



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Schwermetallgehalte in ausgewählten Makrozoobenthosgruppen
des Nationalparks Donauauen

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin: Andrea Diamant
Matrikel-Nummer: 8900903
Studienrichtung(Ist.Studienblatt): 437 Biologie / 444 Ökologie
Betreuerin: Frau Ao. Univ. Prof. Doz. Dr. Regina Krachler

Wien, am

Danksagungen

Frau Ao. Univ. Prof. Doz. Dr. Regina Krachler, Institut für Anorganische Chemie, die mir ermöglichte diese Diplomarbeit zu verfassen und sie betreute.

Hr. Dipl. Ing. Mag. Wolfgang Wesner, der mir bei der Organisation und bei praktischen Arbeiten zur Seite stand.

Hr. Dr. Santiago Gaviria-Melo (Department für Limnologie und Hydrobotanik), für die Artbestimmung der Oligochaeten.

Hr. Dr. Phil. Berthold Janecek (Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt), für die Artbestimmung der Chironomiden.

Hr. Ass. Prof. Mag. Dr. W. Körner (Department für Umweltgeowissenschaften), für die Zurverfügungstellung der ICP-MS.

Frau Dr. Irene Zweimüller, für die Hilfe im Umgang mit dem Programm SPSS.

Hr. Dr. Andreas Fuchs, für die tatkräftige Unterstützung bei den Probenahmen.

Hr. Mag. Harald Mark, für die Unterstützung bei den Begleitmessungen.

Meiner Mutter, die durch die Betreuung meines Sohnes ihren Beitrag zur Entstehung dieser Arbeit leistete.

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung	1
Abstract.....	2
2. Einleitung	3
2.1. Schwermetalle in Sedimenten.....	4
2.2. Biokonzentration, Bioakkumulation	9
2.3. Untersuchungsgebiet	9
2.4. Untersuchte Elemente.....	10
3. Material und Methoden.....	21
3.1. Probenahme	21
3.2. Probestellen	22
3.2.1. Mühlleiten - Kreuzgrundtraverse.....	23
3.2.2. Schönau – Schönauer Schlitz.....	23
3.2.3. Orth/Donau – Kleine Binn	23
3.2.4. Haslau	24
3.2.5. Regelsbrunn.....	24
3.2.6. Narrischer Arm Nord	24
3.2.7. Narrischer Arm Süd	24
3.2.8. Stopfenreuth.....	24
3.3. Chemische Analysen	25
3.4. SPSS	27
4. Ergebnisse	29
4.1. Artenliste Oligochaeta	29
4.2. Artenliste Chironomidae	31
4.3. Begleitmessungen.....	34
4.3.1. Redoxpotential im Sediment.....	34
4.3.2. Parameter im Wasser	39
4.4. Ergebnisse der Schwermetallmessung in den Sedimenten.....	41
4.5. Verteilung der Elemente im Makrozoobenthos	45
4.5.1. Verteilung der Elemente in den Chironomiden	45
4.5.2. Verteilung der Elemente in den Oligochaeten	64
4.6. Gehalte nach Gattungen bzw. Arten	91
4.6.1. Scandium	92
4.6.2. Vanadium.....	92
4.6.3. Chrom	93
4.6.4. Mangan	95
4.6.5. Kobalt	97
4.6.6. Nickel	98
4.6.7. Kupfer.....	99

4.6.8. Zink	102
4.6.9. Gallium	104
4.6.10. Arsen.....	105
4.6.11. Selen.....	106
4.6.12. Rubidium	107
4.6.13. Yttrium.....	108
4.6.14. Zirkonium	109
4.6.15. Niob.....	110
4.6.16. Molybdän	111
4.6.17. Silber	112
4.6.18. Cadmium.....	113
4.6.19. Zinn	113
4.6.20. Antimon	115
4.6.21. Tellur	116
4.6.22. Lanthan	116
4.6.23. Cer	118
4.6.24. Thallium	120
4.6.25. Blei	121
4.6.26. Bismut	122
4.7. Biokonzentrationsfaktoren.....	124
4.8. Auswertung mittels SPSS	126
4.8.1. Faktorenanalyse Chironomiden/Sediment.....	126
4.8.2. Faktorenanalyse Oligochaeten/Sediment.....	129
4.8.3. Faktorenanalyse nach Grad der Anbindung der Probestelle.....	132
4.8.4. Faktorenanalyse nach organischem Gehalt	134
5. Diskussion.....	138
5.1. Analytische Methoden.....	138
5.2. Begleitmessungen.....	140
5.3. Vergleich der Sedimente mit Richtwerten.....	141
5.4. Belastung der sedimentbewohnenden Organismen	144
5.5. Biokonzentration	146
5.6. Faktorenanalyse	147
6. Zusammenfassung.....	151
7. Tabellenverzeichnis.....	153
8. Abbildungsverzeichnis.....	154
9. Literaturverzeichnis	157
10. Anhang 1 - Deskriptive Statistik.....	160
11. Anhang 2 - Lebenslauf	178

1. Kurzfassung

In vorliegender Arbeit wurden die Schwermetallkonzentrationen in Makrozoobenthos-Populationen (Chironomidenlarven und Oligochaeten) an acht ausgewählten Standorten im Nationalpark Donauauen untersucht. Folgende Fragestellungen wurden bearbeitet:

- Welche Metalle können in den Benthosorganismen vorgefunden werden? Ein Überblick über die Verteilung der Metalle in den Tieren, sowie im Sediment, wurde durch einen ICP-MS-Element-Scan gewonnen. Die Elemente Vanadium, Chrom, Mangan, Kobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Gallium, Arsen, Selen, Zirkonium, Niob, Molybdän, Silber, Cadmium, Zinn, Antimon, Tellur, Lanthan, Cer, Thallium, Blei und Bismut, Scandium, Rubidium und Yttrium wurden zur näheren Untersuchung ausgewählt.
- Welche Elemente werden durch die Organismen akkumuliert? Die Neigung Schwermetalle zu akkumulieren wurde durch den Vergleich mit den Schwermetallgehalten der Sedimente ermittelt. Die Werte für die Elemente Arsen, Cadmium, Chrom und Zink befinden sich an allen Standorten in jenem Bereich, ab dem negative Auswirkungen auf die Organismen angenommen werden können. Die Verfügbarkeit von Arsen und Cadmium ist abhängig davon, ob im Sediment reduzierende Bedingungen vorliegen oder nicht.
- Biokonzentrationsfaktoren für ausgewählte Taxa konnten durch die Bestimmung der Tiere auf Art- bzw. Gattungsniveau ermittelt werden. Es zeigte sich, dass die Elemente Blei, Kupfer, Cadmium und Zink am stärksten angereichert werden.
- Gibt es Zusammenhänge zwischen der Aufnahme an Schwermetallen und den Parametern Grad der Anbindung bzw. Substratzusammensetzung der Probestellen? Dazu wurden die Ergebnisse durch das statistische Verfahren der Faktorenanalyse dargestellt. Für die Gruppe der Chironomiden ergibt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Elementen der ersten Hauptkomponente (Zinn, Blei, Zink, Yttrium, Silber, Antimon, Bismut, Kobalt, Nickel, Kupfer, Niob, Mangan und Chrom) und dem Grad der Anbindung der Probestellen, aber auch mit dem organischen Gehalt der Probestellen. Bei den Oligochaeten lässt sich ein Zusammenhang mit dem Grad der Anbindung nicht allgemein ablesen. Bei niedrigen organischen Gehalten (1-3 %) liegen die Elemente der ersten Hauptkomponente (Arsen, Cadmium, Kobalt, Blei, Zinn, Zirkonium, Rubidium Yttrium, Gallium, Niob und Thallium) vorrangig auch in geringeren Konzentrationen vor. Eine Gruppe an Individuen am Regelsbrunner Standort fällt durch besonders hohe Metallgehalte auf.

Abstract

The main topic of this diploma thesis is the investigation of heavy metal concentrations in populations of macrozoobenthic organisms (chironomid larvae and Oligochaeta) of eight selected sites in the national park "Donau-Auen" (Danube Wetlands). The following tasks were carried out:

- To overview the relevant elements occurring in the organisms the measurements were performed with an ICP-MS-element-scan. 26 elements were selected for closer examination (vanadium, chromium, manganese, cobalt, nickel, copper, zinc, gallium, arsenic, selenium, zirconium, niobium, molybdenum, silver, cadmium, tin, antimony, tellurium, lanthanum, cerium, thallium, lead, bismuth, scandium, rubidium and yttrium).
- Accumulation of metals was ascertained by comparing the concentrations of heavy metals in organisms and sediments. The results for arsenic, cadmium, chromium and zinc are on each site within the range from which no negative effects on organisms can be assumed. The availability of arsenic and cadmium depends on whether the sediments show reductive conditions or not.
- Determination of factors of bio concentration for selected taxa was enabled by determination of the genera/species. Lead, copper, cadmium and zinc are most concentrated.
- To describe the results of the heavy metal measurements in chironomid larvae and Oligochaeta and respectively of the sediments with regard to possible relations with the hydrological connectivity and the organic content of the sites Principal Components Analysis was used. Chironomid larvae show a distinct relation between the elements of the first principal component (tin, lead, zinc, yttrium, silver, antimony, bismuth, cobalt, nickel, copper, niobium, manganese and chromium) and the hydrological connectivity as well as the organic content of the sites. For Oligochaeta no general relation to the hydrological connectivity could be found. At a low organic content (1-3 %) the elements of the first principal component (arsenic, cadmium, cobalt, lead, tin, zirconium, rubidium, yttrium, gallium, niobium and thallium) show lower concentrations. One group of individuals at the site Regelsbrunn stands out for particularly high metal concentrations.

2. Einleitung

Das zentrale Thema der Diplomarbeit ist die Untersuchung der Schwermetallkonzentrationen in Makrozoobenthos-Populationen an ausgewählten Standorten im Nationalpark Donauauen. Der Begriff Benthos bezeichnet die Gesamtheit der im Benthos (Gewässerboden) lebenden Organismen. Das Makrozoobenthos umfasst dabei die mit freiem Auge noch sichtbaren tierischen Organismen.

Für die vorliegende Arbeit wurden zwei Gruppen, die Chironomidenlarven (Zuckmückenlarven) und die Oligochaeten (wenigborstige Würmer) zur Betrachtung ausgewählt. Ihr Lebensraum, das Sediment, entsteht durch Ablagerungen von anorganischen und abgestorbenen organischen Stoffen (Holz, Blätter, Sand, Kies, Steine) auf dem Boden eines Gewässers.

Gewässersedimente stellen Senken für eine große Zahl chemischer Verbindungen dar, die über ein mehr oder weniger hohes toxisches Potential verfügen. Schwermetalle werden an sedimentierende Partikel angelagert bzw. von Organismen wie Algen und Zooplankton aufgenommen oder an anorganische Partikel wie Eisenoxide gebunden. Im Interstitialwasser der Sedimente reichern sich die Metalle an. Organismen, die auf oder im Sediment leben, können Schadstoffe anreichern und über bodenlebende Fische an die Nahrungskette weitergeben. Sedimentlebensräume sind also gefährdet durch Abwassereinleitungen und Schadstoffeinträge, aber auch durch Regulierungsmaßnahmen wie z. B. Abtrennung der Auen vom Hauptstrom.

In den Donauauen zählen die Oligochaeten und Chironomiden, gemeinsam mit den Crustaceen, zu den arten- und individuenreichsten Makrozoobenthosgruppen. Die hydrologische Vernetzung der Standorte beeinflusst sowohl die Artenzahl als auch die Artzusammensetzung. Gewässer, die nahe beim Einströmbereich liegen, weisen höhere Artenzahlen und einen hohen biozönotischen Komplexitätsgrad auf. Neben der hydrologischen Konnektivität sind allerdings auch lokale standortspezifische Faktoren für die Zusammensetzung der Makrozoobenthoszönose verantwortlich. Zu diesen kleinräumig variierenden Parametern zählen die Makrophytendeckung und Sedimentparameter. (RECKENDORFER, 2000). Durch rückstauende Hochwässer beeinflusste Gewässer weisen z. B. generell hohe Feinsedimentauflagen und einen geringen organischen Gehalt im Sediment auf. Dies deutet darauf hin, dass die Bedeutung autochthoner (gewässerinterner) Verlandungsprozesse (z. B. in den Orther Donauauen) sehr gering ist. Weiters kann ein zunehmender organischer Gehalt mit zunehmender Isolation von der Donau beobachtet werden. (RECKENDORFER, 2000).

Die Bestimmung der Oligochaeten und der Chironomidenlarven wurde von Spezialisten durchgeführt und erfolgte auf das höchstmögliche taxonomische Niveau (meistens auf Artniveau). Die Abkürzung sp. bezeichnet Artengruppen, die nicht näher bestimmt werden können.

2.1. Schwermetalle in Sedimenten

„Schwermetalle und halogenierte Kohlenwasserstoffe bilden jene zwei Stoffgruppen, welche durch verstärkte Abgabe an die Umwelt die größte Gefahr für die Lebewesen unseres Planeten darstellen.“ Dies stellte 1971 die amerikanische National Academy of Sciences in einer Schrift zur Beurteilung der Wasserqualität fest.

Offenbar gehört ein hoher Verbrauch an Schwermetallen zu den typischen Merkmalen einer Industriegesellschaft. Viele Produkte des täglichen Bedarfs enthalten solche Elemente, oft in nicht erkennbaren Formen wie Salzen und organischen Verbindungen, etwa Bleitetraethyl im Benzin oder Cadmium als Stabilisator in Kunststoffen. Für solche Metalle sind die anthropogenen Beiträge an die Schwermetallkreisläufe mehr als hundertmal größer als solche aus natürlichen Quellen. Je nach bevorzugter Erscheinungsform bzw. physikalisch-chemischem Verhalten reichern sich die Metalle letztlich in Böden und Sedimenten an und können zu zukünftigen Quellen von Schwermetallverunreinigungen werden. (KUMMERT, 1989).

Durch verbesserte Umweltschutzmaßnahmen wurden mittlerweile einige Belastungsquellen eliminiert bzw. reduziert. Zum Beispiel wurde Bleitetraethyl (eine giftige Organometallverbindung zur Erhöhung der Oktanzahl) in der Europäischen Union mit 1.1.2000 verboten (nur in der Tschechischen Republik wird noch verbleites Benzin verkauft). Seit 2001 gibt es auch in China bleifreie Tankstellen. In Nordamerika wurde verbleites Benzin bereits vor zwanzig Jahren verboten, trotzdem sind noch immer massive Auswirkungen auf die Umwelt bemerkbar. (aus: Wikipedia).

Ende 2004 haben die EU-Umweltminister eine Verordnung erlassen, die den Einsatz von Batterien und Akkus mit dem Schwermetall Cadmium reduziert. Bis spätestens 2007 muss ein Verbot für NiCd-Akkus in nationales Gesetz umgesetzt werden. Ausgenommen sind schnurlose Elektrowerkzeuge für die es keinen gleichwertigen Ersatz gibt. Wegen ihrer hohen Strombelastbarkeit werden NiCd-Akkus nur noch für Hochstromanwendungen verwendet, wo Nickel-Metallhydrid-Akkus ungeeignet sind. (aus: Elektronik-Kompendium).

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt seit 1992 einen Grenzwert für Arsen im Trinkwasser von 10 µg/l. Der Wert wird in vielen Staaten Europas und in den USA immer

noch überschritten. In Deutschland wird er dagegen seit 1996 eingehalten. Eine Richtlinie der Europäischen Union von 1999 schreibt einen Höchstwert von 10 Mikrogramm pro Liter Trinkwasser EU-weit vor. Die USA haben sich im Jahre 2001 verpflichtet, diesen Grenzwert ab 2006 einzuhalten. Das neue Chemikaliengesetz der EU von 2005 verbietet im Anhang 4 die "gewerbliche" (nicht private) Verarbeitung von arsenhaltigen Mitteln, Zubereitungen, die mehr als 0,3 Gewichtsprozent an Arsen aufweisen. Derartige Grenzwertregelungen sind sinnvoll, aber auch problematisch, da Arsen – genau wie Cadmium – weltweit in der Galvanikindustrie der Zinkschmelze zugesetzt wird, um die Haftungseigenschaften des Zink an der Eisenoberfläche des zu verzinkenden Metallstückes zu verbessern. Auf Grund der Temperatur im Zink-Schmelzbad von 460 bis 480 Grad Celsius kommt es zum Verdampfen von Arsen, Cadmium und anderen leicht flüchtigen Metallen mit Anreicherung in der Luft des Arbeitsplatzes, wobei die zulässigen Grenzwerte kurzfristig um das 1000-fache überschritten werden. (Quelle: Wikipedia – Arsen/biologische Bedeutung).

Die RoHS Richtlinie (Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment) verpflichtet Hersteller, Händler und Importeure von Elektro- und Elektronikgeräten, den Gehalt gefährlicher Stoffe im Abfall mittels Beschränkung solcher Stoffe in Produkten und Produktionsprozessen zu senken. Danach dürfen ab 1. Juli 2006 neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte kein Chrom VI, Quecksilber, Cadmium und Blei sowie die Flammenhemmer PBB und PBDE enthalten. (Quelle: Umweltbundesamt).

Im Jahr 2000 trat die Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG; WRRL) in Kraft und legt die Umweltziele für alle europäischen Oberflächengewässer und das Grundwasser fest.

Ein wesentliches Ziel der Richtlinie ist der Schutz der Gewässer selbst, wie auch die Vermeidung einer Verschlechterung sowie der Schutz und die Verbesserung des Zustands der direkt von den Gewässern abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt. (Quelle: Umweltbundesamt).

Bei den Einträgen kann zwischen punktuellen und diffusen Belastungsquellen unterschieden werden. Punktuelle Belastungen werden verursacht durch metall- und kunststoffverarbeitende Betriebe, mit Metallrecycling befasste Betriebe, ungesicherte Deponien, etc. Diffuse Gewässerbelastungen entstehen durch atmosphärische Deposition (z.B. Emissionen aus Verkehr, Müllverbrennungsanlagen, aus Hüttenbetrieben, kalorischen Kraftwerken, etc.), aber auch durch die Landwirtschaft (Aufbringung von Klärschlamm, Kompost, Düngemittel) (LÖFFLER, 1996).

In untenstehender Tabelle sind die Daten der mittleren Häufigkeit von 25 Elementen in den wichtigsten sedimentären, magmatischen und metamorphen Gesteinstypen zusammengestellt. Diese Gesteinstypen liefern Ausgangsdaten über die natürliche

Häufigkeit umweltrelevanter Spurenelemente, um anthropogene Belastungen natürlicher Systeme zu erkennen. Die mittleren Gehalte in Tonsteinen (Sedimentgesteine, die vor allem aus Tonmineralen bestehen) der meisten in dieser Tabelle angeführten Elemente entsprechen auch denen in vielen Böden. Entsprechende Ähnlichkeit müssen die Gehalte in Tonsteinen (und Grauwacken - marinen Sedimenten) auch mit häufigen natürlichen Stäuben und mit dem natürlichen Anteil der Flusstrübe haben. Tonsteine dienen auch als Rohmaterialien für die Ziegelherstellung. Für die Zementproduktion werden Tonsteine und Kalke herangezogen. Einige der Elemente bilden flüchtige Verbindungen, die beim Brennen teilweise freigesetzt werden (Bismut, Cadmium, Thallium, Blei, Zink, Arsen, Selen, Quecksilber). (MERIAN, 1984).

Tab. 1 Gehalte von 25 Elementen in der Erdkruste [ppm] (aus: MERIAN, 1984)

	Be	Mg	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	
Tonsteine	3	16 000	4 600	130	90	850	48 000	19	68	45	95	10	
Grauwacken	3	13 000	3 800	67	50	750	38 000	20	40	45	105	8	
Kalke	[0.5] ^{a)}	26 000	400	20	11	700	15 000	2	15	4	23	2.5	
Granitische Gesteine	5.5	6 000	3 000	94	12	325	20 000	4	7	13	50	1.5	
Gneise, Glimmerschiefer	3.8	13 000	3 870	60	76	600	33 000	13	26	23	65	4.3	
Basaltisch-gabbroide Gesteine	0.6	37 000	9 700	251	168	1 390	86 000	48	134	90	100	1.5	
Granulite	2.1	14 000	3 520	73	88	895	38 000	15	33	27	65	[4] ^{a)}	
Kontinentale Kruste	2.9	16 000	4 680	109	88	800	42 000	19	45	35	69	3.4	
Ozeanische Kruste (Ozeanische Basalte)	1	50 000	7 000	252	317	1 200	70 000	45	144	81	78	[1.5] ^{a)}	
	Se	Zr	Mo	Ag	Cd	Sn	Te	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi
Tonsteine	0.5	160	1.3	0.07	0.13	2.5	–	[0.01] ^{a)}	0.0025	0.45	0.68	22	0.13
Grauwacken	0.1	450	0.7	[0.1]	0.09	[3]	–	[0.01] ^{a)}	0.003	0.11	0.20	14	0.07
Kalke	0.19	19	0.4	0.0x ^{b)}	0.16	[0.x] ^{b)}	–	[0.001] ^{a)}	0.002	0.03	0.05	5	0.02
Granitische Gesteine	0.04	145	1.8	0.12	0.09	3.5	0.01	0.005	0.0024	0.03	1.1	32	0.19
Gneise, Glimmerschiefer	0.08	168	[1.5] ^{a)}	0.08	0.10	2.5	[0.02] ^{a)}	[0.01]	0.003	0.02	0.65	16	0.10
Basaltisch-gabbroide Gesteine	0.09	137	1	0.11	0.10	1.5	0.008	0.03	0.004	0.02	0.08	3.5	0.04
Granulite	[0.08] ^{a)}	153	[1.5] ^{a)}	0.09	0.10	2.5	[0.02] ^{a)}	[0.01] ^{a)}	0.0015	[0.02] ^{a)}	0.28	9.8	0.04
Kontinentale Kruste	0.077	152	1.5	0.10	0.10	2.5	[0.02] ^{a)}	0.013	0.0025	0.02	0.49	15	0.08
Ozeanische Kruste (Ozeanische Basalte)	0.17	85	[0.8]	0.03	0.13	0.9	–	[0.03] ^{a)}	0.002	[0.02] ^{a)}	0.013	0.89	0.006

^{a)} geschätzte Werte []

^{b)} x = Größenordnung

Die Sedimentation der in das Gewässer eingebrachten suspendierten Stoffe und der durch Photosynthese neu gebildeten Biomasse stellt ein kontinuierliches Förderband dar, mit Hilfe dessen alle Metalle, die in die Biomasse eingebaut werden oder die an die sedimentierenden Partikel adsorbiert werden, transportiert werden (siehe Abb.1). Die Adsorbierbarkeit wird durch die Komplexbildung herabgesetzt. In den tieferen Wasserschichten und besonders in den Sedimenten werden biogene Partikel mineralisiert, wodurch ein Teil der Metalle wieder freigesetzt wird. Im Interstitialwasser der Sedimente reichern sich größere Konzentrationen an Metallen und komplexbildenden organischen Liganden an. Dadurch kommt es zu einer Rückdiffusion von Metallen, besonders von Eisen(II) und Mangan(II), in das darüberliegende

Wasser, wo Oxidation stattfindet. Die Biomethylierung von Metallen findet vorwiegend in der Nähe der Sediment-Wasser- Grenzfläche statt. (MERIAN, 1984).

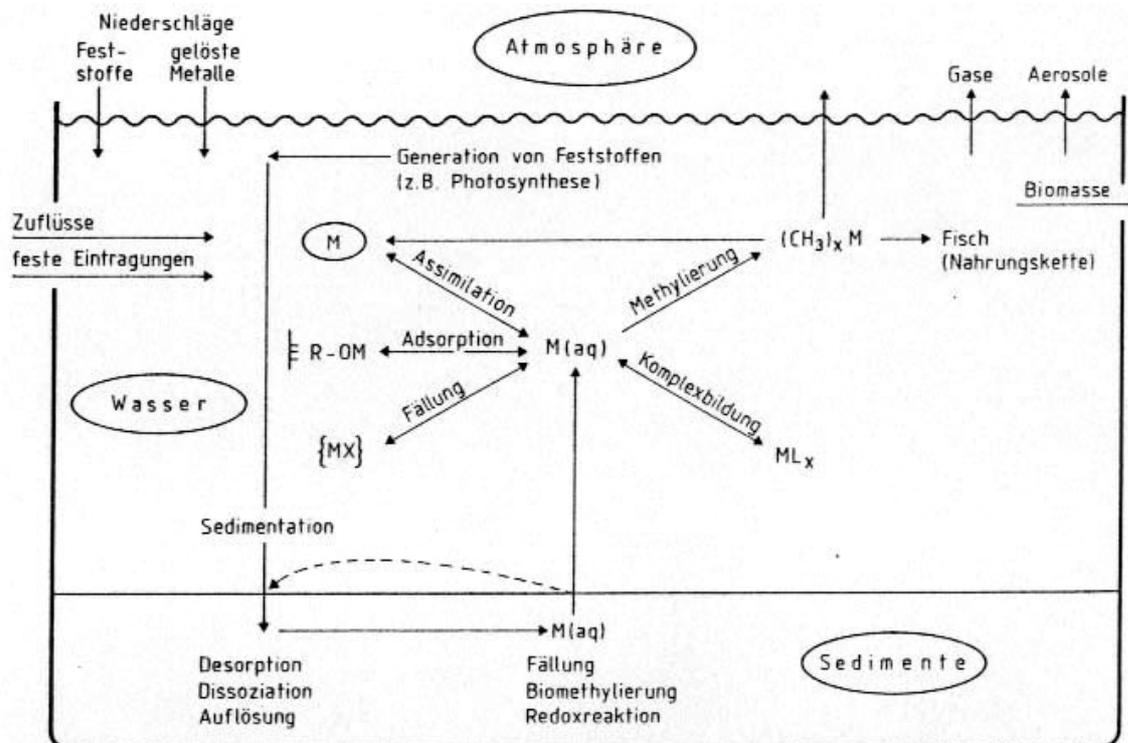


Abb. 1 Kreisläufe und Transformationen der Metalle in Gewässern (aus: MERIAN, 1984)

Sedimentassoziierte Umweltchemikalien können nachhaltige Auswirkungen auf Ökosysteme ausüben. Beispielsweise kann die Gemeinschaft der den Gewässergrund bewohnenden wirbellosen Kleinlebewesen aussterben, oder einige Arten werden durch tolerante Spezies verdrängt. In jedem Fall wird die Integrität des Ökosystems durch derartige Änderungen ausgeprägt gestört. In der Natur sind die Auswirkungen der Schadstoffe, die in den Sedimenten angelagert werden, schwierig zu beobachten, da natürliche Einflussgrößen die Sedimentlebensgemeinschaften ebenfalls beeinflussen (FRIMMEL, 1999).

Toxische Wirkungen lassen sich auf der Ebene individueller Organismen traditionell am einfachsten erfassen, der technologische Aufwand ist auf dieser Ebene minimal. Von den Zielen wissenschaftlicher oder bewertender Fragestellungen ist diese Ebene jedoch oft weit entfernt: Die unmittelbaren Interaktionen zwischen Chemikalien und lebenden Systemen spielen sich auf der molekularen Ebene ab, das eigentliche Ziel ökotoxikologischer Bewertungen ist die Biozönose. (HOLLER et al, 1996)

Da die Daten aus klassischen Toxizitätstests nicht auf Freilandbedingungen übertragbar sind, wurden Anfang der 90er Jahre neue Untersuchungsmethoden gefordert. Es gibt aber noch kaum standardisierte Prüfverfahren und noch keine in-situ-Toxizitätsbewertung von Sedimenten. (FENT, 1998)

Bisher wurden die Konzentrationen von Verunreinigungen über die Untersuchung der Wasserqualität kontrolliert. CALMANO et al forderten 1996 die Ausweitung dieses Ansatzes auf Sedimente, da diese Senken für Umweltchemikalien darstellen und die Schadstoffe durch Änderungen der Umweltbedingungen (z.B. Sauerstoffgehalt, pH-Wert) mobilisiert werden können (z.B. CORNETT et al, 1992; WALLMANN, 1992; HULSCHER et al, 1992).

Laut GUNKL (1994) ist es notwendig, das Gefährdungspotential durch die Geoakkumulation der Sedimente sowie durch die Freisetzung von akkumulierten Schad- und Nährstoffen zu erfassen; entsprechende Kriterien für die Bewertung von Gewässersedimenten, auch unter dem Aspekt der Bioakkumulation, gründen sich auf FÖRSTNER et al (1987).

KOCKOVA et al (1996) führten Schwermetallanalysen in der Biomasse benthischer Organismen und in Fischen durch, um die Belastung der Thaya-Sedimente abzuschätzen.

Die Vorteile, zusätzlich zu Wasseranalysen auch Sedimentproben zu untersuchen, führen auch VOGEL & CHOVANEC (1992) aus.

Konzepte zur Beurteilung kontaminierter Umweltsysteme sind von zunehmender Bedeutung für Sedimente und Böden im Rahmen der Altlastensanierung, Dekontamination und Bioremediation (FENT; 1998).

Im Zuge vorangegangener Arbeiten wurden die Schwermetallgehalte in verschiedenen Schichten der Sedimente eines verlandenden Altarmes bei Eckartsau (Nationalpark Donauauen) erhoben, wobei festgestellt wurde, dass erhöhte Konzentrationen an Cadmium und Arsen vorliegen. Auf Grund von Datierungen mittels stabiler natürlicher Radionuklide der Uranzerfallsreihe (Pb 210, Ra 236, Po 218 sowie Cs 137) konnten den einzelnen Schichten Sedimentationszeiträume zugeordnet werden. Die höchsten Schwermetallkonzentrationen stammen aus den 60er- und 70er-Jahren. Die Ablagerung der Schwebstoffe in Gewässern mit nur geringer Strömung führt zu einer charakteristischen Stratifikation der Schwermetalle in den Sedimenten. Allerdings können Störungen der Schwermetall-Stratifikation durch Interaktion mit dem Wasser (Ionenaustausch, Rücklösung,...), durch biogene Prozesse (Bioturbation, Methanogenese), sowie durch Resuspension (z.B. durch Hochwässer, Schifffahrt,...) auftreten. (GUNKL, 1994)

Im Zuge der Revitalisierung der Altarmsysteme im Nationalpark Donauauen kommt es durch die erhöhte hydrologische Konnektivität zu einer Abtragung der obersten Sedimentschichten, wodurch die belasteten Schichten an die Oberfläche kommen und den Lebensraum für Makrozoobenthosorganismen darstellen.

Tiere, die im feinen Sediment leben, können bezüglich ihres Ernährungstypus entweder Sammler oder Sedimentfresser sein. Chironomidenlarven leben im Schlamm in Gespinströhren und sammeln die organische Substanz auf der Sedimentoberfläche in der Nähe ihrer Röhre. Tubificiden nehmen das Sediment in einigen Zentimetern Tiefe auf, verwerten die organische Substanz und scheiden ihre Fäces an der Sedimentoberfläche

aus. Auf diese Weise schichten sie das Sediment um (Bioturbation). Die Exkretion und die mechanische Umlagerung der obersten Zentimeter des Sediments durch die Bodentiere ist auch der Grund, warum es auch bei oxidierten Sedimentoberflächen zu einer gewissen Freisetzung von Phosphor kommt. (LAMPERT, 1993; SCHWOERBEL, 1993)

Die Unterteilung der einzelnen gezogenen Proben in drei Schichten soll Rückschlüsse ermöglichen, ob Bioturbation (Umschichtung der Sedimente durch die Aktivitäten der Tiere) stattfindet, wodurch Schwermetalle transportiert werden könnten (REIBLE et al, 1996).

2.2. *Biokonzentration, Bioakkumulation*

Als Biokonzentration wird die direkte Anreicherung einer Chemikalie aus der abiotischen Umwelt (Medium) in den Organismus bezeichnet. Im Falle aquatischer Organismen erfolgt die Biokonzentration aus dem Wasser oder Sediment. Das Verhältnis der Konzentration einer Chemikalie im Organismus im Vergleich zum umgebenden Medium wird über den Biokonzentrationsfaktor (BCF) berechnet. Der Faktor kann aufgrund chemisch-analytischer Bestimmungen definiert werden, indem die Konzentration einer Substanz im Organismus und im Medium gemessen wird.

Der verwandte Begriff der Bioakkumulation bezeichnet die Anreicherung von nicht essentiellen Fremdstoffen in Organismen, unabhängig von der Art der Aufnahme über die Nahrung oder direkt aus der Umwelt. Der Begriff wird ganz allgemein für die Akkumulation (die Aufnahme ist größer als die Elimination) von Chemikalien in Organismen verwendet. Dabei handelt es sich um einen zentralen Prozess in der Ökotoxikologie. Die Bioakkumulation steht in engem Zusammenhang mit den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Chemikalien, wird aber auch von biologischen und physiologischen Eigenschaften der Organismen mitbestimmt. Zusätzlich sind Umweltparameter von Einfluss. (FENT, 1998).

2.3. *Untersuchungsgebiet*

Alle Probestellen befinden sich im Gebiet des Nationalpark Donauauen. Auen sind fließbegleitende Lebensräume, die durch regelmäßige Überflutung geprägt sind. Der Schlüsselfaktor für die ökologischen Vorgänge in Flußauen ist die hydrologische Vernetzung von Fluss und Au durch eine dynamische Verbindung über den Grundwasserkörper, in Form offener Verbindungen von Fluss und Altarmen und in Form von Hochwässern. Die Gewässercharakteristik wird vor allem durch die laterale Konnektivität bestimmt (Grad der

Anbindung von Altarmen über Grund- und Oberflächenwasser) (SCHIEMER et al, 1997). Neben Gewässersystemen mit starken Verlandungstendenzen (Lobau) sind in der freien Fließstrecke unterhalb Wiens auch Auegebiete mit starker hydrologischer Dynamik erhalten geblieben (Regelsbrunner Au) (RECKENDORFER et al, 1998). Die Donauauen unterhalb von Wien liegen im Einzugsgebiet einer Großstadt und sind daher vielfältigen Belastungen ausgesetzt.

2.4. Untersuchte Elemente

Scandium (Sc)

Scandium nimmt den 50. Platz in der Häufigkeitsliste der Elemente ein. Es ist gleich häufig wie Cadmium und häufiger als Bismut und Quecksilber, jedoch in der Erdkruste hauptsächlich diffus verteilt. Spuren von Scandium wurden in über 800 Mineralien nachgewiesen.

Mögliche Verwendungen kamen aufgrund des hohen Preises nicht zum Einsatz, die einzige technische Anwendung dieses Metalls betrifft Hochdruck-Quecksilberdampflampen, die vor allem für Studio- und Stadienbeleuchtung eingesetzt werden (TRUEB, 1996).

Vanadium (V)

Die Erdkruste besteht zu 0,015% aus Vanadium, es ist also doppelt so häufig wie Kupfer und zehnmal häufiger als Blei.

Für viele Pflanzen ist Vanadium ein lebensnotwendiges Spurenelement, Bakterien fixieren mit vanadium- und molybdänhaltigen Enzymen Luftstickstoff. Der menschliche Körper enthält etwa 20 mg dieses Metalls.

Die Hauptanwendung ist der Zuschlag von Ferrovanadium zu Eisen und Stahl, da es einerseits gefügeverbessernd wirkt, andererseits durch sein Carbid zur Härtung beiträgt. Vanadiumlegierungen finden vielfältige Einsatzmöglichkeiten, von Werkzeugstahl bis zur Luft- und Raumfahrt (TRUEB, 1996).

Chrom (Cr)

Chrom gehört mit einem Anteil von 0,02% zu den häufigeren Elementen der Erdkruste. Die hohe Korrosionsfestigkeit von Chrom ist auf eine spontan entstehende, passivierende Oxidschicht zurückzuführen. Diese wird durch Salpetersäure und oxidierende Säuregemische noch verstärkt. Sichtbar wird das Phänomen der Passivierung in der Elektrolysezelle, wenn das Metall als Anode geschaltet ist. Wird die Spannung erhöht, so

steigt der Strom unter Auflösung des Metalls zuerst stetig an, sinkt aber bei einem bestimmten Potential plötzlich stark ab.

In der Ernährung spielt Chrom als essentielles Spurenelement eine Rolle, die Aktivität einiger wichtiger Enzyme wird durch Chrom als Cofaktor stark erhöht. Z.B. ist Chrom für die Koppelung von Insulin und Insulinrezeptoren an der Zelloberfläche mitverantwortlich. Chrommangel verursacht Störungen im Fettstoffwechsel und führt zu Insulinresistenz. Wahrscheinlich werden Altersdiabetes, wie auch Arteriosklerose durch Chrommangel in der Ernährung gefördert.

Dreiwertiges Chrom kann als harmlos betrachtet werden, solange es nicht in den Zellkern gerät. Isolierte Nukleinsäuren binden Chrom-III fast gleich stark wie Chrom-VI. Daher muss Chrom-III als mutagenes und karzinogenes Agens angesehen werden, wenn es die Nukleinsäuren im Zellkern erreicht. Chrom-VI-Salze sind stark krebserregend, sie wirken auf Zell- und Bakterienkulturen mutagen. Chrom-VI dringt leicht durch die Zellmembranen und beschädigt sie aufgrund der stark oxidativen Wirkung. Wegen der geringen Durchlässigkeit der Zellmembranen für Chrom-III-Ionen und ihrer hohen Affinität für sauerstoffhaltige organische Verbindungen unter Bildung von Koordinations- und Chelatkomplexen ist Chrom in der dreiwertigen Form ungefährlich.

Die technisch wichtigsten Chromverbindungen sind die Dichromate und die Chromate. Einsatz finden sie in der Farbenerzeugung und Ledergerbung, in der organischen Chemie zur Oxidation und (als Chromdioxid) in Kassetten als Ton- oder Bildträger. Weit verbreitet ist die elektrolytische Verchromung und Chrom als Bestandteil von Edelstählen (z.B. nichtrostende Chromnickelstähle) und Superlegierungen (z.B. in Gasturbinenschaufeln) (TRUEB, 1996).

Mangan (Mn)

In der Erdkruste ist Mangan zu 0,1% vorhanden, somit ist es nach Eisen das zweithäufigste Schwermetall.

Die Rolle des Mangans als essentielles Spurenelement wurde früh erkannt. Das Wachstum wichtiger Kulturpflanzen wie Weizen, Hafer und Mais wird in Abwesenheit von Mangan stark beeinträchtigt. Im tierischen und menschlichen Organismus wird Mangan von einer ganzen Reihe von Enzymen als Aktivator benötigt. Es ist in den Mitochondrien, Zellkernen und Knochen konzentriert und wird z.B. neben Chrom für die volle Wirkung des Insulins benötigt. Die technisch wichtigste Manganverbindung ist das Mangandioxid. Einerseits wird es in der Glasschmelze und in Batterien als Oxidationsmittel eingesetzt; 95% des weltweit geförderten Mangans wird jedoch zur Desoxidation und Entschwefelung von Eisen und als Legierungsbestandteil von Stählen verwendet. (TRUEB, 1996).

Kobalt (Co)

Die mittlere Konzentration von Kobalt in der Erdkruste beträgt 20 g/t, damit ist es 7x seltener als Nickel und 200x seltener als Eisen. Bis Anfang des 20. Jahrhunderts wurde Kobalt fast ausschließlich in Form von licht-, wetter- und wasserfesten Mal- und Keramikpigmenten eingesetzt. Ab 1905 erst wurden die enormen Möglichkeiten des Kobalts in der Metallurgie entdeckt. Kobaltbasierende Legierungen sind für Stähle von der Werkzeugherstellung bis zur Gasturbinenschaufel (hohe Temperaturen, starke mechanische Belastung), aber auch für Gelenks- und Zahnprothesen im Einsatz. Kobalt wird als Binder zur Herstellung von Hartmetall verwendet, da es hohen Schmelzpunkt mit hoher Wärmefestigkeit vereinigt. Auch die magnetischen Eigenschaften werden genutzt, für Permanentmagneten, in Anwendungen die Miniaturisierung erfordern, in Audio- und Videobändern sowie Speichermedien. Außerdem ist Kobalt katalytisch hochaktiv und das Co⁶⁰ ist ein starker Gammastrahler für die Strahlentherapie, zum Sterilisieren (z.B. von Klärschlamm) und zur Qualitätskontrolle von Werkstücken.

Der menschliche Körper enthält nur 2 bis 3 mg Kobalt, trotzdem ist das Metall absolut lebensnotwendig. Abgesehen von der Aktivierung einiger Enzyme, spielt es seine Hauptrolle als Zentralatom im Grundgerüst des Vitamin-B12-Moleküls (TRUEB, 1996).

Nickel (Ni)

In der Erdkruste kommt Nickel ungefähr gleichhäufig vor wie Chrom, wobei die größten „Reserven“ im Erdkern liegen.

Reines Nickel wird zum Vernickeln von Stahl und in der chemischen Industrie verwendet. Seine wichtigste Anwendung findet Nickel als Komponente von circa 3000 Legierungen, es verleiht dem Stahl eine sehr hohe Zähigkeit und im Zusammenspiel mit Chrom macht es ihn korrosionsfest. Münzen, Flugzeugtriebwerke, Modeschmuck, Panzerplatten, Meteoriten, Besteck, Erdgastanker, Präzisionswiderstände, Akkus und Weißgold haben alle einen gemeinsamen Bestandteil.

Die Toxizität des Nickels ist gering, doch können nickelhaltige Teile in direktem Kontakt mit der Haut allergische Reaktionen hervorrufen. Seit den 70er Jahren ist gesichert, dass Nickel zu den unentbehrlichen Spurenelementen gehört, da es eine wichtige Rolle beim Stoffwechsel der Kohlehydrate spielt und mehrere Enzyme und Hormone durch Nickel aktiviert werden (TRUEB, 1996).

Kupfer (Cu)

Gold, Kupfer und Silber (in dieser Abfolge) gehören zu den ersten Metallen, die von den Menschen entdeckt und für technische Zwecke erschlossen wurden.

Hauptanwendungen für Reinkupfer sind Drähte für die Elektronik. Sichtbarer sind die Einsätze des Kupfers in der Architektur. Grosse Mengen an Kupfer werden zur Herstellung von Legierungen benötigt, vor allem mit Zink, Zinn, Nickel, Aluminium und Beryllium. Dazu gehören insbesondere Messing, Bronze, Monel und die Münzlegierungen (TRUEB, 1996).

Zink (Zn)

In der Häufigkeitsliste der Elemente in der Erdkruste steht Zink mit einer Konzentration von 120g/t an 27. Stelle und ist etwa gleich häufig wie Kupfer.

Etwa die Hälfte des weltweit geförderten Zinks wird zum Korrosionsschutz von Stahl verwendet. Der Rest verteilt sich auf Messing, Zink-Druckgussteile für den Automobil- und Gerätebau bzw. Batterien und Anstrichpigmente. Zum Grundieren von Eisen und Stahl wird sowohl Zinkstaub als auch Zinkoxid eingesetzt. Blechbedachungen, Regenrinnen, Ablaufrohre und Fassadenverkleidungen werden häufig aus Zinkblech gefertigt. Weitere Anwendungen finden Zink und Zinkverbindungen als Katalysatoren, in Schweißelektroden, als Leuchtstoffe, Ferrite und als Seifen in Schmierfetten. Etwa 80% der Zinkweltproduktion werden elektrolytisch hergestellt, der Rest wird thermisch aufbereitet. Da das Metall weniger edel als Wasserstoff ist, wäre eine elektrolytische Abscheidung von Zink gar nicht möglich, dank der Überspannung an Aluminiumkathoden und Bleianoden kann aber die Wasserstoffabscheidung vermieden werden.

Bei Zink handelt es sich um ein physiologisch sehr wichtiges Spurenelement, es greift in mehr biologische Reaktionen ein als jedes andere Metall. Mittlerweile sind mehr als 200 zinkhaltige Enzyme entdeckt (TRUEB, 1996).

Gallium (Ga)

Die Erdkruste enthält im Durchschnitt 15 g/t Gallium, es ist also fast so häufig wie Blei. Wegen seiner chemischen Verwandtschaft mit Aluminium und auch Zink ist es vorwiegend mit den Mineralien dieser beiden Metalle vergesellschaftet. Gewonnen wird es aus der „Bayerlauge“, die beim Aufschluss des Aluminium-Rohstoffs Bauxit zu Tonerde anfällt.

Gallium wird primär zur Herstellung der Halbleiter Galliumarsenid und Galliumphosphid verwendet. In Bezug auf elektrische Eigenschaften ist das Galliumarsenid dem Silizium weit überlegen, es wird vielfältig für elektronische Bauelemente eingesetzt (TRUEB, 1996).

Arsen (As)

Arsen gehört zu den Halbmetallen, es kommt wie andere Elemente der Stickstoffgruppe in verschiedenen allotropen Modifikationen vor und hat je nach Modifikation metallische oder nichtmetallische Eigenschaften. Anders als beim Stickstoff, der in Form zweiatomiger

Moleküle mit kovalenter Dreifachbindung vorkommt, sind die entsprechenden As_2 -Moleküle aber sehr instabil. In der Natur kommt Arsen in Verbindung mit Metallen und Schwefel vor.

Arsen ist ein ziemlich seltenes Element, das Krustengestein enthält etwa 5 g/t, immerhin ist es häufiger als Silber und Molybdän. Es wird in Schiefen und Kohlen bis zu hundertfach angereichert, in gewissen Eisenerzen sogar noch stärker (Skandinavien, USA). In den südlichen Alpen, die zu einem großen Teil aus metamorphosierten Sedimenten des früheren Tethys-Meeres bestehen, finden sich zahlreiche Arsenminerale als Anzeichen für den früheren Einbau in Eisen- und Mangensedimente.

Wegen ihrer Toxizität und krebserregenden Wirkung sind Arsenpräparate fast nur noch für die Holzkonservierung (v.a. Amerika) und die Glasherstellung (z.B. Bildschirmröhren, Lichtwellenleiter) zulässig. Als Herbizide, Insektizide und Fungizide sind Arsenverbindungen verboten, und auch die arsenhaltigen Malpigmente sind längst vom Markt verschwunden. Ultrareines Arsen wird zur Herstellung der Galliumarsenid-Halbleiter, Arsenselenid als lichtempfindliche Beschichtung von Kopiergerätetrommeln eingesetzt.

Die Toxizität des Arsens in seinen dreiwertigen Verbindungen ist wahrscheinlich durch die hohe Affinität zu Schwefel bedingt, vor allem in Form von organisch gebundenen SH-Gruppen. In seinen fünfwertigen Verbindungen gleicht es dem Phosphor und kann die Wirkung physiologisch wichtiger phosphorhaltiger Stoffe (z.B. DNA und ATP) modifizieren. Arsen ist in der Natur überall vorhanden und wird von den Lebewesen leicht angereichert, zur Entgiftung werden anorganische Arsenverbindungen in leicht ausscheidbare Methylarsenate umgewandelt (TRUEB, 1996).

Selen (Se)

Die Häufigkeit von Selen in der Erdkruste entspricht etwa der des Silbers. Metallisches Selen war einer der ersten Halbleiter, auf dem starken Photoeffekt basierten die ersten Belichtungsmesser. Es wird in den Trommeln von Photokopiergeräten verwendet, zum Beschichten, Entfärben oder Färben von Glas, als Keramikpigment sowie zur Verbesserung der Verarbeitungsfähigkeit von bleihaltigen Schnellarbeitsstählen eingesetzt. Selenverbindungen werden in Schmiermitteln, Kautschuk, Katalysatoren und Shampoos gebraucht.

In größeren Mengen ist das Element stark toxisch. Wegen seiner chemischen Ähnlichkeit mit dem Schwefel verdrängt es diesen aus schwefelhaltigen Proteinen, die dann ihre Funktion nicht mehr erfüllen können. Andererseits ist es ein essentielles Spurenelement (Selenocystein) (TRUEB, 1996).

Rubidium (Rb)

Das Alkalimetall Rubidium kommt in der Erdkruste etwa gleich häufig vor wie Stickstoff und sogar häufiger als Blei, Kobalt und Zinn. Weil Rubidium chemisch dem Kalium gleicht, kommt es in den meisten Kaliummineralien vor, jedoch nur in geringen Mengen. Verwendungen: Rubidiumbromid und -jodid als Leuchtstoffe (z.B. in Bildschirmen für Fluglotsen), Rubidiumcarbonat in Spezialgläsern, Rubidiumnitrat und -hydroxyd als Katalysatoren (TRUEB, 1996).

Yttrium (Y)

Yttrium wird aufgrund des ähnlichen Ionenradius zu den Seltenerdmetallen gezählt. Besonders mit der Gruppe der Yttererden ist es in der Natur stets vergesellschaftet. Seine Häufigkeit entspricht etwa der von Blei und Zinn.

Yttrium hat vielfältige Anwendungen. Es wird Legierungen zur Stabilisierung, Erhöhung der Kriechfestigkeit und Kornverfeinerung zugesetzt. Verbindungen des Yttriums finden sich in vielen technisch bedeutsamen Anwendungen, z.B. als roter Leuchtstoff von Farbbildschirmen, als grüner Leuchtstoff in Radar- und Sonarsystemen, als Komponente von Energiesparlampen mit hoher Lichtausbeute, aber auch in der Mikrowellentechnik, in der Lasertechnik, in Keramiken und als Diamant-Imitation für Schmuckzwecke (TRUEB, 1996).

Zirkonium (Zr)

Der Anteil an Zirkonium in der Erdkruste beträgt ca. 0,02 %. Damit ist es keineswegs selten, etwa gleich häufig wie Chrom und wesentlich häufiger als Zink, Kupfer und Blei. Das Mineral Zirkon (ZrSiO_4) wird geophysikalisch in großen Mengen angereichert, durch Erosion und Verwitterung aus dem Muttergestein freigesetzt und an den Küsten als Zirkonsand abgelagert. Dieser ist der wichtigste Rohstoff zur Gewinnung von Zirkonium und seiner Verbindungen. Etwa 70 % des Zirkonsandes werden als Gießerei- und Formsand verwendet oder zu Ofensteinen verarbeitet.

