	16,97	79	77	78	76,5
	2	36	165,58	114,60		16,28		61	77,5	79
	3	34	182,15	262,59	48,30	23,07	75	75	74,5	79
	3	35	164,93	108,47	46,48	14,68	78	79,5	75,5	75,5
	3	36		200,95	31,70	13,77		80	75	76,5
	4	34	219,67	224,31	34,47	21,55	74		74	73
	4	35	198,37	37,80		13,17		71		75,5
	4	36		66,97	24,68	12,89			75,5	73,5
	5	34	203,32	216,90	29,53	22,60	80,5		75	77
	5	35	143,01	108,54		13,59		80		75,5
	5	36		103,59	20,17	14,25			78	76
	6	34	148,61	141,58	15,66	13,33	79		75	75
	6	35	99,59	73,14		9,41		74		76
	6	36		58,60	10,56	8,14			77	76
	7	34	110,80	232,46	11,36	13,42	76		76	76,5
	7	35	82,73	63,66		9,34		76		79
	7	36		61,22	6,58	7,90			77,5	75

Anhang B5-4: Bestimmungsmethode von Fe^{2+} und Fe_{TOT} in wässrigen Proben, photometrisch mit Einwegküvetten.

Reagenzien:	Acetatpuffer (pH 4,5): 200 g Ammoniumacetat (77,08 g/mol) in einem Erlenmeyerkolben mit 250 ml Eisessig und 50 ml Aqua Millipore auf dem Magnetrührer unter Erhitzen lösen. Nach dem Abkühlen im Meßkolben auf 500 ml auffüllen. Phenanthrolin-Lösung (0,5%): 0,5 g Phenanthroliniumchlorid-Monohydrat in 100 ml Wasser lösen. Ascorbinsäure-Lösung (10%): 10 g Ascorbinsäure in 100 ml Aqua Millipore lösen.		
Bestimmung:	Bei gleicher Verdünnung von Fe(II) und FeTOT kann die Zugabe der Ascorbinsäure nach der Messung von Fe(II) erfolgen und anschließend direkt nach einer Wartezeit von 20-30 Minuten gemessen werden: 500 µL Acetatpuffer in Küvette vorlegen + 2 ml Probe (Verdünnung bzw. Blindwert) + 500 µl Phenanthrolin-Lösung → Deckel drauf + schütteln. Bei 512 nm am Photometer messen. + 200µl Ascorbinsäure-Lösung 20-30 Minuten stehen lassen (Fe ³⁺ wird reduziert) → Messung von Fe gesamt im Photometer		
Kalibrierung:	Stammlösung: Fe(II)Chlorid * 4H ₂ O (M = 198,83 g/mol)→ 1,99 g auf 100 ml Aqua Millipore einwiegen; Zugabe von 1 ml HNO ₃ (1M). Zwischenlösung (500 µmol/l): Verdünnung der Stammlösung 1:200; 0,5 ml auf 100 ml Die Standards direkt in der Küvette ansetzen		
	Konzentration [µmol/l]	Vol. Zwischenlösung [µl]	Vol. Aqua Millipore [µl]
	0	0	2000
	5	20	1980
	10	40	1960
	25	100	1900
	50	200	1800
	100	400	1600
	200	800	1200
	300	1200	800
	350	1400	600
	500	2000	0