Die Verwendung von Zirkonium ist vielfältig, z.B. in Blitz-, Leuchtstoff- und Energiesparlampen (Bindung von Luftgasen). Zr-Verbindungen werden für pyrotechnische Zwecke verwendet. Zirkonium ist sehr korrosionsfest und wird daher in der chemischen Industrie in Form von Rohren, Ventilen, Auskleidungen u. ä. eingesetzt. Eine weitere Eigenschaft des Zirkoniums ist seine „Neutronendurchsichtigkeit“, wodurch Zr-Legierungen seit Ende der 40er Jahre in Reaktoren im Einsatz sind. Zirkoniumkristalle dienen zur Altersbestimmungen von Gesteinen, aber auch als Schmucksteine. Zirkoniumdioxid gilt als Hightech-Keramik, wird zur Herstellung von Körperimplantaten verwendet, und als Festkörperelektrolyt in der Lambda-Sonde (zur Sauerstoffmessung im Abgasstrom). Zirkoniumkarbid findet sich in der Schutzkleidung für Schifahrer (TRUEB, 1996).

Niob (Nb)

Niob ist zwar wenig bekannt, doch keineswegs selten. Von dem Metall gibt es in der Erdkruste fast soviel wie Blei. Ca. 90 % des Niobs werden für die Herstellung von Stählen und Legierungen verwendet. In neuerer Zeit erhalten HSLA-Stähle (hochfest, niedriglegiert) mit 1 % Niob besondere Bedeutung. Niob hat eine kornfeinende und ausscheidungshärtende Wirkung, die Eigenschaften der Stähle können signifikant verbessert werden. Einsatzbereiche sind z.B. der Automobilbau, der Bau von Hochspannungsmasten, Brücken und Rohrleitungen. Nioboxid wiederum verleiht Glas einen hohen Brechungsindex, optische Gläser mit bis zu 20 % Nioboxid finden sich daher in großem Maßstab in Photoapparaten, Kopierern und Brillengläsern. Andere Verbindungen werden z.B. in Keramikkondensatoren, Feuerzeugen, elektronischen Armbanduhren, Fernseh- und Videogeräten, bis hin zu Flugzeugtriebwerken, Raumsonden und Kernreaktoren eingesetzt (TRUEB, 1996).

Molybdän (Mo)

Etwa 85% der heutigen Weltproduktion an Molybdän wird als Legierungselement von der Stahl- und Gusseisenindustrie in Form von Ferromolybdän verwendet. Molybdän ist ein hochfestes, sehr zähes und hartes Metall, das bei hohen Temperaturen eingesetzt werden kann. Es werden auch besonders hitzefeste Superlegierungen für Turbinen und Triebwerke hergestellt. In der Feinindustrie wird es zu Katalysatoren, Pigmenten, Flammenschutzstoffen, Korrosionsinhibitoren und Festschmierstoffen verarbeitet. Weiters findet es auch Einsatz in Leiterbahnen für Computer, Drähten für Heizspiralen und Glühlampen und für den inneren Aufbau von Radio- und Röntgenröhren. Bedeutend sind auch die Zusätze in Vitaminpräparaten, Tierfutter und Düngemitteln, da Molybdän als Bestandteil zahlreicher Enzyme ein wichtiges Spurenelement ist (TRUEB, 1996).

Silber (Ag)

Die Photoindustrie verbraucht etwa 40 % des weltweit produzierten Silbers, je etwa 20 % gehen in elektrotechnische und elektronische Komponenten, sowie Schmuck und Haushaltsgegenstände. Der Rest verteilt sich auf Legierungen, Lagermetall, Korrosionsschutz, Spiegel, Isolierglas, Katalysatoren, Wasserentkeimung, Medizin und Zahnheilkunde.

Silber ist für den Menschen ungiftig. Es wirkt aber schon in einer Konzentration von einigen Millionstelprozent bakteriostatisch: Die Vermehrung von Krankheitserregern wird unterbunden, bei höheren Konzentrationen wirkt Silber keimtötend (TRUEB, 1996).

Cadmium (Cd)

Die wichtigste Anwendung des sehr korrosionsfesten Cadmiums ist seit Beginn des 20. Jahrhunderts die Plattierung von Stahl und Stahlteilen für Schiff- und Fahrzeugbau. Eine Legierung mit Cadmium wird in Telefonleitungen verwendet. Cadmiumverbindungen fanden sich in Kunststoffen, Pigmentfarben und Keramikglasuren. Wegen der Toxizität des Cadmiums sind seit den 80er Jahren ungiftige Alternativen überall dort vorgeschrieben, wo es in die Umwelt geraten kann, wie im Korrosionsschutz, in Legierungen, Pigmenten und Kunststoffen. Neben dem Cadmiumsulfid in Fernseh- und Bildschirmröhren wird Cadmium noch in einem Massenprodukt verwendet, den Nickel-Cadmium-Akkumulatoren.

Die toxische Wirkung von Cadmium beruht auf der Hemmung schwefelhaltiger Enzyme sowie der Substitution des Zinks in zinkhaltigen Proteinen. Das zum Transport der lebenswichtigen Spurenelemente Zink und Kupfer bestimmte Protein Metallothionein bindet auch Cadmium sehr stark (TRUEB, 1996).

Cadmium in Gewässern:

Neben geochemischen Vorkommen werden die Gewässer durch die atmosphärische Deposition, durch Abwässer industrieller Produktionsanlagen, durch Auswaschung bzw. Sickerwasser landwirtschaftlicher Produktionsflächen und Mülldeponien, sowie durch Ablaufwasser von Kläranlagen mit Cadmium kontaminiert. Im Oberflächenwasser ist Cadmium überwiegend an Schwebstoffe adsorbiert und nur zu etwa 25 bis 30 % gelöst. Das in die Flüsse eingebrachte Cadmium setzt sich zu 30 bis 60 % in den Flusssedimenten ab. Bei der Bildung schwebstoffhaltiger Sedimente wird Cadmium zwischen der Wasser- und Sedimentphase um einen Faktor von ca. 30000 angereichert. Die Bindungsverhältnisse werden dabei durch den pH-Wert des Wassers und des Sedimentes, Redoxpotential und Ionenkonzentration bestimmt. (KORTE, 1987).

Zinn (Sn)

Etwa 0,002 % der Erdkruste bestehen aus Zinn, das Metall ist also sechsmal seltener als Blei und dreißig mal seltener als Kupfer.

Eine weit verbreitete Verwendung stellen die Weißblechkonservendosen dar, in der Regel wird mit einer Zinnschicht von etwa $1,4 \text{ g/m}^2$ gearbeitet. Bronze ist eine der wichtigsten Zinnlegierungen. Bei einem Gehalt von 3 bis 6 % Zinn ist die Bronze ziemlich weich und dennoch abriebfest. Sie wird zur Herstellung von Schmuck, Münzen und Medaillen verwendet. Je höher der Zinngehalt, desto fester und härter, aber auch weniger duktil ist die Legierung. Mit steigendem Zinngehalt wird Bronze für Zahnräder, Hochdruckarmaturen und Pumpenkomponenten, sowie Lager, Glocken und Lötzwecke verwendet. Organische Zinnverbindungen sind zur Stabilisierung von PVC unentbehrlich (TRUEB, 1996).

Antimon (Sb)

Das wichtigste Antimonerz ist das Antimonit (Sb_2S_3), das schon vor 5000 Jahren in China und Ägypten in der Augenheilkunde und als Kosmetikum eingesetzt wurde. Heute wird es in Sprengstoffzündern und Streichhölzern verwendet. Antimonpentasulfid wird zur Kautschuk-Vulkanisierung eingesetzt. Antimonlegierungen kommen u.a. in Akkumulatorenblei, für Präzisionsausgüsse, Hüllen von Telefonkabeln, Maschinenlagern und in „Zinngegenständen“ zum Einsatz.

Antimontrioxid verleiht Anstrichfarben und Kunststoffen wie PVC Flammfestigkeit. Antimonsalze sind Bestandteil gewisser Pestizide, Beizen und Feuerwerke (TRUEB, 1996).

Tellur (Te)

Das Halbmetall Tellur gehört zu den wirklich seltenen Elementen, entspricht doch seine Häufigkeit in der Erdkruste derjenigen von Platin.

Seine wichtigste Anwendung findet Tellur in der Metallurgie. Schon Spuren davon bewirken eine deutlich bessere Bearbeitbarkeit, Härte, Wärme- und Korrosionsfestigkeit von Schnellarbeitsstahl, Messing und Bleilegierungen. Bismut-Tellurid wird in thermoelektrischen Kühlelementen eingesetzt, Tellurverbindungen als Katalysatoren und Vulkanisationshilfsmittel. Tellur ist deutlich weniger toxisch als Selen (TRUEB, 1996).

Lanthan (La)

Lanthanoxid ist eine Komponente optischer Gläser mit hohem Brechungsindex, es dient auch als Katalysator in der Petrochemie. Lanthanborid ist ein guter Leiter für elektrischen Strom, es werden z.B. Elektronenemitter für Elektronenmikroskope daraus gefertigt. Auch Bariumtitanat, mit Lanthan und anderen Seltenerdmetallen versetzt, ist ein guter elektrischer Leiter, dessen spezifischer Widerstand bei höheren Temperaturen sehr rasch zunimmt. Dieser Effekt wird zur Sicherung von Elektromotoren vor dem Überhitzen benutzt (TRUEB, 1996).

Cer (Ce)

Cer, mit Lanthan zu den Ceriterden gehörig, weist in der Erdkruste einen Gehalt von 60 g/t auf und ist damit häufiger als Kupfer. Mischmetall hat einen Cer-Gehalt von 45 bis 60 %.

Schon Ende des 19. Jahrhunderts wurde eine Cer-Eisenlegierung zur Fertigung von Feuerzeug-Zündsteinen verwendet. Noch heute werden dafür ca. 300 t Cer-Eisen jährlich hergestellt. Cer-Oxid hat z.B. als Bestandteil der Keramikmasse von Abgaskatalysatoren für Motorfahrzeuge einen relativ großen Markt gewonnen. Cerhaltige Verbindungen werden in Leuchtstoff- oder Bildschirmröhren eingesetzt (TRUEB, 1996).

Thallium (Tl)

In der Erdkruste ist Thallium in etwas höherer Konzentration (0,3 g/t) als Quecksilber vorhanden, hergestellt wird es aus den Filterstäuben die beim Rösten von Blei- und Zinksulfiden anfallen.

Die toxische Wirkung des Thalliums beruht auf der chemischen Ähnlichkeit seines einwertigen Ions mit dem lebenswichtigen Kalium. Es wird rasch assimiliert und stört die Wirkung der B-Vitamine, gewisser Enzyme sowie den Stoffwechsel von Kalzium und Eisen. Nachdem Thallium bis nach dem 1. Weltkrieg in der Medizin „missbraucht“ wurde, und lange Zeit als Ratten- und Ameisengift im Einsatz war, sind die Anwendungen heute sehr eingeschränkt. Interessant sind die Legierungen von Blei mit 20 bis 65 % Thallium, sie sind sehr hart, aber doch bruchfest und extrem korrosionsfest. Verwendet werden sie als inerte Elektroden beim kontinuierlichen elektrolytischen Verzinken von Stahlblech (TRUEB, 1996).

Blei (Pb)

Blei war eines der ersten Metalle, das die Menschen kennen lernten, oxidierendes Rösten des Sulfids und seine Reduktion zum Metall sind in einem gewöhnlichen Lagerfeuer möglich. Als toxisches Schwermetall hat Blei viele seiner früheren Anwendungen verloren, besonders im Bereich der Anstrichfarben und Grundierungen, Keramikglasuren, Insektizide sowie bleiorganische Verbindungen, die Benzin klopfest machen. Selbst Schrotkugeln müssen heutzutage oft aus Stahl gefertigt werden. Für Starter- und Traktionsbatterien ist Blei weiterhin unentbehrlich. Wegen seiner Korrosionsfestigkeit werden damit auch Kabel ummantelt und chemische Reaktionsgefäße ausgekleidet. Auch in der Architektur wird Blei eingesetzt, vor allem durch seine Eigenschaft Schwingungen zu absorbieren wird es auch zum Erdbebenschutz von Gebäuden genutzt.

Blei war schon immer ubiquitär verbreitet, durch Erosion bleihaltigen Gesteines und vulkanische Exhalationen. Auch wird es von der Vegetation aufgenommen und beim Verrotten freigesetzt. Unbestritten ist jedoch die Toxizität höherer Dosen. Das Metall ist zu 90 % im Knochengewebe fixiert, wo es Kalzium ersetzt. Auch Nägel und Haare speichern Blei. Blei ist ein Enzymgift und blockiert wegen seiner hohen Affinität zu Schwefel die Thiolgruppen (-SH) in Proteinen (TRUEB, 1996).

Bismut (Bi)

Bismut gehört zu den relativ seltenen Metallen, seine Konzentration in der Erdkruste beträgt 0,2 g/t, was etwa der Häufigkeit des Silbers entspricht.

Niedrigschmelzende Legierungen mit Bismut werden z.B. in thermischen Sicherungen, Sprinkleranlagen und beim Drehen, Fräsen und Schleifen von Werkstücken mit komplizierter Form (nicht in Maschinen einspannbar) verwendet. Das ungiftige Bismut und seine

Legierungen sind Alternativen zum toxischen Blei bei allen Anwendungen, von wo aus das Metall in die Umwelt gelangen kann. Dazu gehören Bismutmessing in Trinkwasserarmaturen, sowie Bismutschrot. Es wird Legierungen zugegeben um bestimmte Eigenschaften zu erzielen, z.B. zur Verbesserung der Verarbeitungsfähigkeit.

Bismut gilt als nicht toxisch (außer in sehr hoher Dosierung). Schon im Mittelalter war bekannt, dass Bismutpräparate u. a. antiseptische Wirkungen haben (TRUEB, 1996).

3. Material und Methoden

3.1. Probenahme

An acht ausgewählten Probestellen im Nationalpark Donauauen (Regelsbrunn, Schönau, Narrischer Arm-Nord und -Süd, Stopfenreuth, Orth a. d. Donau, Mühleiten und Haslau) wurden mittels Sedimentcores Benthosproben genommen. Die Beprobung wurde am 23. und 24.06.1999 durchgeführt. Es wurden an jedem der acht Standorte fünf Parallelproben genommen. Zusätzlich wurden an jeder Stelle Begleitmessungen durchgeführt, die das Redoxpotential im Sediment in Abhängigkeit von der Sedimenttiefe, sowie die Wasserparameter Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt umfassten.

Anfang September 1999 wurde jeweils ein weiterer Core pro Stelle entnommen.

Die Beprobung wurde mittels Plastik-Cores (Rohre mit 5 cm Durchmesser) bis in 30 cm Sedimenttiefe durchgeführt. Die Sedimentcores wurden anschließend in drei Tiefenschichten unterteilt: 0-3 cm (in dieser Tiefe leben die meisten Sedimentbewohner), 3-10 cm und 10-30 cm und in 96 %igem Ethanol fixiert. Im Labor wurden die Proben einer Flotation mit Zuckerlösung unterzogen, um durch den dabei aufgebauten Dichtegradienten das organische Material weitgehend vom Sediment abzutrennen.

Anschließend wurden die Proben durch ein 210 µm-Netz gesiebt und nach Versetzen mit Methylrot (färbt organisches Material rötlich) unter einem Binokular aussortiert. Für die Analysen wurden die Chironomiden und Oligochaeten ausgewählt, da diese beiden Gruppen die Hauptmasse der Feinsedimentbewohner darstellen. Nach der Artbestimmung (Chironomiden: Dr. phil. Berthold Janecek, Oligochaeten: Lektor Dr. Santiago Gaviria-Melo) wurden die Tiere vermessen und jeweils einzeln mit Salpetersäure aufgeschlossen. Bei den Oligochaeten konnte nur ein Anteil von ca. 25 % für die Artbestimmung herangezogen werden, da die einzelnen Tiere dafür in ein Einbettungsmaterial eingeschlossen werden müssen. Zur Massebestimmung wurde für jedes Individuum jeweils die Länge und die Breite ermittelt; für die Volumenberechnung wurde die Form der Oligochaeten und Chironomiden als zylindrisch angenommen. Zur Umrechnung der Volumina in Frischgewicht kann ein Dichtefaktor 1 angenommen werden. Bezogen wurde auf das Trockengewicht, das laut Literaturdaten mit 20 % vom Frischgewicht angenommen werden kann (Wasser- und Schifffahrtsverwaltung – Portal Tideelbe, UVU 1999/2000).

Kurz nach der Entnahme der Cores für die Benthosproben für diese Diplomarbeit fand eine weitere Probenahme an genau diesen Standorten statt, bei der Frau Mühlhofer für ihre Diplomarbeit Sedimentproben nahm. Im Rahmen ihrer Diplomarbeit hat Frau Mühlhofer die feuchten Sedimentproben im Labor 48 Stunden bei 104,5 °C getrocknet und anschließend einem Aufschluss mit Königswasser unterzogen (siehe MÜHLHOFER, 2001). Der organische Gehalt an den Probestellen wurde ebenfalls der Diplomarbeit von Frau Mühlhofer entnommen (die getrockneten Sedimentproben wurden in einem Muffelofen vier Stunden bei 450 °C geglüht).

3.2. Probestellen

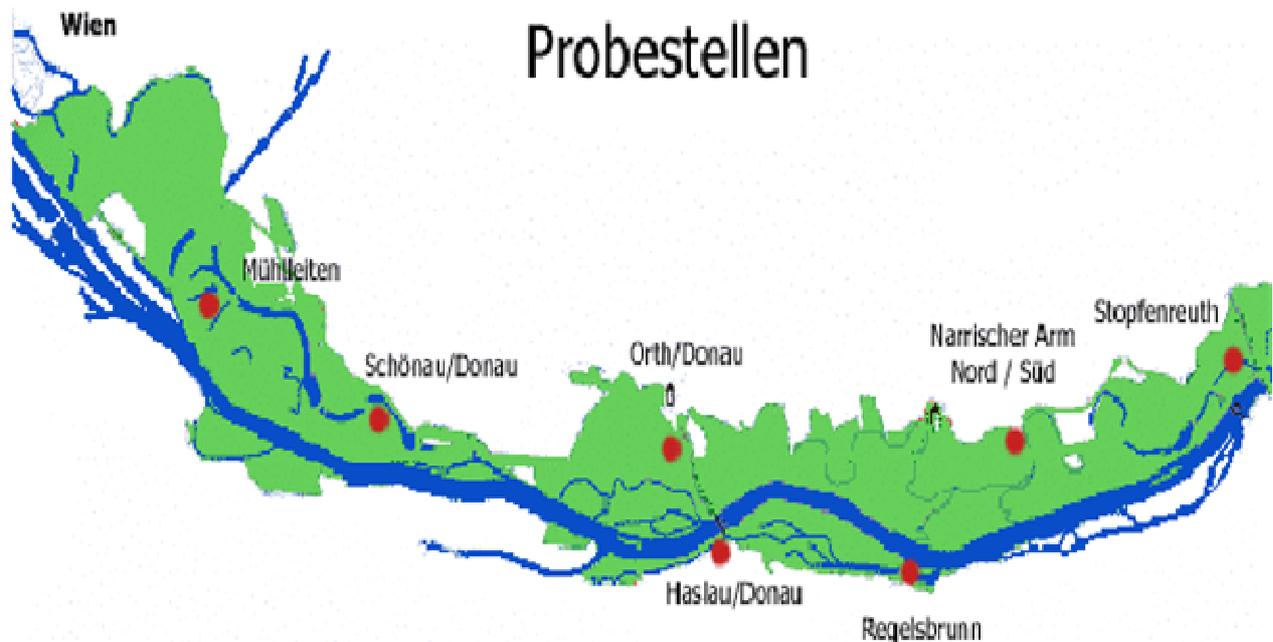


Abb. 2 Überblick über die Probestellen

Die Probestellen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer hydrologischen Anbindung an die Donau. Bis auf den Standort Regelsbrunn fanden die Probenahmen vor den Projekten zur Gewässervernetzung statt.

Folgende Standorte in den Donauauen östlich von Wien (mit zunehmender Entfernung) wurden beprobt:

3.2.1. Mühlleiten - Kreuzgrundtraverse

Die Probenahmestelle befindet sich am linken Donauufer und zählt zum Altarmsystem der Unteren Lobau. Sie stellt einen Seitenarm des Verlandungstyps dar, der durch die Regulierungsmaßnahmen vom Hauptstrom abgeschnitten wurde. Der Einfluss rückströmender Hochwässer ist hier nur sehr gering, die Wasserzufuhr in die Lobau erfolgt zum Großteil über das Grundwasser. Starke Verlandungstendenzen stellen ein Problem dar.

3.2.2. Schönau – Schönauer Schlitz

Der Schönauer Schlitz bildet, ebenfalls linksufrig gelegen, das untere Ende des Gewässersystems der Unteren Lobau. Er ist die einzige Stelle über die noch eine oberflächige Verbindung zur Donau besteht. 2003 findet dann die Gewässervernetzung Schönau statt.

Die mittlere Wasserfläche im Gebiet Kreuzgrundtraverse bis Schönauer Schlitz beträgt 0,68 km², die mittlere Wassertiefe 1,3 m. Das gesamte Wasservolumen beträgt etwa 0,9 Mio. m³ (RECKENDORFER 2006).

3.2.3. Orth/Donau – Kleine Binn

Das Gewässersystem der Orther Donauauen umfasst das ehemalige Hauptbett der Donau und ein ehemaliges Nebengerinne, die heutige „Kleine Binn“. Seit der Regulierung waren die Gewässer durch den Treppelweg weitgehend von der Donau abgeschnitten.

Die Probenahmestelle befindet sich innerhalb des Marchfeldschutzdammes am linken Donauufer, sie ist gut durchströmt. Eine oberstromige Anbindung an den Hauptkanal der Donau erfolgte aber erst bei Wasserständen knapp unter HSW (höchster Schifffahrtswasserstand in cm) (HEIN, 2006). Ab einem Wasserstand von 147,5 M.ü.A. (Meter über der Adria) (Pegel Orth/Donau) wurde die Kleine Binn von oben durchströmt. Bezogen auf den langjährigen Durchschnitt bedeutete das eine Anbindungsdauer von 15 Tagen/Jahr (RECKENDORFER, 2000).

Durch den Rückbau der Uferbefestigung wurde die Anbindungsdauer wesentlich erhöht. Während der Phase der Nachuntersuchung (Juni 2001) lagen die Einströmbereiche bei 145,8 M. ü. A. (Pegel Orth/Donau), was einer Anbindungsdauer von ca. 160 Tagen/Jahr entspricht. Nach Abschluss der Bauarbeiten ist nunmehr eine Anbindungsdauer von 290 Tagen/Jahr gegeben (HEIN, 2006).

3.2.4. Haslau

Bei Haslau wurden die Proben rechtsufrig genommen. Es handelt sich um einen dynamischen Nebenarm, der durch eine gute Gewässervernetzung charakterisiert ist. Die Gewässervernetzung Haslau - Regelsbrunn fand 1996 statt. Durch die Absenkung auf Mittelwasser bei Haslau wird auch das Regelsbrunner System stärker durchströmt.

3.2.5. Regelsbrunn

Auch bei Regelsbrunn wurden die Proben rechtsufrig genommen. In der Regelsbrunner Au ist eine starke hydrologische Dynamik erhalten geblieben.

3.2.6. Narrischer Arm Nord

Bei dieser Probestelle handelt es sich um einen linksufrig gelegenen Seitenarm des Verlandungstyps. Sie befindet sich außerhalb des Marchfeldschutzdammes und weist die geringste Anbindung der ausgewählten Probestellen auf.

3.2.7. Narrischer Arm Süd

Bei dieser Probestelle handelt es sich ebenfalls um einen linksufrig gelegenen Seitenarm des Verlandungstyps. Sie befindet sich innerhalb des Marchfeldschutzdammes und verfügt daher über eine bessere Konnektivität als der Narrische Arm Nord. Wegen der Begrenzung durch den Marchfeldschutzdamm bildet sich aber eine Sackgassensituation.

3.2.8. Stopfenreuth

Der Stopfenreuther Arm ist linksufrig gelegen, innerhalb des Marchfeldschutzdammes, und verfügt über eine mäßige Anbindung an den Hauptstrom. Er wird an rund 10-15 Tagen im Jahr durchströmt.

Tab. 2 Grad der Anbindung und Glühverlust der Probestellen

Standort	Anbindung	* organ. Gehalt 0-3 cm Tiefe [%]
Regelsbrunn	1	4,4
Haslau	2	1,2
Schönau	2	6,8
Orth/Donau	3	2,4
Stopfenreuth	3	2,6
Narrischer Arm Süd	3	28,1
Narrischer Arm Nord	4	4,0
Mühlleiten	4	39,4

- 1 sehr gut angebunden
- 2 gut angebunden
- 3 mittlere Anbindung
- 4 geringe Anbindung

* Die Werte für den organischen Gehalt stammen aus: MÜHLHOFER, 2001: Schwermetalle in Sedimenten der Donauauen östlich von Wien und des Donaudeltas in Rumänien. Diplomarbeit.

3.3. Chemische Analysen

Als Aufschlussverfahren für die Sedimentorganismen wurde ein Druckaufschluss mit konzentrierter Salpetersäure (65 %, Merck, pro analysi) bei 130 °C gewählt. Salpetersäure wird in der analytischen Chemie in erheblichem Umfang zum Oxidieren anorganischer und organischer Substanzen verwendet. Die oxidierende Wirkung beruht auf der Bildung von NO₂ und NO aus dem Nitrat-Ion. (BOCK, 1972).

Um die winzigen Tiere nach der Artbestimmung und dem Vermessen auch einzeln aufschließen zu können, wurden eigens Aufschlussröhrchen aus Teflon hergestellt. Dazu wurden Teflonstäbe in jeweils ca. 4 cm lange Stücke geteilt, in diese Stücke wurde dann auf der Drehbank ein Loch gefräst. Aus ca. 5 mm langen Stücken wurde zusätzlich jeweils ein Deckel gedreht. Die Höhe der Teflonröhrchen wurde so gewählt, dass nach dem Einsetzen der Röhrchen in eine 50 ml Pyrex-Steilbrustflasche und dem Verschließen derselben der Teflondeckel auf dem Röhrchen gut fixiert ist, um Verlust durch Verspritzen zu minimieren. Die Proben wurden dann im Certoclav bei 1,5 bar und 130 °C aufgeschlossen.

Die Messung der Schwermetallgehalte erfolgte mittels einer Quadrupol-ICP-MS "ELAN 6100" (Perkin Elmer, Sciex), wobei ein Element Scan – Programm (TotalQuant Method)

gewählt wurde, um einen Überblick über relevante Elemente zu erhalten. Aus den erhaltenen Datensätzen mit jeweils 80 Elementen wurden schließlich 26 Elemente zur Darstellung ausgewählt.

Die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppelter Plasmaionenquelle (ICP-MS) ist eine sehr empfindliche, schnelle Analysenmethode der anorganischen Massenspektrometrie zur Multielementbestimmung im Spurenbereich.

Die flüssigen Proben werden über ein Zerstäubersystem als feinste Tröpfchen mit einem Trägergas zur Fackel (Torch) transportiert und dort in einem induktiv gekoppelten Plasma ionisiert. Die in der Probenlösung enthaltenen chemischen Verbindungen werden so in ihre atomaren Bestandteile zerlegt und mit einem Ionisierungsgrad von > 90% für die meisten chemischen Elemente (einfach geladene positive Ionen überwiegen) ionisiert. Die positiv geladenen Ionen werden aus dem Plasma über ein Interface in das Hochvakuum des Quadrupole-Massenspektrometers (dem eigentlichen Massenfilter) extrahiert. Ein Quadrupole-MS besteht aus vier Elektrodenstäben, an denen sowohl Gleich- als auch Wechselspannung anliegt, wodurch die Ionen auf eine spiralförmige Bahn gezwungen werden und nach ihrem Masse-/ Ladungsverhältnis getrennt werden.

Anschließend wird mittels eines Dual Stage Detektors (Elektronenvervielfacher, mit dem gleichzeitigen Erfassen von Puls- und Analog-Signalen möglich ist) detektiert. (ICP-MS Training, Perkin Elmer).

Nachweisgrenzen (Perkin Elmer Sciex Instruments):

< 100 ng/l Se

< 10 ng/l As, Rb, V, Cr, Ni, Zn, Ga, Te

< 5 ng/l Ag, Cd, Cu, Co, Mn, Mo, Sn, Sb, Pb

< 1 ng/l Seltenerdmetalle (Sc, Y, La, Ce), Zr, Nb, Ta, Bi

Die Nachweisgrenze basiert auf einem 98 %igen Vertrauensbereich.

Als Begleitmessungen vor Ort an den Probenahmestellen wurden folgende Parameter erhoben:

Redoxpotential im Sediment nach Tiefenschichten: Das Redoxpotential wird als Potentialdifferenz zwischen einer Platinelektrode (Messelektrode) und einer Silber/Silberchloridelektrode als Referenzelektrode gemessen. Es wurde auf Normalwasserstoffelektrode umgerechnet.

Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt des Wassers wurden mittels eines tragbaren Mehrparameter-Messgerätes der Firma WTW gemessen. An das Gerät werden die elektrochemischen Sensoren für pH, Sauerstoff und Leitfähigkeit angeschlossen. Eine

Temperaturkompensation (Bezug der Messwerte auf die Referenztemperatur von 25 °C) ist integriert.

Die pH-Messelektrode besteht aus einem speziellen Glas, das wegen seiner Oberflächeneigenschaften besonders sensitiv für Wasserstoffionen ist. Sie ist mit einer Pufferlösung mit pH 7 gefüllt. Das Eintauchen in eine Messlösung bewirkt eine Änderung der Spannung an der Messelektrode im Vergleich zu einer Referenzelektrode. Diese Änderung wird erfasst und vom Messinstrument in den pH-Wert umgerechnet.

Der Sauerstoffsensoren enthält eine Arbeitselektrode und eine Gegenelektrode. Beide Elektroden befinden sich in einem Elektrolytssystem, das durch eine gasdurchlässige Membran von der Probe getrennt ist. Die Arbeitselektrode reduziert die Sauerstoffmoleküle zu Hydroxydionen. Bei dieser elektrochemischen Reaktion fließt im Sensor ein Strom von der Gegenelektrode zur Arbeitselektrode. Je mehr Sauerstoff in der Messlösung ist, desto größer ist das Stromsignal. Das Sauerstoffmessgerät berechnet mit Hilfe einer Löslichkeitsfunktion aus diesem Signal die Sauerstoffkonzentration der Messlösung.

Die Messung der Leitfähigkeit erfolgt über eine elektrochemische Widerstandsmessung. Die verwendete Messzelle besteht aus zwei gleichartigen Elektroden. Eine an die Elektroden gelegte Wechselspannung führt zu einer auf die Elektroden ausgerichteten Bewegung der in der Messlösung enthaltenen Ionen. Je mehr Ionen die Messlösung enthält, desto größer ist der zwischen den Elektroden fließende Strom. Das Messgerät berechnet aus dem gemessenen Strom auf Grundlage des Ohm'schen Gesetzes zunächst den Leitwert der Messlösung und – unter Einbeziehung der Zellenparameter – den Leitfähigkeitswert. (WTW Produktbeschreibung).

3.4. SPSS

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels des Programms SPSS. Zur Darstellung der Messergebnisse wurde der Boxplot gewählt. Er besteht aus einer Box, die vom 1. und 3. Quartil (25 %- und 75 %- Perzentil) begrenzt wird und deren innere Linie den Median darstellt. Weiters werden die kleinsten und größten Werte markiert, sofern sie keine Ausreißer sind. Werte, die um mehr als eineinhalb Boxlängen außerhalb liegen, werden mit einem Kreis markiert. Extremwerte (die um mehr als drei Boxlängen außerhalb liegen) werden mit einem Stern markiert.

Bei Korrelationen unter nicht-normalverteilten Variablen (die meisten Werte gruppieren sich nicht um den Mittelwert) wird anstelle des Pearson-Koeffizienten die Rangkorrelation nach Spearman berechnet.

Die Faktorenanalyse ist ein Verfahren, das eine größere Anzahl von Variablen anhand der gegebenen Fälle auf eine kleinere Anzahl unabhängiger Einflussgrößen, die Faktoren, zurückführt. Dabei werden diejenigen Variablen die untereinander stark korrelieren zu einem Faktor zusammengefasst. Variablen aus verschiedenen Faktoren korrelieren untereinander nur wenig. Ziel der Faktorenanalyse ist es, die Faktoren zu ermitteln, die die beobachteten Zusammenhänge zwischen den gegebenen Variablen möglichst gut erklären. (SPSS Version 8, 1998).

Die deskriptive Statistik besteht aus dem Mittelwert, dem Median (das ist jener Wert, unter- und oberhalb dessen jeweils 50 % der ihrer Größe nach geordneten Werte liegen, eine Verallgemeinerung dieser Prozentzahl führt zu den so genannten Perzentilen), der Standardabweichung (Maß für die Streuung der Messwerte, sie ist die Quadratwurzel aus der Varianz), dem Minimum und dem Maximum.

4. Ergebnisse

4.1. Artenliste Oligochaeta

Zu den Annelida (Ringelwürmern) gehören die Polychaeta, Oligochaeta und Hirudinaea (wobei es sich bei den letzten beiden Gruppen um Clitellata handelt). Oligochaeten sind ihrem Namen nach Wenigborster (pro Segment 4 Borsten). Für Österreich sind circa 100 Arten bekannt. Die Gattung *Tubifex* ist durch hämoglobinhaltiges Blut rötlich gefärbt.

In eutrophen Gewässern finden sich generell hohe Dichten an Oligochaeten, aufgrund des hohen organischen Gehaltes und des guten Bakterienbewuchses. Wenn in tieferen Schichten O₂ knapp wird, tritt *Tubifex* (und ganz wenige andere Arten) massenhaft auf, diese Gattung ist also auch ein Indikator für den ökologischen Zustand eines Gewässers. Weiters ist sie auch sehr tolerant gegenüber Schadstoffen, Versauerung und hohen Temperaturen.

Innerhalb der Oligochaeten sind die Tubificiden reine Sedimentfresser. Sie stecken mit dem Vorderende in einer Röhre, während das Hinterende ins freie Wasser ragt. Sie nehmen das Sediment in einigen cm Tiefe auf, verwerten die organische Substanz und scheiden ihre Fäces an der Sedimentoberfläche aus. Auf diese Weise schichten sie das Sediment um. Der Lebensraum der Tiere besteht aus einer Fresszone in 1-3 cm Tiefe und einer tiefer liegenden Wanderschicht, in der die Tiere horizontal wandern und neue Areale aufsuchen. Die Jungen schlüpfen im Herbst und überwintern im Schlamm.

Tab. 3 Taxonomie der Oligochaeten

Familie:	<i>Dorydrilidae</i>	Art:	<i>Dorydrilus michaelsoni</i>
	<i>Enchytraeidae</i>		<i>Bucholzia appendiculata</i>
			<i>Marionina argentea</i>
	<i>Naididae</i>		<i>Nais elinguis</i>
			<i>Uncinaxis uncinata</i>
	<i>Lumbricidae</i>		<i>Eiseniella tetraedra</i>
	<i>Tubificidae</i>		<i>Limnodrilus hofmeisteri</i>
			<i>Limnodrilus udekemianus</i>
			<i>Psammoryctides albicola</i>
			<i>Tubificidae bifid juvenile*</i>

* Jungtiere von *Limnodrilus hofmeisteri*, *Potamothrix hammoniensis*, *Tubifex tubifex*

Tab. 4 Abundanzen der Oligochaeten

Probestelle	Art	Individuen:	Termin 1	Termin 2
Mühlleiten	<i>Tubificidae bif.juv.</i>	Insgesamt	1	0
Schönau	<i>Eiseniella tetr.</i>		2	1
	<i>Dorydrilus michaelsoni</i>		2	0
	<i>Tubificidae bif.juv.</i>		1	2
	<i>Limnodrilus udekemianus</i>		1	0
		Insgesamt	20	8
Orth/Donau	<i>Eiseniella tetr.</i>		1	3
	<i>Tubificidae bif.juv.</i>		2	0
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>		0	1
		Insgesamt	9	5
Haslau	<i>Uncinaiis uncinata</i>		1	0
		Insgesamt	2	1
Regelsbrunn	<i>Tubificidae bif.juv.</i>		3	1
	<i>Limnodrilus udekemianus</i>		1	0
		Insgesamt	27	4
Narr. Arm/Nord	<i>Tubificidae bif.juv.</i>	Insgesamt	1	2
Narr. Arm/Süd	<i>Marionina argentea</i>		1	0
	<i>Psammoryctides albicola</i>		5	0
	<i>Tubificidae bif.juv.</i>		0	5
		Insgesamt	37	21
Stopfenreuth	<i>Bucholzia appendiculata</i>		2	0
	<i>Nais ellinguis</i>		1	0
		Insgesamt	12	1

Termin 1 bezieht sich auf die Probenahme im Juni 1999, Termin 2 fand Anfang September 1999 statt.

Alle Oligochaeten wurden in der obersten Sedimentschicht von 0-3 cm gefunden.

Die semiterrestrische Art *Eiseniella tetraedra* hat ihr Optimum in ufernahen Bereichen. Die Tubificiden (*Limnodrilus*, *Tubifex*) bevorzugen eher donaufernere Standorte mit hohen Konzentrationen an FPOM (fine particulate organic material). *Tubificidae* werden oft in großer Individuendichte in Feinsedimenten angetroffen. (RECKENORFER, 2000).

4.2. Artenliste Chironomidae

Chironomiden (Zuckmücken) gehören zu den Dipteren. Es handelt sich um holometabole Insekten, die Umkonstruktion erfolgt im Puppenstadium.

Für Österreich sind ca. 650-700 Arten bekannt. Sie sind die artenreichste und individuenreichste Insektenfamilie des Süßwassers, es können Individuenzahlen von >50000/m² auftreten.

Die Imagines stechen nicht, da die Mundwerkzeuge verkümmert sind. Das erste Beinpaar ist zu Tastbeinen verlängert, die nach vorne gestreckt werden und zuckende Bewegungen ausführen. Die Männchen verfügen über büschelförmige Fühler.

Die Larven verfügen über eine recht einheitliche Gestalt (verhärtete Kopfkapsel, wurmförmig mit 12 Segmenten, am letzten Segment befindet sich der Nachschieber, ein Fußstummel). Manche Arten weisen am 11. Segment Analtubuli auf, mit denen sie Ionen aus dem Wasser aufnehmen können.

Chironomiden können die unterschiedlichsten Lebensräume besiedeln und man findet sie vom Gletscherbach bis zum Abwasserteich in allen Gewässertypen. Sie überleben Temperaturen bis 51 °C (heiße Quellen) und stark salzhaltiges Wasser (28,5 %).

Die Larven der meisten Arten leben in den oberen Sedimentschichten, wo sie mit ihren Speicheldrüsen Gespinnströhren bauen, die vorne und hinten zur Durchströmung offen sind. Sie sammeln die organische Substanz auf der Sedimentoberfläche in der Nähe ihrer Röhre oder sie bewegen den Körper rhythmisch, so dass ein Wasserstrom durch die Röhre fließt aus dem sie die Nahrungspartikel (Detritus und Algen) filtrieren.

Es gibt 4 Larvenstadien (mehrere Generationen pro Jahr, die meisten überwintern als Larven). Die schlupffreie Puppe treibt dann zur Wasseroberfläche und fliegt innerhalb von wenigen Sekunden als Imago davon.

Viele im Schlamm lebende Larven sind blutrot gefärbt, da sie einen dem Hämoglobin verwandten Blutfarbstoff besitzen. Diese Arten halten besonders gut O₂-arme Bedingungen aus und sind Zeiger für starke Belastung eines Gewässers mit organischen Stoffen. Die Gattung Chironomus ist hier ein Beispiel für große Toleranz, sie kommt auch noch in stark verschmutzten Gewässern vor.

Zwei Faktoren, die Anbindung zur Donau (Distanz zum Einströmbereich) und die Sedimentcharakteristik, haben den größten Einfluss auf die Verteilung der Chironomiden (RECKENDORFER, 2000).

Alle Chironomiden wurden in der obersten Sedimentschicht von 0-3 cm gefunden.

Tab. 5 Verteilung der Chironomidenarten nach Probestellen

Probestelle	Gattung	Art	Ernährungstyp
Schönau	<i>Kiefferulus</i>	<i>K. tendipediformes</i>	DET
	<i>Polypedilum</i>	<i>P. nubeculosum</i>	DET
	<i>Endochironomus</i>	<i>E. albipennis</i>	AFIL
	<i>Procladius</i>	<i>P.(Holotanypus) sp.</i>	RÄU/DET
Orth/Donau	<i>Prodiamesa</i>	<i>P. olivacea</i>	DET
	<i>Glyptotendipes</i>	<i>G. pallens</i>	WEI/AFIL
	<i>Cryptochironomus</i>	<i>C. psittacinus-Gruppe</i>	RÄU/DET
	<i>Cricotopus</i>	<i>C.(Isocladius) sylvestris-Gruppe</i>	WEI/(DET)
	<i>Tanytarsus</i>	<i>T. sp</i>	DET
	<i>Chironomus</i>	<i>C. sp</i>	DET
Haslau	<i>Cricotopus</i>	<i>C.(Isocladius) sylvestris-Gruppe</i>	WEI/(DET)
	<i>Chironomus</i>	<i>C. sp</i>	DET
Regelsbrunn	<i>Prodiamesa</i>	<i>P. olivacea</i>	DET
	<i>Paratendipes</i>	<i>P. albimanus</i>	DET
	<i>Cryptochironomus</i>	<i>C. psittacinus-Gruppe</i>	RÄU/DET
	<i>Polypedilum</i>	<i>P.(Tripodura) scalaenum-Gruppe</i>	DET
	<i>Chironomus</i>	<i>C. sp</i>	DET
	<i>Procladius</i>	<i>P.(Holotanypus) sp.</i>	RÄU/DET
	<i>Harnischia</i>	<i>H. sp</i>	DET
Narr. Arm/Nord	<i>Glyptotendipes</i>	<i>G. pallens</i>	WEI/AFIL
	<i>Dicrotendipes</i>	<i>D. lobiger</i>	WEI/AFIL/DET
	<i>Parachironomus</i>	<i>P. arcuatus-Gruppe</i>	WEI/DET
	<i>Cricotopus</i>	<i>C.(Isocladius) sylvestris-Gruppe</i>	WEI/(DET)
	<i>Chironomus</i>	<i>C. sp</i>	DET
	<i>Paratanytarsus</i>	<i>P. sp</i>	WEI/AFIL/DET
	<i>Chironomini</i>	<i>C. indet</i>	
Narr. Arm/Süd	<i>Polypedilum</i>	<i>P. nubeculosum</i>	DET
	<i>Glyptotendipes</i>	<i>G. pallens</i>	WEI/AFIL
	<i>Tribelos</i>	<i>T. intextus</i>	DET
	<i>Microtendipes</i>	<i>M. chloris-Gruppe</i>	DET
	<i>Chironomus</i>	<i>C. sp</i>	DET
Stopfenreuth	<i>Prodiamesa</i>	<i>P. olivacea</i>	DET
	<i>Polypedilum</i>	<i>P. nubeculosum</i>	DET
	<i>Cladopelma</i>	<i>C. virescens</i>	DET
	<i>Polypedilum</i>	<i>P. bicrenatum</i>	
	<i>Paralauterborniella</i>	<i>P. nigrohalteralis</i>	
	<i>Endochironomus</i>	<i>E. albipennis</i>	AFIL
	<i>Cladotanytarsus</i>	<i>C. mancus-Gruppe</i>	WEI/AFIL/DET
	<i>Cryptotendipes</i>	<i>C. sp</i>	
	<i>Procladius</i>	<i>P.(Holotanypus) sp.</i>	RÄU/DET
	<i>Tanytarsus</i>	<i>T. sp</i>	DET
	<i>Glyptotendipes</i>	<i>G. sp</i>	AFIL/DET

Tab. 6 Taxonomie der gefundenen Chironomiden

Chironomidae

Ufam:Tanypodinae:		<i>Procladius (Holotanypus) sp.</i>
Ufam: Prodiamesinae		<i>Prodiamesa olivacea</i>
Ufam: Orthocladiinae		<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i>
Ufam: Chironominae:	Tribus:Chironomini:	<i>Chironomus sp.</i> <i>Cladopelma virescens</i> <i>Cryptochironomus psittacinus</i> <i>Cryptotendipes sp.</i> <i>Dicrotendipes lobiger</i> <i>Endochironomus albipennis</i> <i>Glyptotendipes pallens</i> <i>Harnischia sp.</i> <i>Kiefferulus tendipediformes</i> <i>Microtendipes chloris</i> <i>Parachironomus arcuatus</i> <i>Paralauterborniella nigrohalteris</i> <i>Paratendipes albimanus</i> <i>Polypedilum nubeculosum</i> <i>P. bicrenatum</i> <i>P. scalaenum</i> <i>Tribelus intextus</i>
	Tribus:Tanytarsini:	<i>Cladotanytarsus mancus</i> <i>Paratanytarsus sp.</i> <i>Tanytarsus sp.</i>

4.3. Begleitmessungen

4.3.1. Redoxpotential im Sediment

Redoxwerte steuern ähnlich wie pH-Werte viele chemische Prozesse im Wasser. In Gewässern und Abwässern werden anaerobe Vorgänge durch niedrige Redoxpotentiale angezeigt. In Gewässern wird Sauerstoff durch Diffusion über die Wasseroberfläche eingetragen. Dadurch herrscht in den oberen Wasserschichten meist ein aerobes Milieu. Gleichzeitig kann jedoch durch fehlende Durchmischung in unteren Schichten oder im Sediment ein anaerobes Milieu auftreten.

Bei der Bestimmung des Redoxpotentials wird die Konkurrenz zwischen der Elektronenabgabe (Reduktion) und der Elektronenaufnahme (Oxidation) messtechnisch genutzt.

Die mV-Werte sollten nur als Orientierungswerte für das Vorhandensein aerober oder anaerober Prozesse angesehen werden. Strikt anaerobe Bedingungen liegen bei Werten unterhalb -200 mV vor, Werte zwischen 0 und -200 mV haben Übergangscharakter, während positive mV-Werte einen Hinweis auf aerobe Vorgänge geben (RUMP, 1998).

Probenpunkt 1 – Mühlleiten - Kreuzgrundtraverse (Eberschüttwasser)

Das Sediment ist bis in eine Tiefe von $0,5$ cm aerob, ab 1 cm Tiefe herrschen anaerobe Bedingungen vor.

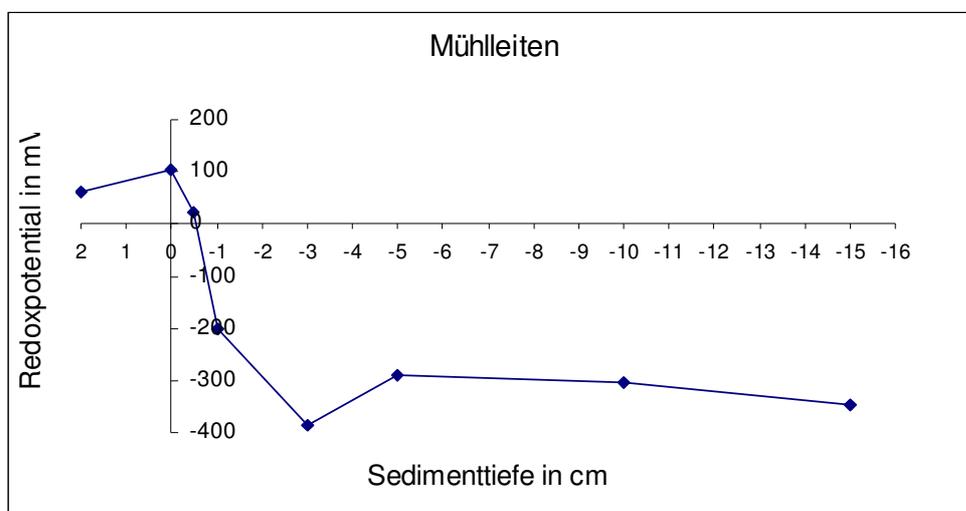


Abb. 3 Redoxpotential im Sediment/Mühlleiten

Probenpunkt 2 – Schönau

Das Sediment ist nur an der Oberfläche deutlich aerob, von 0,5 - 1 cm Tiefe liegen Übergangsbedingungen vor, ab 2 cm Tiefe herrschen anaerobe Bedingungen.

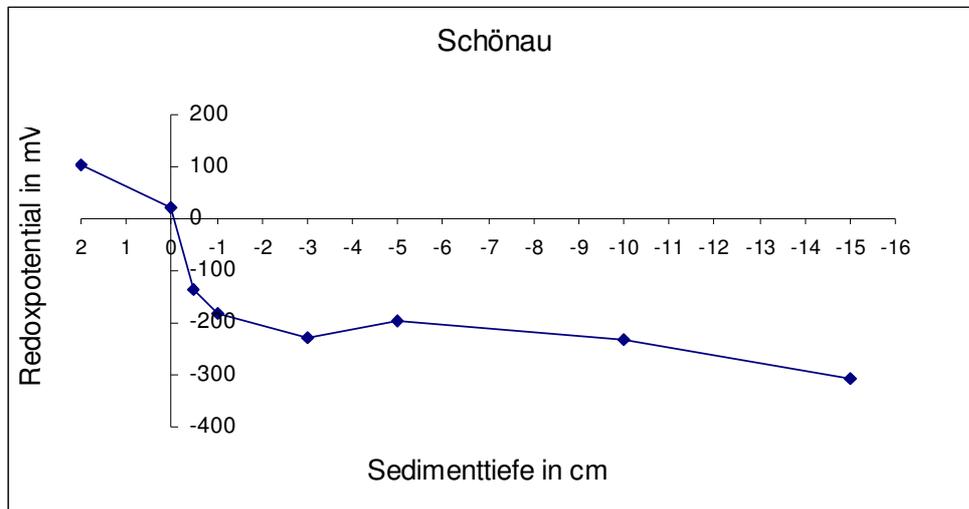


Abb. 4 Redoxpotential im Sediment/Schönau

Probenpunkt 3 – Orth a. d. Donau

Das Sediment ist an der Oberfläche deutlich aerob, von 0,5 - 5 cm Tiefe liegen Übergangsbedingungen vor, erst ab 6 cm Tiefe herrschen anaerobe Bedingungen, ab 10 cm Tiefe steigen die Werte wieder an.

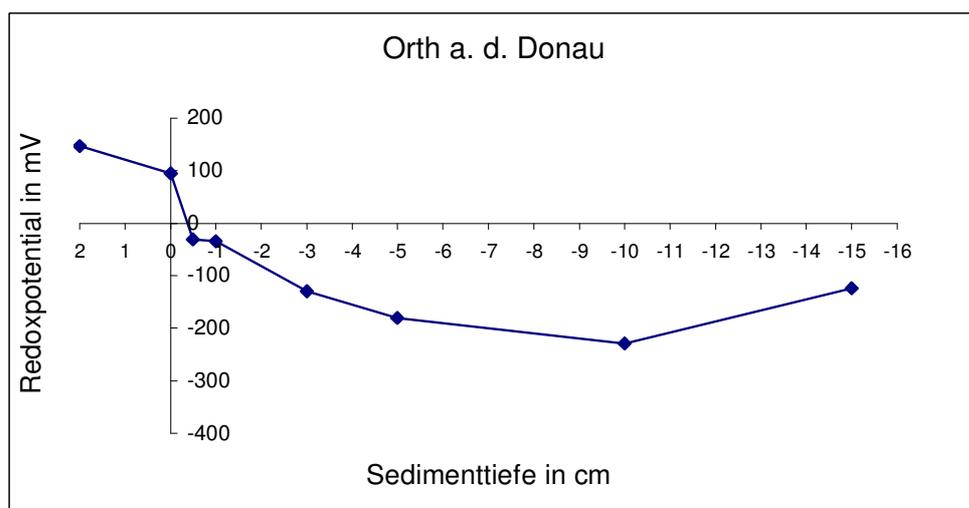


Abb. 5 Redoxpotential im Sediment/Orth a. d. Donau

Probenpunkt 4 – Haslau („Rotes Loch“)

Das Sediment ist fast bis in 3 cm Tiefe deutlich aerob, von 3 - 15 cm Tiefe liegen Übergangsbedingungen vor, deutlich anaerobe Bedingungen wurden nicht gemessen.

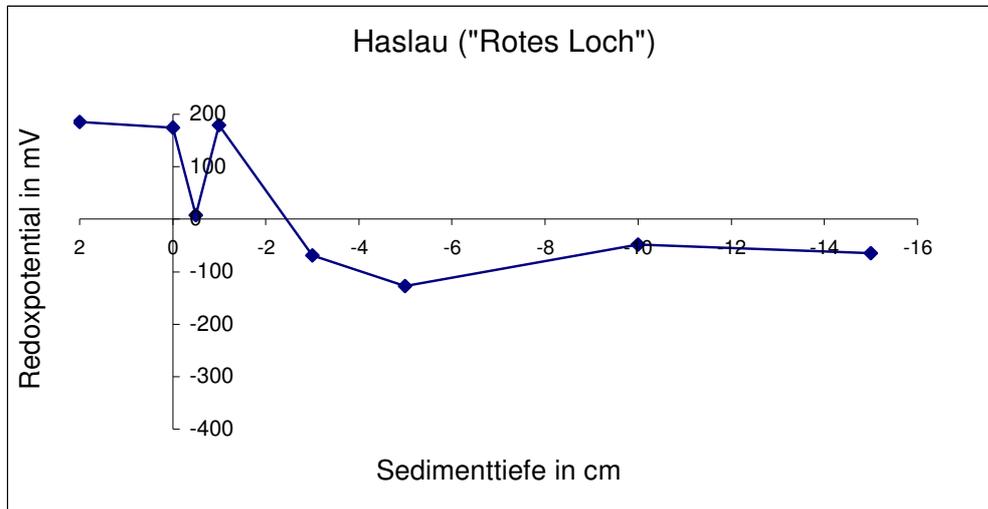


Abb. 6 Redoxpotential im Sediment/Haslau

Probenpunkt 5 – Regelsbrunn

Das Sediment ist bis in eine Tiefe von fast 1 cm deutlich aerob, von 1 - 25 cm Tiefe liegen Übergangsbedingungen um ca. -140 mV vor, deutlich anaerobe Bedingungen wurden nicht gemessen.

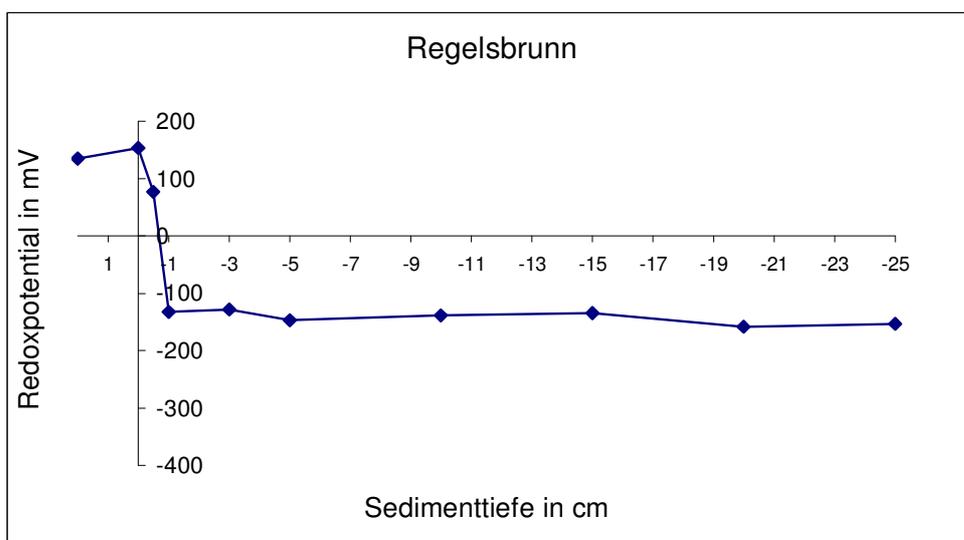


Abb. 7 Redoxpotential im Sediment/Regelsbrunn

Probenpunkt 6 – Narrischer Arm / Nord

Das Sediment ist an der Oberfläche deutlich aerob, von 0,5 - 5 cm Tiefe liegen Übergangsbedingungen vor, erst ab 6 cm Tiefe herrschen anaerobe Bedingungen.

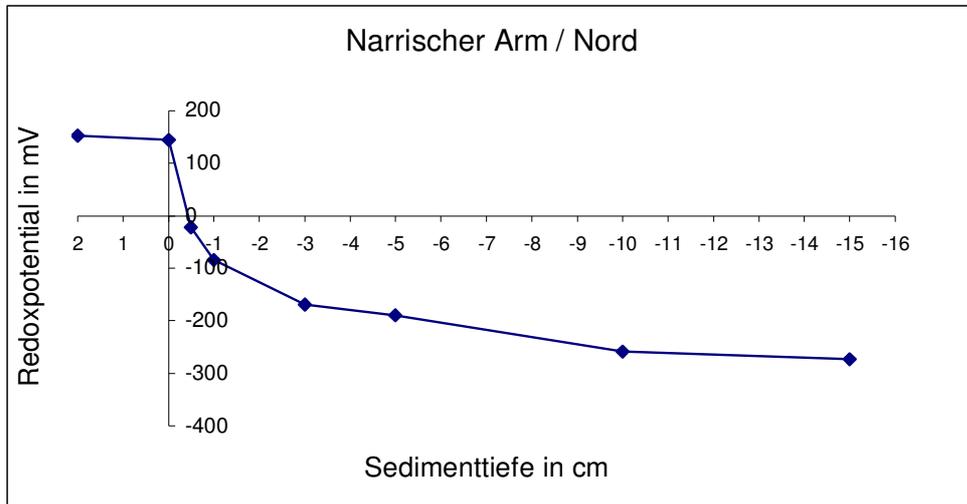


Abb. 8 Redoxpotential im Sediment/Narrischer Arm Nord

Probenpunkt 7 – Narrischer Arm / Süd

Das Sediment ist bis in eine Tiefe von 0,5 cm aerob, von 0,5 – 2,5 cm Tiefe liegen Übergangsbedingungen vor, danach herrschen anaerobe Bedingungen, ab einer Tiefe von 6 cm steigen die Werte wieder an.

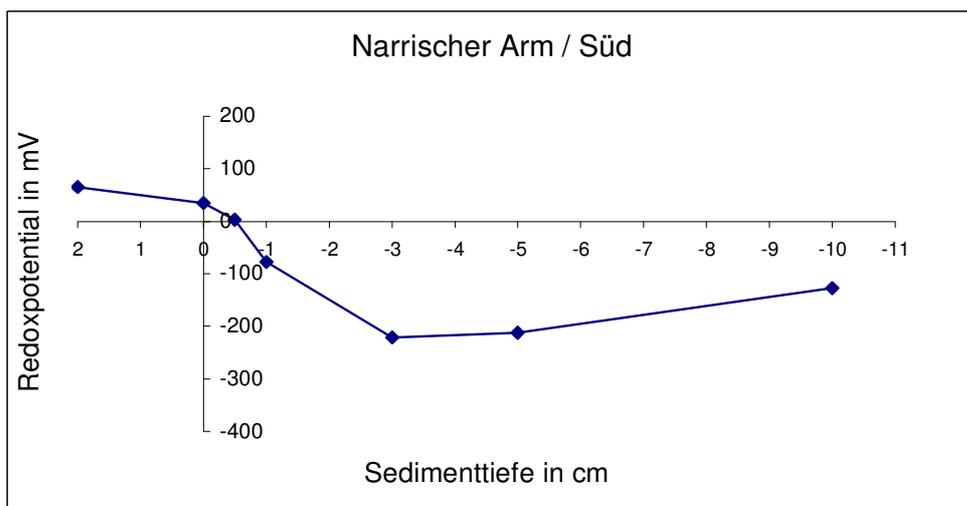


Abb. 9 Redoxpotential im Sediment/Narrischer Arm Süd

Probenpunkt 8 – Stopfenreuth

Das Sediment ist nur an der Oberfläche deutlich aerob, von 0,5 - 30 cm Tiefe liegen Übergangsbedingungen vor, ab einer Tiefe von 15 cm steigen die Werte wieder an, deutlich anaerobe Bedingungen wurden nicht gemessen.

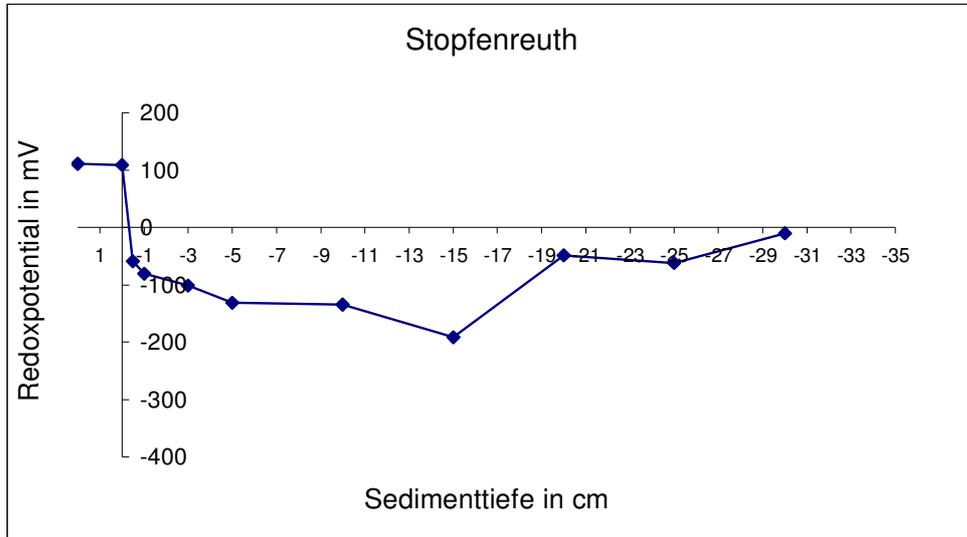


Abb. 10 Redoxpotential im Sediment/Stopfenreuth

4.3.2. Parameter im Wasser

Die höchsten Gehalte an Sauerstoff wurden am Standort Stopfenreuth (84 %) und Haslau (77 %) gemessen. Die niedrigsten Sauerstoffwerte weisen die Standorte Narrischer Arm Nord (45 %) und Narrischer Arm Süd (42 %) auf. An den übrigen Standorten liegen die Werte zwischen 63 – 67 %.

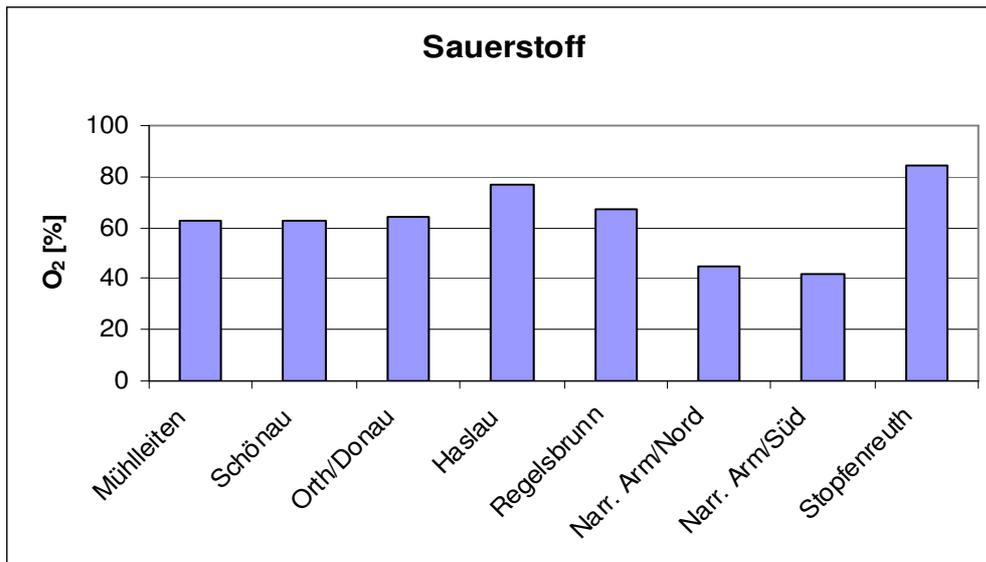


Abb. 11 Sauerstoffgehalte in den Sedimenten

Die pH-Werte schwanken zwischen 7,5 und 8,2. Der niedrigste pH-Wert wurde in Mühlleiten gemessen, den höchsten pH-Wert weist der Standort Regelsbrunn auf.

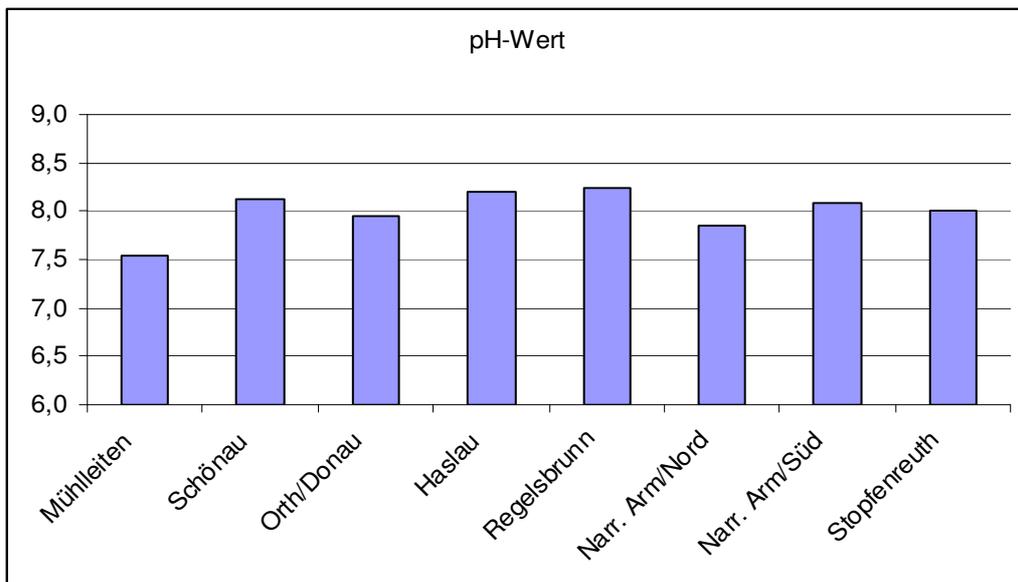


Abb. 12 pH-Werte in den Sedimenten

Die niedrigsten Leitfähigkeiten (mit Werten um 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) weisen die Standorte Schönau, Haslau und Regelsbrunn auf. Der Probepunkt Stopfenreuth zeichnet sich nicht nur durch den höchsten Sauerstoffgehalt, sondern auch durch die höchste Leitfähigkeit (593 $\mu\text{S}/\text{cm}$) aus.

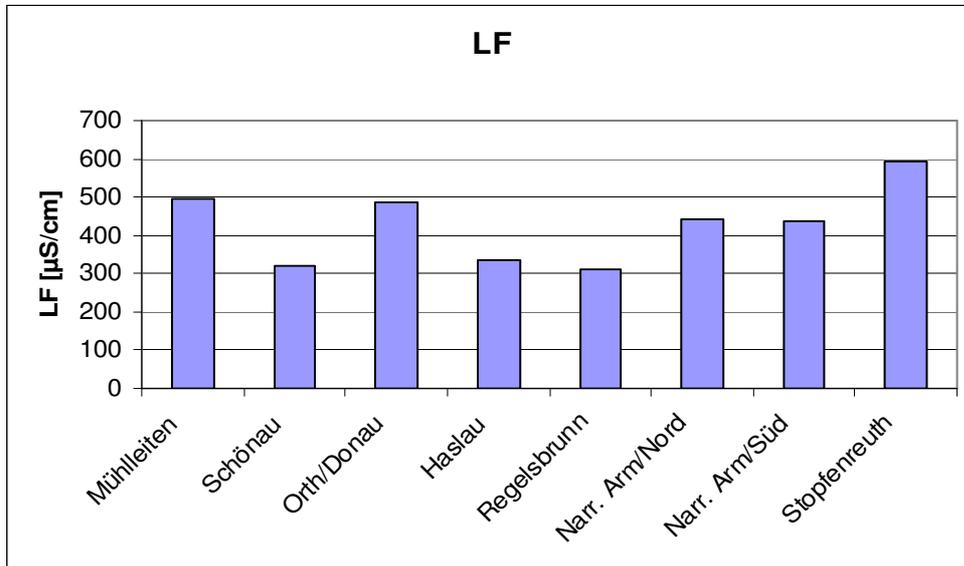


Abb. 13 Leitfähigkeit in den Sedimenten

Die Temperatur schwankt zwischen 12,1 und 19,4 $^{\circ}\text{C}$. Die niedrigste Temperatur wurde in Mühleiten gemessen, die höchste Temperatur weist der Standort Haslau auf.

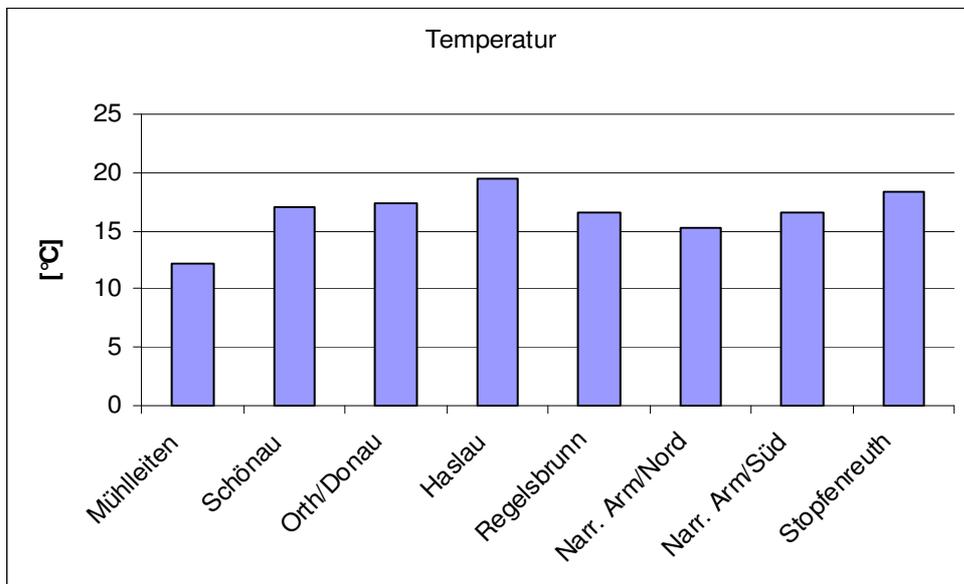


Abb. 14 Temperatur in den Sedimenten

4.4. Ergebnisse der Schwermetallmessung in den Sedimenten

Von jedem in dieser Arbeit untersuchten Standort (ausgenommen Narrischer Arm Süd) lagen bereits aufgearbeitete Sedimentproben aus der Probenahme im Zuge der Diplomarbeit von Frau Mag. Gerlinde Mühlhofer (1999) vor. Von diesen Sedimentproben wurden für die vorliegende Arbeit nur die Proben der Schicht 0-3 cm mit demselben Messsystem wie die Benthosproben (ICP-MS) auf ihre Schwermetallgehalte getestet, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen.

Die Konzentrationen in Abbildung 15 -18 sind angegeben in $[\mu\text{g}]/\text{Element}/[\text{g}]/\text{Sediment}$, wobei auf die Masse des getrockneten Sediments bezogen wird.

Schwermetall (Element mit einer spezifischen Dichte von $>4,5 \text{ g/cm}^3$) ist eine willkürliche Sammelbezeichnung für alle metallischen Elemente, die eine höhere Dichte als die Leichtmetalle aufweisen. Die Elemente Scandium (Dichte $3,0 \text{ g/cm}^3$) und Rubidium (Dichte $1,5 \text{ g/cm}^3$) sind zwar dieser Definition nach keine Schwermetalle, wurden aber ebenfalls in die Betrachtungen mit einbezogen. Arsen nimmt eine Sonderstellung ein, da es sich um ein Halbmetall handelt.

Abbildung 15 zeigt diejenigen Elemente, die bis zu einem Gehalt von $1 \mu\text{g/g}$ Sediment vorkommen. Scandium, Silber und Bismut zeigen gleichlaufende Verteilung an den Probenahmepunkten.

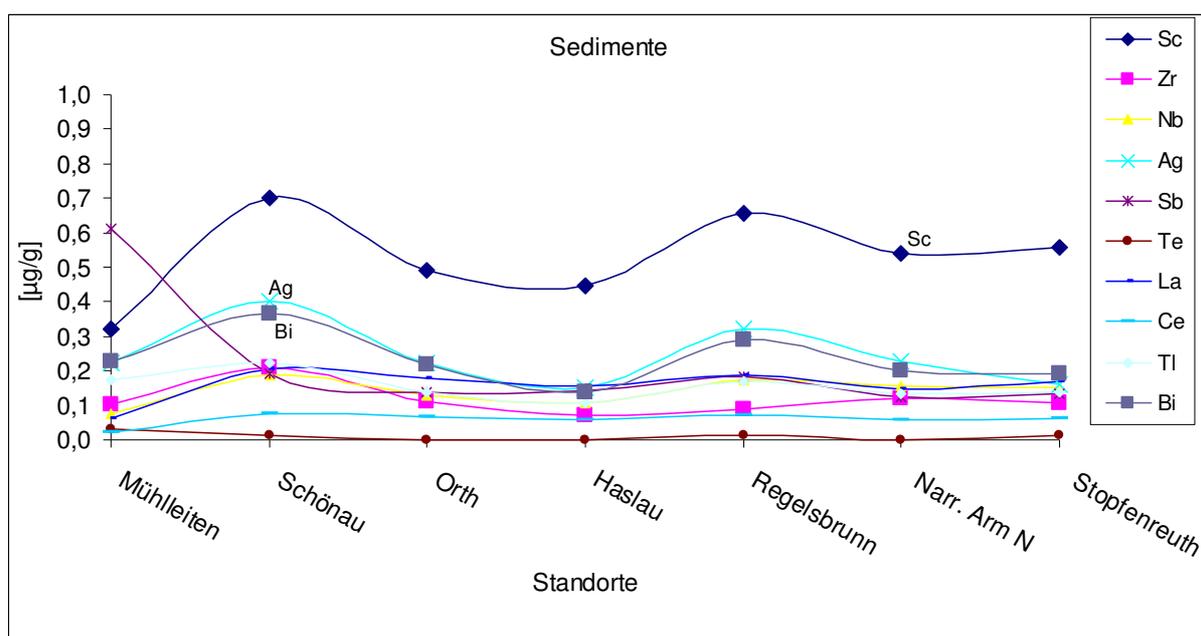


Abb. 15 Elemente bis $1 \mu\text{g/g}$ Sediment

Abbildung 16 zeigt diejenigen Elemente, die bis zu einem Gehalt von 10 µg/g Sediment vorkommen. Gallium zeigt einen ähnlichen Verlauf wie Scandium, Silber und Bismut in Abbildung 15. Mangan konnte nur am Standort Mühlleiten nachgewiesen werden.

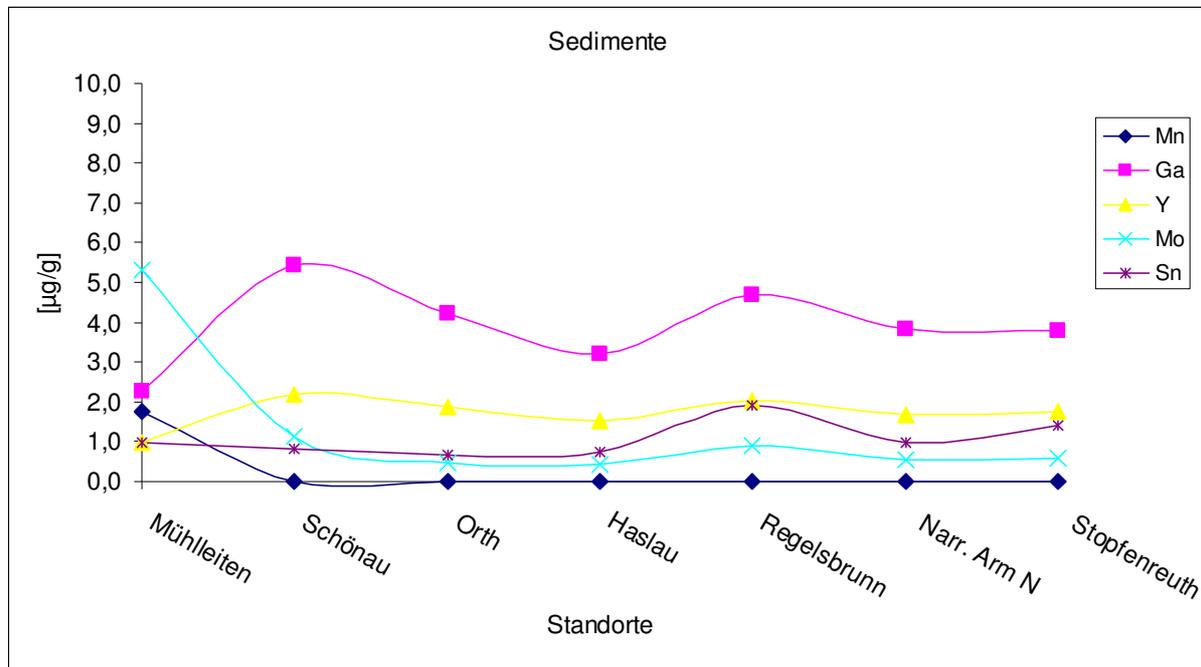


Abb. 16 Elemente bis 10 µg/g Sediment

Abbildung 17 zeigt diejenigen Elemente, die bis zu einem Gehalt von 100 µg/g Sediment vorkommen. Kupfer und Blei zeigen sowohl bezüglich Vorkommen an den Standorten als auch bezüglich der Gehalte (zwischen 10 – 35 µg/g Sediment) große Übereinstimmung. Nickel und Rubidium zeigen ebenfalls einen ähnlichen Verlauf wie Scandium, Silber und Bismut in Abbildung 15.

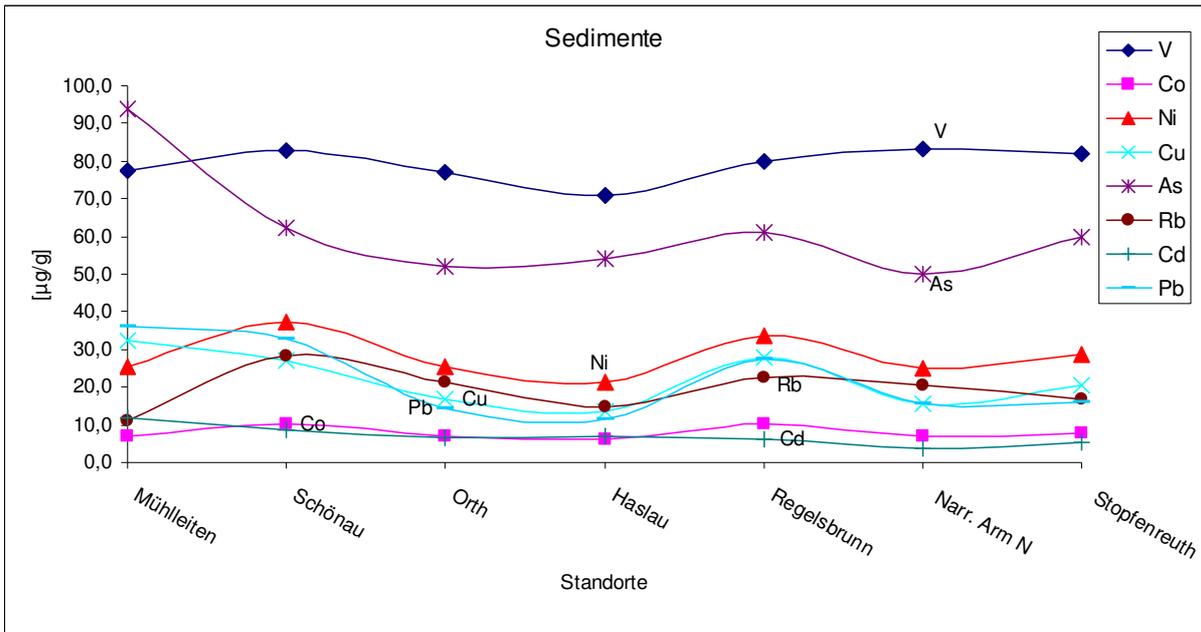


Abb. 17 Elemente bis 100 µg/g Sediment

Abbildung 18 zeigt diejenigen Elemente, die bis zu einem Gehalt von 1000 µg/g Sediment vorkommen. Zink weist die höchsten Konzentrationen auf und zeigt eine charakteristische Verteilung nach Standorten, während Chrom und Selen sich durch ein relativ gleichförmiges Vorkommen um ca. 200 µg/g Sediment auszeichnen.

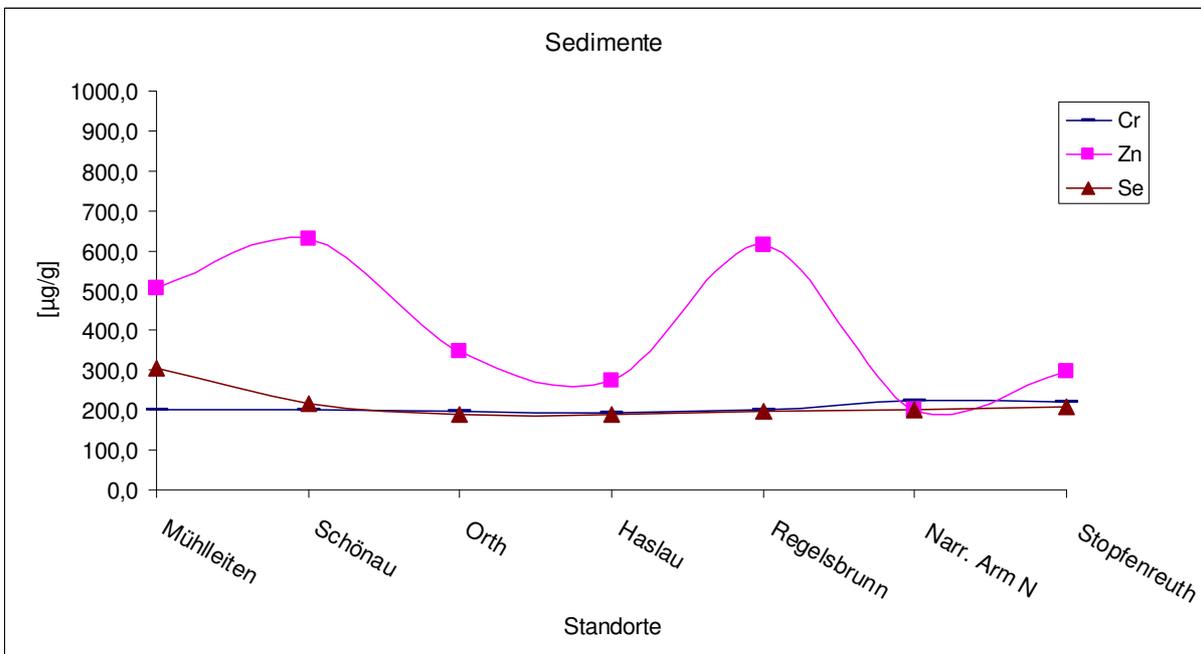


Abb. 18 Elemente bis 1000 µg/g Sediment

Bezüglich ihrer Verteilung nach den Standorten lassen sich die Elemente folgendermaßen gruppieren:

Arsen, Selen, Molybdän, Cadmium, Antimon und Tellur haben geringe Schwankungsbreiten, verzeichnen aber jeweils am Standort Mühlleiten die höchste Konzentration (auch Blei und Kupfer sind hier in relativ hohen Konzentrationen vorliegend).

Folgende Elemente weisen in Schönau und Regelsbrunn die höchsten Gehalte auf, während Haslau relativ unbelastet ist:

Scandium, Kobalt, Nickel, Gallium, Silber, Lanthan, Cer und Bismut; Rubidium, Yttrium und Niob (auch in Mühlleiten niedriger); Blei und Kupfer (auch in Mühlleiten hoch); und schlussendlich Zinn (auch im Narrischen Arm Nord niedrig).

4.5. Verteilung der Elemente im Makrozoobenthos

Die gefundenen Individuen befanden sich alle in der obersten Sedimentschicht, die Ergebnisse beziehen sich also immer auf die Schicht 0-3 cm. Für den Standort Narrischer Arm Süd liegen keine Sedimentdaten vor, es sind nur die Gehalte in den Chironomiden im Boxplot dargestellt. Die Werte für das jeweilige Sediment sind als Linien mit drei Punkten markiert (N=1). Am Standort Mühlleiten konnten keine Chironomiden gefunden werden, daher ist nur der Wert für das Sediment dargestellt.

4.5.1. Verteilung der Elemente in den Chironomiden

Vanadium

Die Konzentrationen an Vanadium liegen in den Chironomiden durchwegs unter dem im Sediment gemessenen Wert.

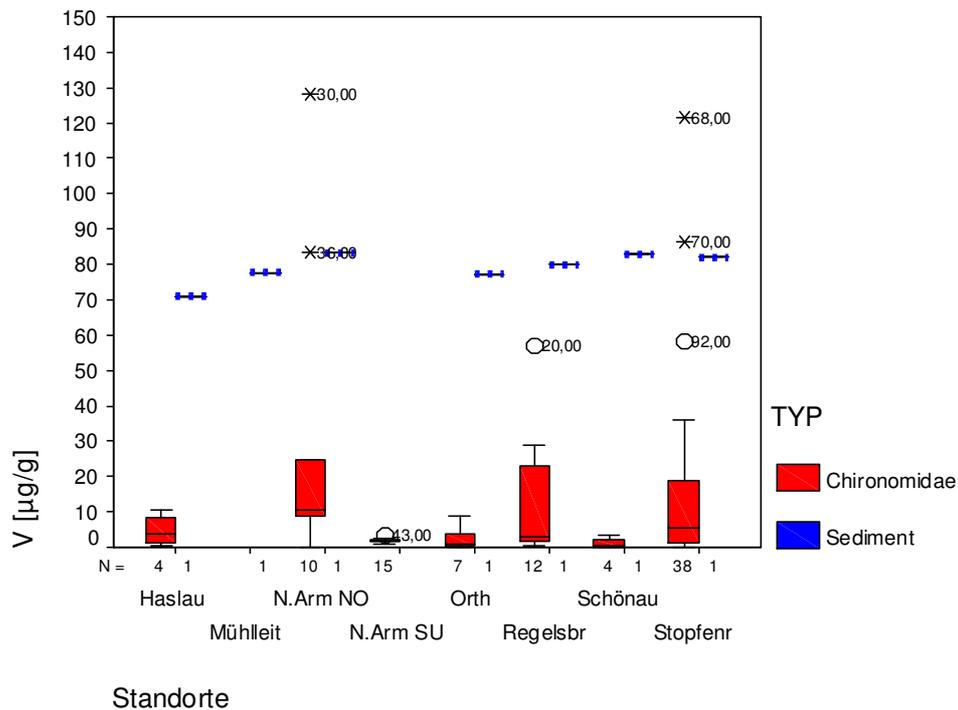


Abb. 19 Vergleich Vanadiumgehalt Chironomiden / Sediment

Chrom

Die Konzentrationen an Chrom liegen in den Chironomiden nur an den Standorten Schönau und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

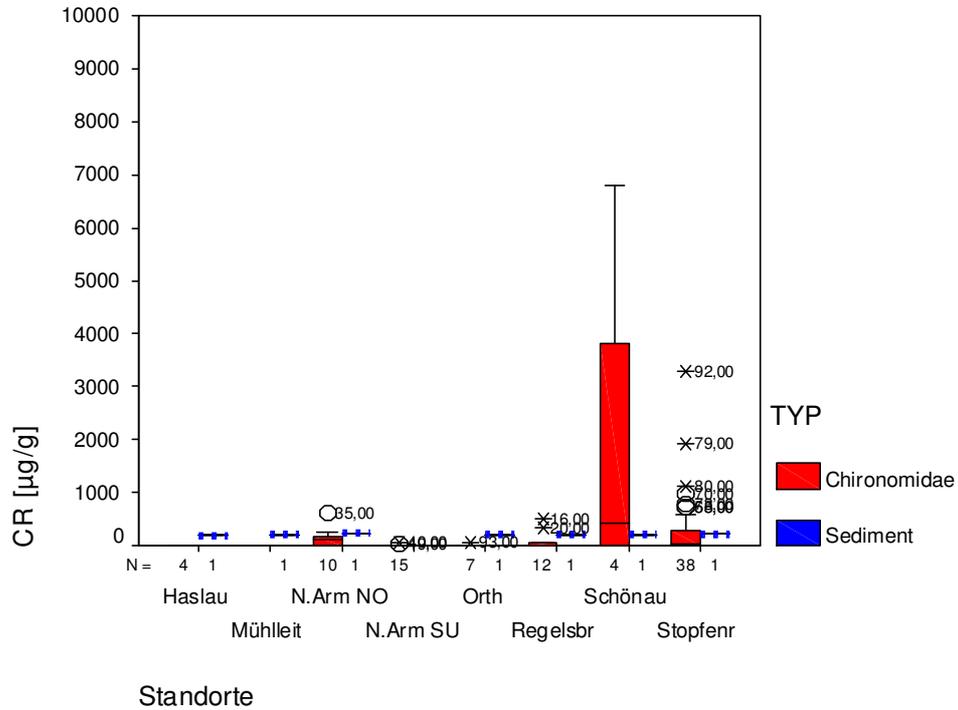


Abb. 20 Vergleich Chromgehalt Chironomiden / Sediment

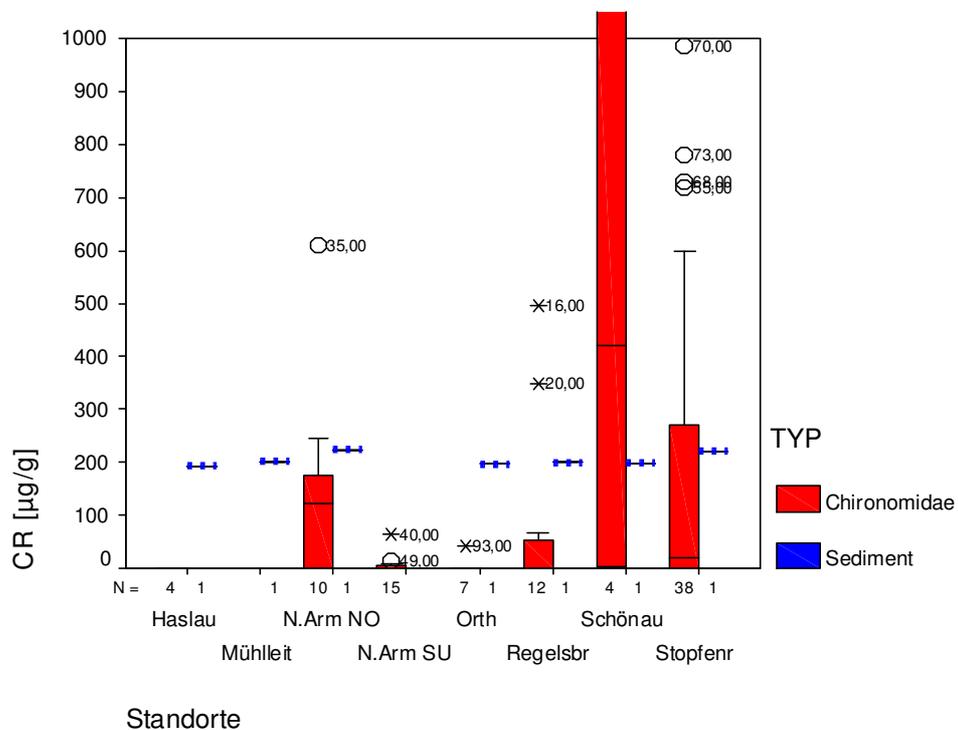


Abb. 21 Vergleich Chromgehalt Chironomiden – Detail

Mangan

Die Konzentrationen an Mangan liegen in den Chironomiden durchwegs über dem im Sediment gemessenen Wert.

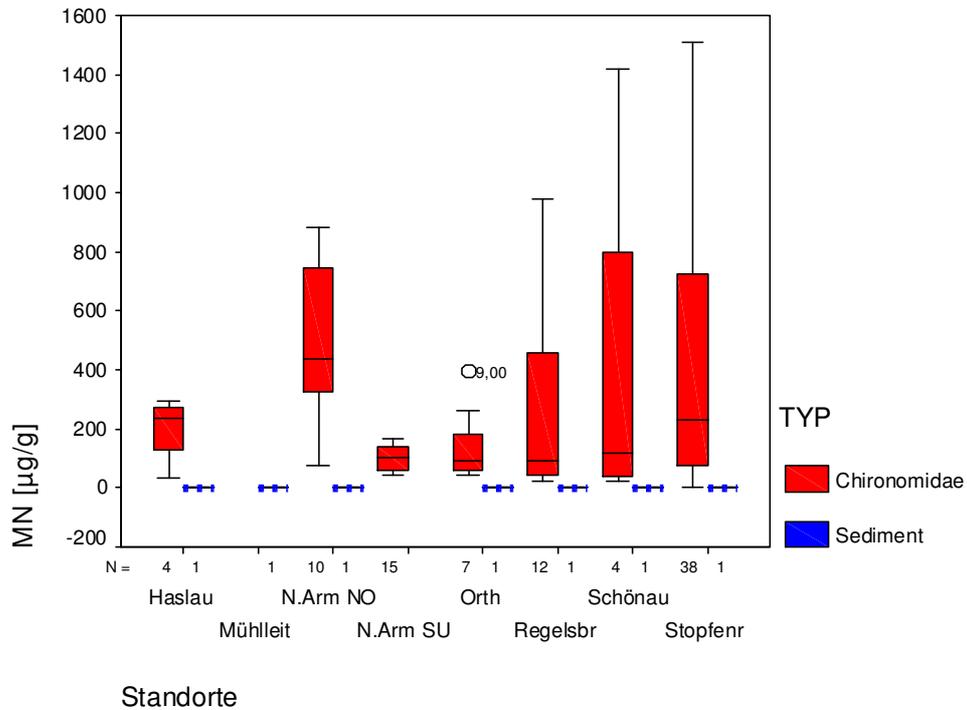


Abb. 22 Vergleich Mangengehalt Chironomiden / Sediment

Kobalt

Die Konzentrationen an Kobalt liegen an der Hälfte der Standorte (Narrischer Arm Nord, Regelsbrunn, Schönau und Stopfenreuth) über dem im Sediment gemessenen Wert.

Ein nicht dargestellter Ausreißer am Standort Stopfenreuth (Probe 68) liegt bei $350\mu\text{g/g}$ Kobalt.

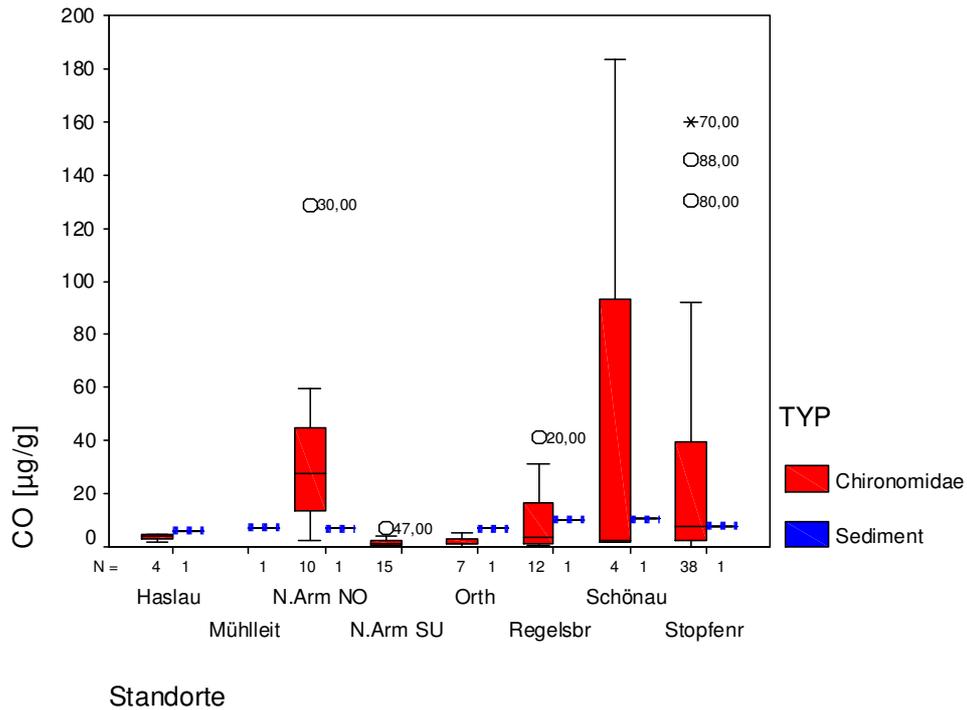


Abb. 23 Vergleich Kobaltgehalt Chironomiden / Sediment

Nickel

Die Konzentrationen an Nickel liegen ähnlich wie bei Kobalt an der Hälfte der Standorte (Narrischer Arm Nord, Regelsbrunn, Schönau und Stopfenreuth) über dem im Sediment gemessenen Wert.

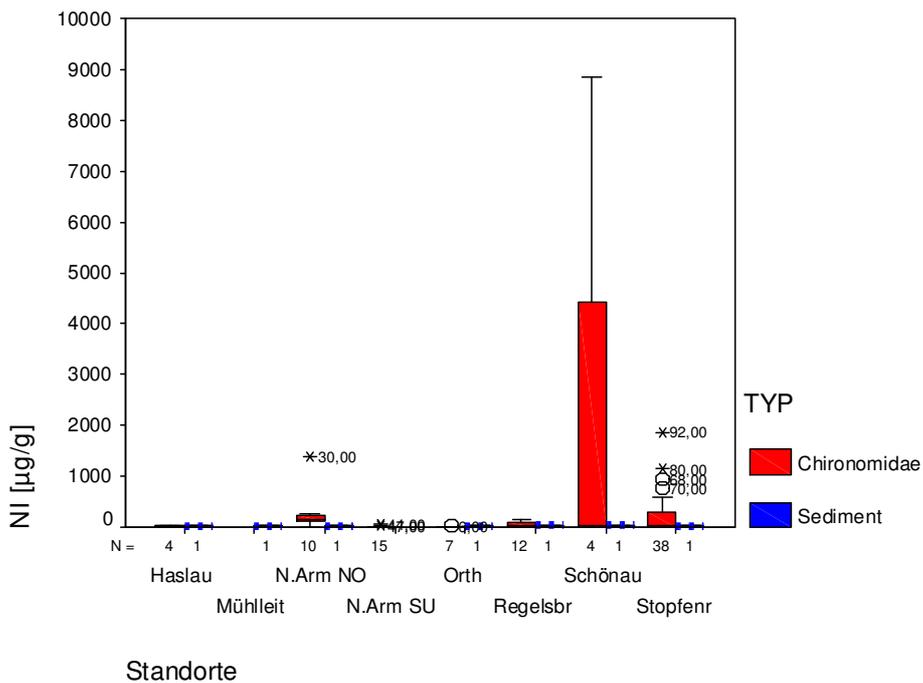


Abb. 24 Vergleich Nickelgehalt Chironomiden / Sediment

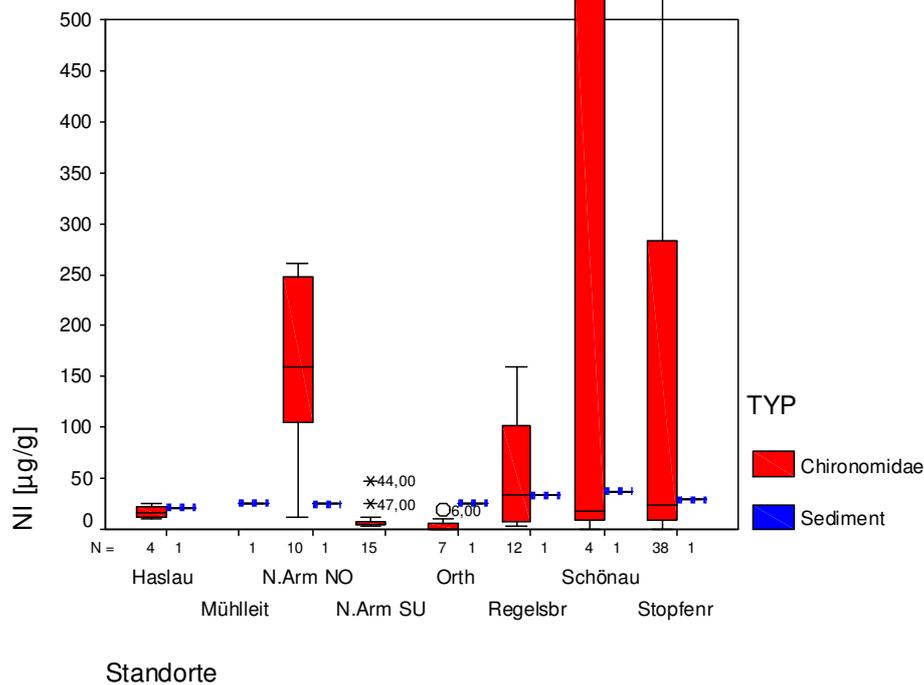


Abb. 25 Vergleich Nickelgehalt Chironomiden / Sediment - Detail

Kupfer

Die Konzentrationen an Kupfer liegen nur an den Standorten Orth/Donau und Schönau unter dem im Sediment gemessenen Wert.

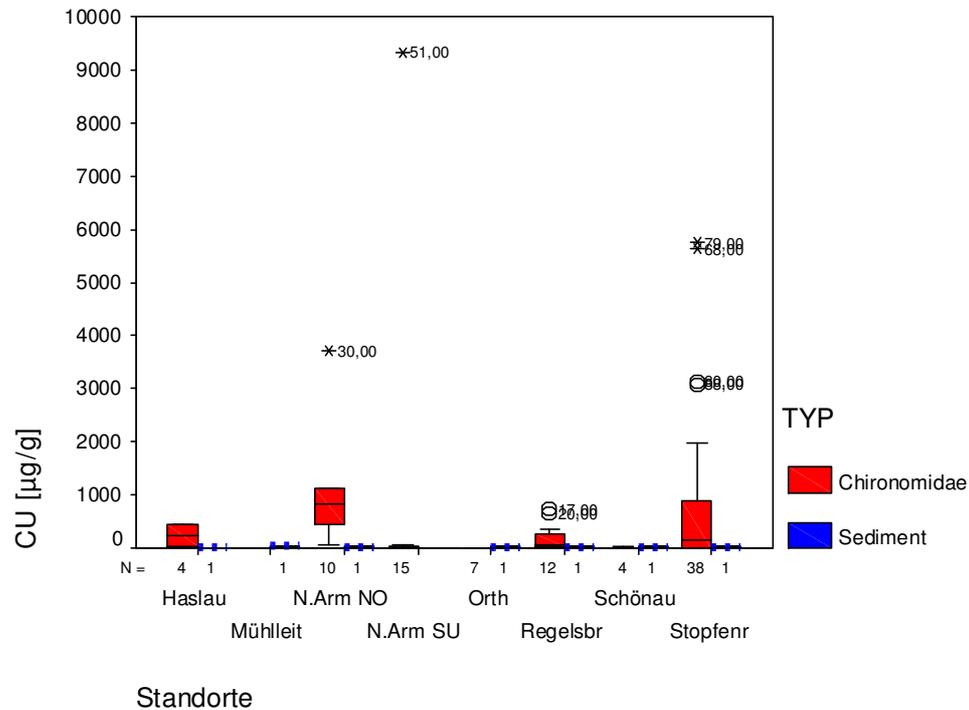


Abb. 26 Vergleich Kupfergehalt Chironomiden / Sediment

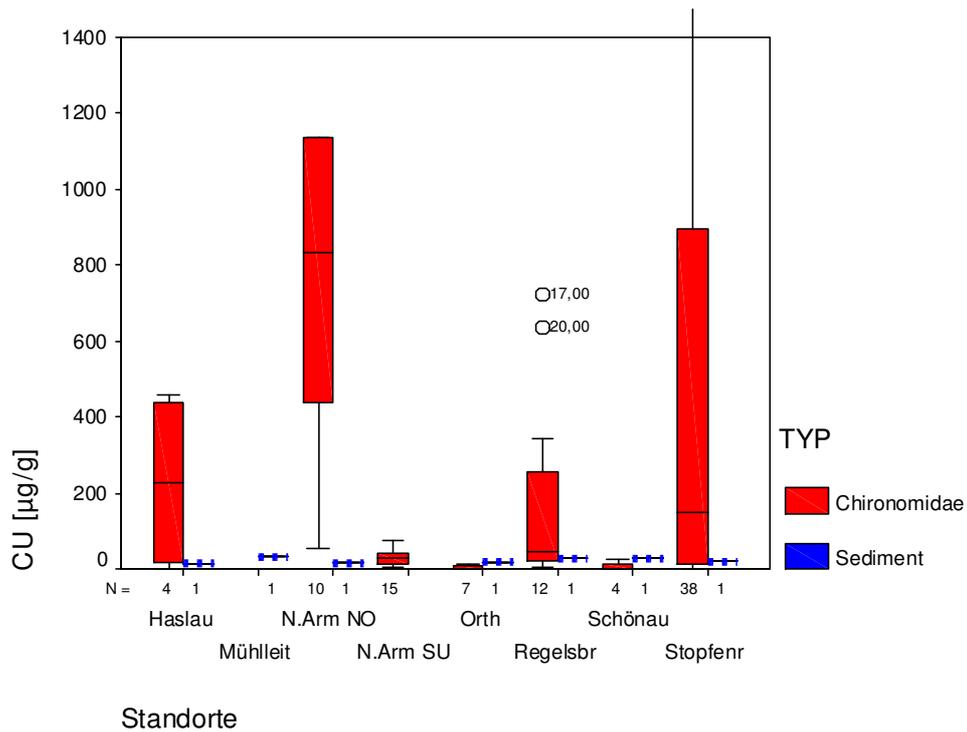


Abb. 27 Vergleich Kupfergehalt Chironomiden / Sediment - Detail

Zink

Die Konzentrationen an Zink liegen nur am Standort Schönau unter dem im Sediment gemessenen Wert.

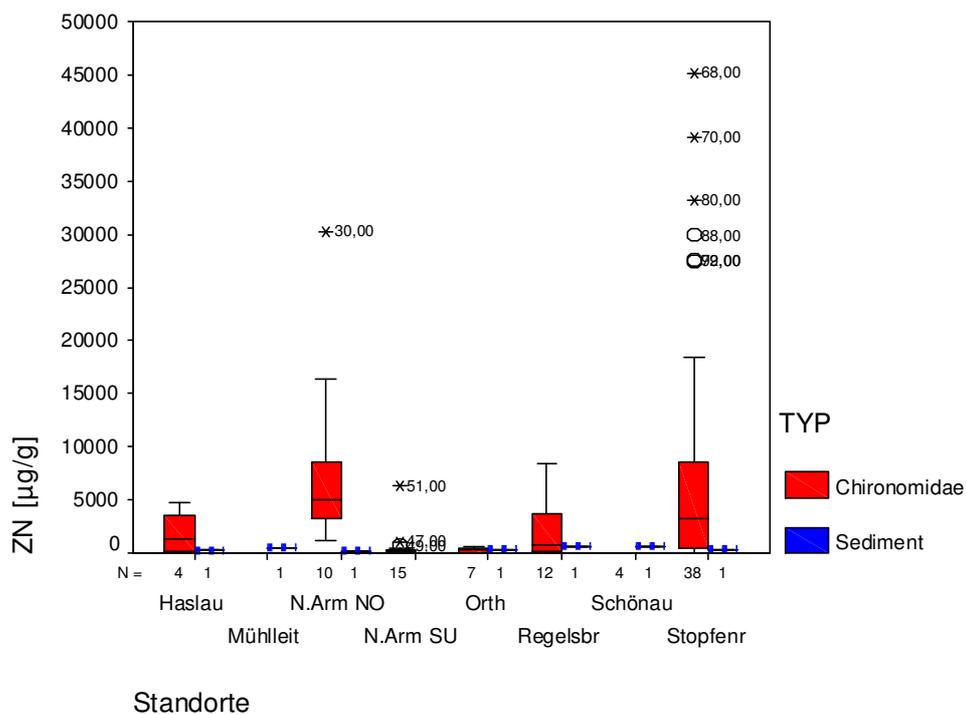


Abb. 28 Vergleich Zinkgehalt Chironomiden / Sediment

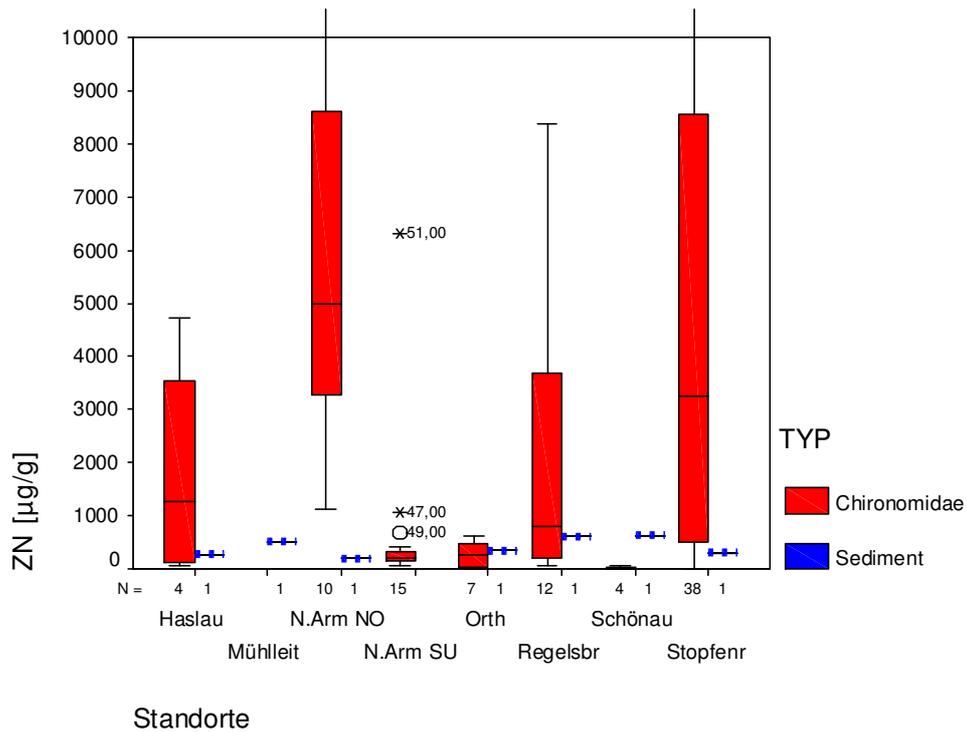


Abb. 29 Vergleich Zinkgehalt Chironomiden / Sediment - Detail

Gallium

Die Konzentrationen an Gallium liegen in Haslau, Ort/Donau, Schönau und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

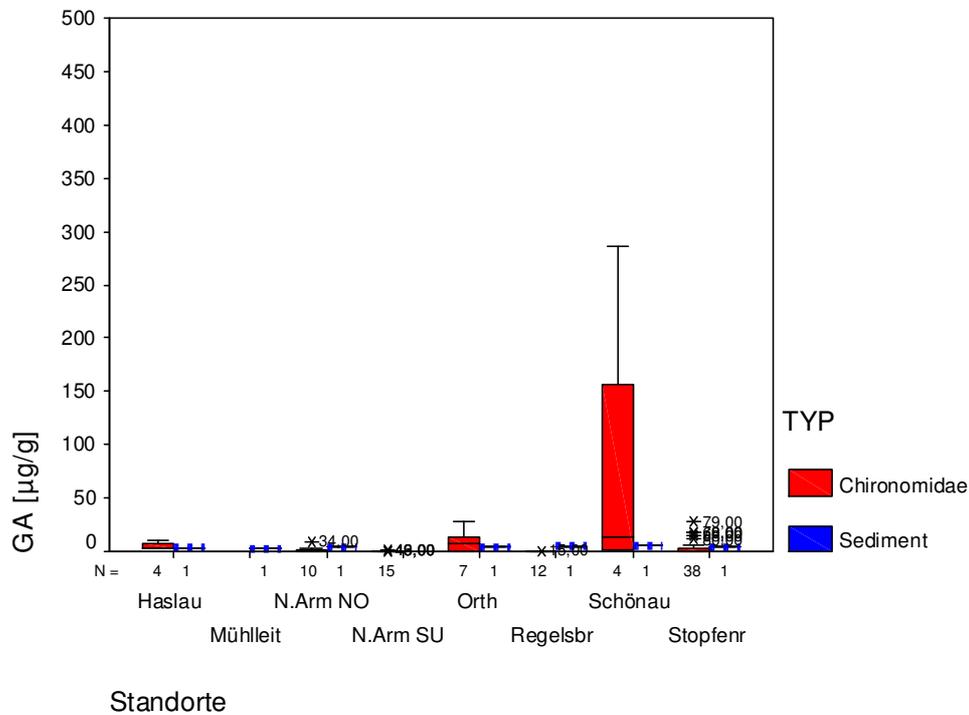


Abb. 30 Vergleich Galliumgehalt Chironomiden / Sediment

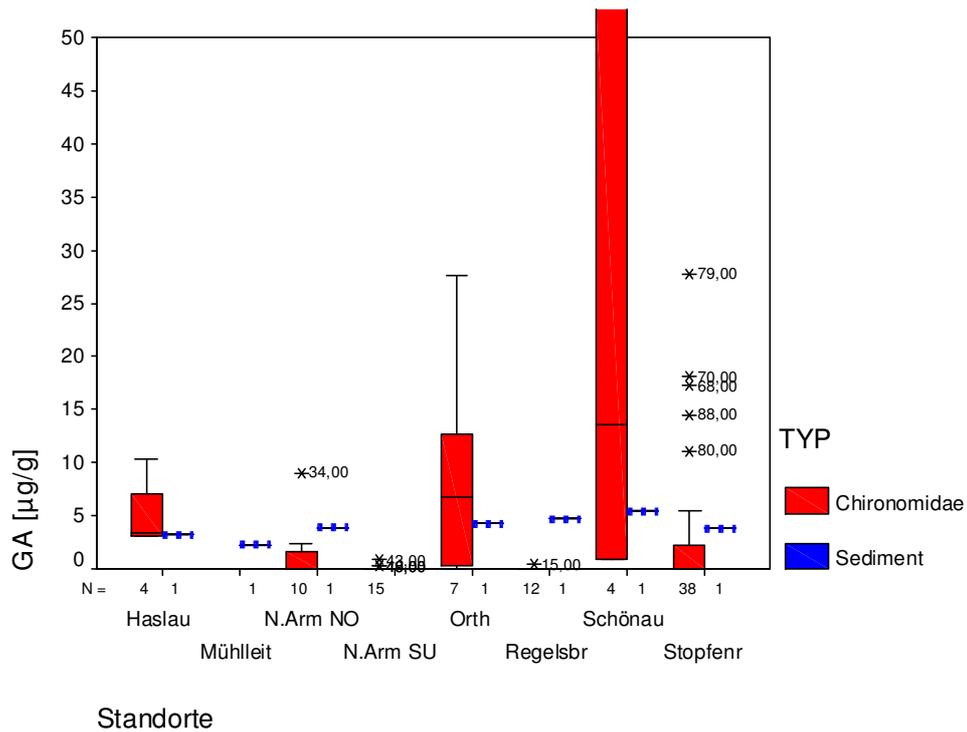


Abb. 31 Vergleich Galliumgehalt Chironomiden / Sediment – Detail

Arsen

Die Konzentrationen an Arsen liegen im Narrischen Arm Nord, in Regelsbrunn und Stopfenreuth weit über dem im Sediment gemessenen Wert.

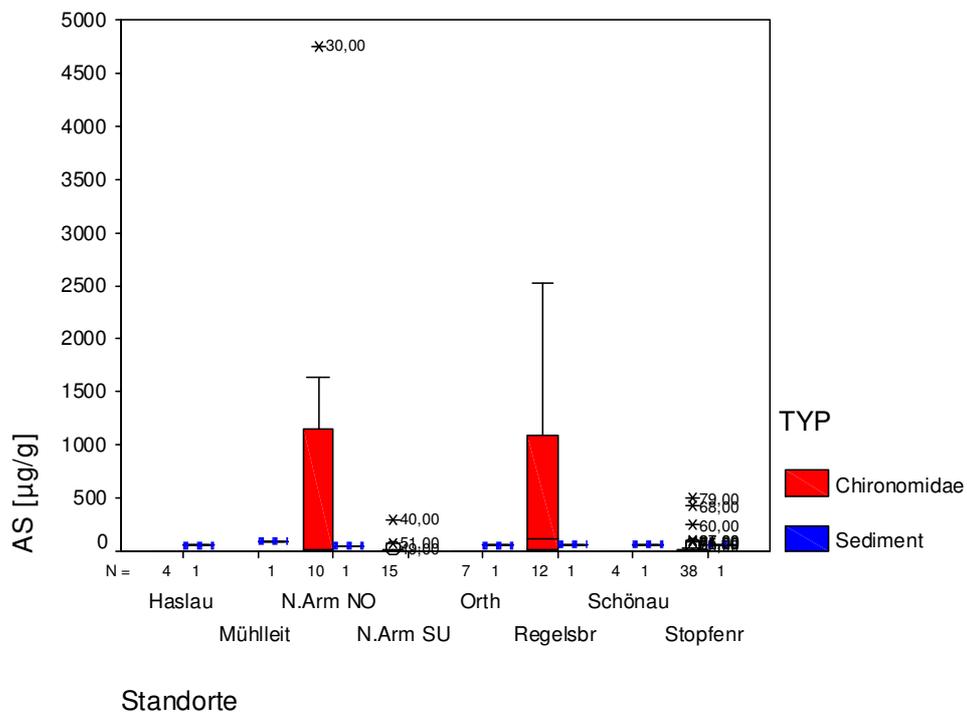


Abb. 32 Vergleich Arsengehalt Chironomiden / Sediment

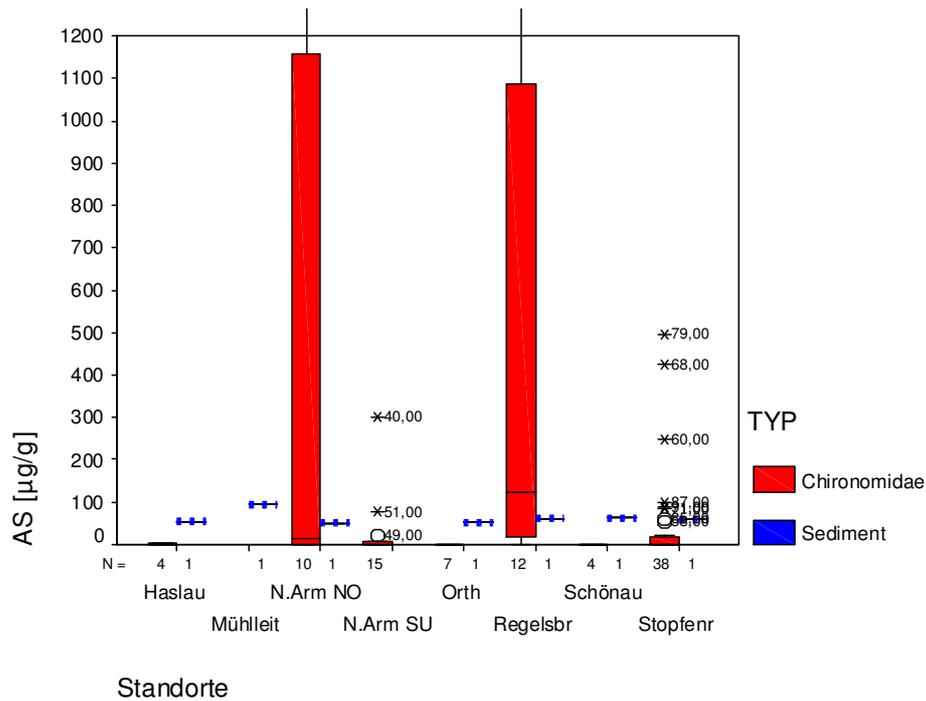


Abb. 33 Vergleich Arsengehalt Chironomiden / Sediment – Detail

Rubidium

Die Konzentrationen an Rubidium liegen im Narrischen Arm Nord und in Regelsbrunn deutlich über dem im Sediment gemessenen Wert.

Zwei Ausreißer am Standort Narrischer Arm Nord (Probe 30 bei 360 µg/g) und Stopfenreuth (Probe 79 bei 920 µg/g) sind nicht im Diagramm eingezeichnet.

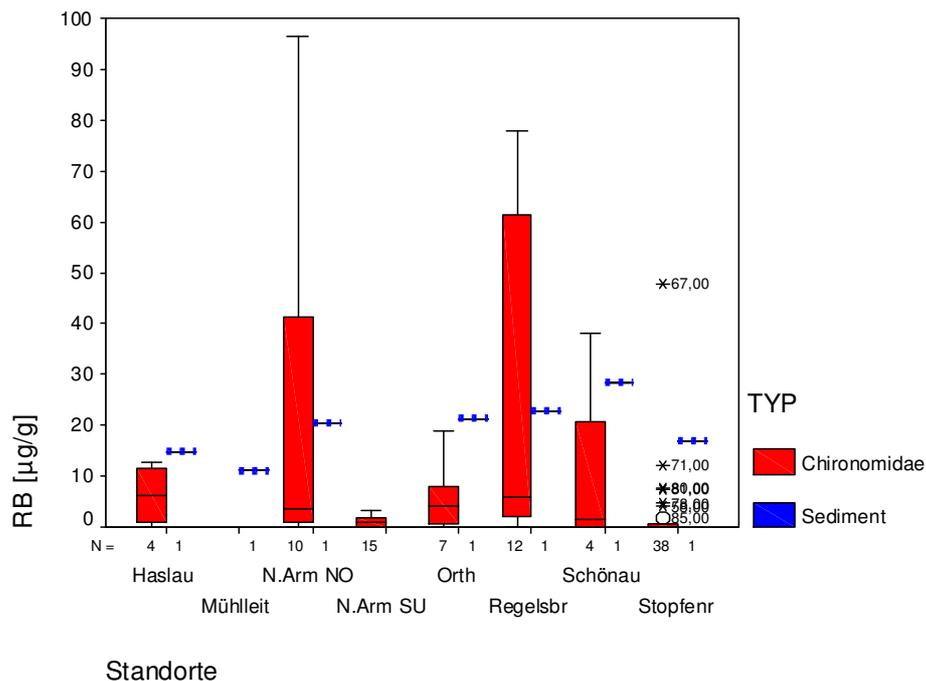


Abb. 34 Vergleich Rubidiumgehalt Chironomiden / Sediment

Yttrium

Die Konzentrationen an Yttrium liegen an den Standorten Haslau, Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth deutlich über dem im Sediment gemessenen Wert.

Zwei Ausreißer Narrischer Arm Nord (Probe 30 bei 130 µg/g) und Stopfenreuth (Probe 68 bei 85 µg/g) sind nicht im Diagramm eingezeichnet.

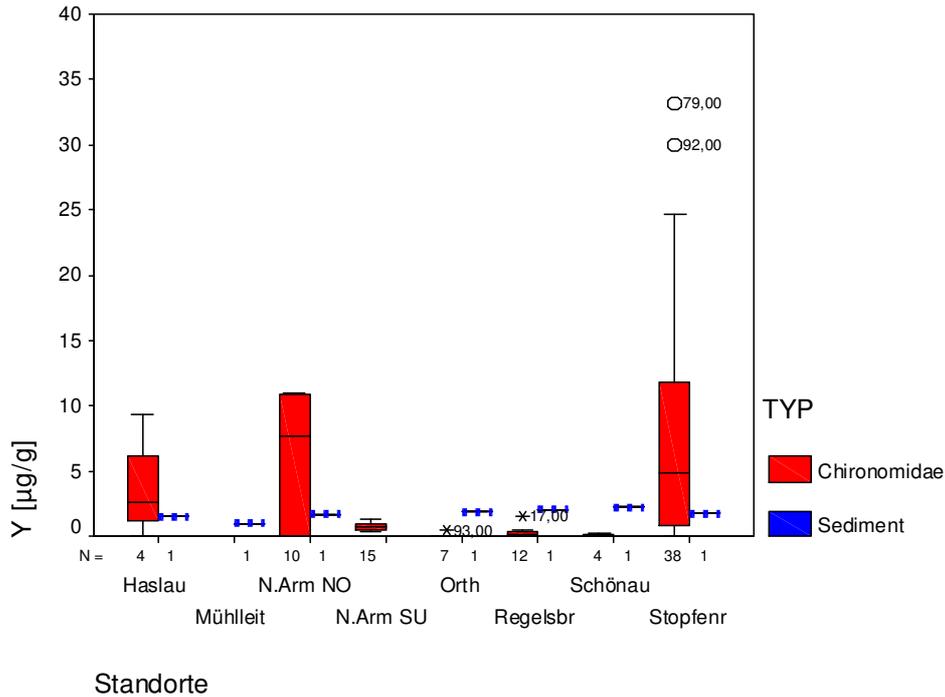


Abb. 35 Vergleich Yttriumgehalt Chironomiden / Sediment

Niob

Die Konzentrationen an Niob liegen an den Standorten Haslau, Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth deutlich über dem im Sediment gemessenen Wert.

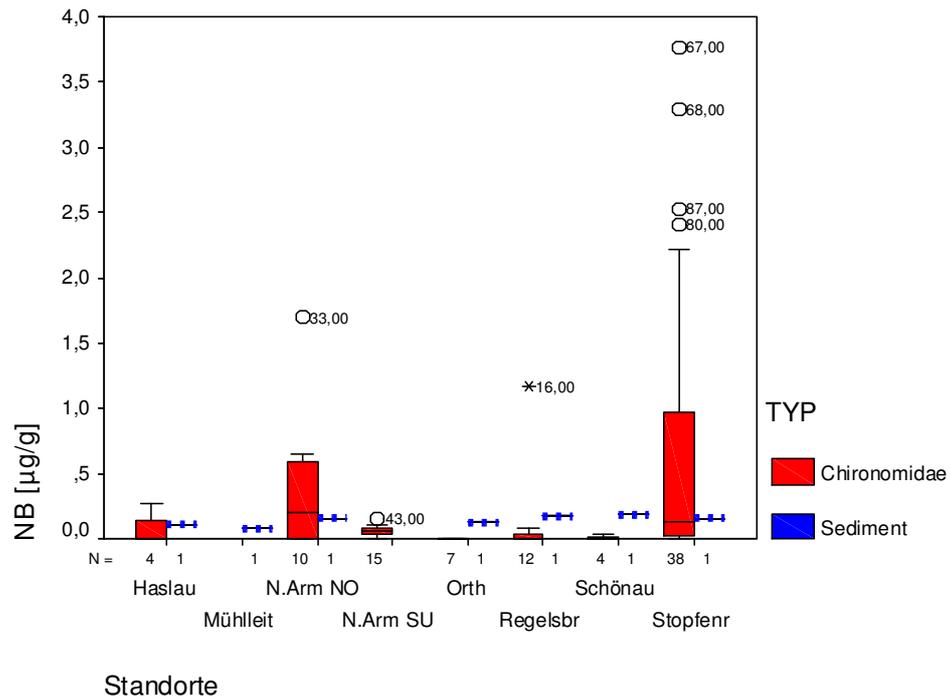


Abb. 36 Vergleich Niobgehalt Chironomiden / Sediment

Silber

Die Konzentrationen an Silber liegen an den Standorten Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

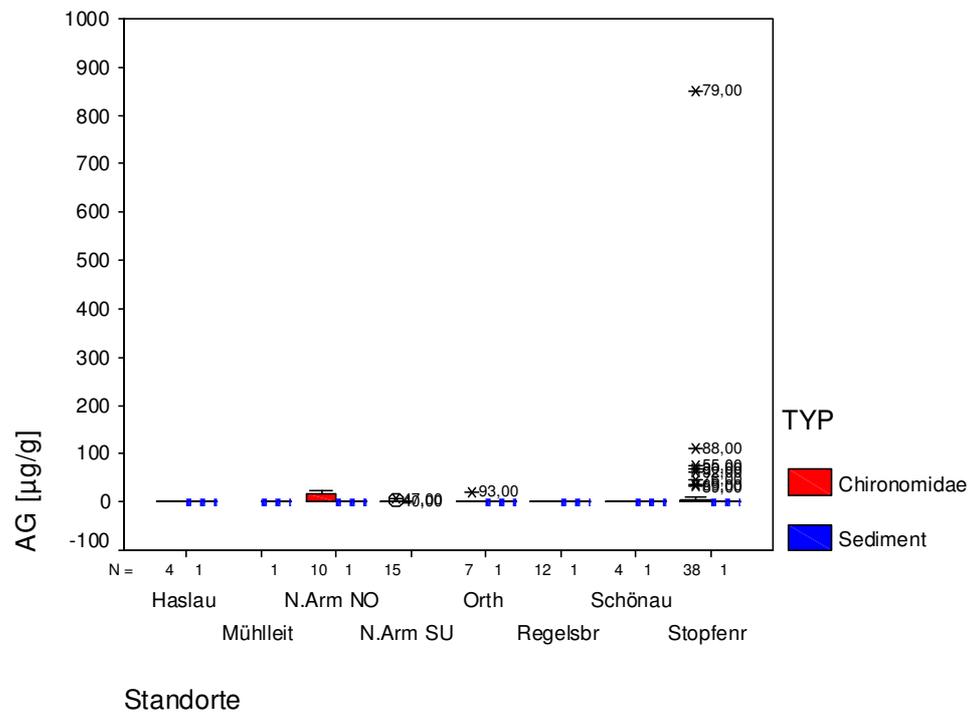


Abb. 37 Vergleich Silbergehalt Chironomiden / Sediment

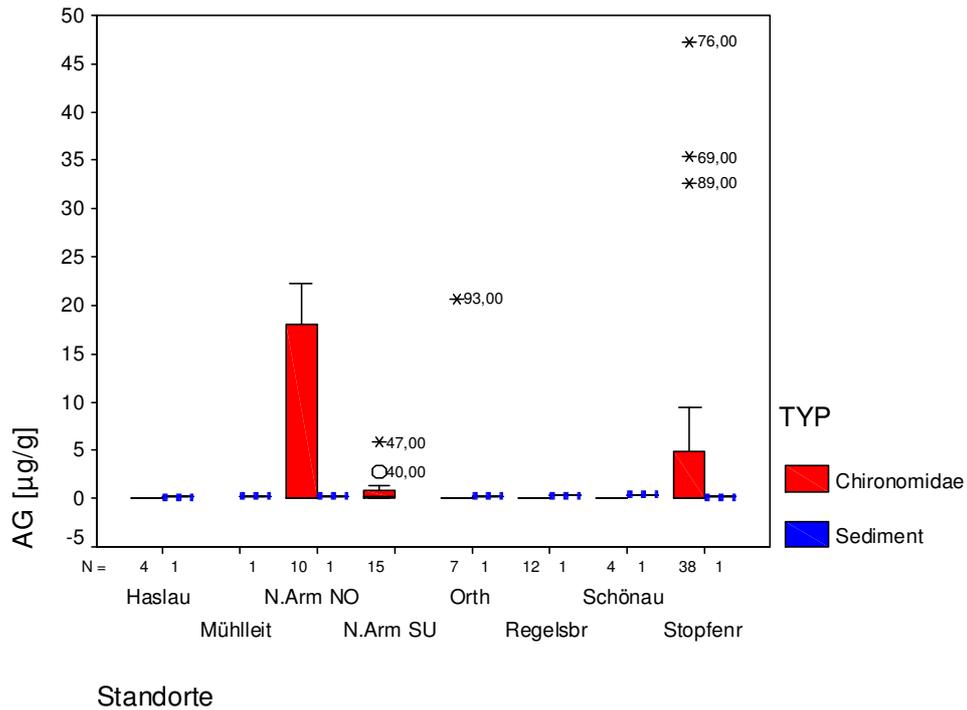


Abb. 38 Vergleich Silbergehalt Chironomiden / Sediment – Detail

Cadmium

Die Konzentrationen an Cadmium liegen an den Standorten Narrischer Arm Nord, Regelsbrunn und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

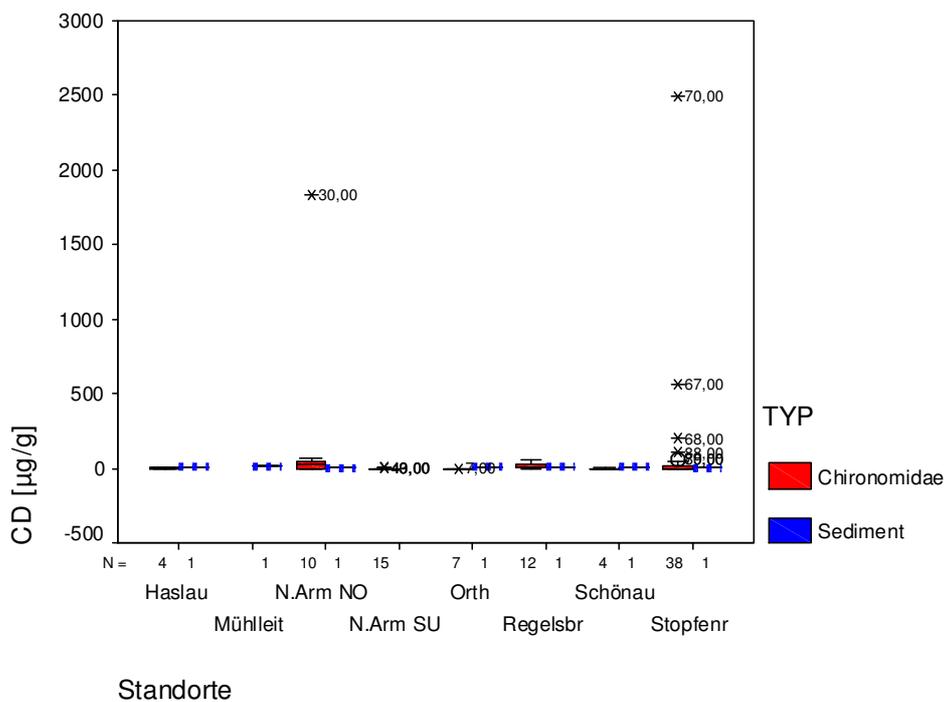


Abb. 39 Vergleich Cadmiumgehalt Chironomiden / Sediment

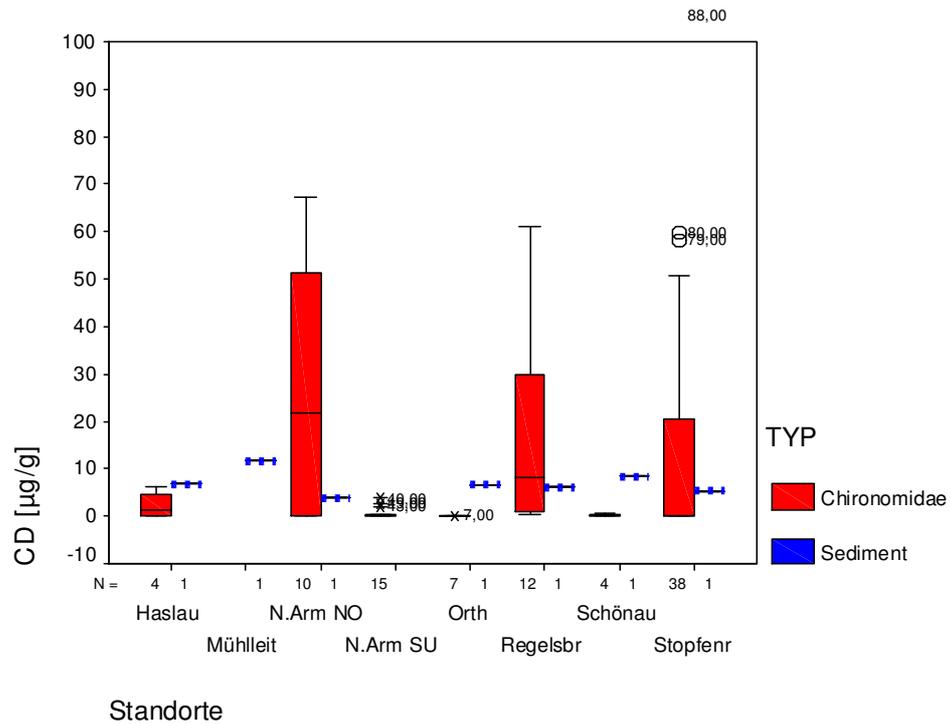


Abb. 40 Vergleich Cadmiumgehalt Chironomiden / Sediment – Detail

Zinn

Die Konzentrationen an Zinn liegen an den Standorten Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

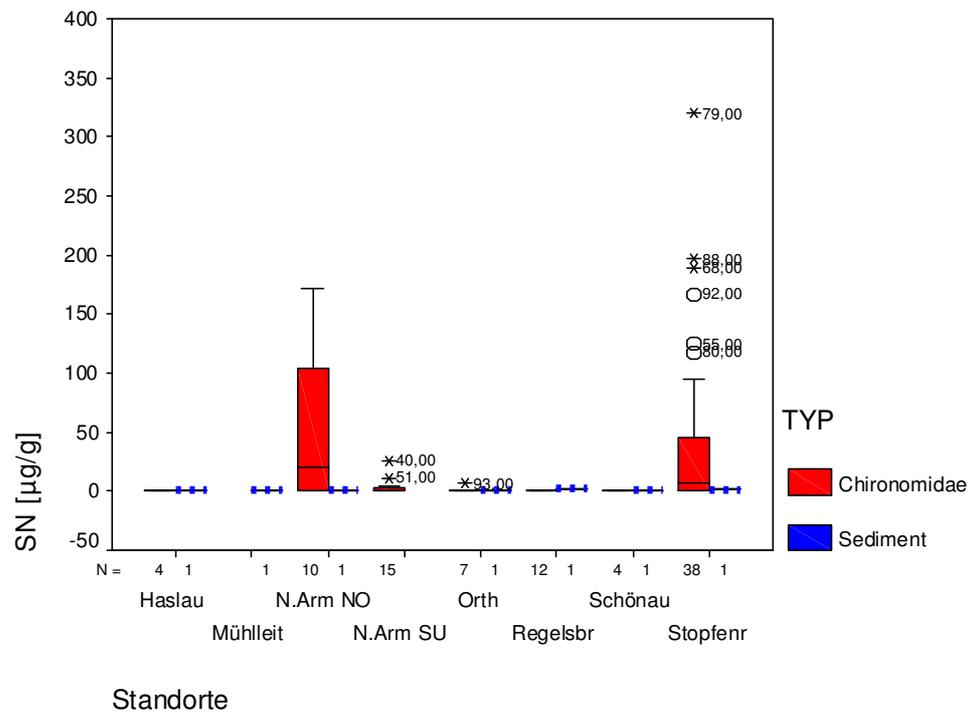


Abb. 41 Vergleich Zinngehalt Chironomiden / Sediment

Antimon

Die Konzentrationen an Antimon liegen an den Standorten Haslau, Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

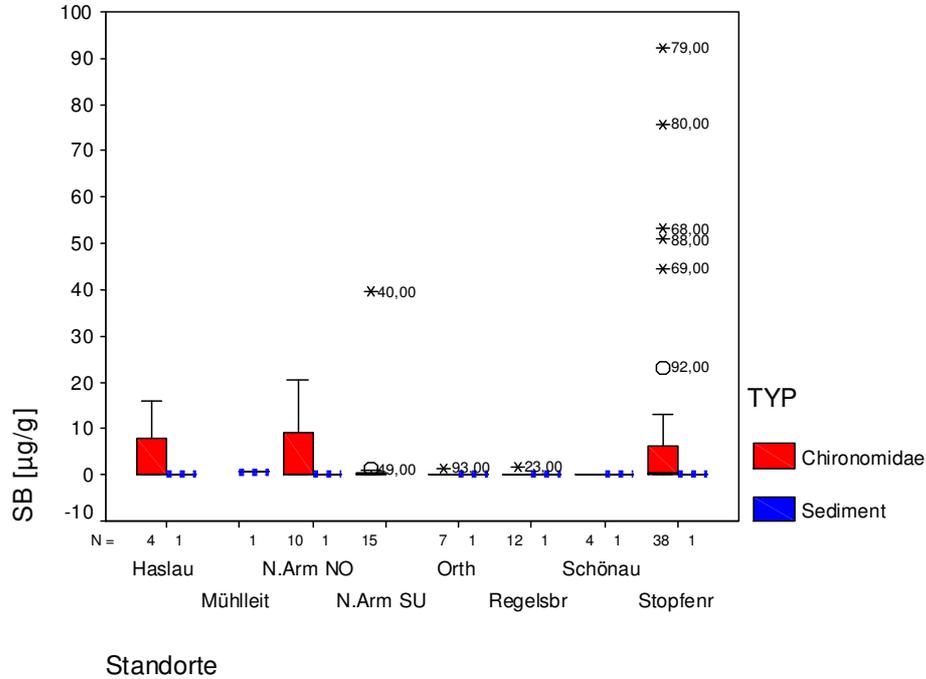


Abb. 42 Vergleich Antimongehalt Chironomiden / Sediment

Tellur

Tellur konnte nur in einzelnen Proben nachgewiesen werden.

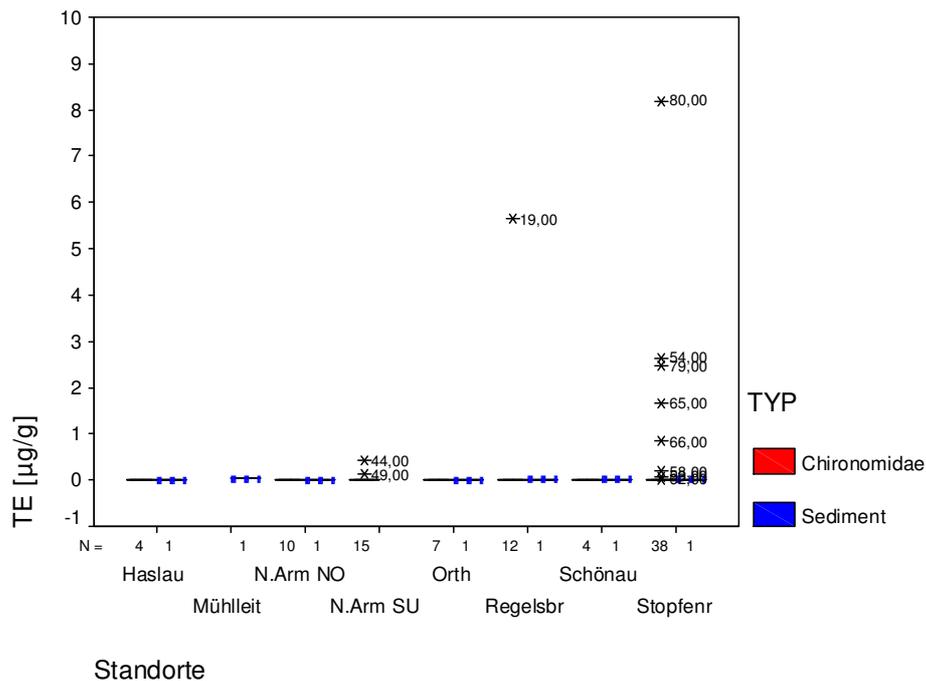


Abb. 43 Vergleich Tellurgehalt Chironomiden / Sediment

Lanthan

Nennenswerte Konzentrationen an Lanthan konnten an fünf von acht Standorten nachgewiesen werden.

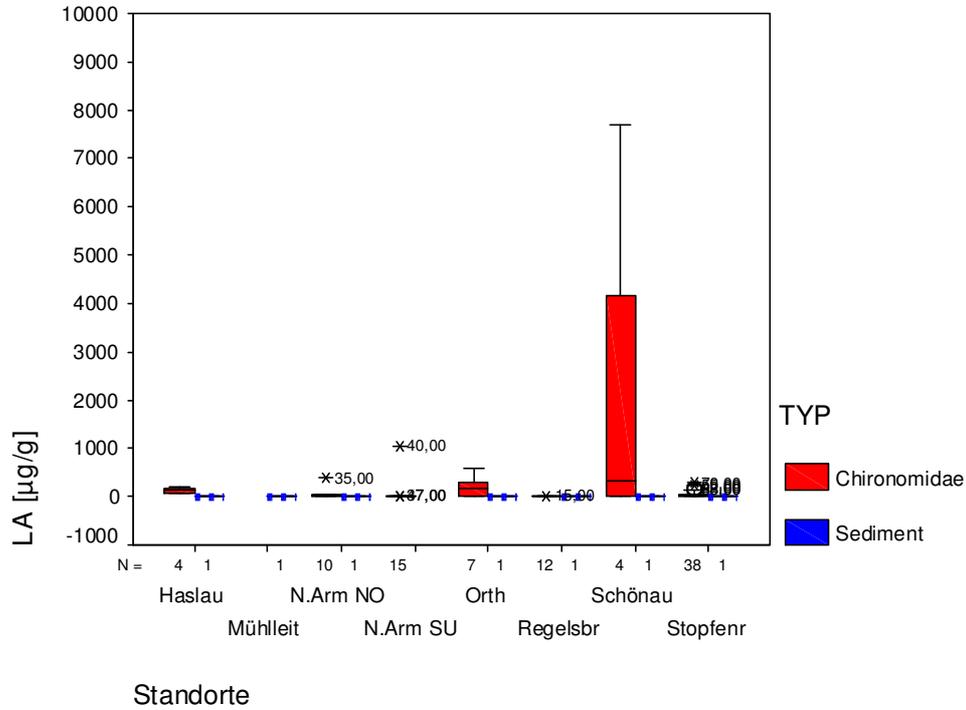


Abb. 44 Vergleich Lanthangehalt Chironomiden / Sediment

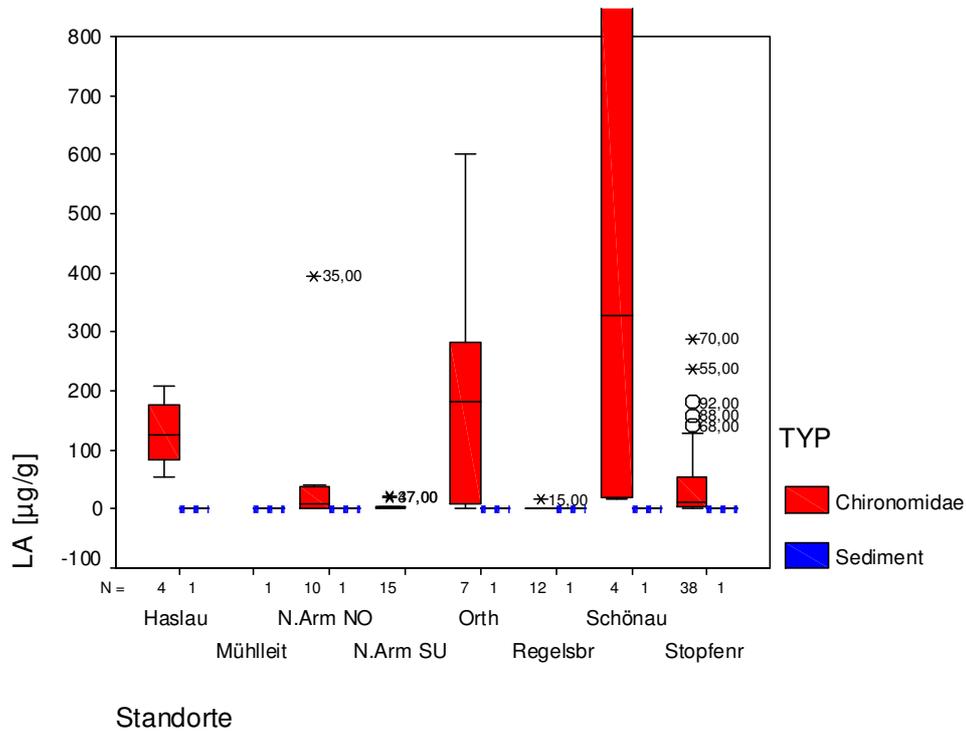


Abb. 45 Vergleich Lanthangehalt Chironomiden / Sediment – Detail

Cer

Die Konzentrationen an Cer liegen an den Standorten Haslau, Orth/Donau und Schönau deutlich über dem im Sediment gemessenen Wert.

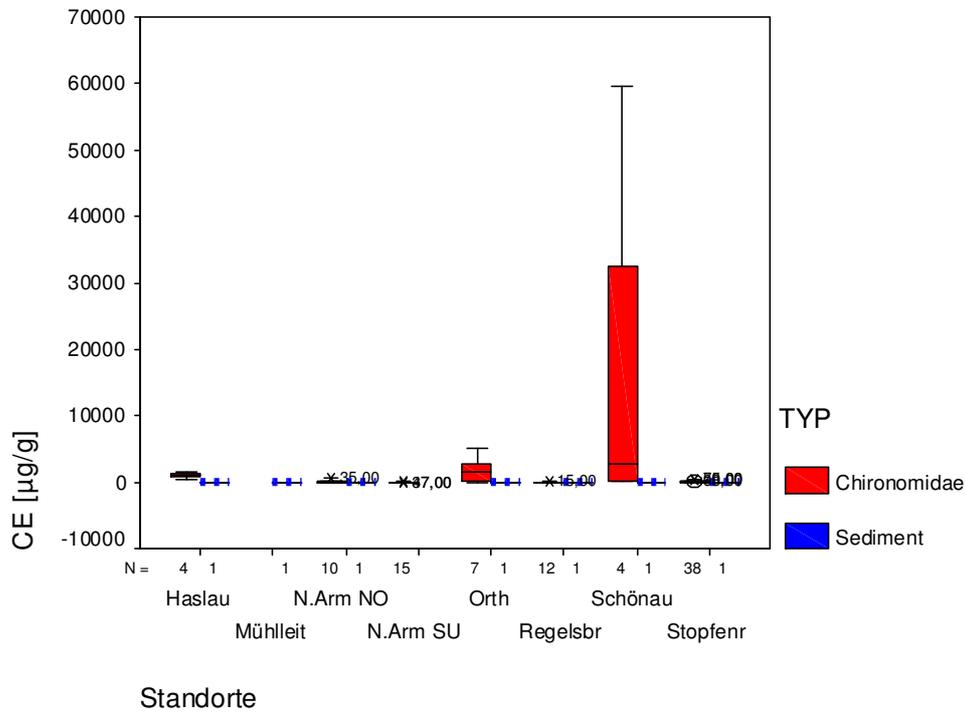


Abb. 46 Vergleich Cergehalt Chironomiden / Sediment

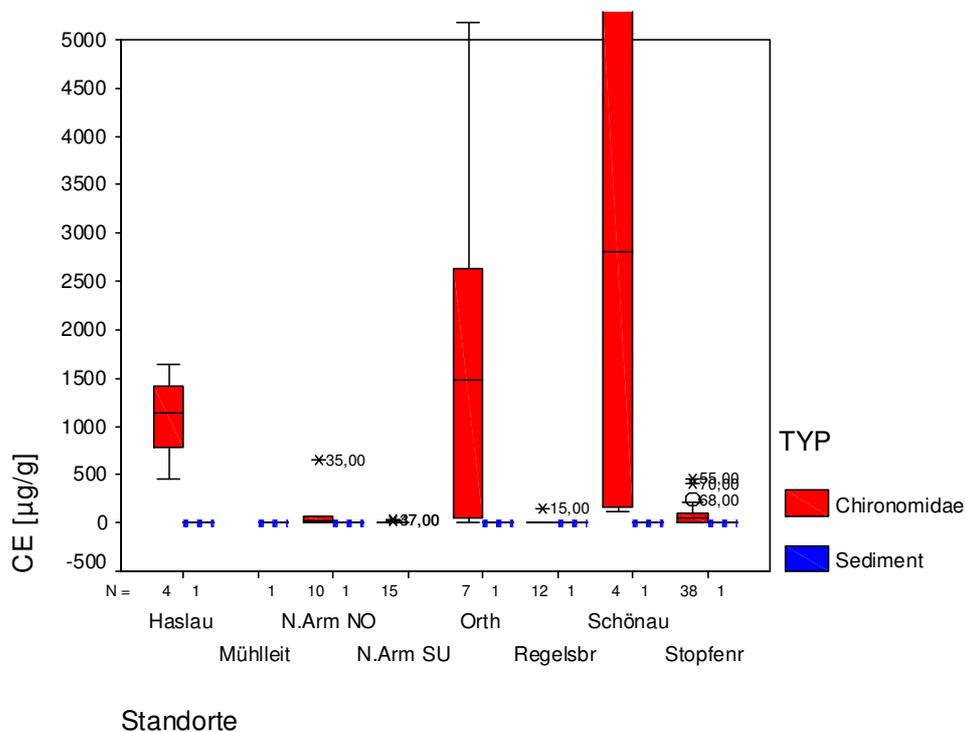


Abb. 47 Vergleich Cergehalt Chironomiden / Sediment – Detail

Thallium

Die Konzentrationen an Thallium liegen an den Standorten Narrischer Arm Nord, Regelsbrunn, Schönau und Stopfenreuth deutlich über dem im Sediment gemessenen Wert.

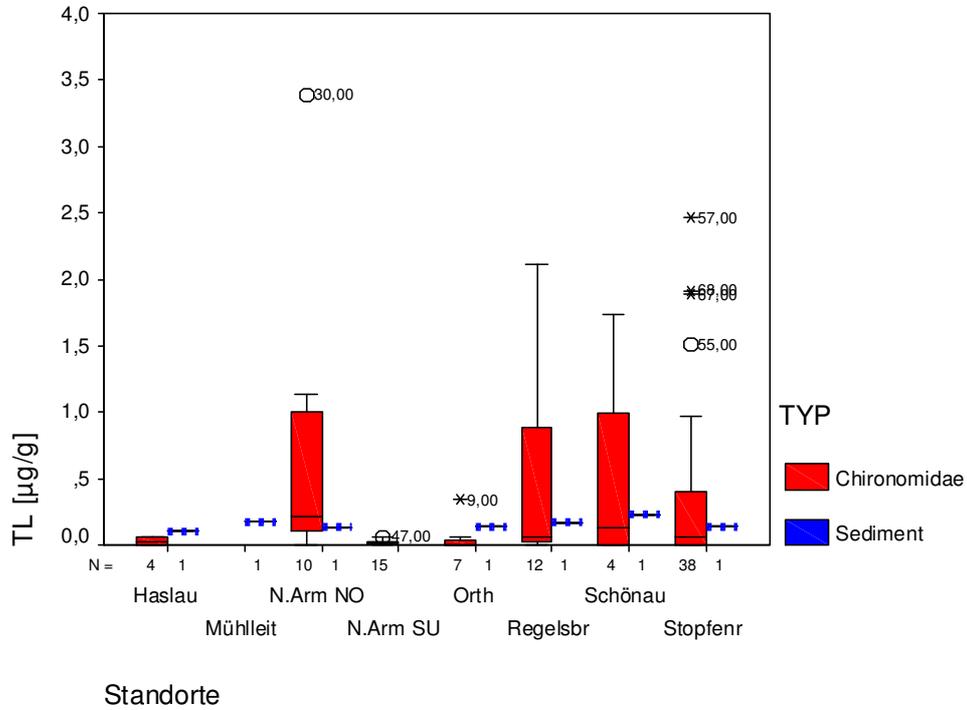


Abb. 48 Vergleich Thalliumgehalt Chironomiden / Sediment

Blei

Schönau und Orth/Donau sind die einzigen Standorte an denen nicht massive Bleikonzentrationen in den Organismen gefunden werden konnten.

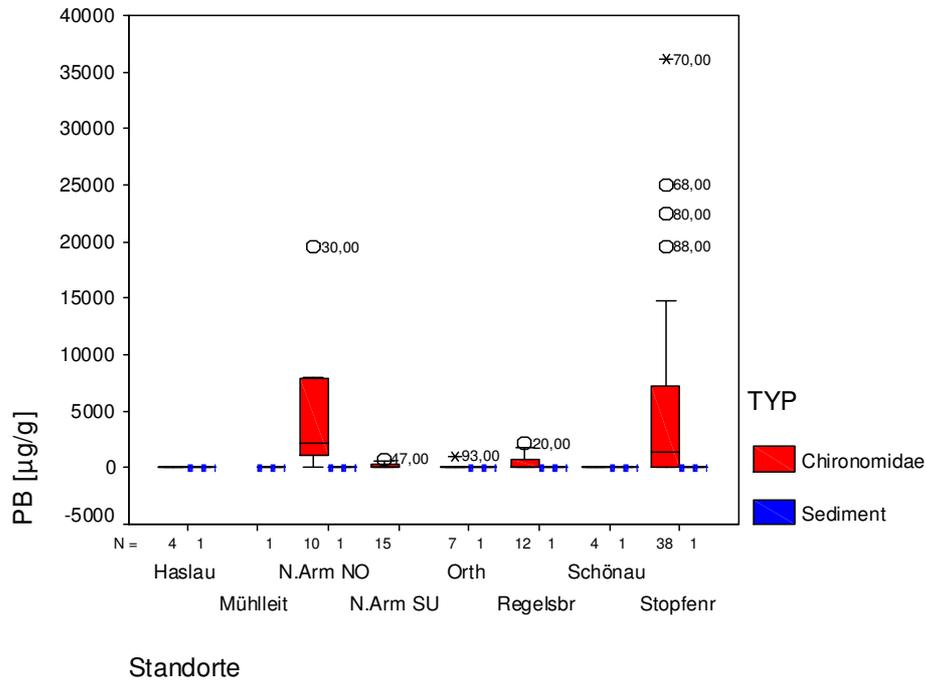


Abb. 49 Vergleich Bleigehalt Chironomiden / Sediment

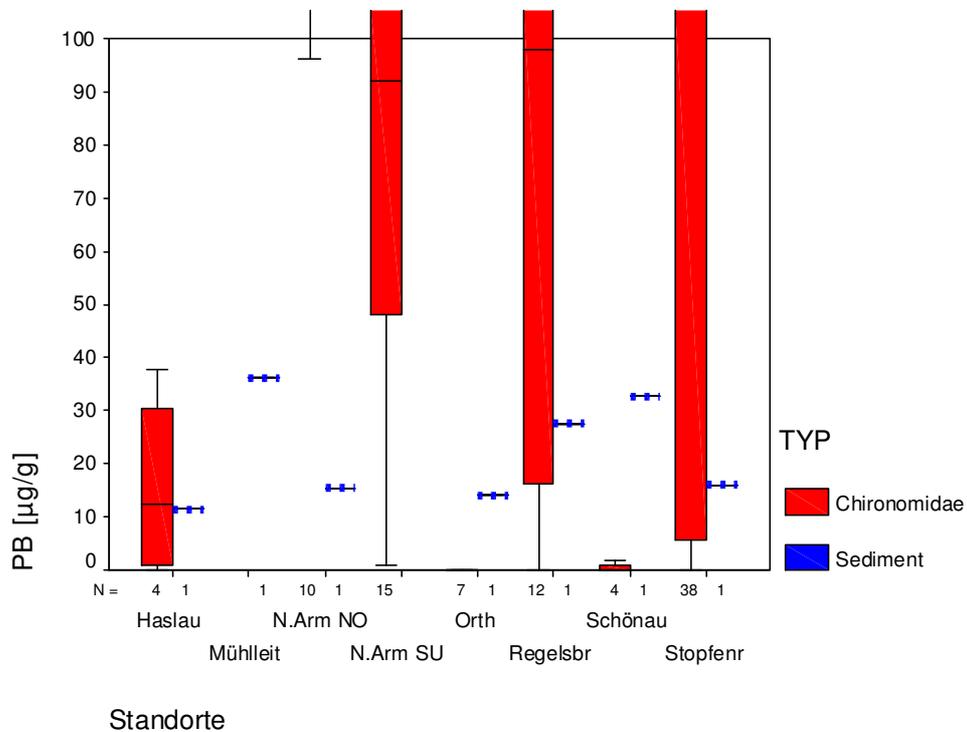


Abb. 50 Vergleich Bleigehalt Chironomiden / Sediment - Detail

Bismut

Die Konzentrationen an Bismut liegen an den Standorten Haslau, Narrischer Arm Nord, Regelsbrunn und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

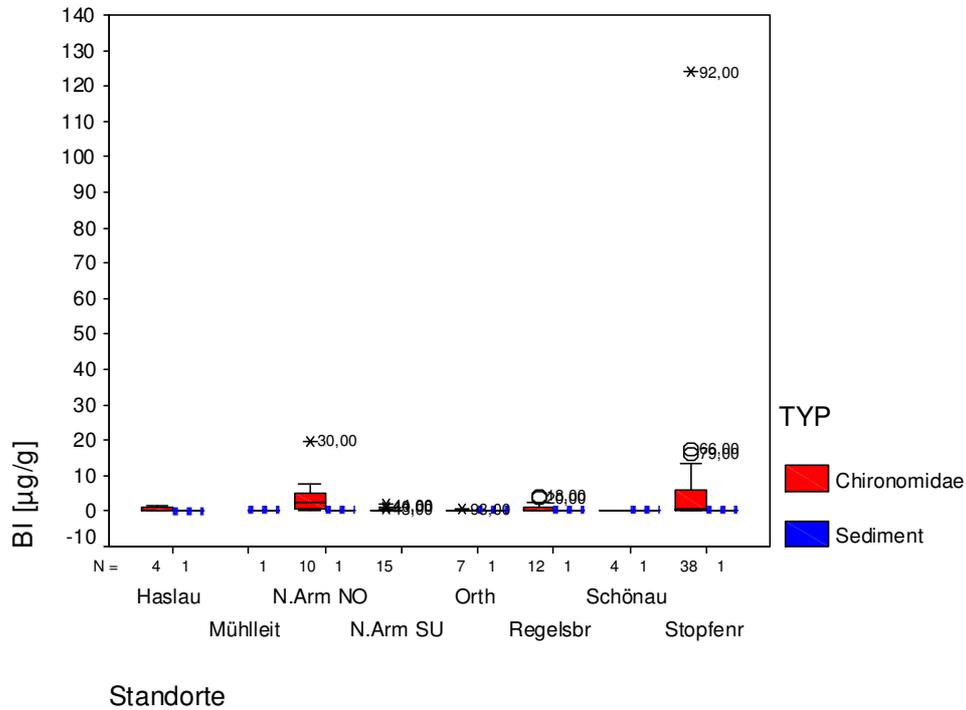


Abb. 51 Vergleich Bismutgehalt Chironomiden / Sediment

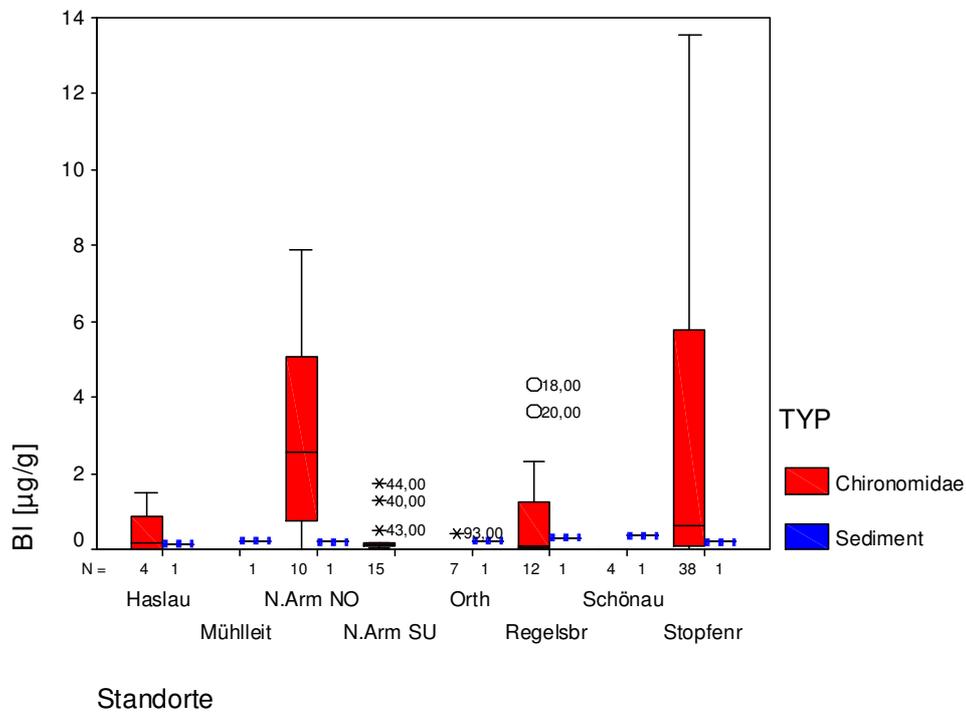


Abb. 52 Vergleich Bismutgehalt Chironomiden / Sediment - Detail

4.5.2 Verteilung der Elemente in den Oligochaeten

Die gefundenen Individuen befanden sich alle in der obersten Sedimentschicht, die Ergebnisse beziehen sich also immer auf die Schicht 0-3 cm. Für den Standort Narrischer Arm Süd liegen keine Sedimentdaten vor, es sind nur die Gehalte in den Oligochaeten im Boxplot dargestellt. Die Werte für das jeweilige Sediment sind als Linien mit drei Punkten markiert (N=1). Am Standort Mühlleiten konnte nur ein Individuum gefunden werden, daher ist hier der Wert ebenfalls nur als Linie dargestellt.

Tab. 7 Verteilung der Elemente in den Oligochaeten – verarbeitete Fälle

			Verarbeitete Fälle					
			Fälle					
			Gültig		Fehlend		Gesamt	
Standorte	Typ		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Sc [$\mu\text{g/g}$]	Haslau	Oligo	2	100,0%	0	,0%	2	100,0%
		Sediment	1	100,0%	0	,0%	1	100,0%
	Mühlleit	Oligo	1	100,0%	0	,0%	1	100,0%
		Sediment	1	100,0%	0	,0%	1	100,0%
	N.Arm NO	Oligo	3	100,0%	0	,0%	3	100,0%
		Sediment	1	100,0%	0	,0%	1	100,0%
	N.Arm SU	Oligo	47	100,0%	0	,0%	47	100,0%
	Orth	Oligo	11	100,0%	0	,0%	11	100,0%
		Sediment	1	100,0%	0	,0%	1	100,0%
	Regelsbr	Oligo	25	100,0%	0	,0%	25	100,0%
		Sediment	1	100,0%	0	,0%	1	100,0%
	Schönau	Oligo	22	100,0%	0	,0%	22	100,0%
		Sediment	1	100,0%	0	,0%	1	100,0%
	Stopfenr	Oligo	10	100,0%	0	,0%	10	100,0%
Sediment		1	100,0%	0	,0%	1	100,0%	

Scandium

Die Konzentrationen an Scandium liegen nur an den Standorten Mühlleiten, Orth/Donau und Schönau unter dem im Sediment gemessenen Wert.

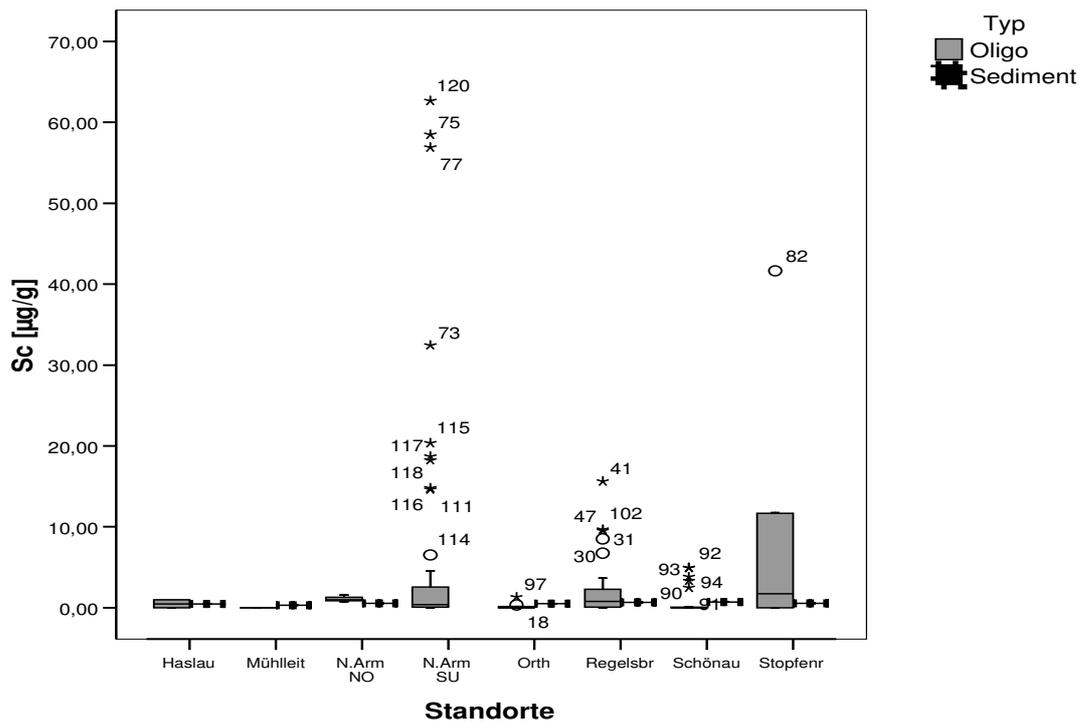


Abb. 53 Vergleich Scandiumgehalt Oligochaeten / Sediment

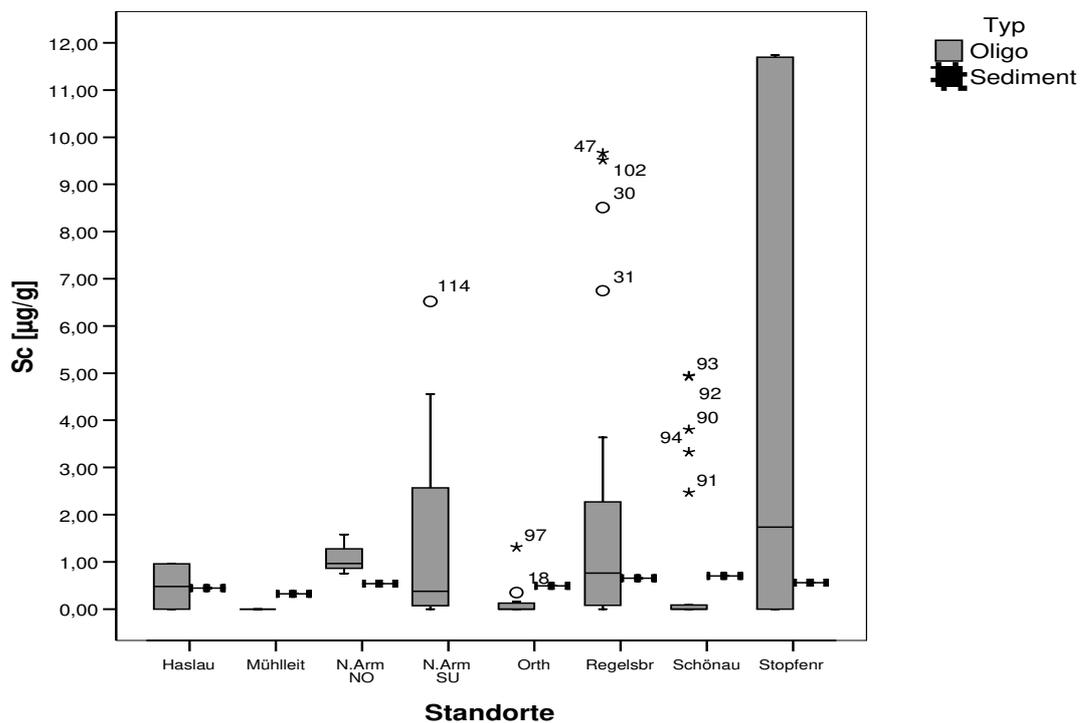


Abb. 54 Vergleich Scandiumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

Vanadium

Die Konzentrationen an Vanadium liegen, bis auf einige Ausreißer, durchwegs unter dem im Sediment gemessenen Wert.

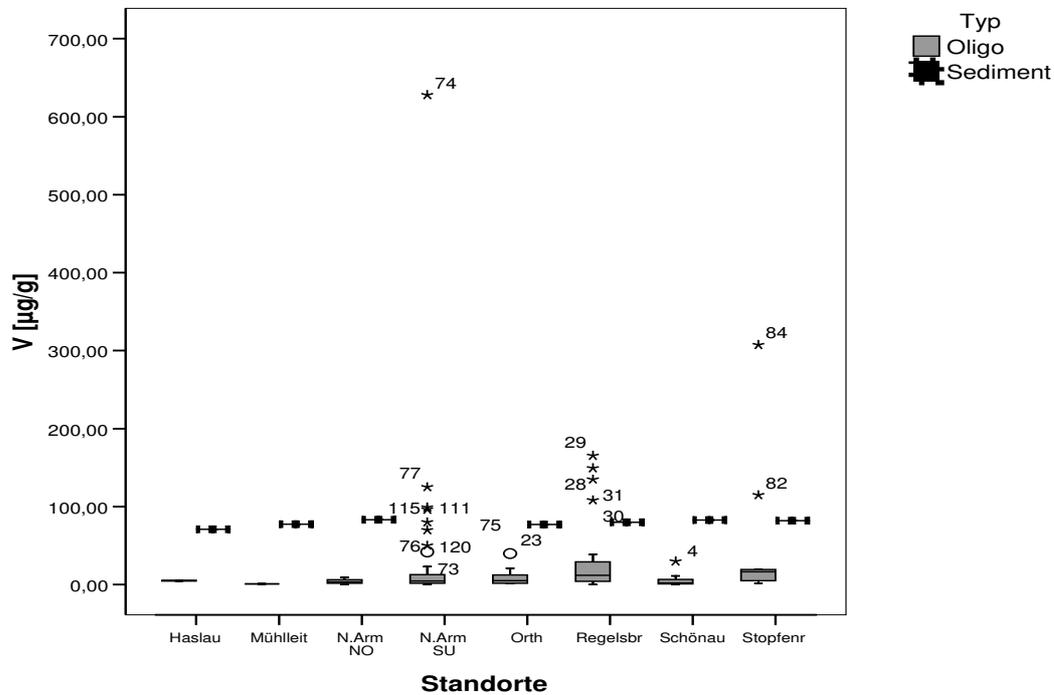


Abb. 55 Vergleich Vanadiumgehalt Oligochaeten / Sediment

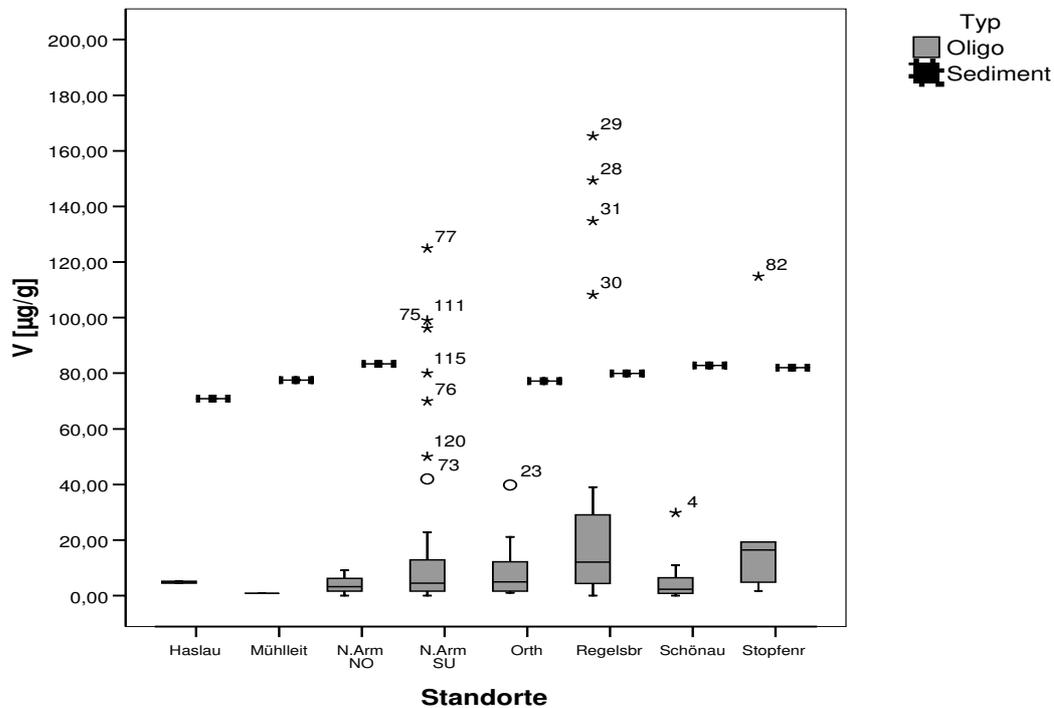


Abb. 56 Vergleich Vanadiumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Chrom

Die Konzentrationen an Chrom liegen nur an den Standorten Narrischer Arm Süd, Regelsbrunn und Stopfenreuth nennenswert über dem im Sediment gemessenen Wert.

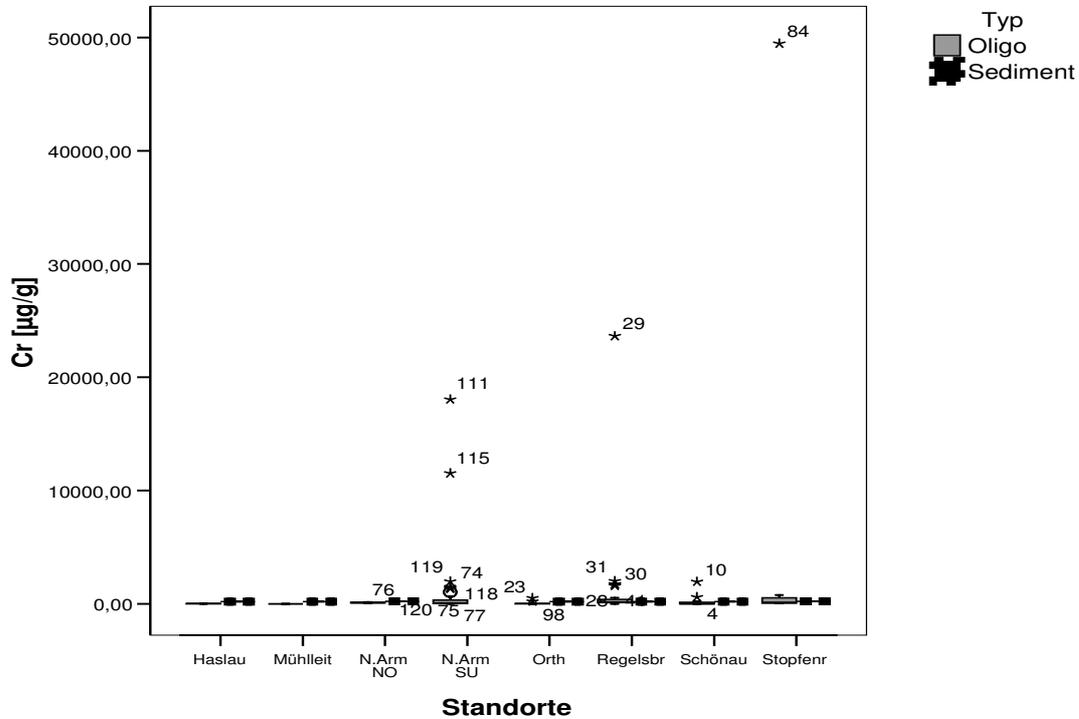


Abb. 57 Vergleich Chromgehalt Oligochaeten / Sediment

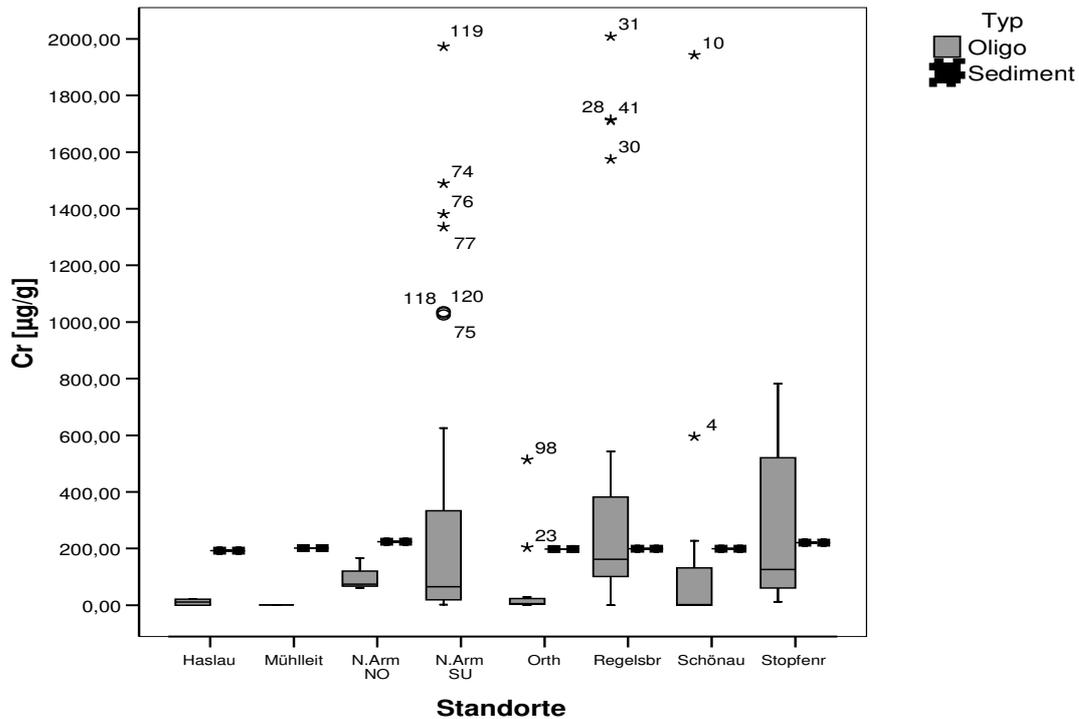


Abb. 58 Vergleich Chromgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Mangan

Mangan konnte im Sediment nur am Standort Mühlleiten nachgewiesen werden. Die Organismen enthalten aber deutliche Mengen an Mangan.

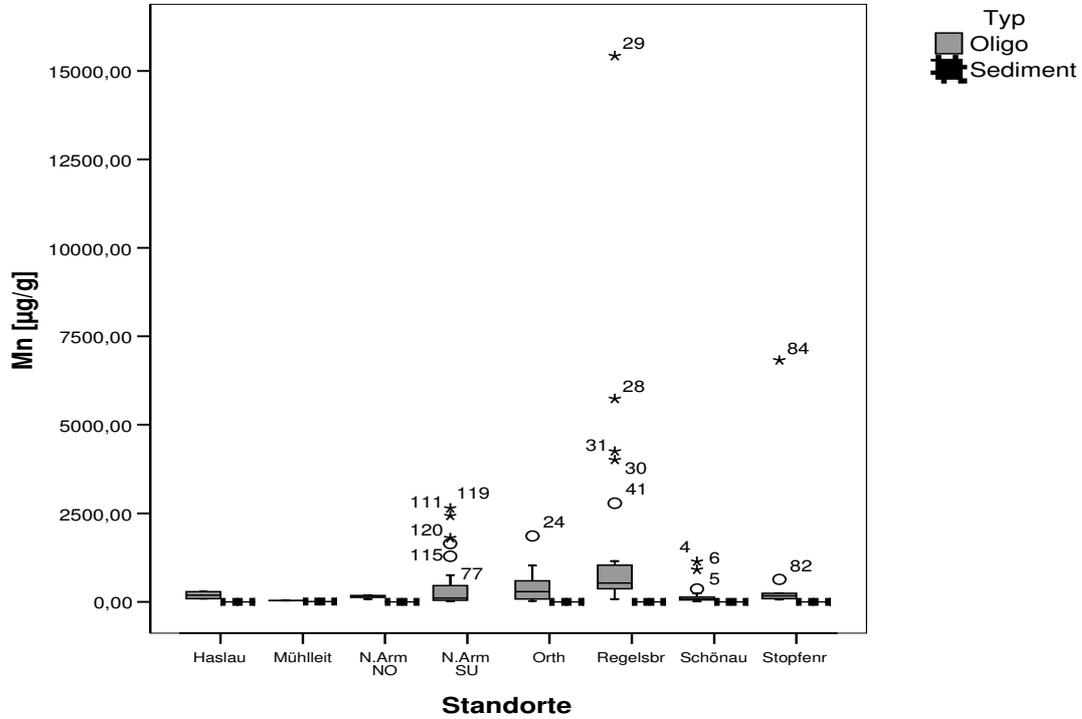


Abb. 59 Vergleich Mangangehalt Oligochaeten / Sediment

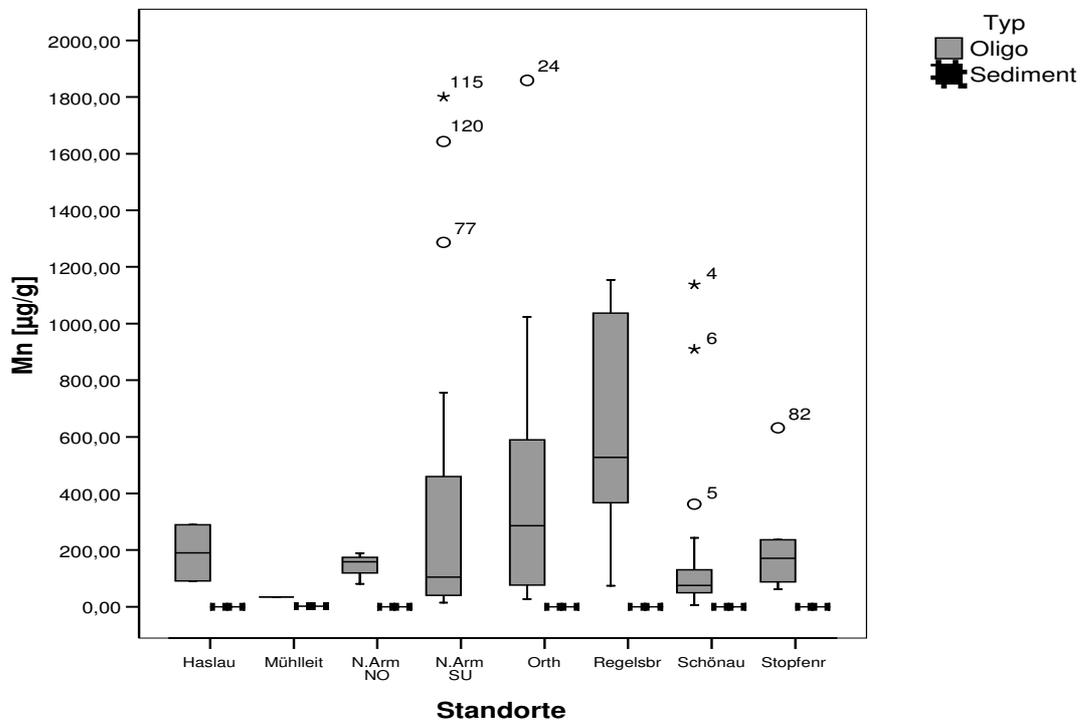


Abb. 60 Vergleich Mangangehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Kobalt

Die Konzentrationen an Kobalt liegen an den Standorten Narrischer Arm, Regelsbrunn und Stopfenreuth nennenswert über dem im Sediment gemessenen Wert.

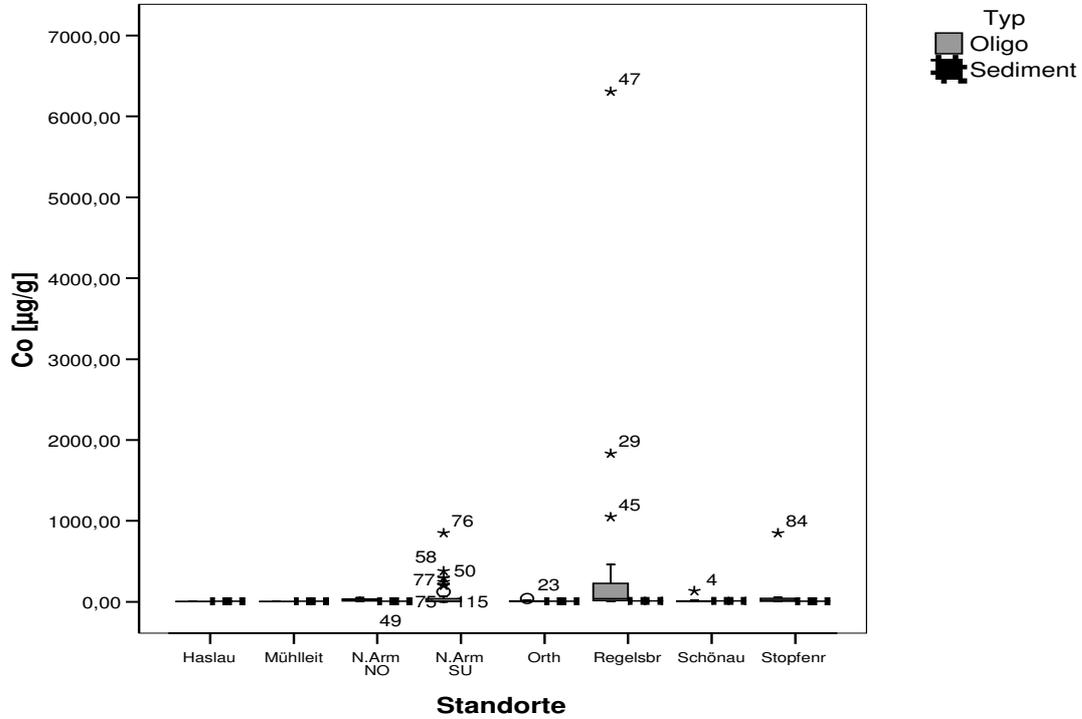


Abb. 61 Vergleich Kobaltgehalt Oligochaeten / Sediment

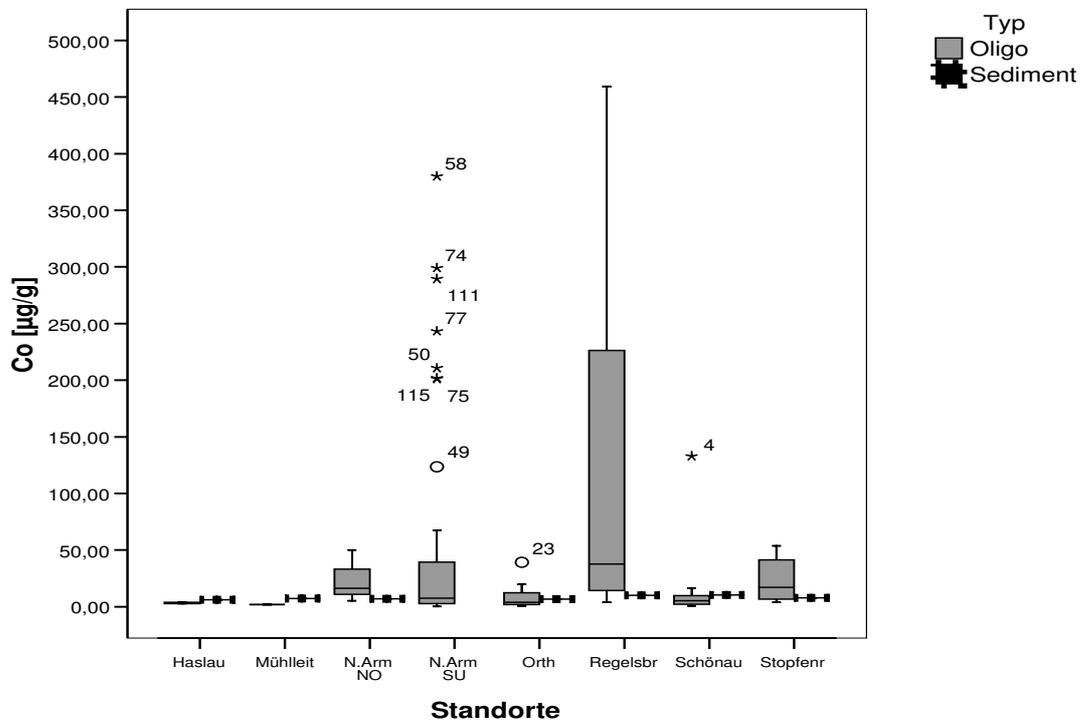


Abb. 62 Vergleich Kobaltgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Nickel

Nickel wird an allen Standorten von den Oligochaeten akkumuliert.

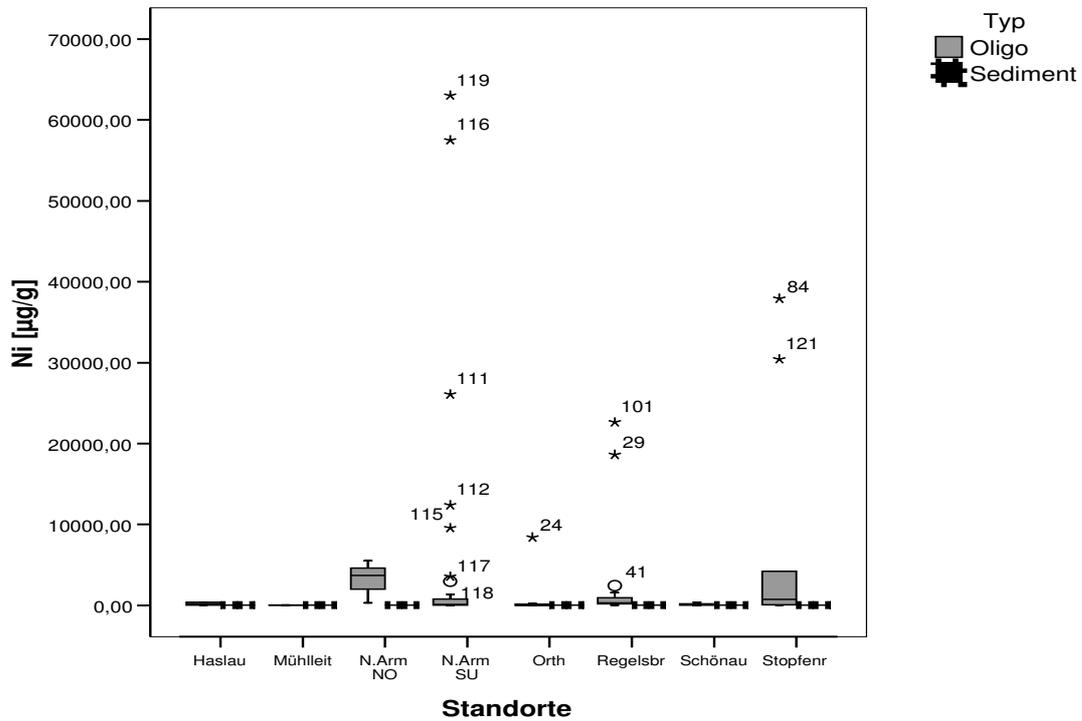


Abb. 63 Vergleich Nickelgehalt Oligochaeten / Sediment

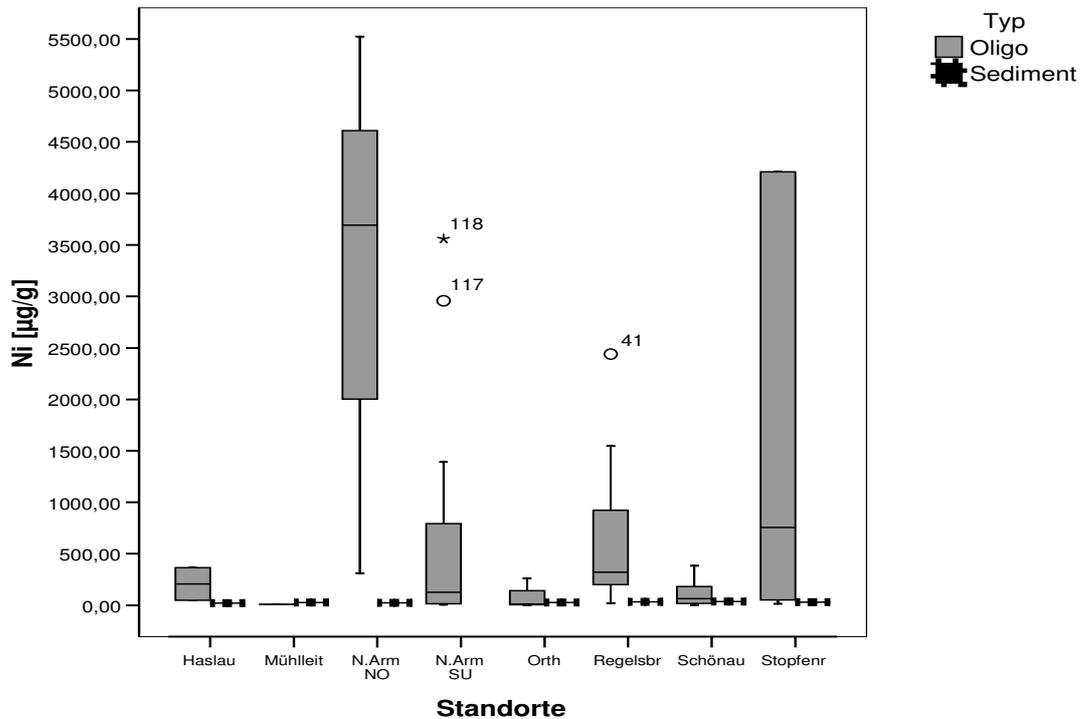


Abb. 64 Vergleich Nickelgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

Kupfer

Auch Kupfer wird an allen Standorten von den Oligochaeten akkumuliert.

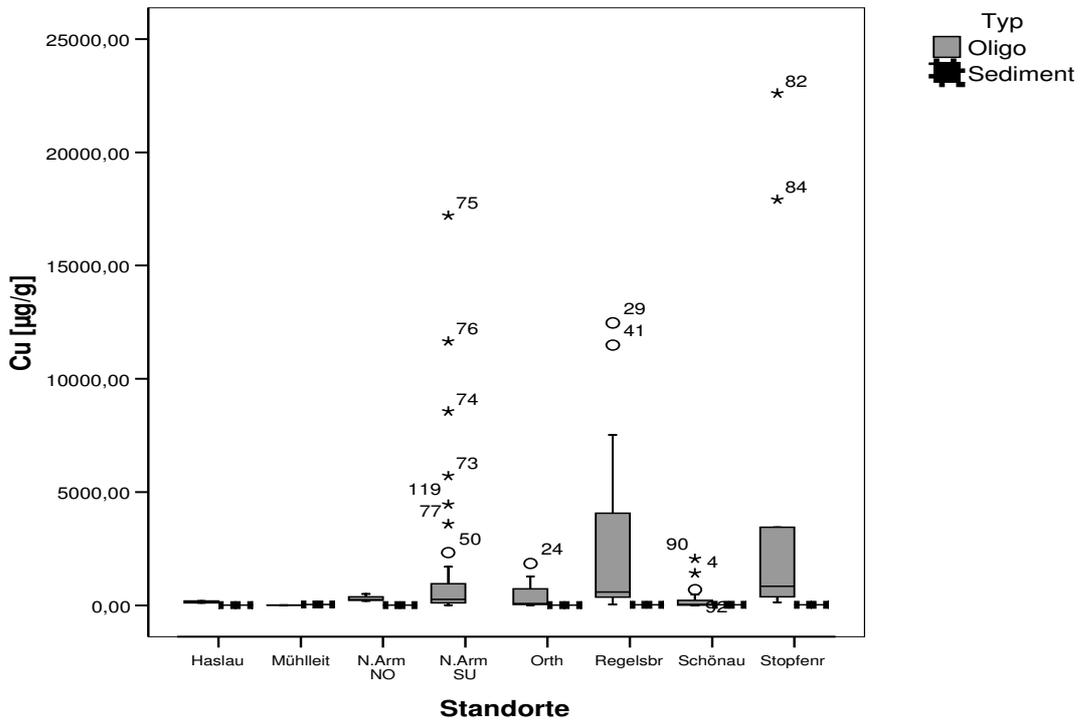


Abb. 65 Vergleich Kupfergehalt Oligochaeten / Sediment

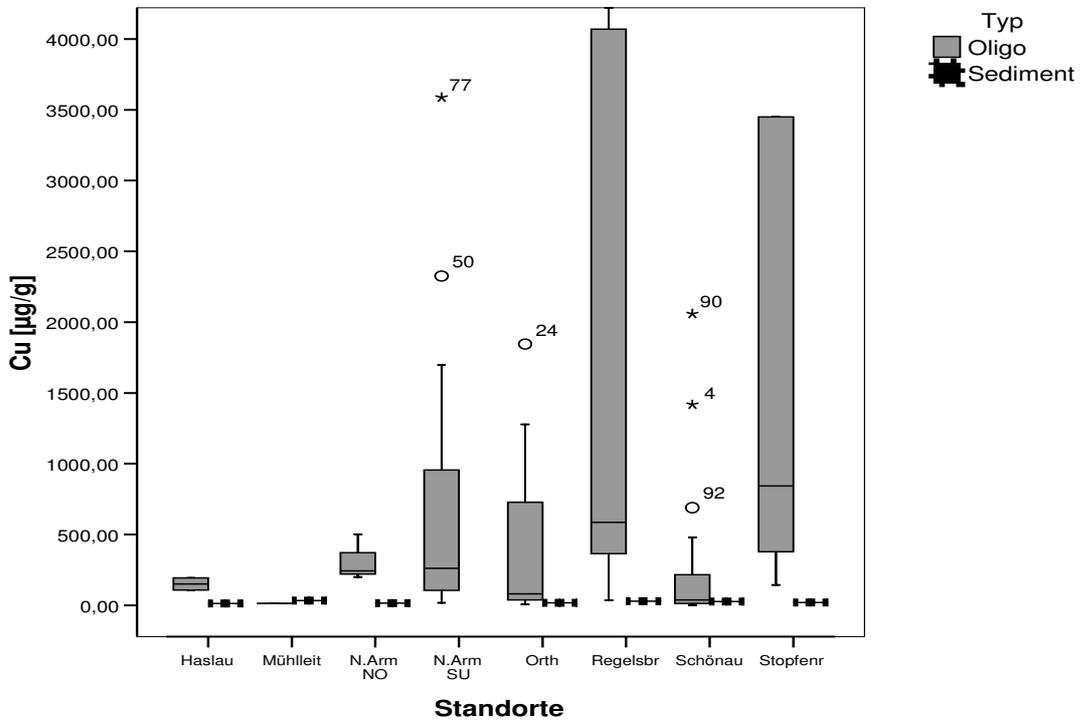


Abb. 66 Vergleich Kupfergehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

Zink

Zink wird ebenfalls an allen Standorten von den Oligochaeten akkumuliert.

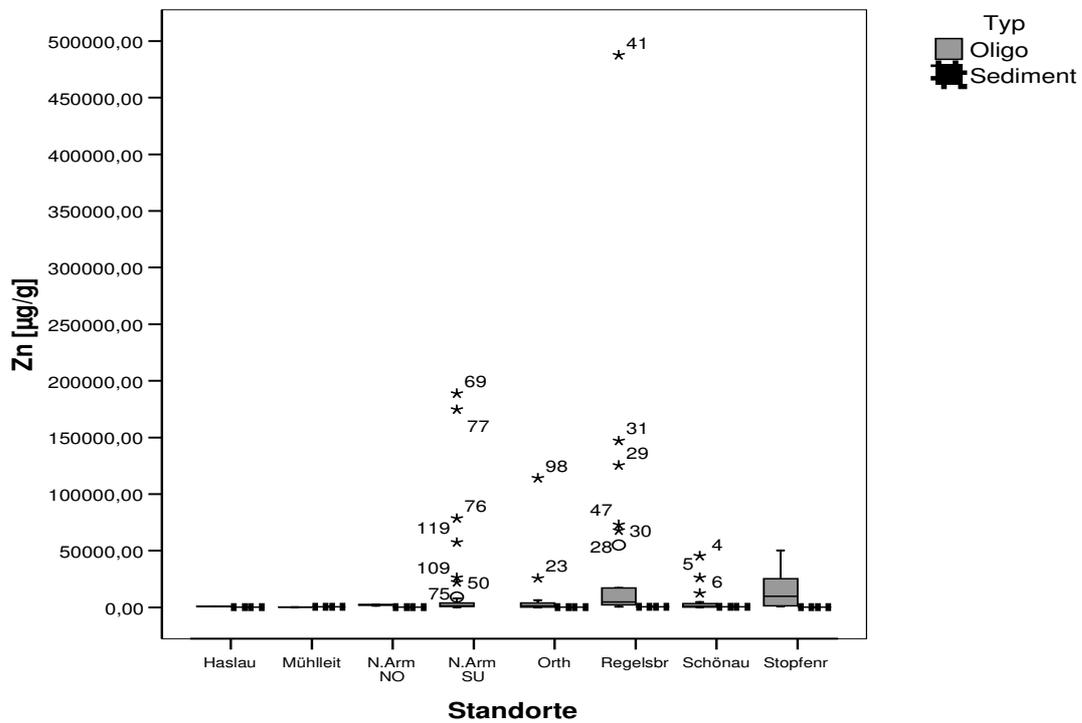


Abb. 67 Vergleich Zinkgehalt Oligochaeten / Sediment

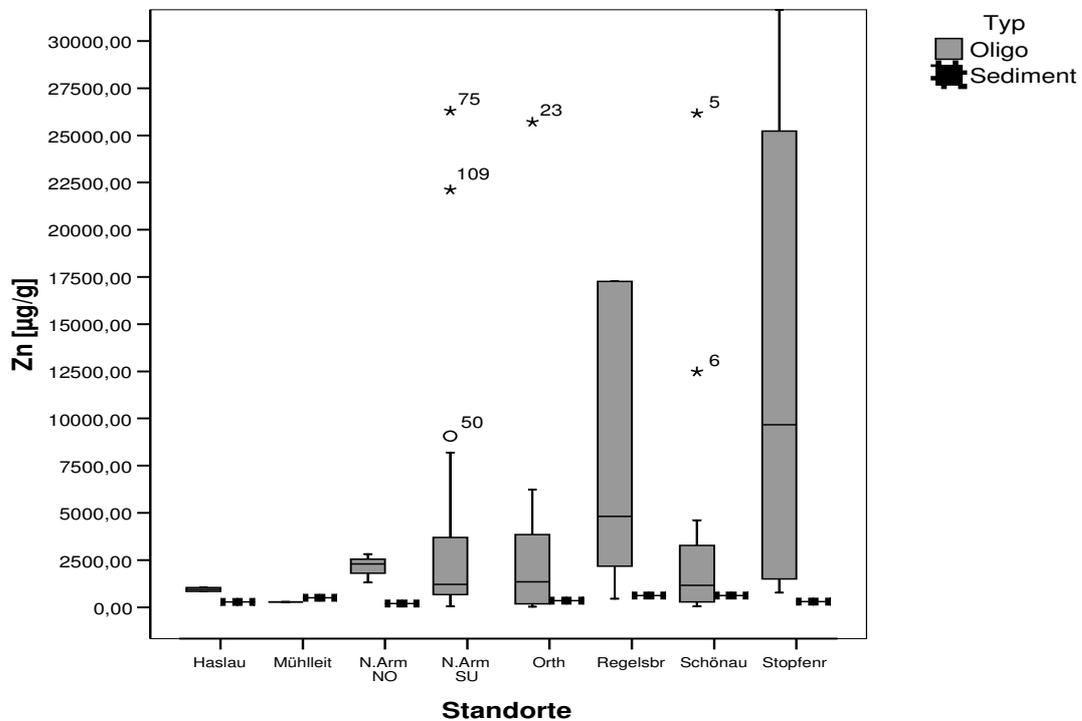


Abb. 68 Vergleich Zinkgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

Gallium

Die Konzentrationen an Gallium liegen an den Standorten Narrischer Arm, Regelsbrunn und Stopfenreuth nennenswert über dem im Sediment gemessenen Wert.

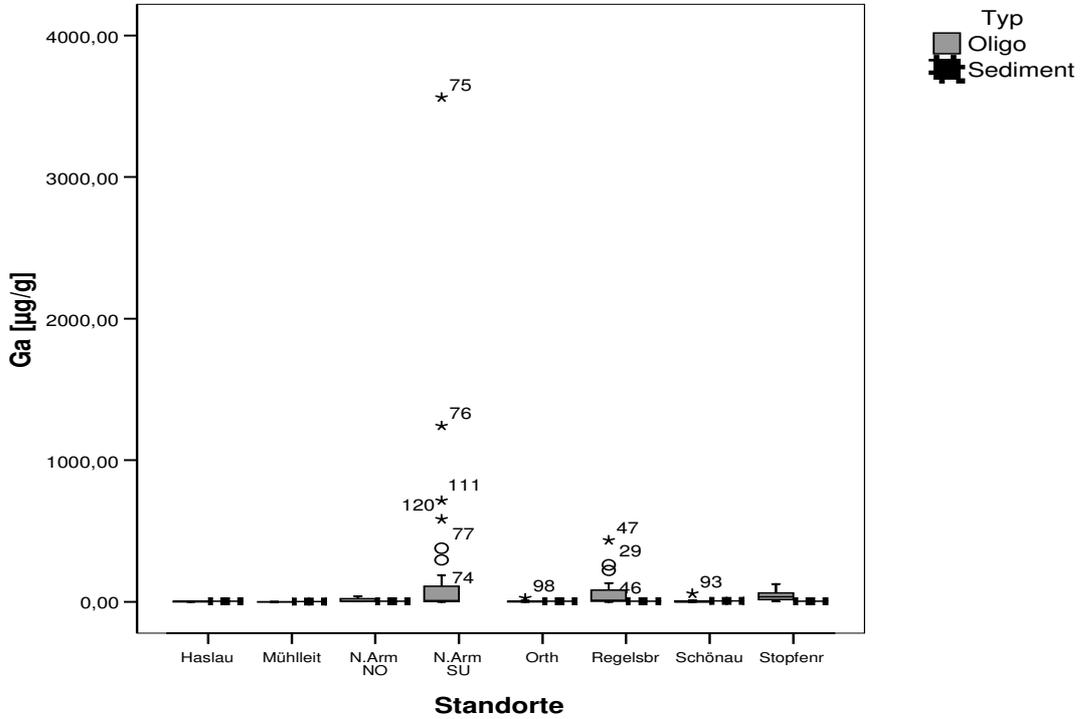


Abb. 69 Vergleich Galliumgehalt Oligochaeten / Sediment

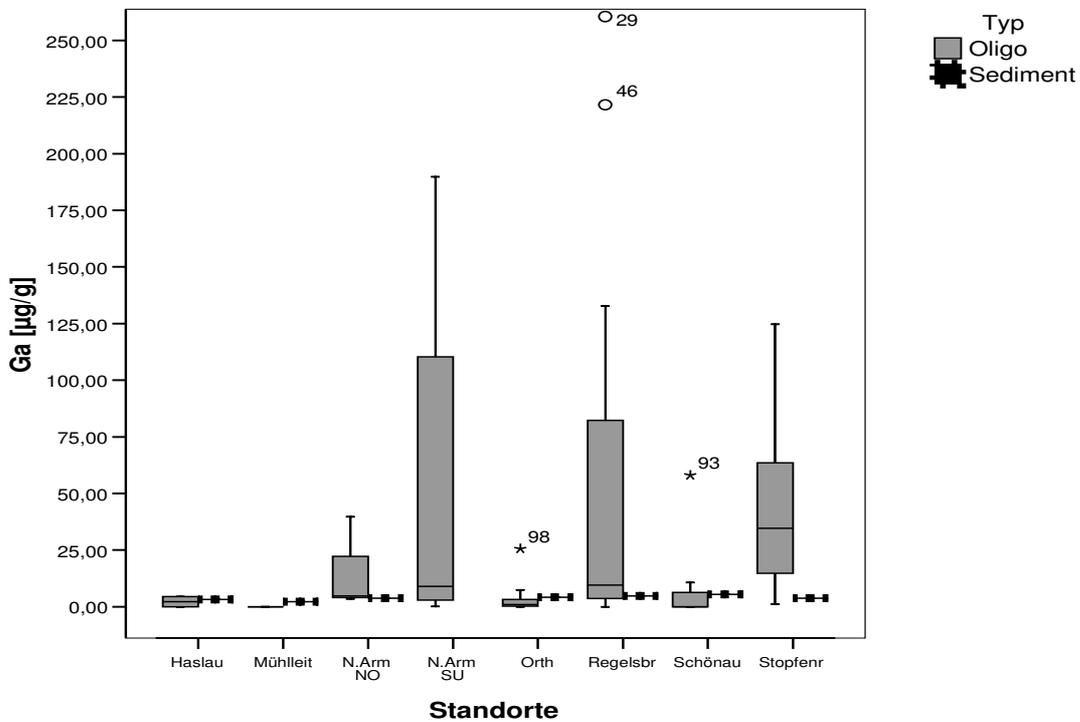


Abb. 70 Vergleich Galliumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Arsen

Die Konzentrationen an Arsen liegen an den Standorten Haslau, Narrischer Arm Nord und Regelsbrunn nennenswert über dem im Sediment gemessenen Wert.

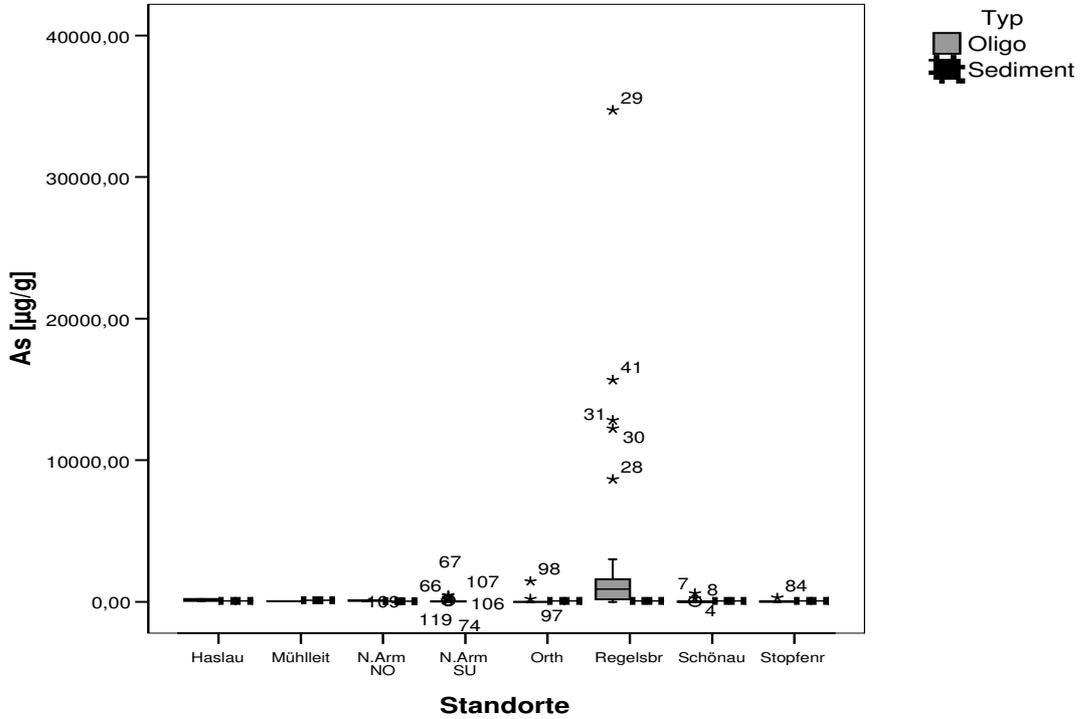


Abb. 71 Vergleich Arsengehalt Oligochaeten / Sediment

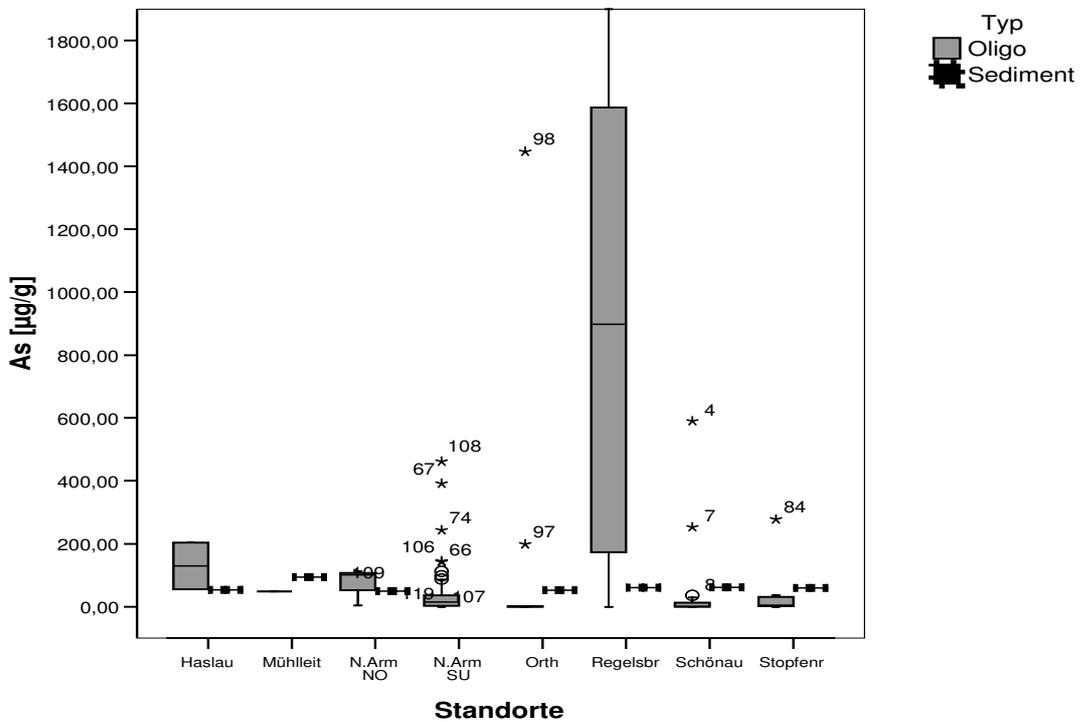


Abb. 72 Vergleich Arsengehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Selen

Die Konzentrationen an Selen liegen an durchwegs allen Standorten unter dem im Sediment gemessenen Wert. Ein Ausreißer (Probe 77 mit 750 µg/g) am Standort Narrischer Arm Süd ist nicht im Diagramm dargestellt.

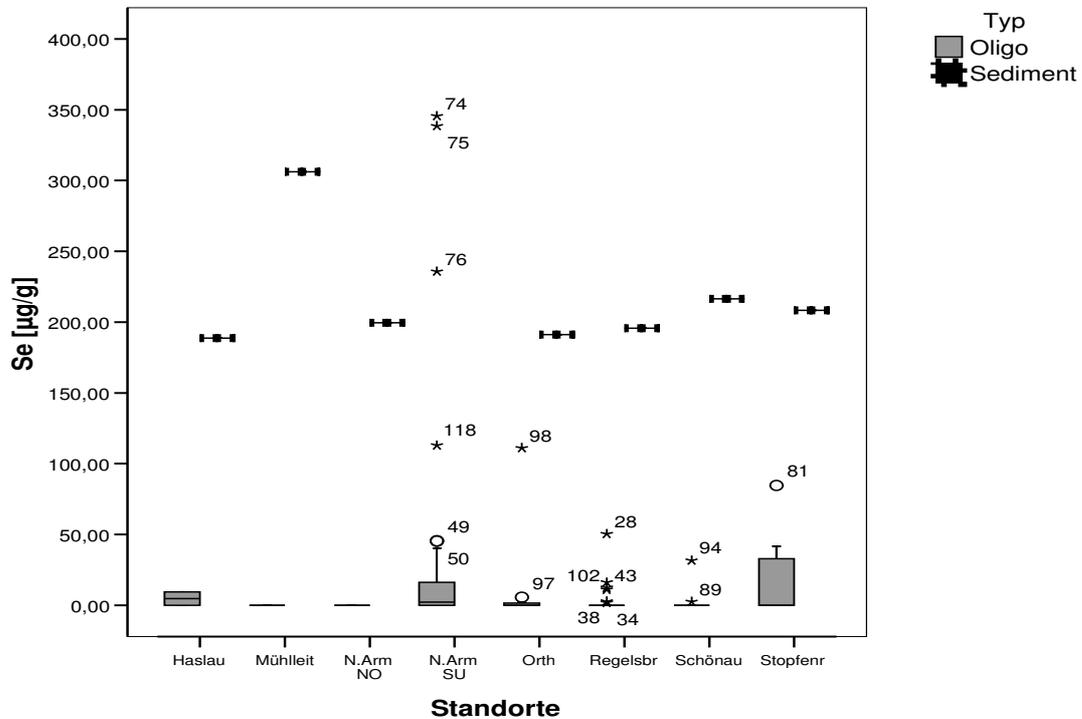


Abb. 73 Vergleich Selengehalt Oligochaeten / Sediment

Rubidium

Die Konzentrationen an Rubidium liegen an den Standorten Narrischer Arm, Regelsbrunn und Stopfenreuth nennenswert über dem im Sediment gemessenen Wert.

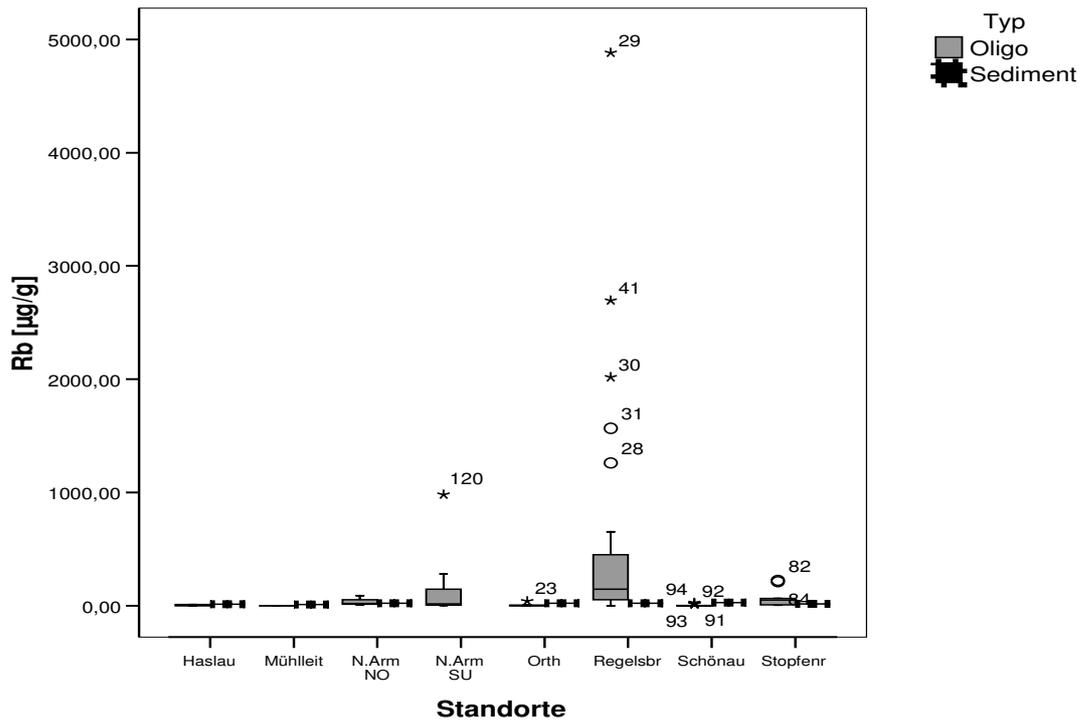


Abb. 74 Vergleich Rubidiumgehalt Oligochaeten / Sediment

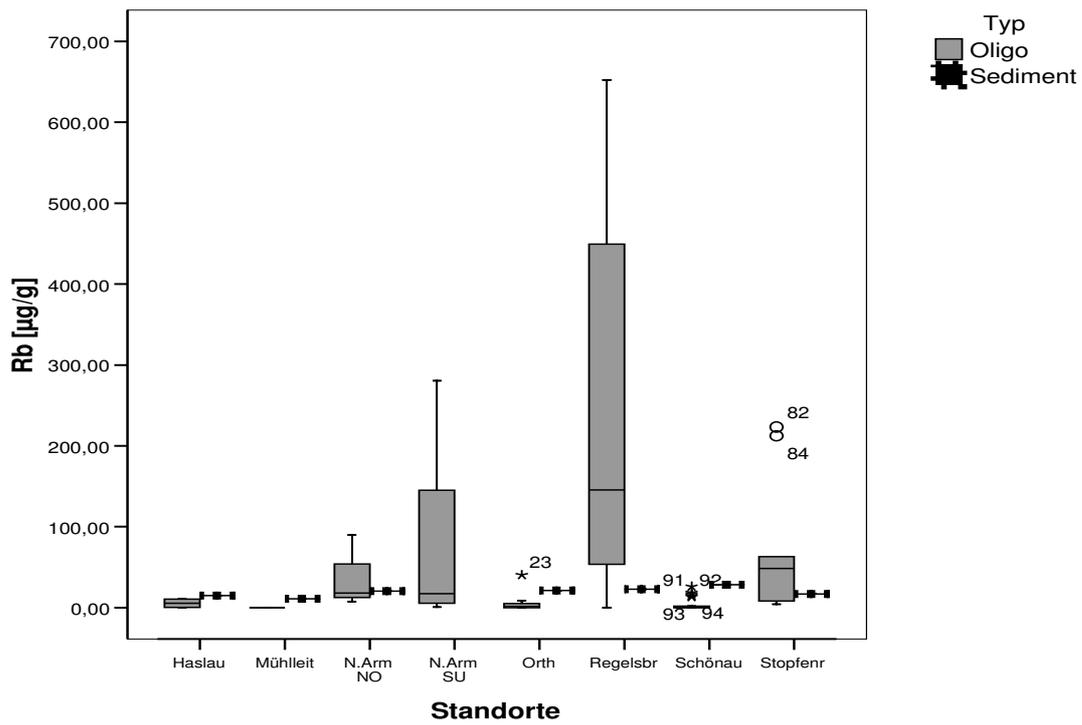


Abb. 75 Vergleich Rubidiumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Yttrium

Die Konzentrationen an Yttrium liegen an allen Standorten (Mühlleiten ausgenommen) über dem im Sediment gemessenen Wert.

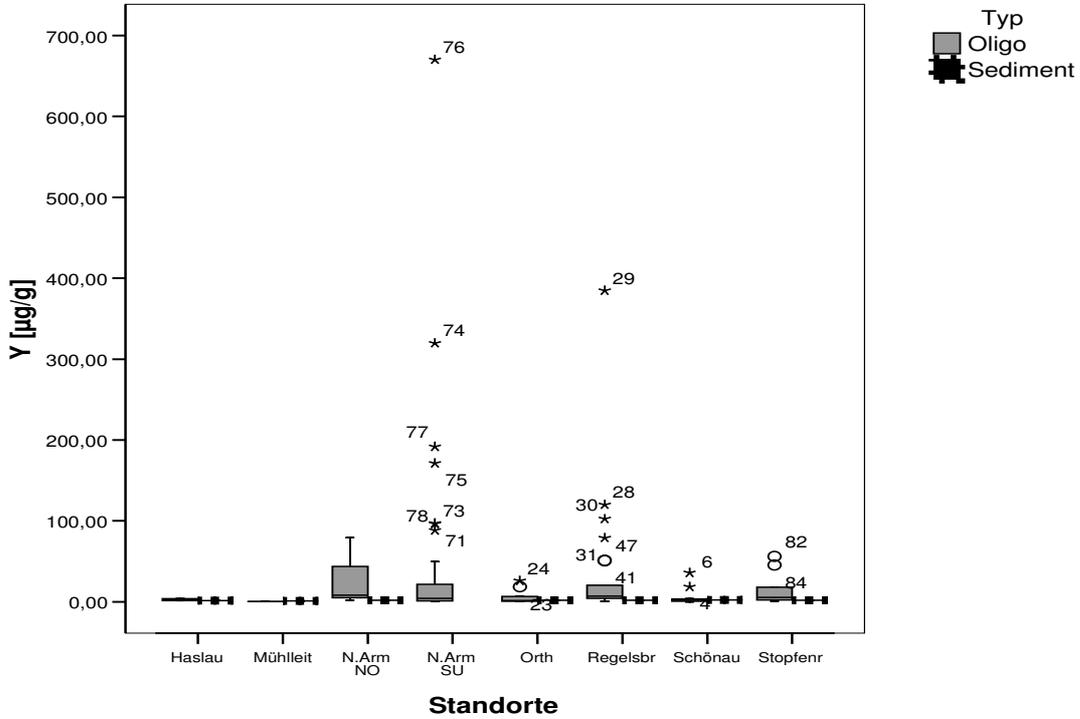


Abb. 76 Vergleich Yttriumgehalt Oligochaeten / Sediment

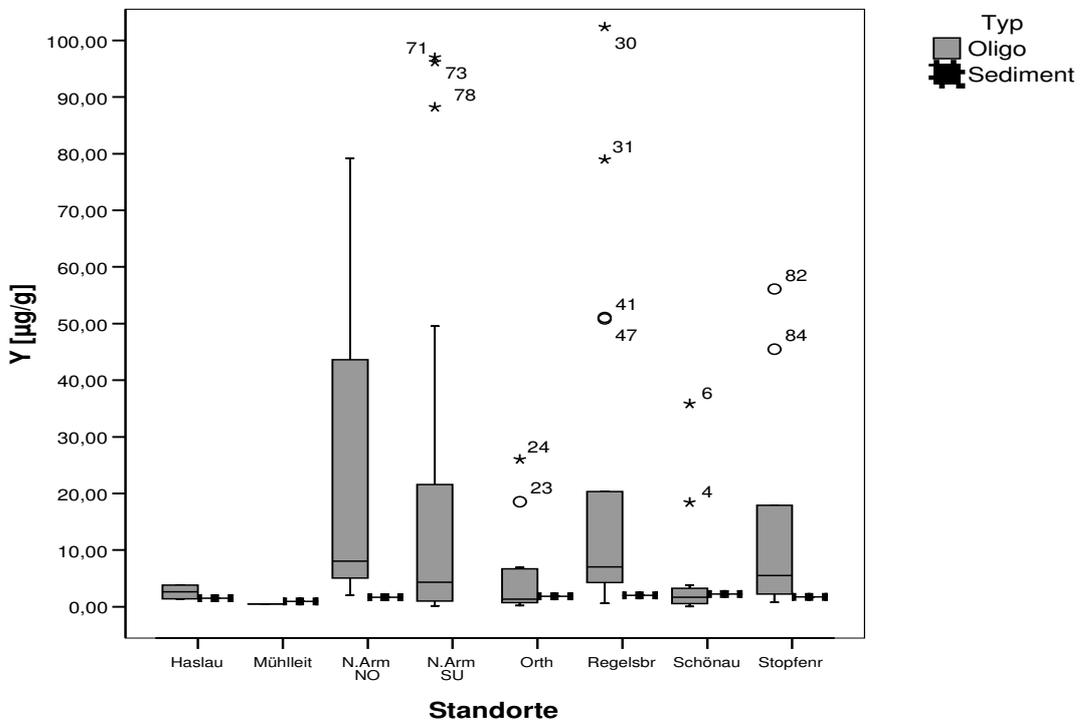


Abb. 77 Vergleich Yttriumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Zirkonium

Die Konzentrationen an Zirkonium liegen an fast allen Standorten (Mühlleiten und Orth/Donau ausgenommen) über dem im Sediment gemessenen Wert.

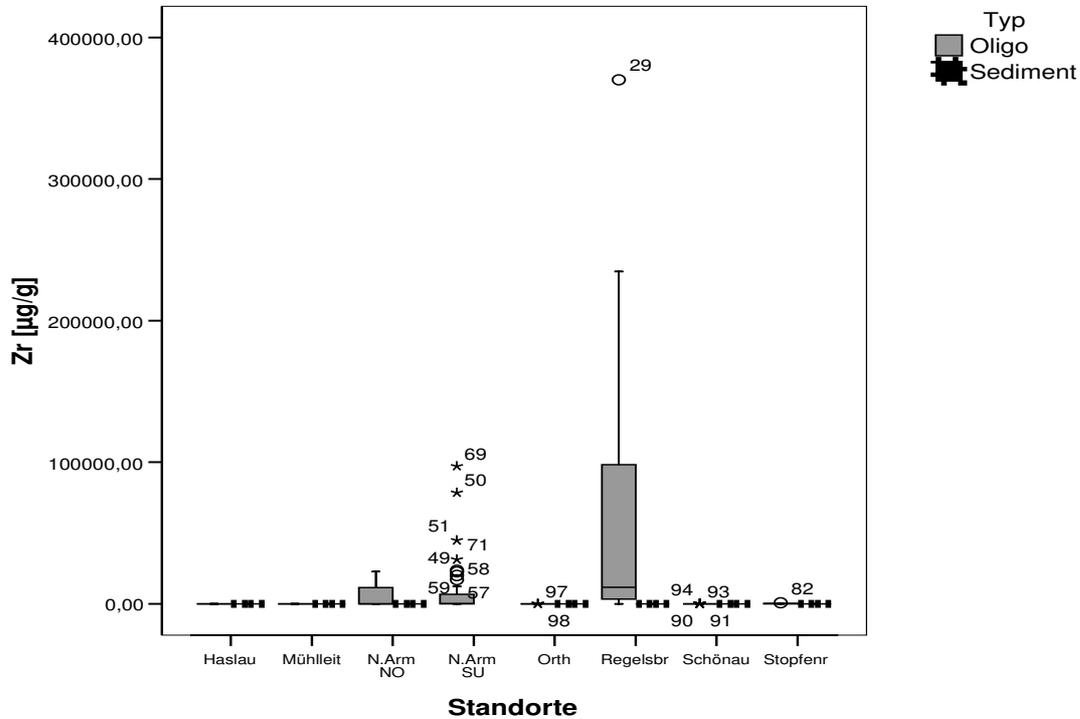


Abb. 78 Vergleich Zirkoniumgehalt Oligochaeten / Sediment

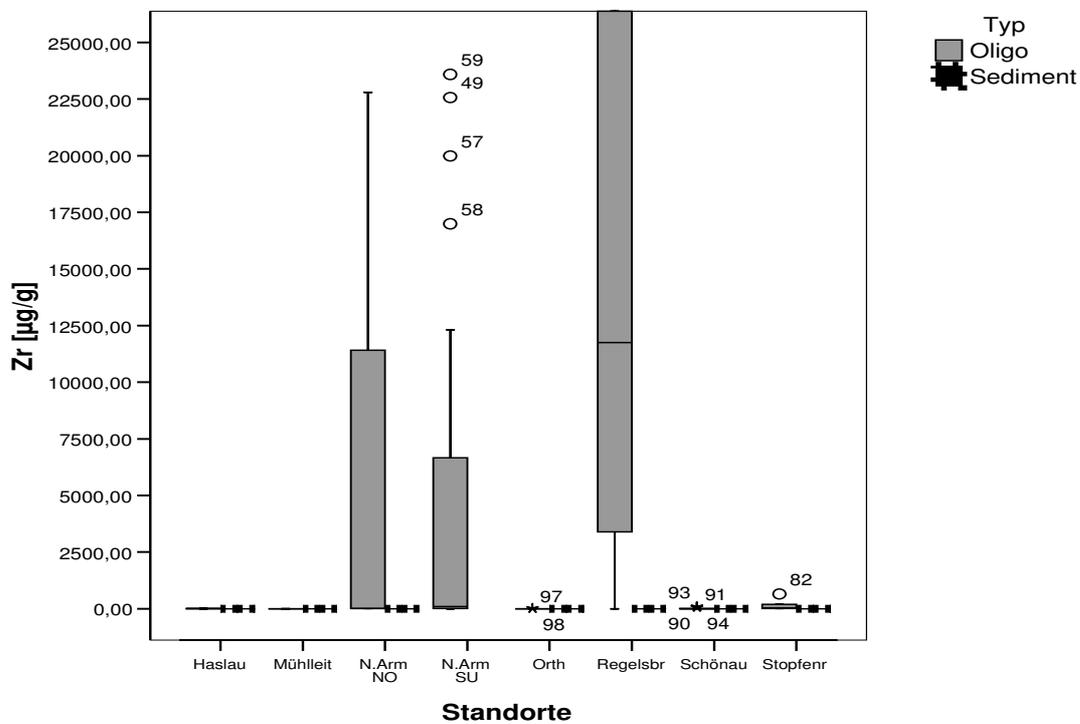


Abb. 79 Vergleich Zirkoniumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

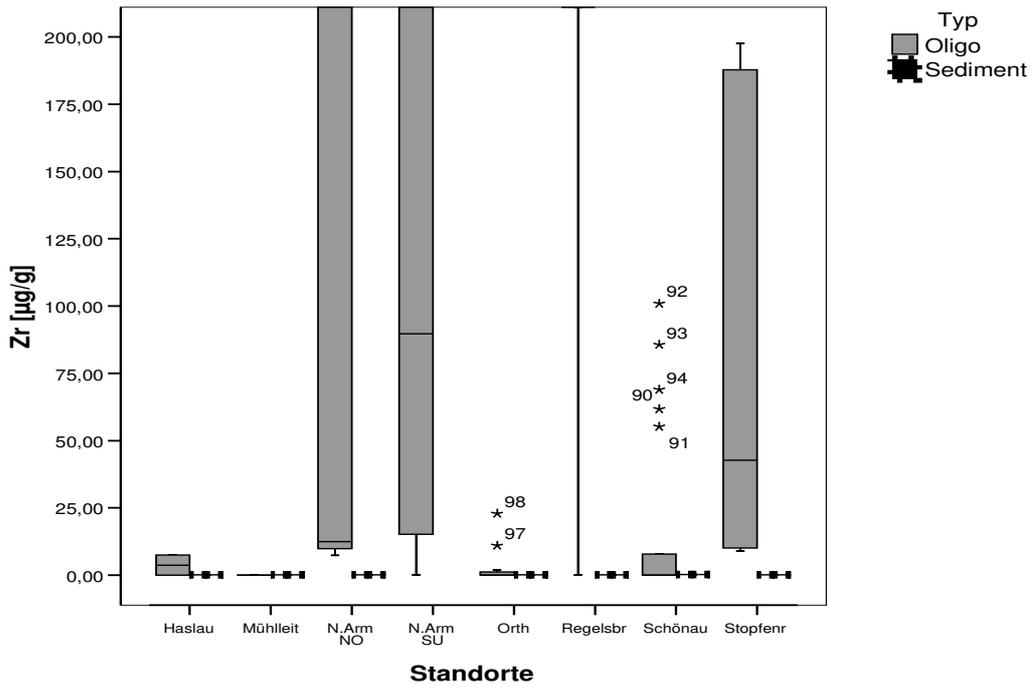


Abb. 80 Vergleich Zirkoniumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

Niob

Die Konzentrationen an Niob liegen an fast allen Standorten (Mühlleiten und Orth/Donau ausgenommen) über dem im Sediment gemessenen Wert.

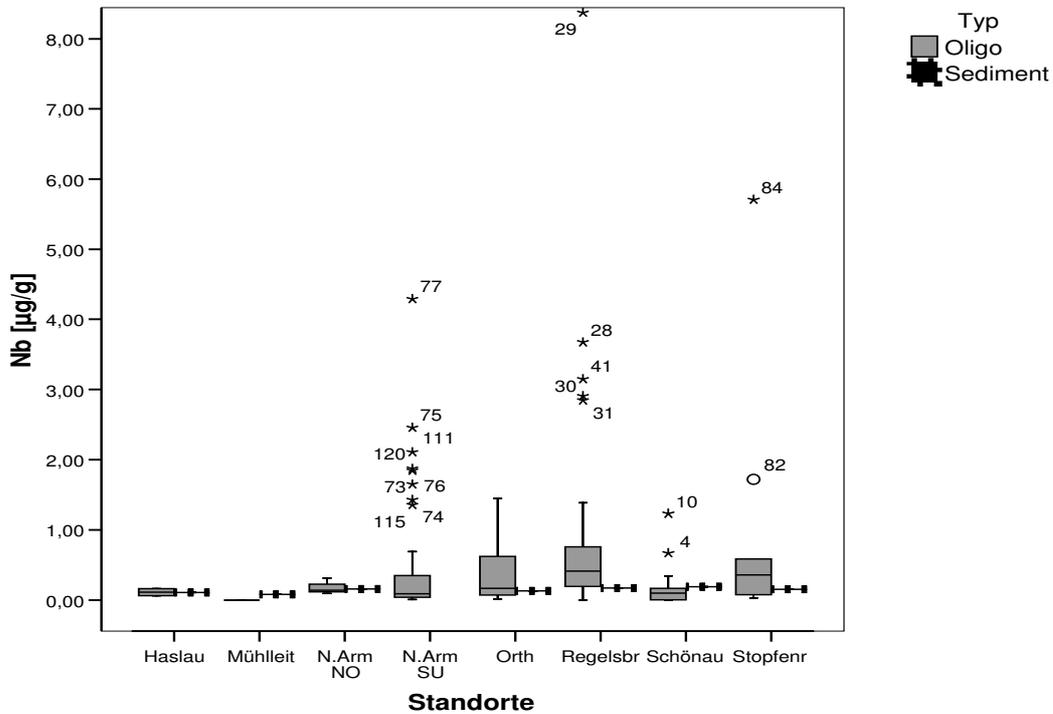


Abb. 81 Vergleich Niobgehalt Oligochaeten / Sediment

Molybdän

Die Konzentrationen an Molybdän liegen an den Standorten Narrischer Arm, Regelsbrunn, Schönau und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

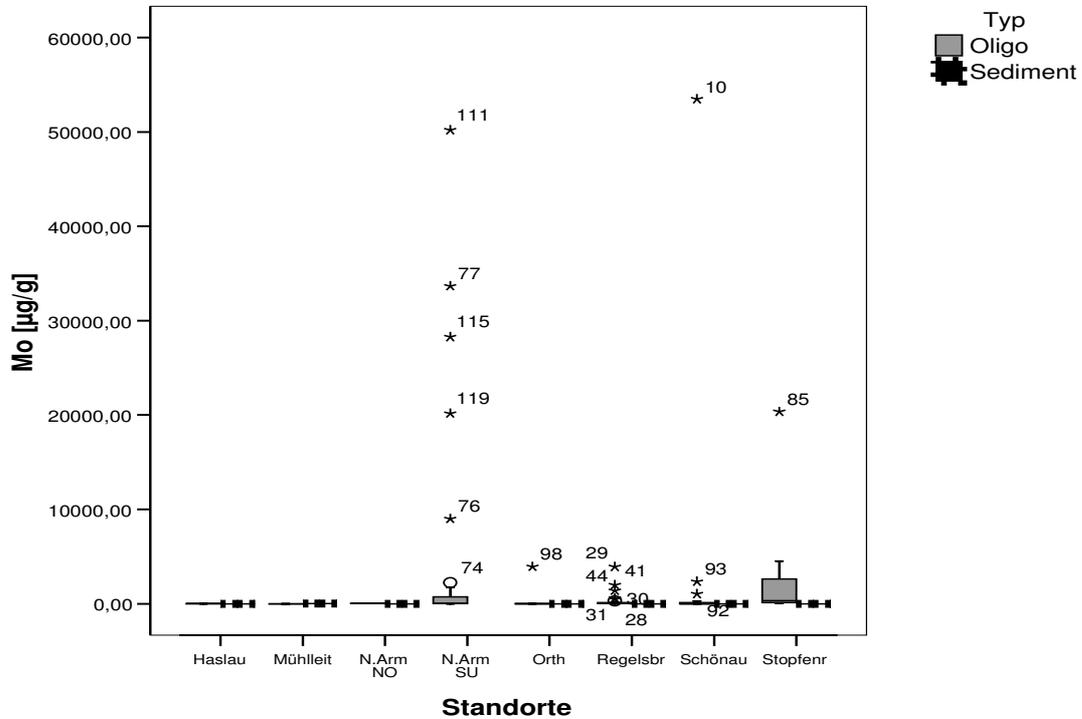


Abb. 82 Vergleich Molybdängehalt Oligochaeten / Sediment

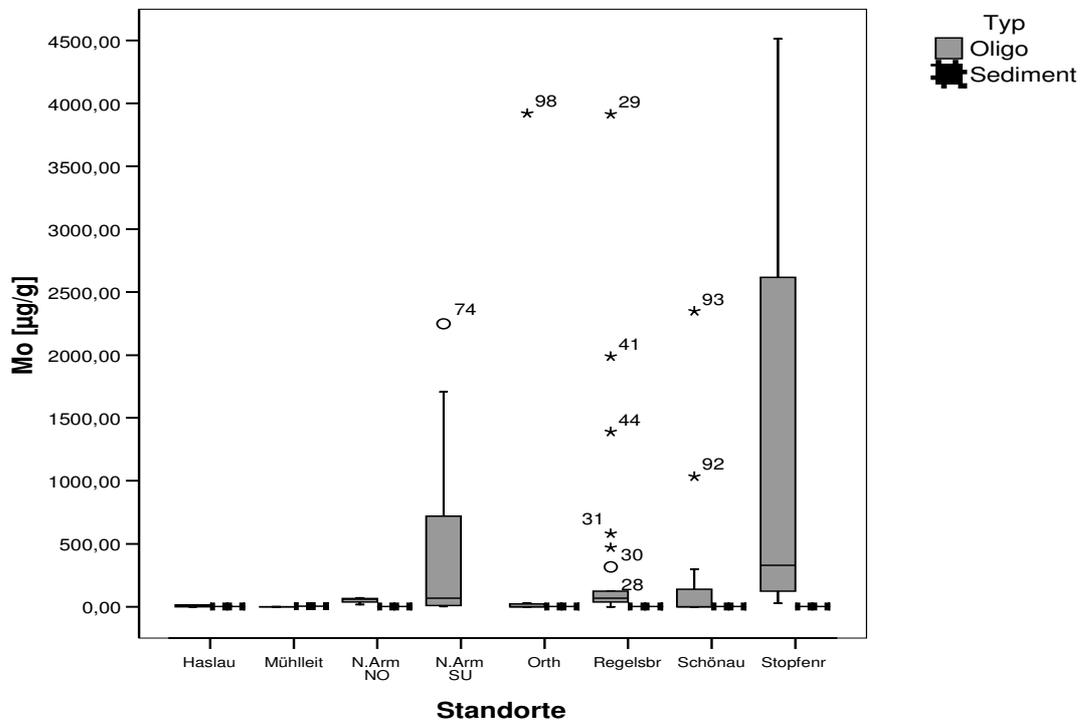


Abb. 83 Vergleich Molybdängehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Silber

Die Konzentrationen an Silber liegen an fast allen Standorten (Mühlleiten und Schönau ausgenommen) über dem im Sediment gemessenen Wert.

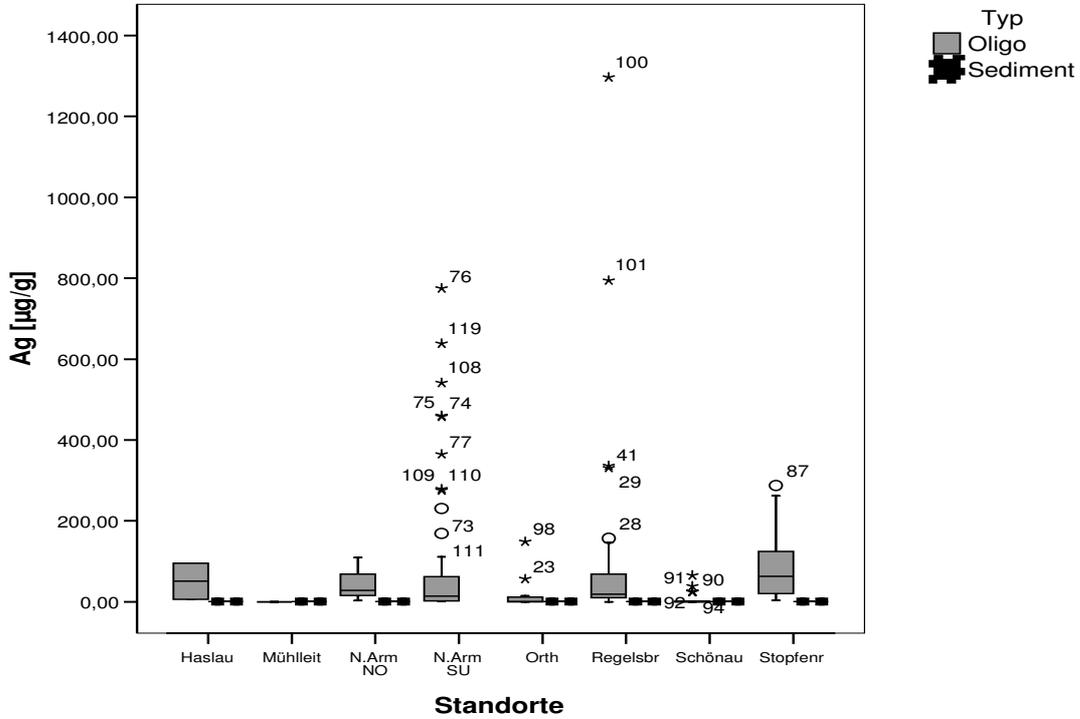


Abb. 84 Vergleich Silbergehalt Oligochaeten / Sediment

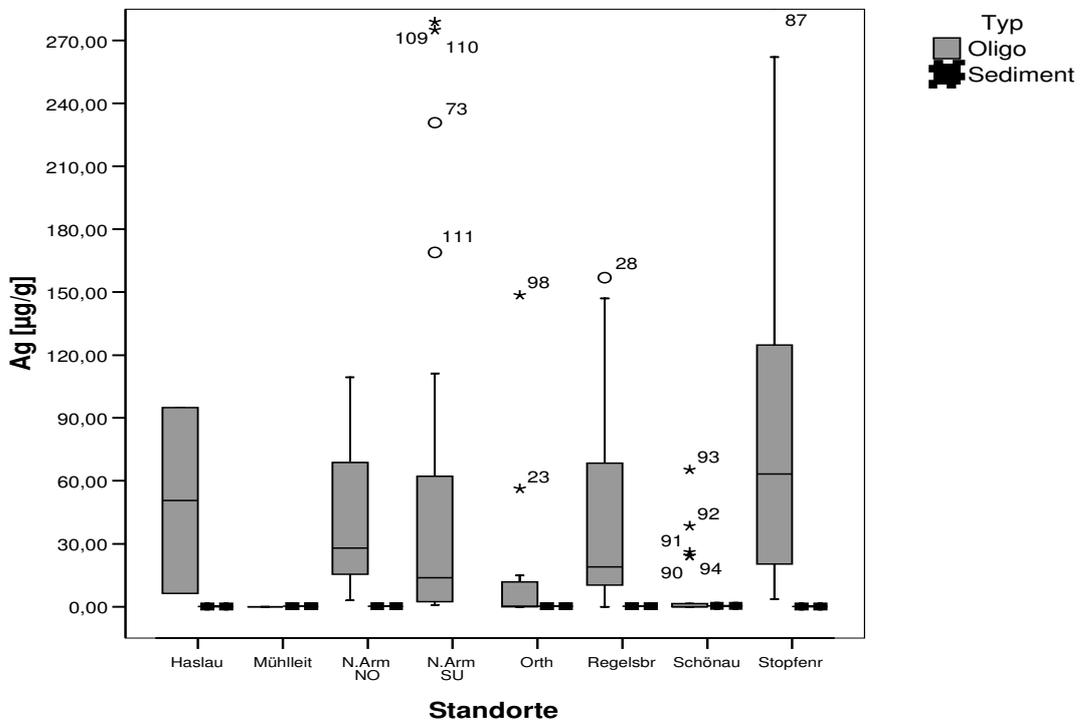


Abb. 85 Vergleich Silbergehalt Oligochaeten / Sediment

Cadmium

Die Konzentrationen an Silber liegen an fast allen Standorten (Mühlleiten und Haslau ausgenommen) über dem im Sediment gemessenen Wert.

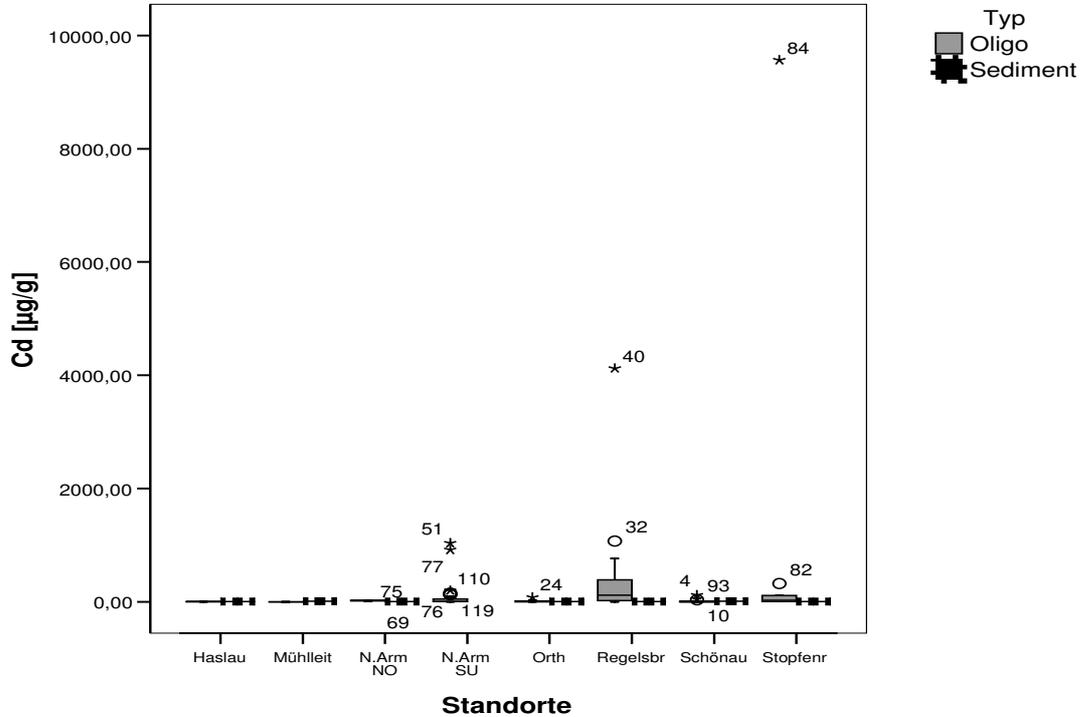


Abb. 86 Vergleich Cadmiumgehalt Oligochaeten / Sediment

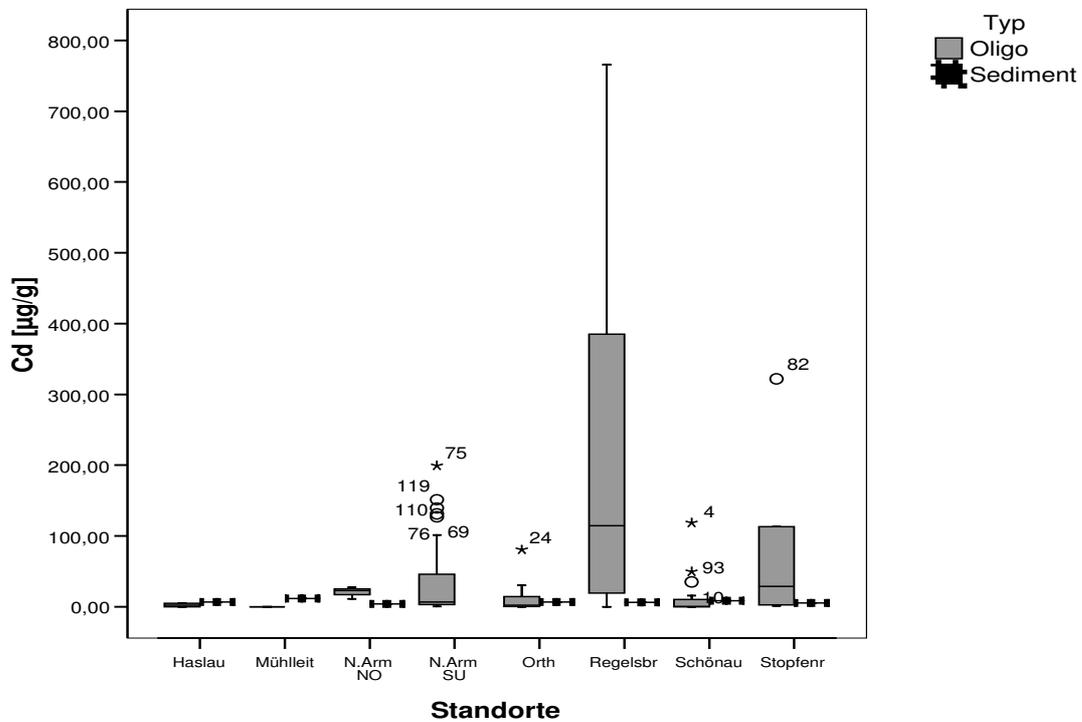


Abb. 87 Vergleich Cadmiumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

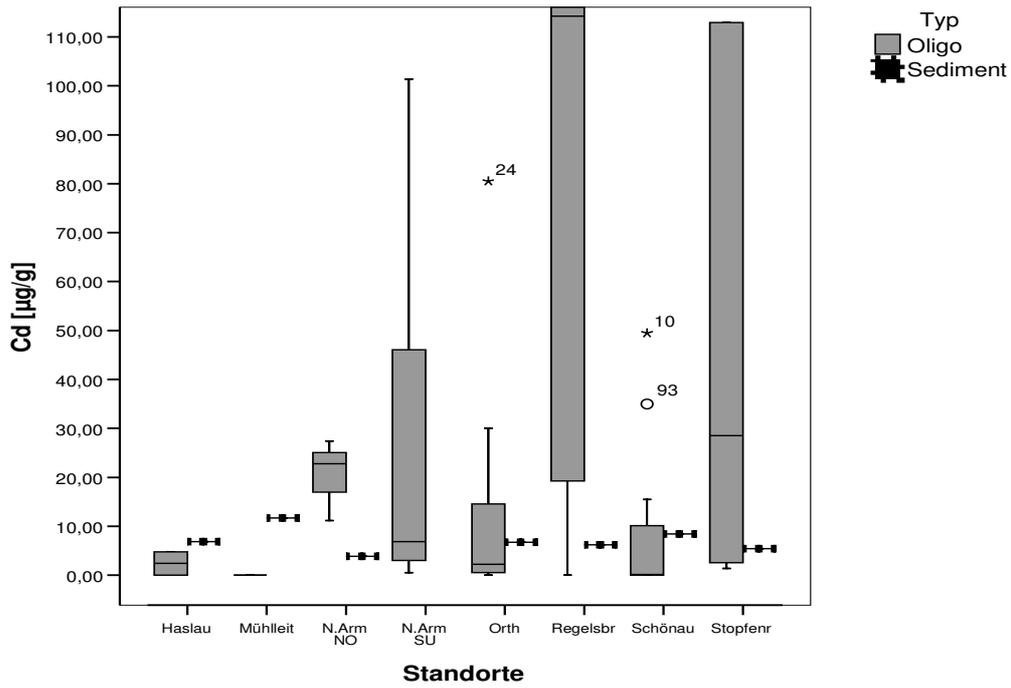


Abb. 88 Vergleich Cadmiumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

Zinn

Die Konzentrationen an Zinn liegen an allen Standorten über dem im Sediment gemessenen Wert.

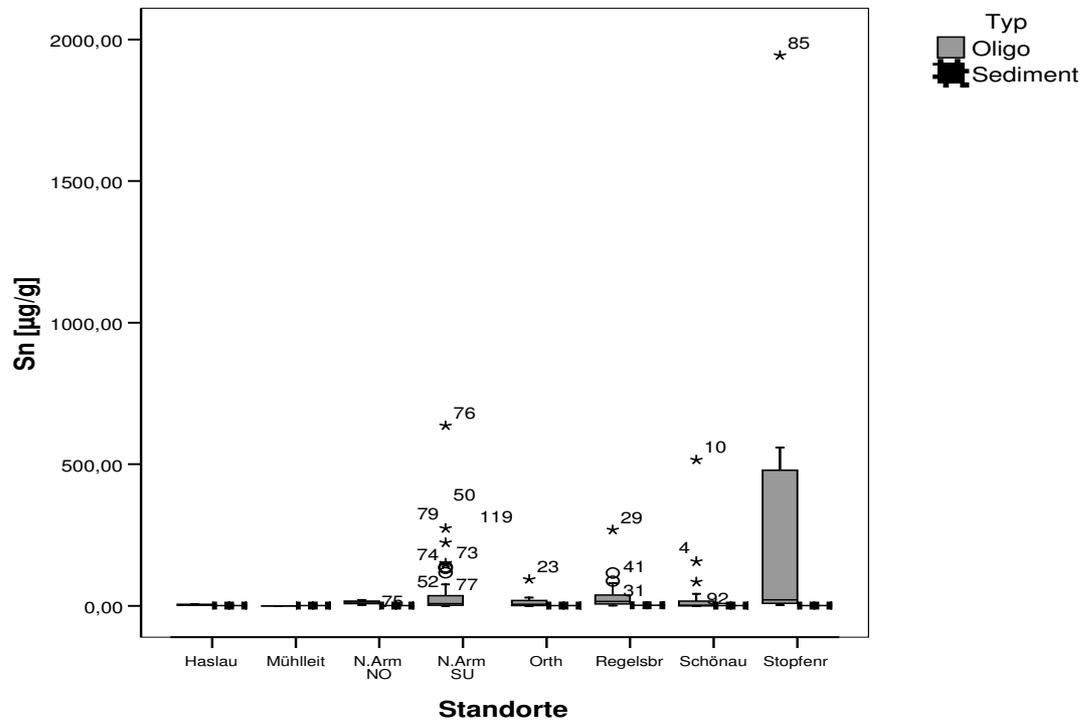


Abb. 89 Vergleich Zinngehalt Oligochaeten / Sediment

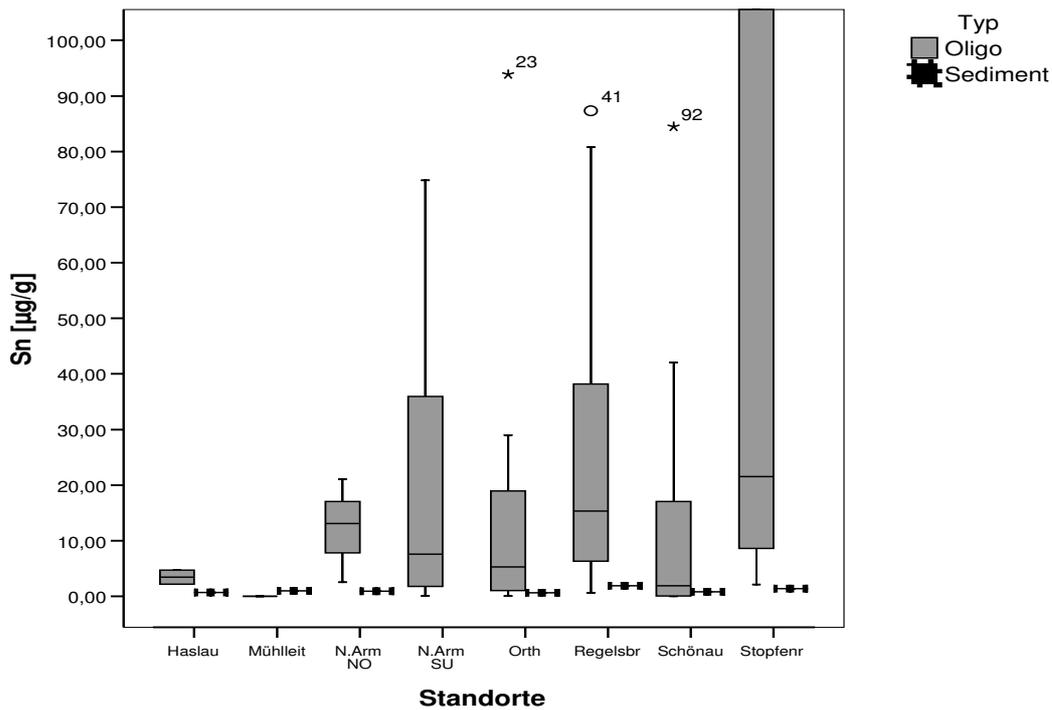


Abb. 90 Vergleich Zinngehalt Oligochaeten / Sediment - Detail

Antimon

Die Konzentrationen an Antimon liegen an fast allen Standorten (Mühlleiten und Haslau ausgenommen) über dem im Sediment gemessenen Wert.

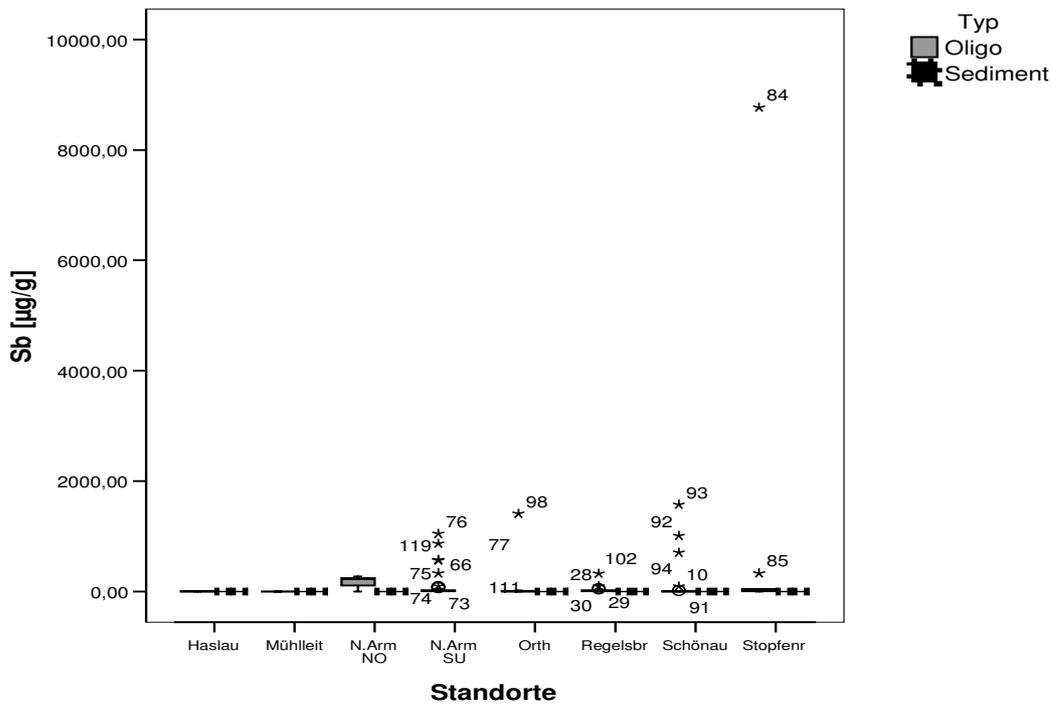


Abb. 91 Vergleich Antimongehalt Oligochaeten / Sediment

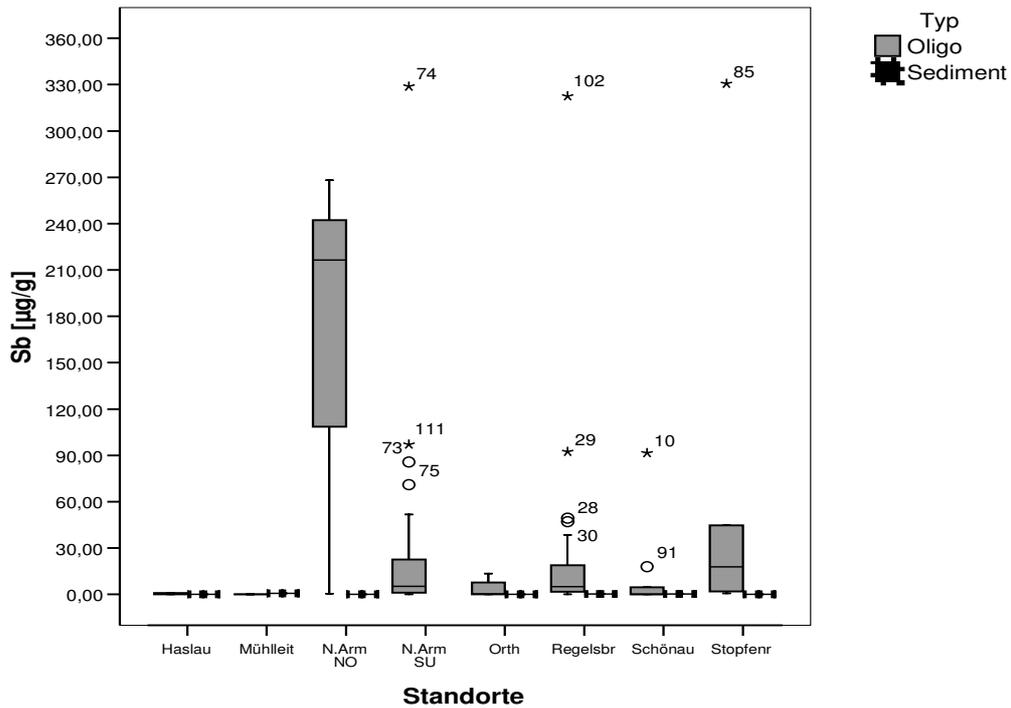


Abb. 92 Vergleich Antimongehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Tellur

Tellur konnte an allen Standorten in den Oligochaeten nur in Spuren nachgewiesen werden. Zwei Ausreißer (Probe 85 bei 22 $\mu\text{g/g}$ und Probe 84 bei 105 $\mu\text{g/g}$) sind nicht im Diagramm dargestellt.

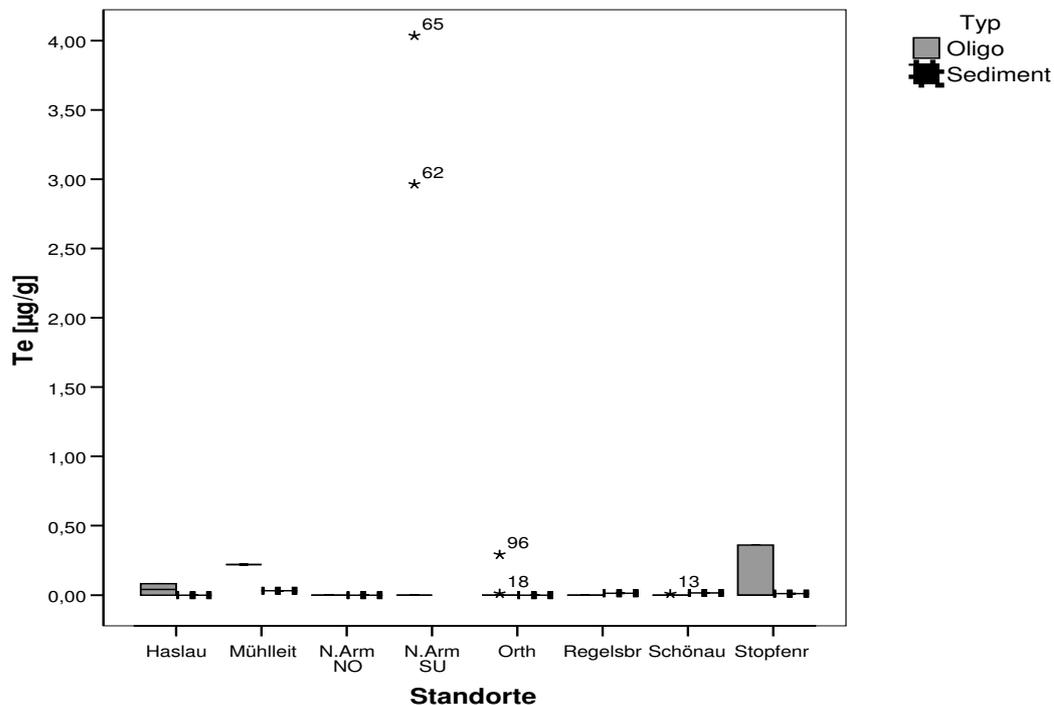


Abb. 93 Vergleich Tellurgehalt Oligochaeten / Sediment

Lanthan

Die Konzentrationen an Lanthan liegen an allen Standorten deutlich über dem im Sediment gemessenen Wert.

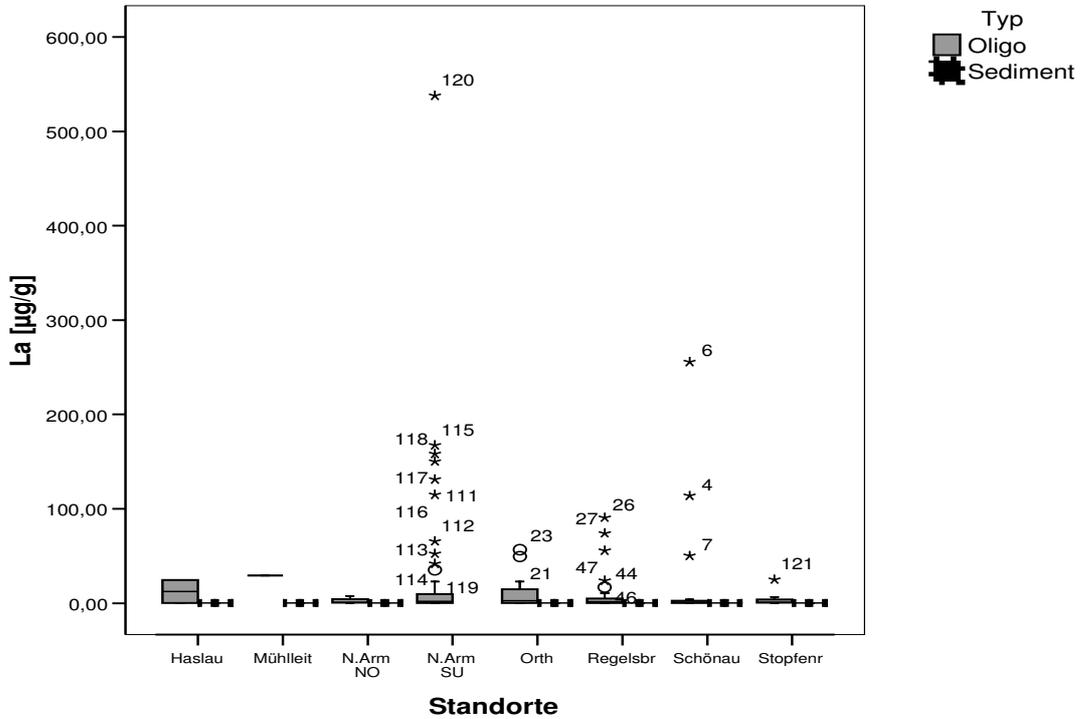


Abb. 94 Vergleich Lanthangehalt Oligochaeten / Sediment

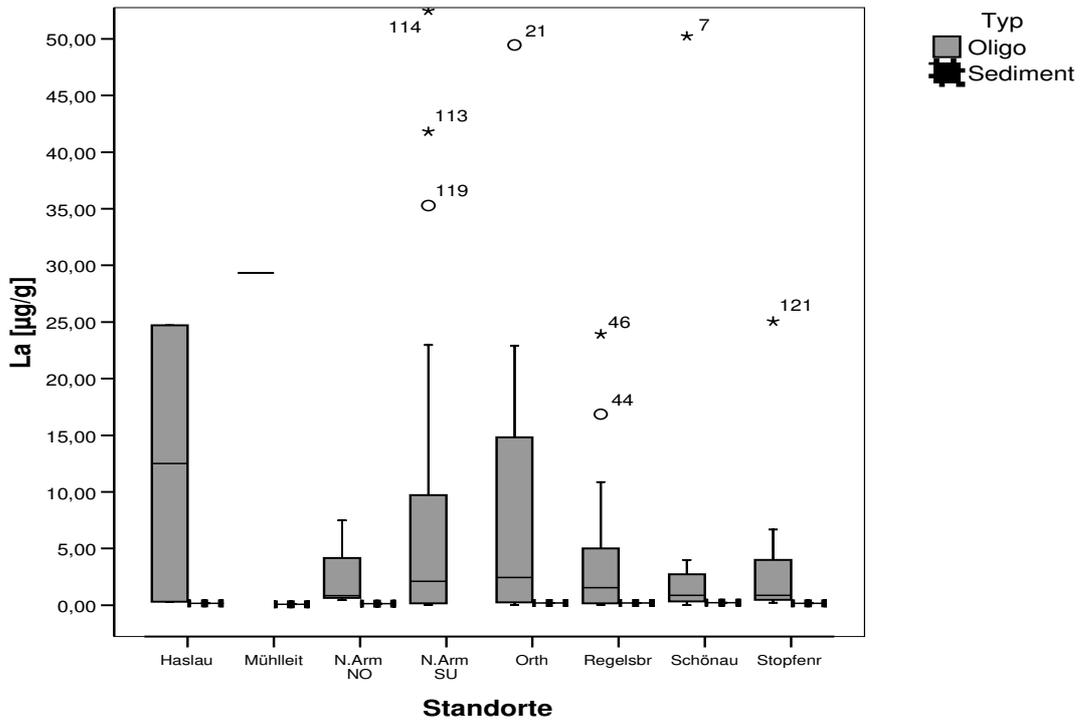


Abb. 95 Vergleich Lanthangehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Cer

Die Konzentrationen an Cer liegen an fast allen Standorten (Mühlleiten und Narrischer Arm Nord ausgenommen) über dem im Sediment gemessenen Wert.

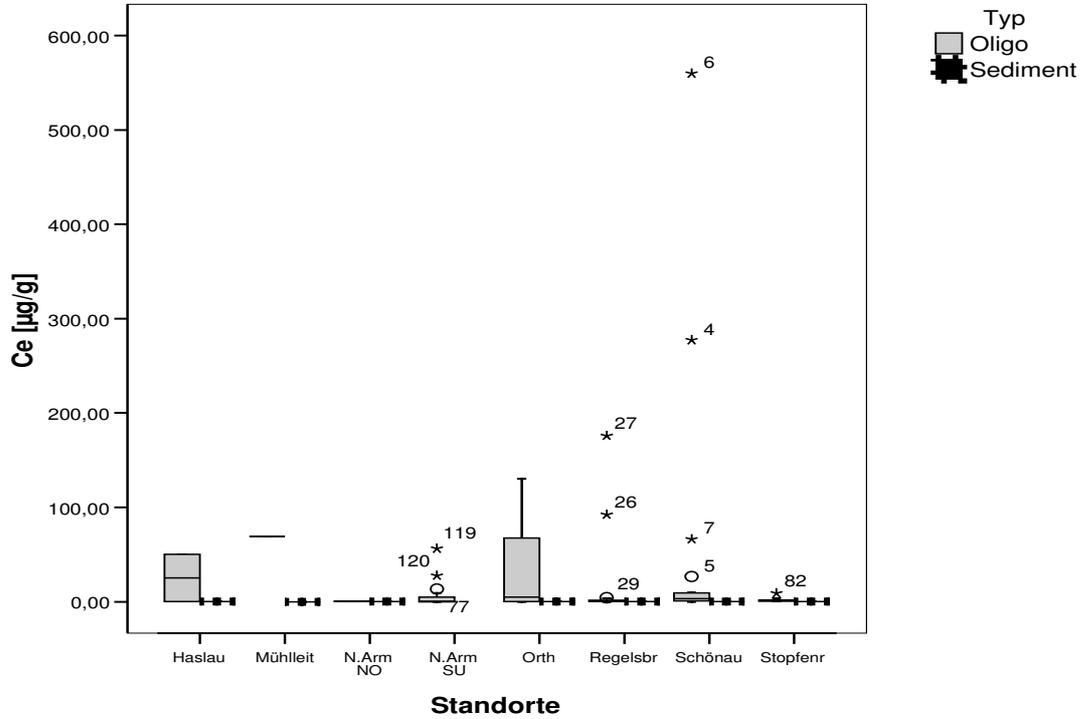


Abb. 96 Vergleich Cergehalt Oligochaeten / Sediment

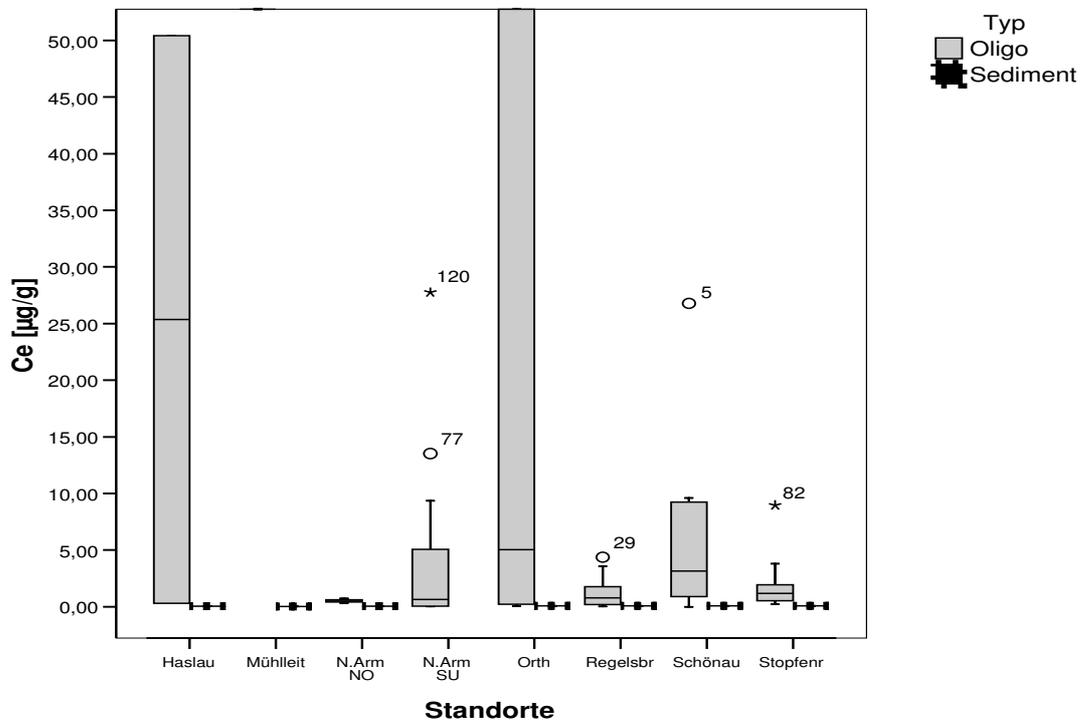


Abb. 97 Vergleich Cergehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Thallium

Die Konzentrationen an Thallium liegen v.a. an den Standorten Regelsbrunn und Stopfenreuth über dem im Sediment gemessenen Wert.

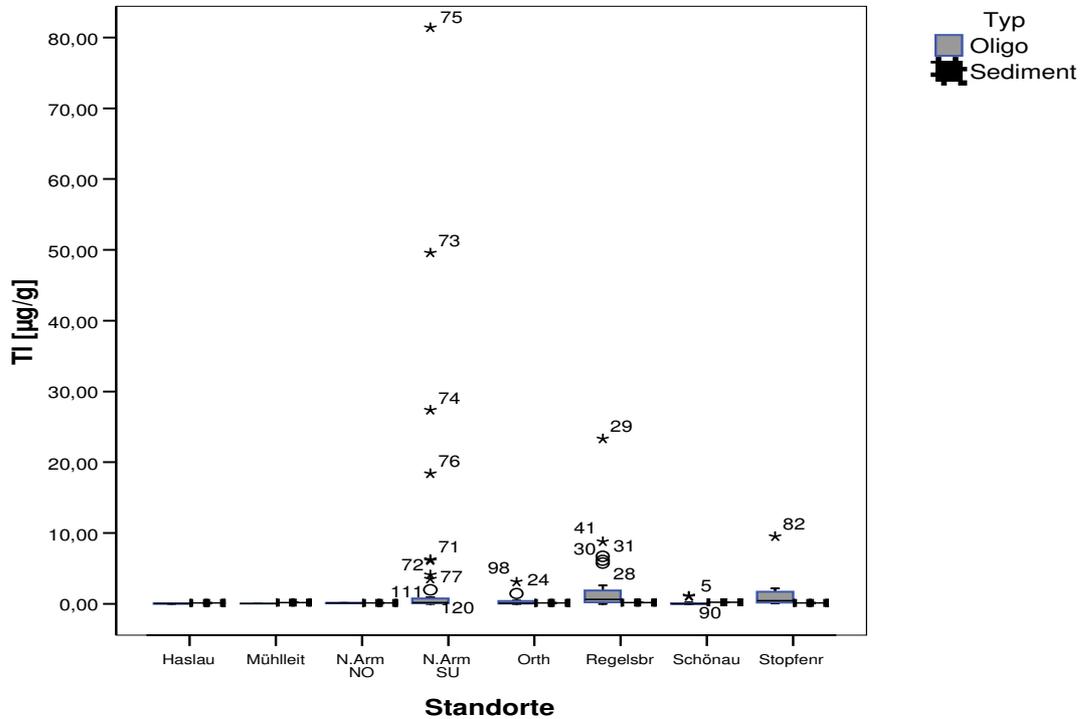


Abb. 98 Vergleich Thalliumgehalt Oligochaeten / Sediment

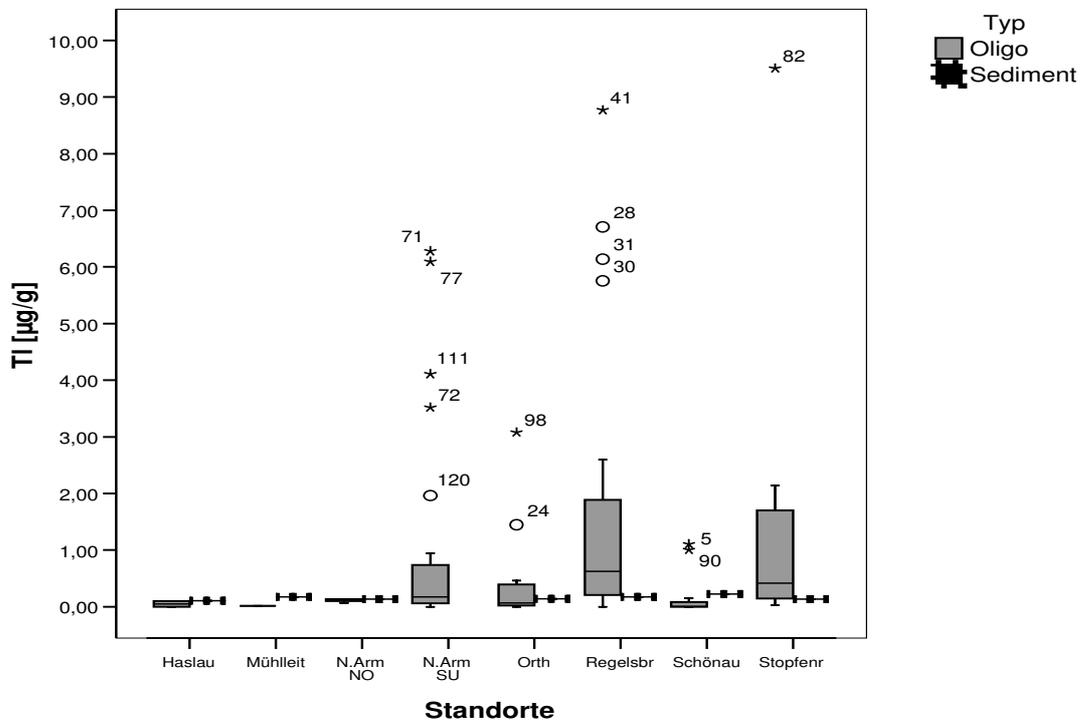


Abb. 99 Vergleich Thalliumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Blei

Die Konzentrationen an Blei liegen an allen Standorten deutlich über dem im Sediment gemessenen Wert.

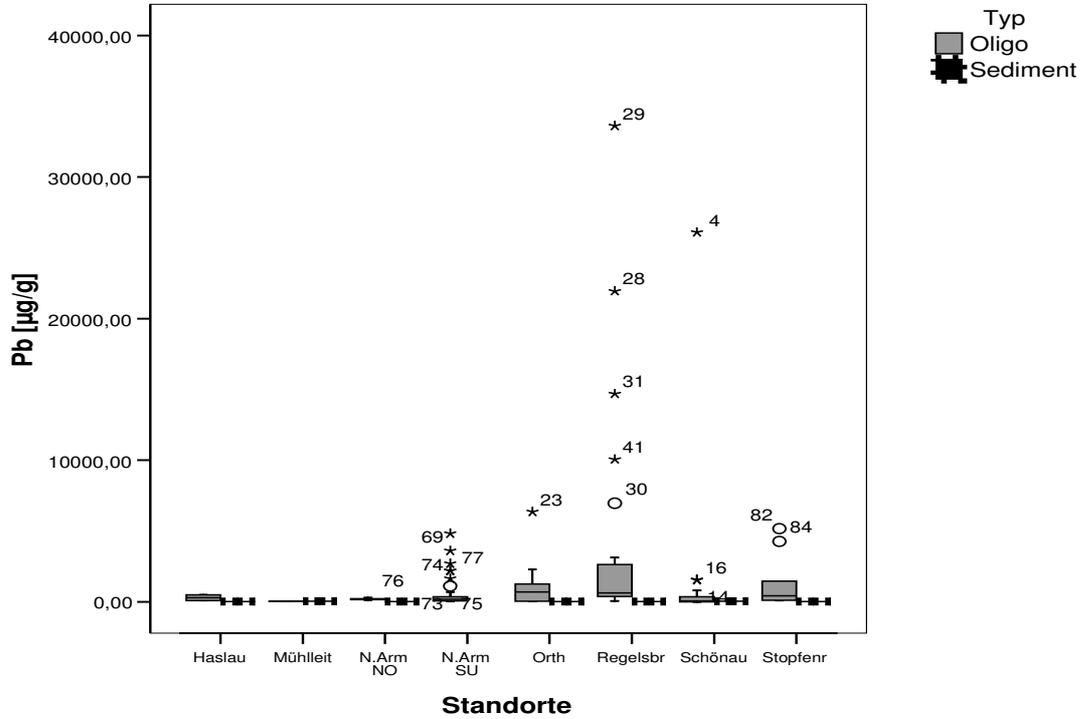


Abb. 100 Vergleich Bleigehalt Oligochaeten / Sediment

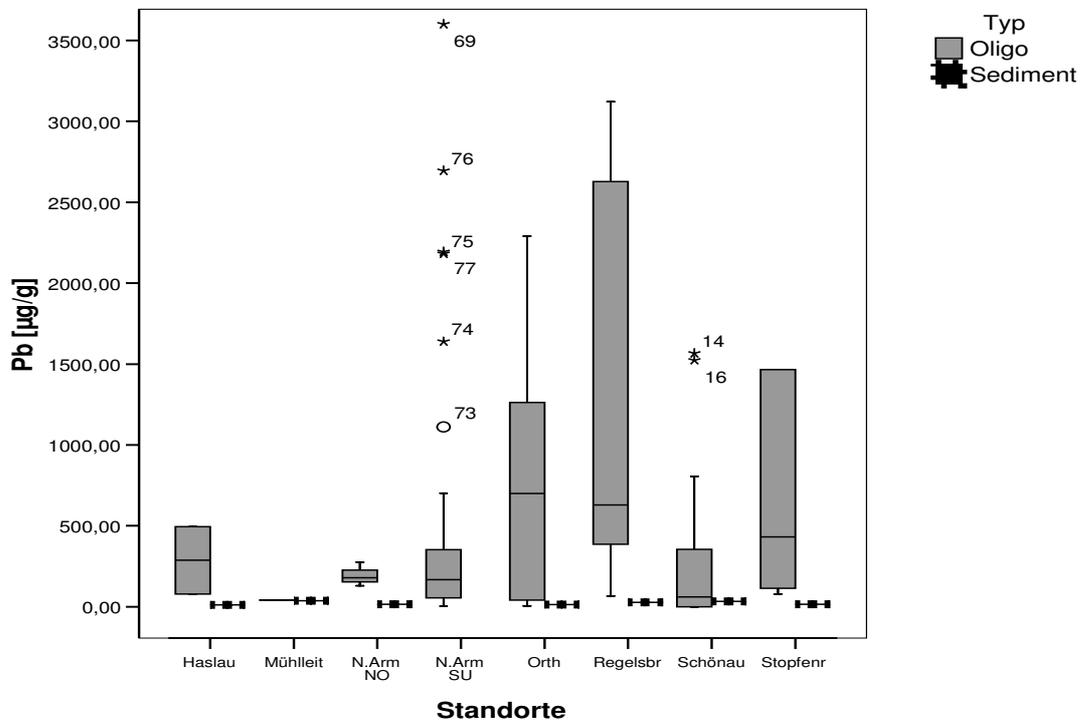


Abb. 101 Vergleich Bleigehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

Bismut

Die Konzentrationen an Bismut liegen an allen Standorten über dem im Sediment gemessenen Wert.

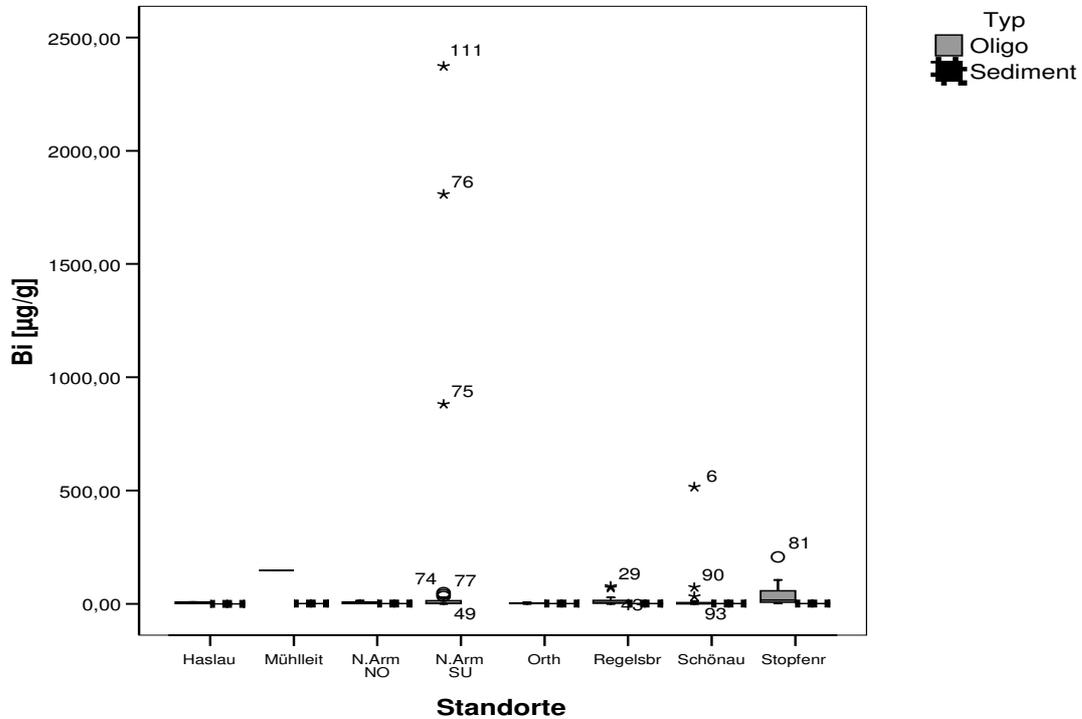


Abb. 102 Vergleich Bismutgehalt Oligochaeten / Sediment

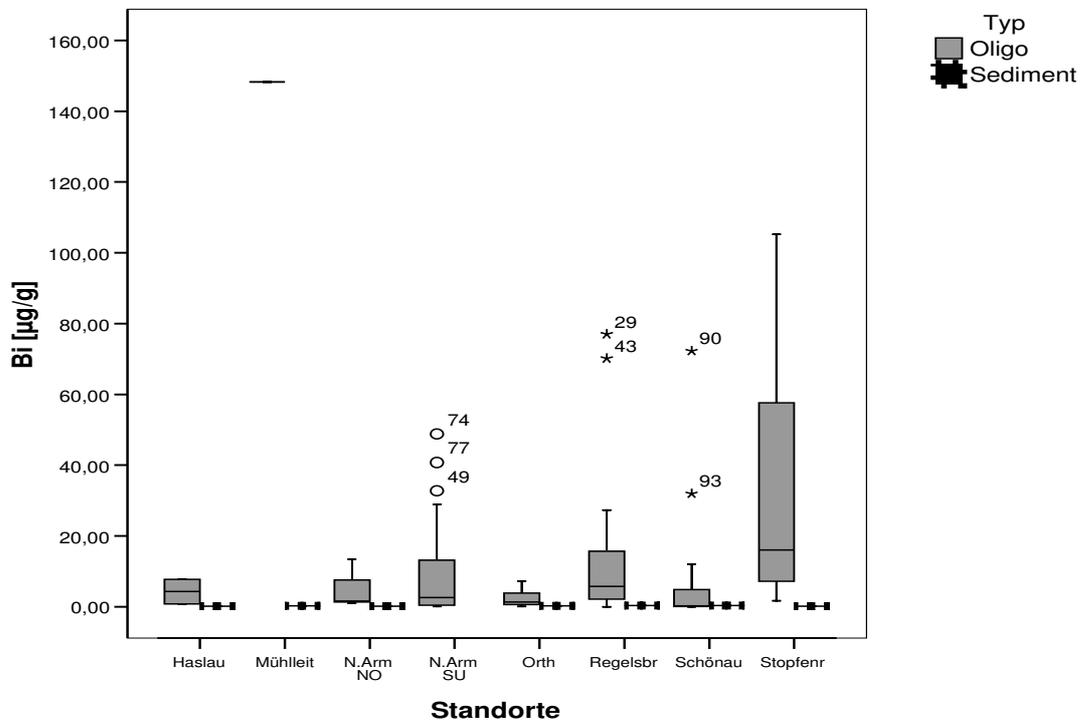


Abb. 103 Vergleich Bismutgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail

4.6. Gehalte nach Gattungen bzw. Arten

Aus der Gruppe der Chironomiden wurden jene zwölf Gattungen / Arten ausgewählt, die mit mindestens drei Individuen vertreten waren, ebenso wurde bei den Oligochaeten verfahren.

Chironomiden: *Chironomus sp.*, *Cladotanytarsus mancus-Gr.*, *Cricotopus (Isocladius) sylvestris-Gr.*, *Cryptochironomus psittacinus-Gr.*, *Cryptotendipes sp.*, *Glyptotendipes pallens*, *Microtendipes chloris-Gr.*, *Parachironomus arcuatus-Gr.*, *Paralauterborniella nigrohalteralis*, *Polypedilum nubeculosum*, *Procladius (Holotanypus) sp.*, *Prodiamesa olivacea*

Oligochaeten: *Eiseniella tetraedra*, *Tubificidae bif.juv.*, *Psammoryctides albicola*

Tab. 8 Metallgehalte nach taxonom. Niveaus - Verarbeitete Fälle Chironomiden am Beispiel Scandium

Verarbeitete Fälle^a

art		Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Scandium [µg/g]	Chironom	9	100,0%	0	,0%	9	100,0%
	Cladotan	3	100,0%	0	,0%	3	100,0%
	Cricotop	5	100,0%	0	,0%	5	100,0%
	Cryptoch	3	100,0%	0	,0%	3	100,0%
	Cryptote	10	100,0%	0	,0%	10	100,0%
	Glyptote	3	100,0%	0	,0%	3	100,0%
	Microten	6	100,0%	0	,0%	6	100,0%
	Parachir	3	100,0%	0	,0%	3	100,0%
	Paralaut	3	100,0%	0	,0%	3	100,0%
	Polypedi	7	100,0%	0	,0%	7	100,0%
	Procladi	8	100,0%	0	,0%	8	100,0%
	Prodiame	13	100,0%	0	,0%	13	100,0%

a. typneu = Chironomiden

Tab. 9 Metallgehalte nach taxonom. Niveaus - Verarbeitete Fälle Oligochaeten am Beispiel Scandium

Verarbeitete Fälle^a

art		Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Scandium [µg/g]	Eiseniel	7	100,0%	0	,0%	7	100,0%
	Psammory	5	100,0%	0	,0%	5	100,0%
	Tubifici	13	100,0%	0	,0%	13	100,0%

a. typneu = Oligochaeten

4.6.1. Scandium

In den ausgewählten Chironomidengattungen bzw. -arten konnte kein Scandium nachgewiesen werden.

Bei den Oligochaeten fand sich dieses Element nur bei der Art *Eiseniella tetraedra* in geringen Konzentrationen.

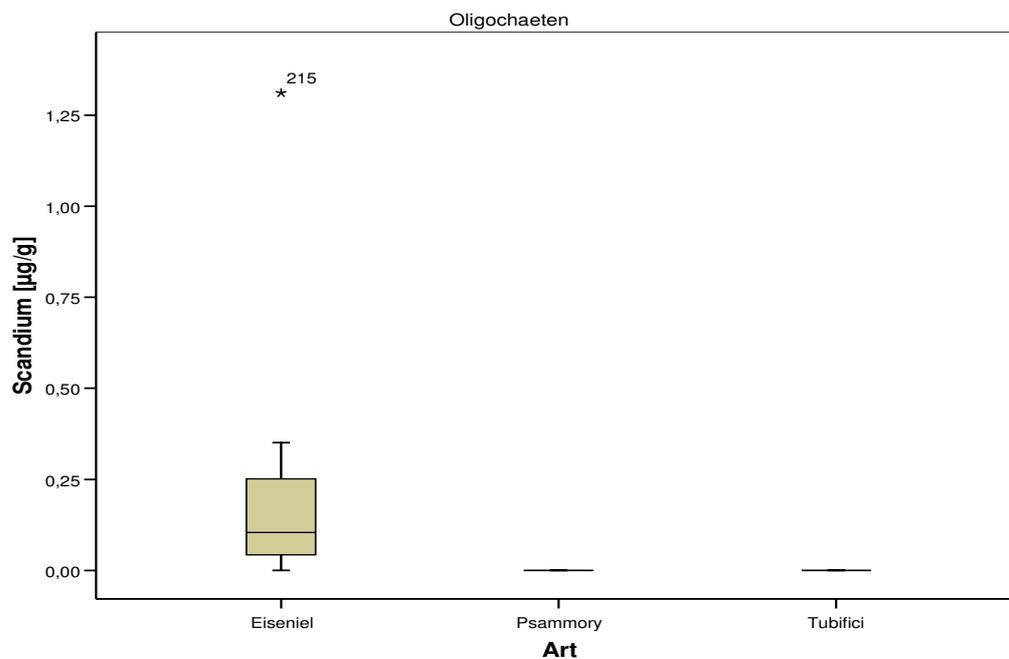


Abb. 104 Gehalt an Scandium in den Oligochaeten

4.6.2. Vanadium

In den Chironomiden finden sich wesentlich höhere Vanadiumgehalte als in den Oligochaeten. Unter den Individuen der *Parachironomus arcuatus-Gr.* gibt es keines, in dem nicht Vanadium gemessen werden konnte, insgesamt weist diese Gruppe die höchsten Werte auf.

Bei den Oligochaeten findet sich Vanadium v. a. in *Eiseniella tetraedra*, die juvenilen Tubificidae sind unbelastet.

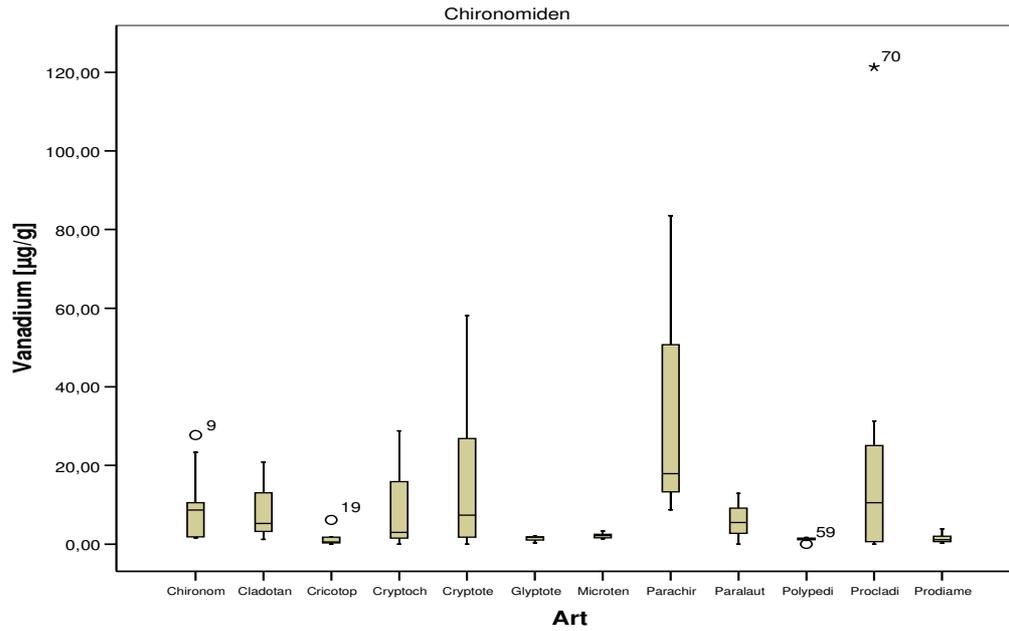


Abb. 105 Gehalt an Vanadium in den Chironomiden

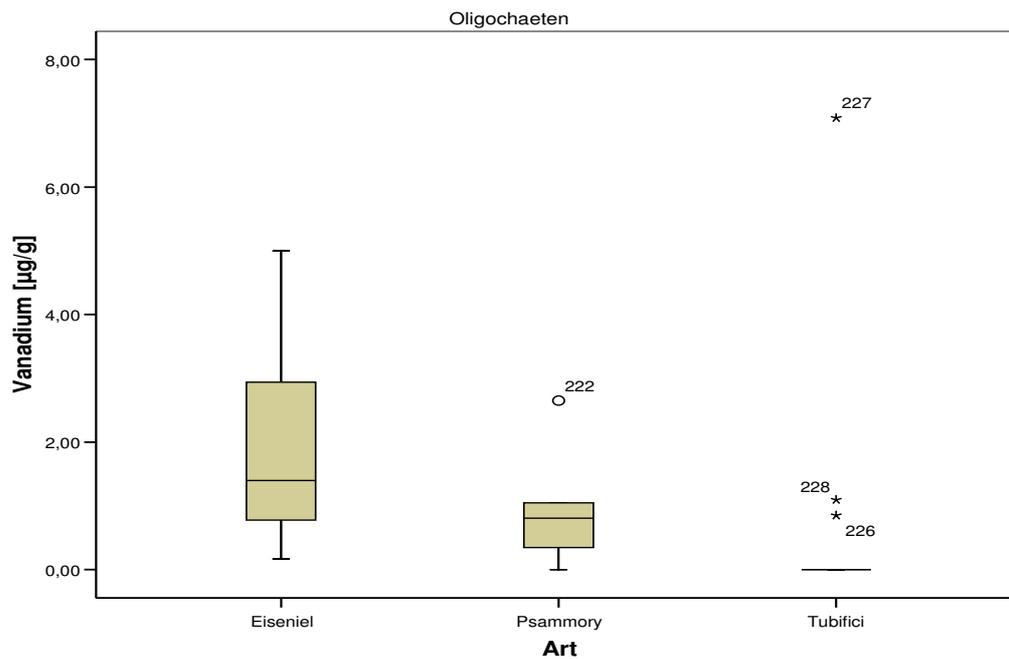


Abb. 106 Gehalt an Vanadium in den Oligochaeten

4.6.3. Chrom

Unter den Chironomiden weisen fünf Gattungen / Arten Chromgehalte von 500 µg/g und darüber auf (*Chironomus sp.*, *Cladotanytarsus mancus-Gr.*, *Cryptochironomus psittacinus-Gr.*, *Cryptotendipes sp.* und *Procladius (Holotanypus) sp.*). Es gibt aber in jeder Gattung / Art Individuen, die keine Chrombelastung aufweisen.

Im Gegensatz zu Vanadium findet sich Chrom v. a. in den juvenilen Oligochaeten. Wieder liegen die Werte im Vergleich zu den Chironomiden niedriger.

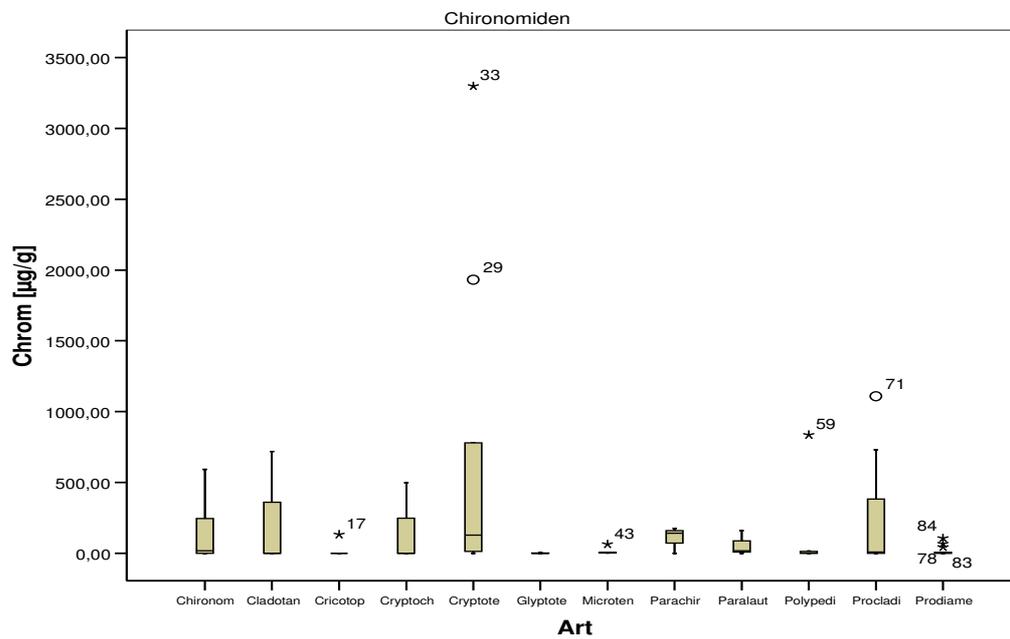


Abb. 107 Gehalt an Chrom in den Chironomiden

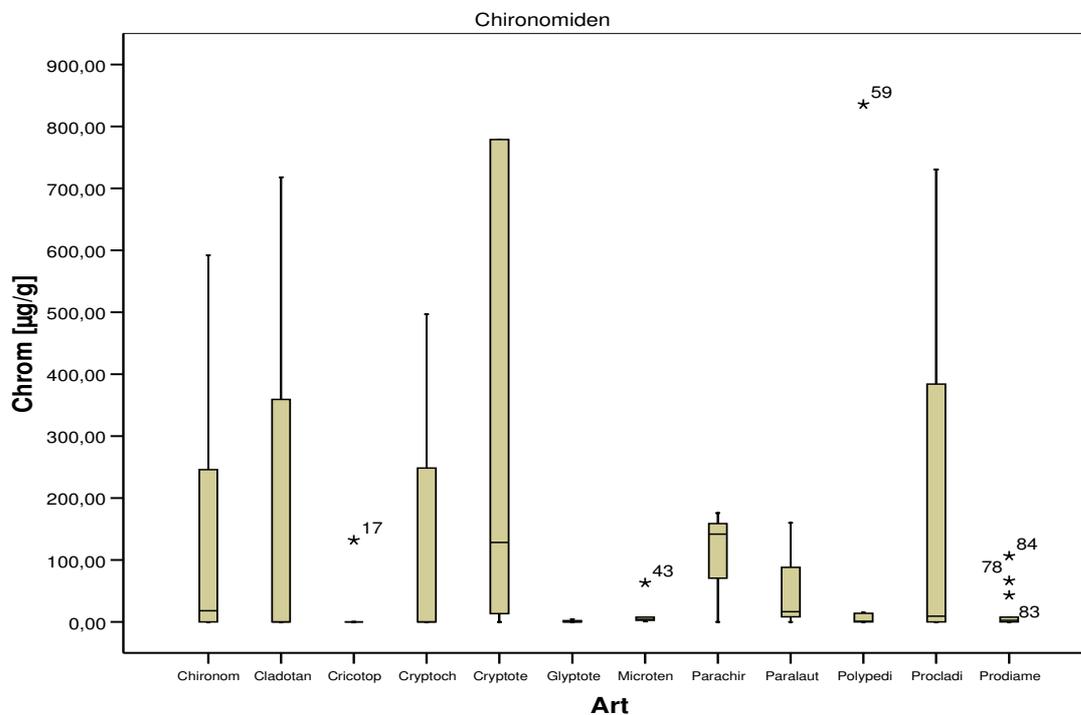


Abb. 108 Gehalt an Chrom in den Chironomiden - Detail

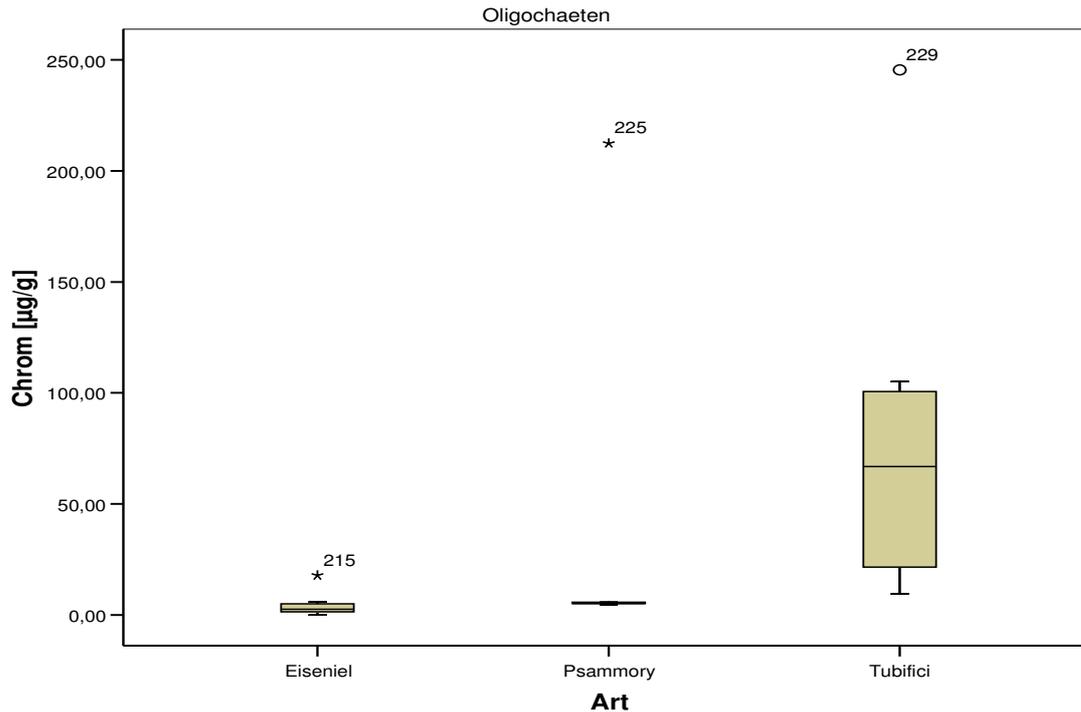


Abb. 109 Gehalt an Chrom in den Oligochaeten

4.6.4. Mangan

Die Manganbelastung ist bei *Procladius (Holotanypus) sp.* am höchsten. Bei *Parachironomus arcuatus-Gr.* und *Paralauterborniella nigrohalteralis* gibt es keine unbelasteten Individuen.

Eiseniella tetraedra weist unter den Oligochaeten die höchsten Mangankonzentrationen auf. Es gibt aber in jeder Gruppe unbelastete Individuen und die Gesamtbelastung ist auch bei diesem Element niedriger als bei den Chironomiden.

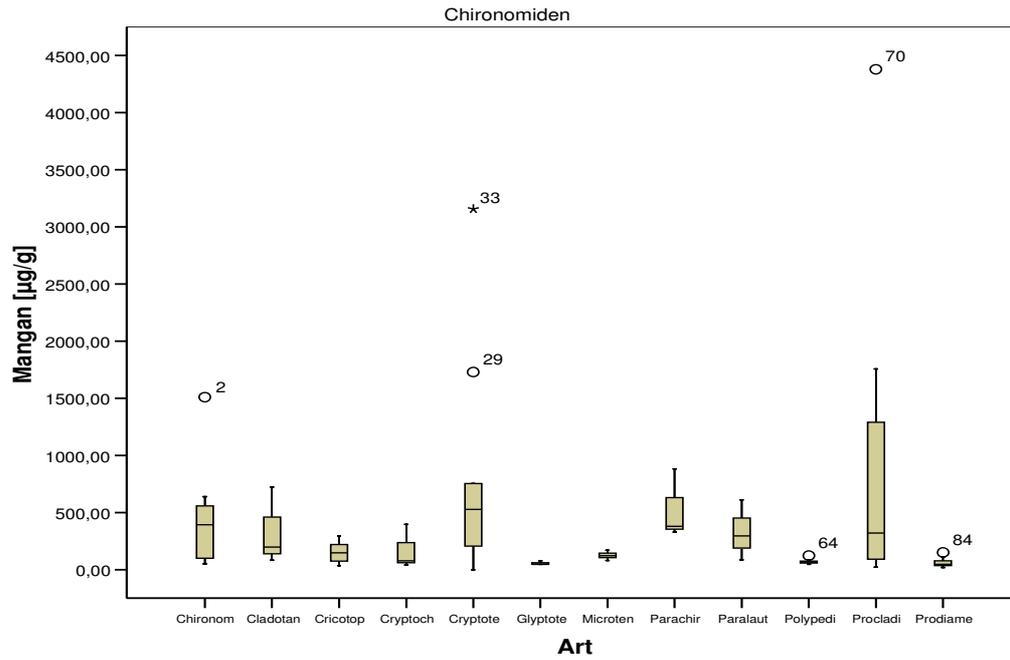


Abb. 110 Gehalt an Mangan in den Chironomiden

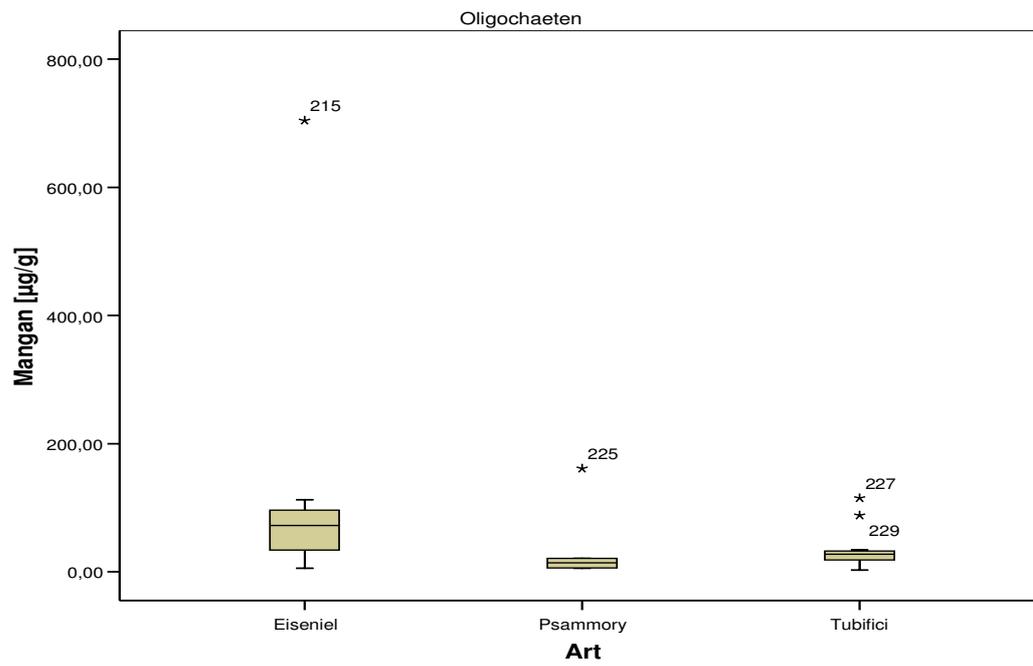


Abb. 111 Gehalt an Mangan in den Oligochaeten

4.6.5. Kobalt

Die Verteilung von Kobalt ähnelt bei den Chironomiden sehr den Ergebnissen des Mangans, nur die Gesamtkonzentrationen sind circa um das 10fache niedriger.

Bei den Oligochaeten ist Kobalt nur in Spuren (vor allem bei den juvenilen Tubificiden) nachweisbar.

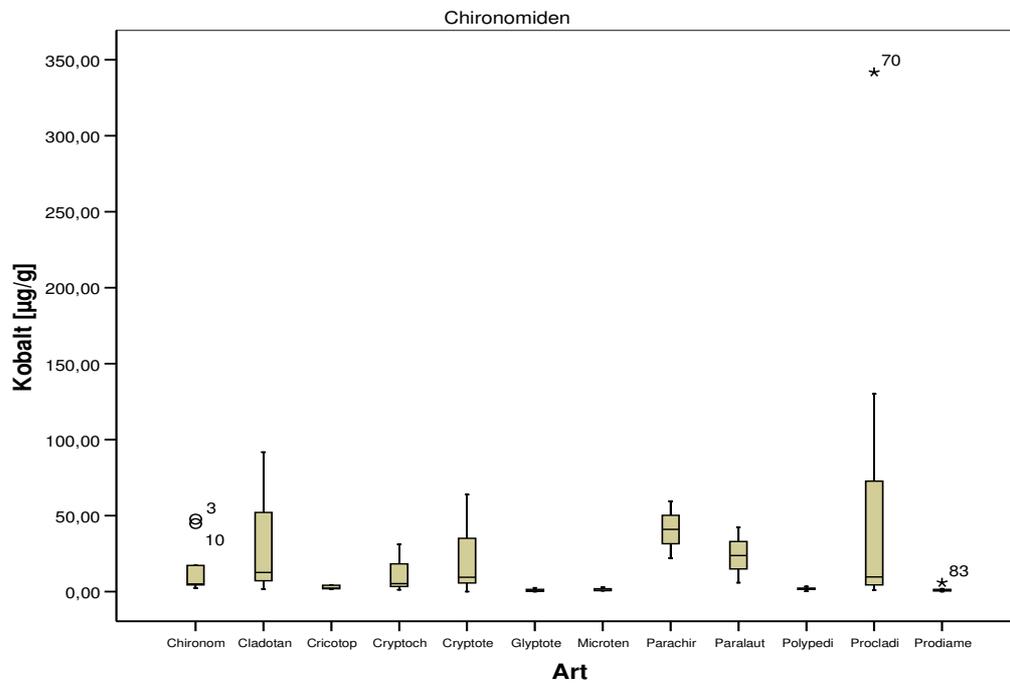


Abb. 112 Gehalt an Kobalt in den Chironomiden

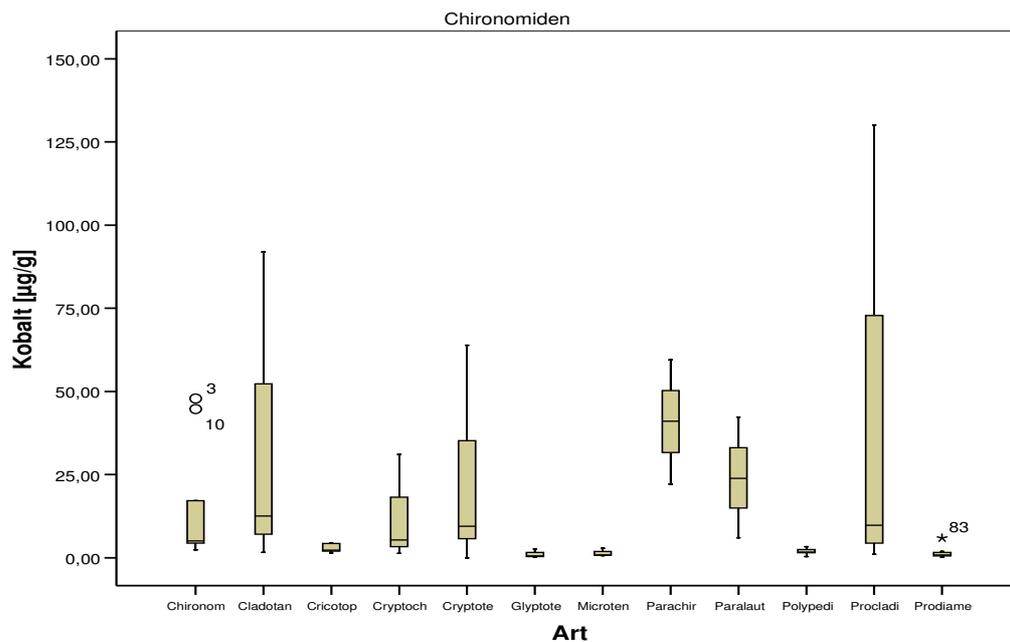


Abb. 113 Gehalt an Kobalt in den Chironomiden - Detail

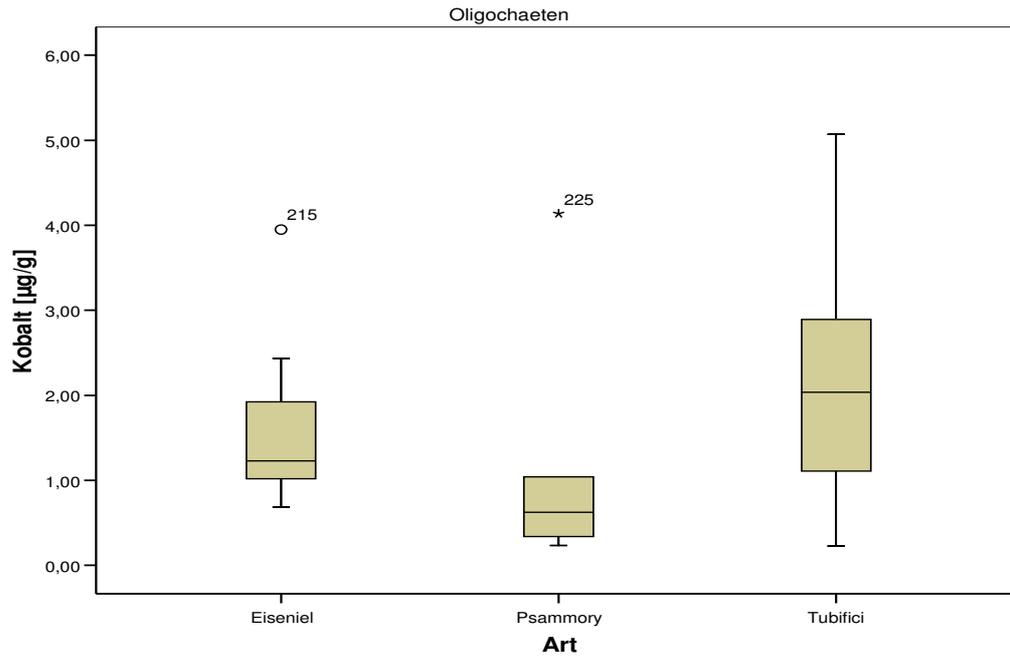


Abb. 114 Gehalt an Kobalt in den Oligochaeten

4.6.6. Nickel

Auch Nickel liefert ein ähnliches Bild wie Mangan.

Bei den Oligochaeten ist Nickel vor allem bei den juvenilen Tubificiden nachweisbar.

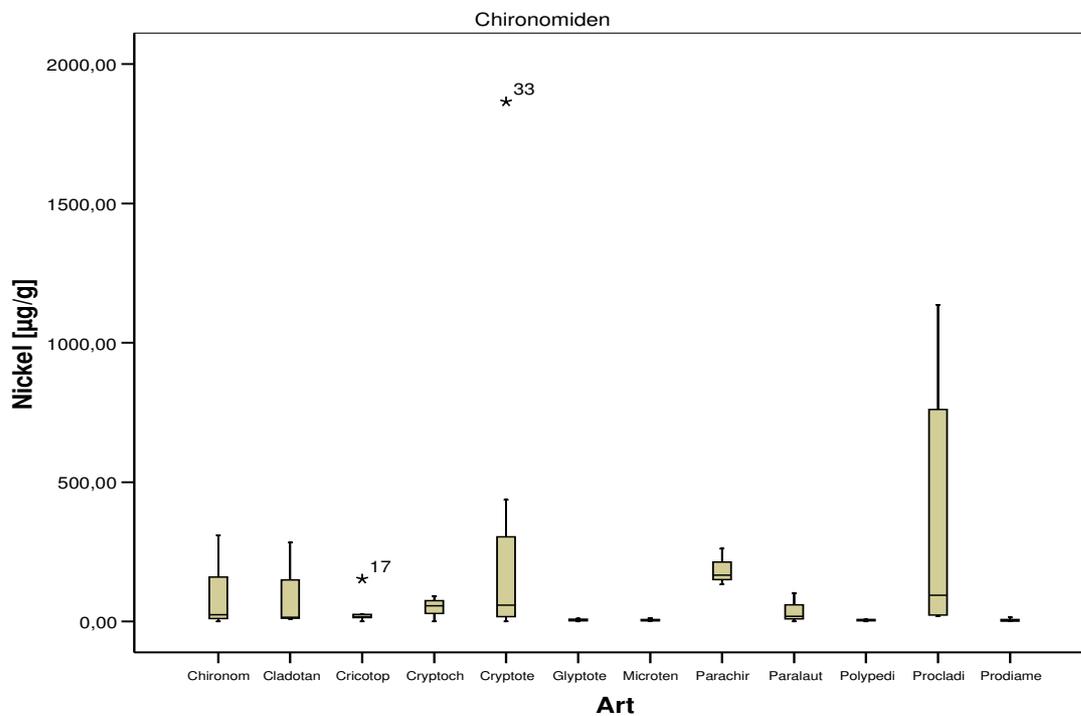


Abb. 115 Gehalt an Nickel in den Chironomiden

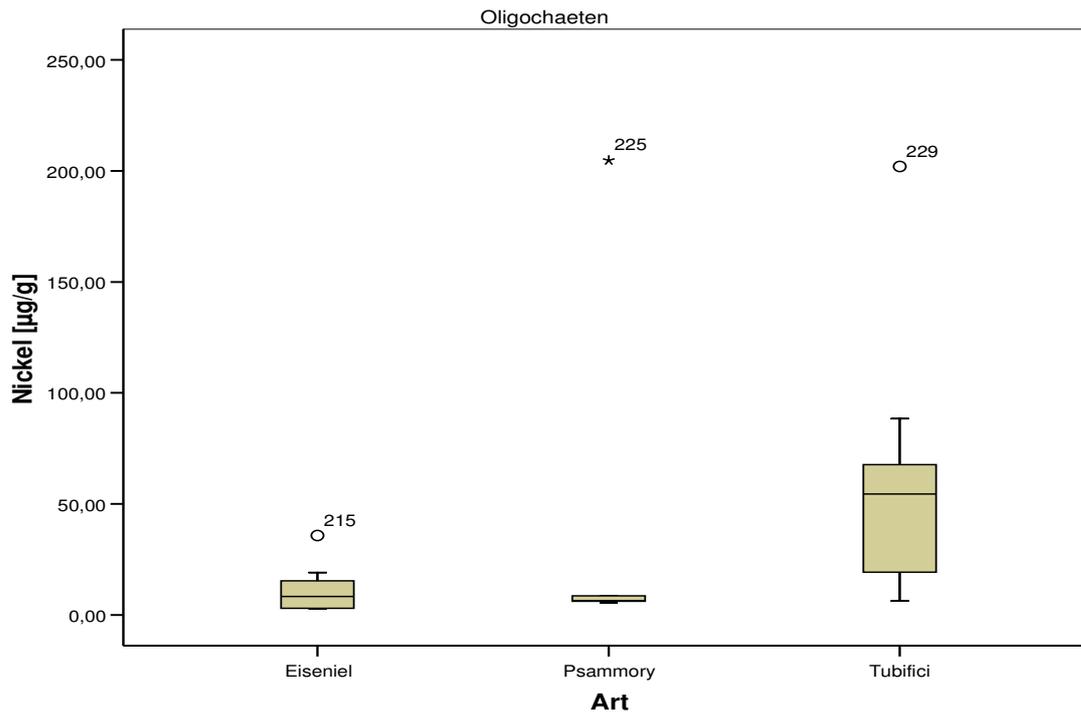


Abb. 116 Gehalt an Nickel in den Oligochaeten

4.6.7. Kupfer

Die Kupferbelastung ist bei *Procladius (Holotanytus) sp.* am höchsten. Bei *Parachironomus arcuatus-Gr.* und *Paralauterborniella nigrohalteralis* gibt es keine unbelasteten Individuen.

Die juvenilen Tubificiden weisen unter den Oligochaeten die höchsten Kupferkonzentrationen auf. Es gibt aber in jeder Gruppe unbelastete Individuen und die Gesamtbelastung ist auch bei diesem Element niedriger als bei den Chironomiden.

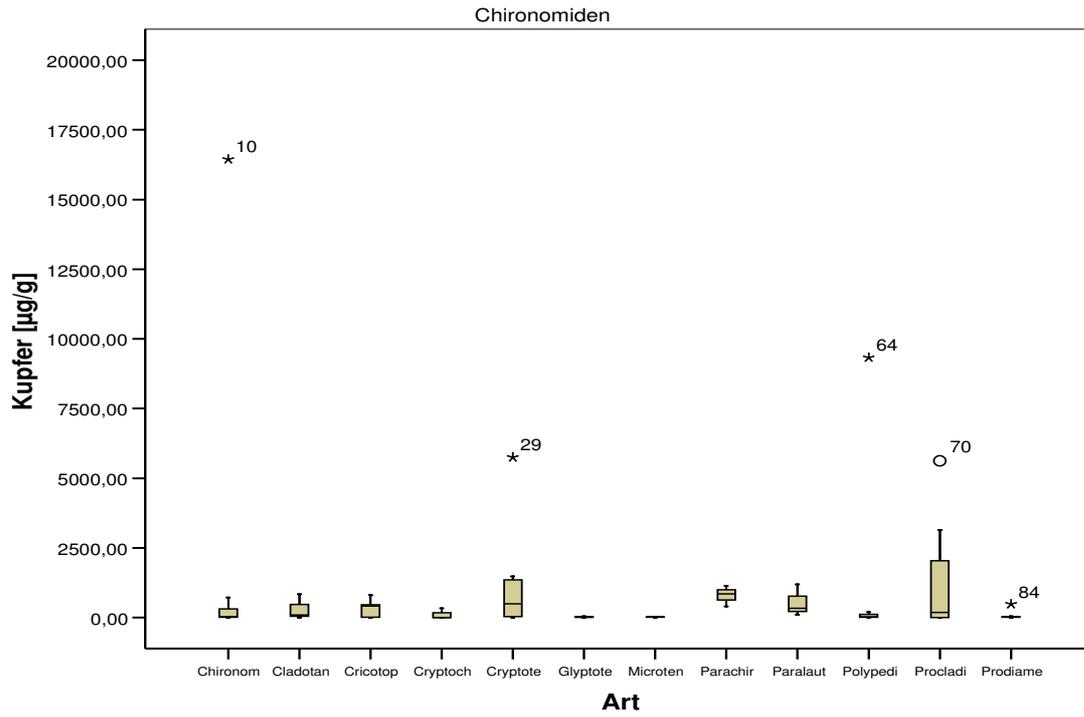


Abb. 117 Gehalt an Kupfer in den Chironomiden

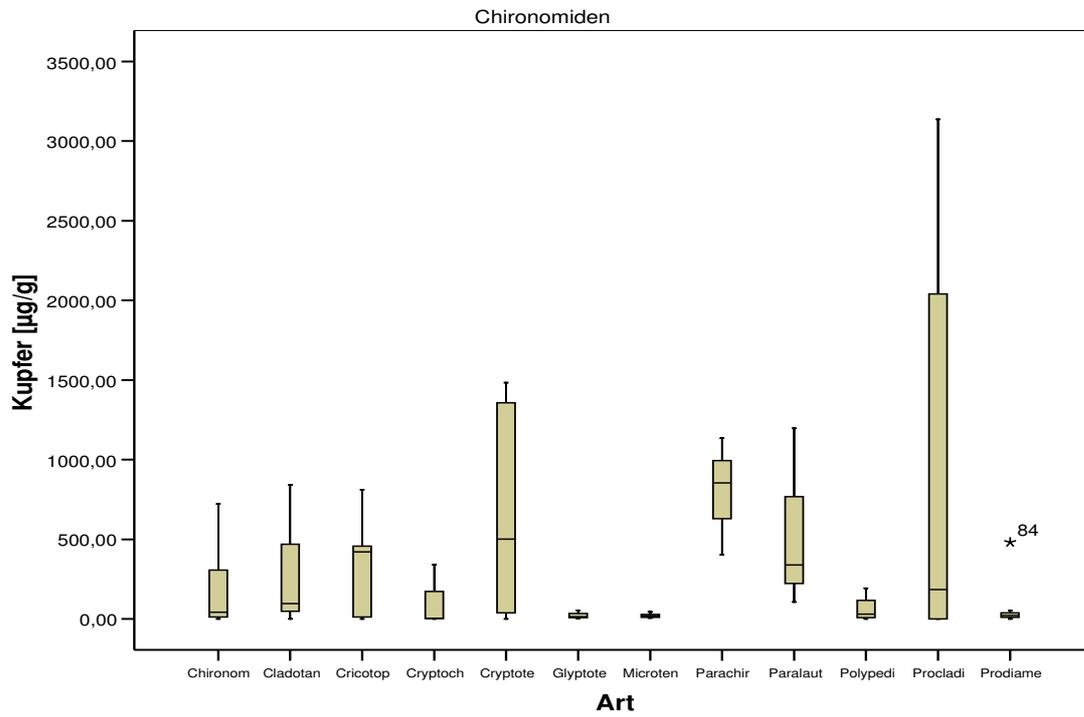


Abb. 118 Gehalt an Kupfer in den Chironomidenarten - Detail

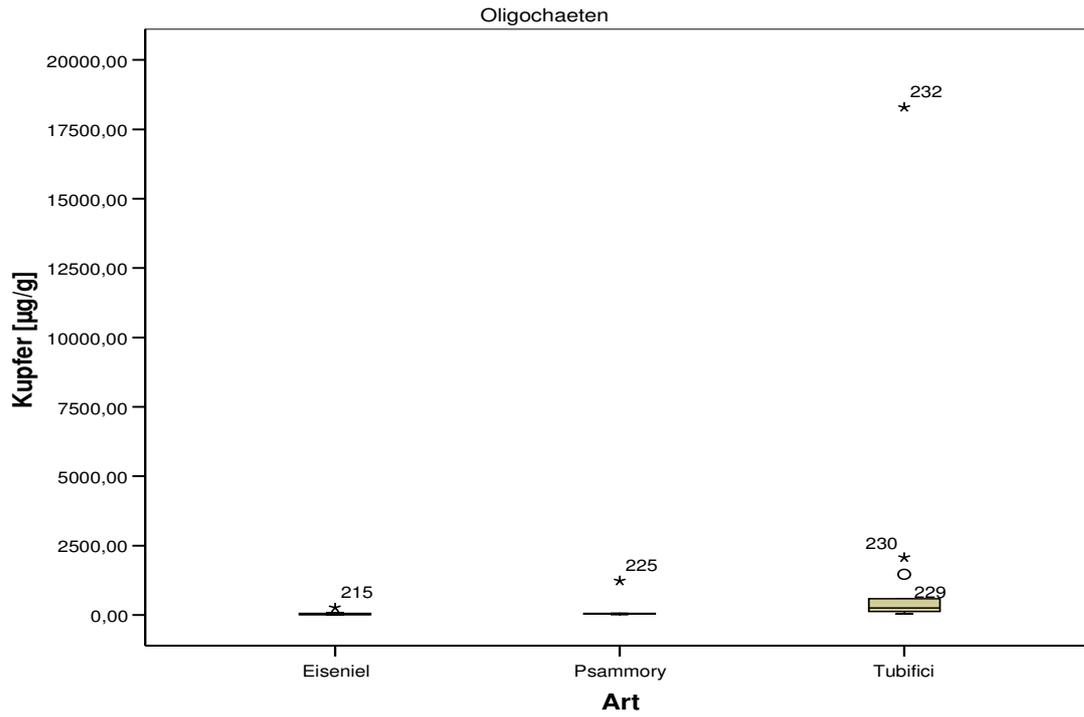


Abb. 119 Gehalt an Kupfer in den Oligochaeten

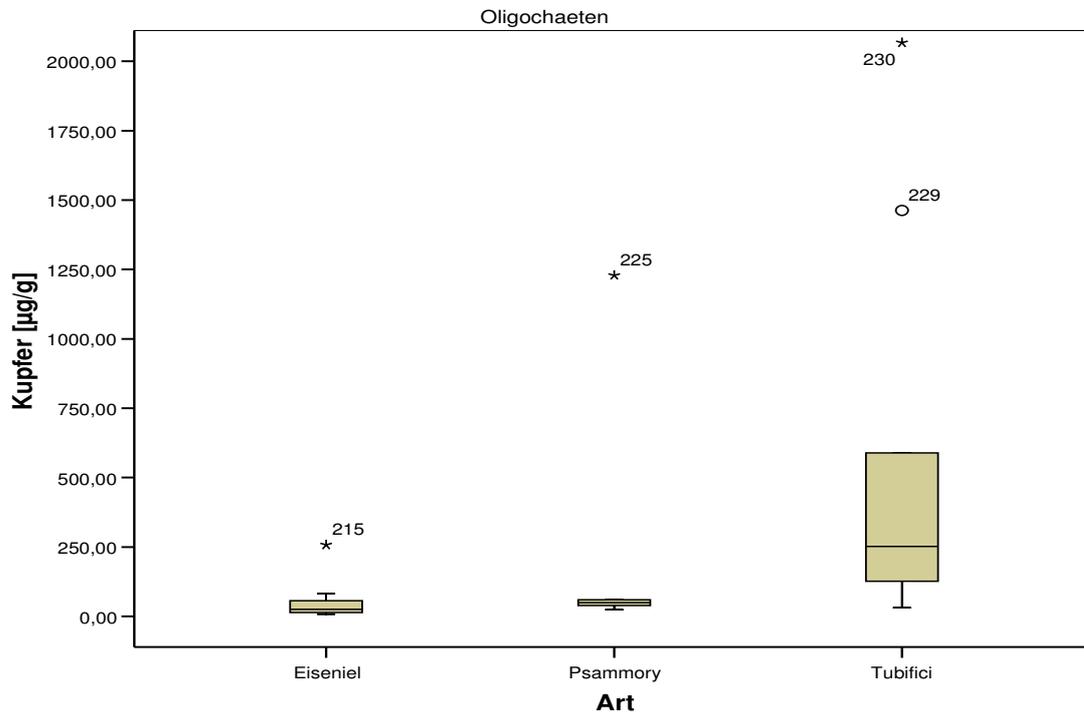


Abb. 120 Gehalt an Kupfer in den Oligochaeten - Detail

4.6.8. Zink

Zink zeigt ein ähnliches Bild: Die Zinkbelastung ist bei *Procladius (Holotanypus) sp.* am höchsten. Bei *Parachironomus arcuatus*-Gr. und *Paralauterborniella nigrohalteralis* gibt es keine unbelasteten Individuen.

Die juvenilen Tubificiden weisen unter den Oligochaeten auch die höchsten Zinkkonzentrationen auf. Es gibt aber in jeder Gruppe unbelastete Individuen und die Gesamtbelastung ist auch bei diesem Element wieder niedriger als bei den Chironomiden.

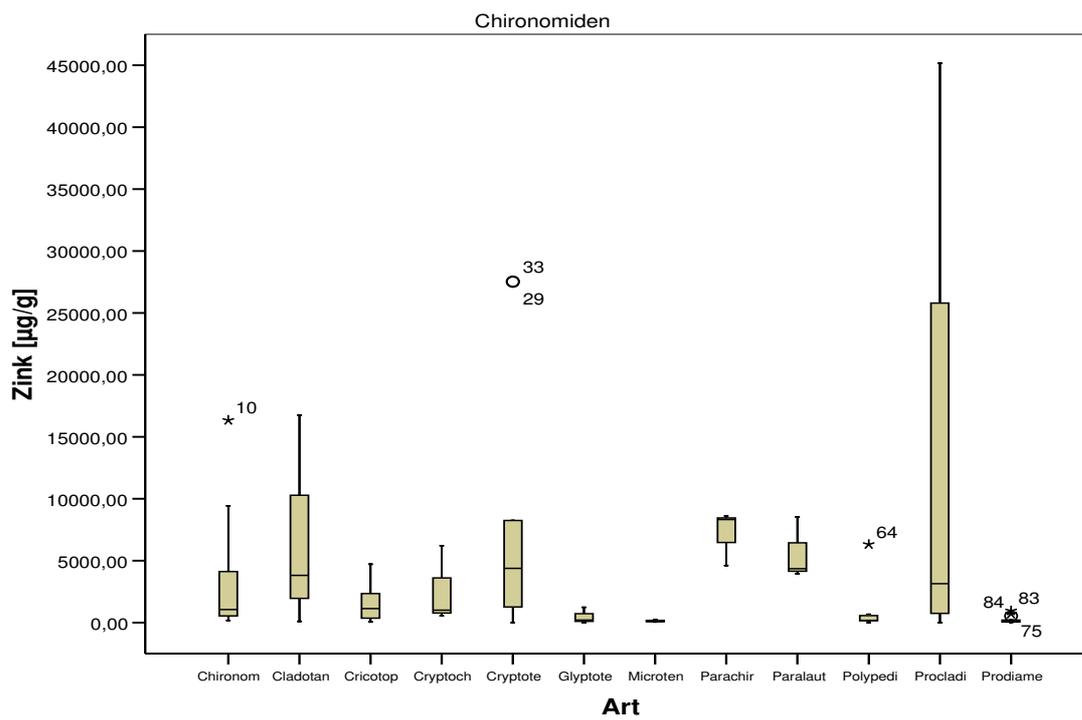


Abb. 121 Gehalt an Zink in den Chironomiden

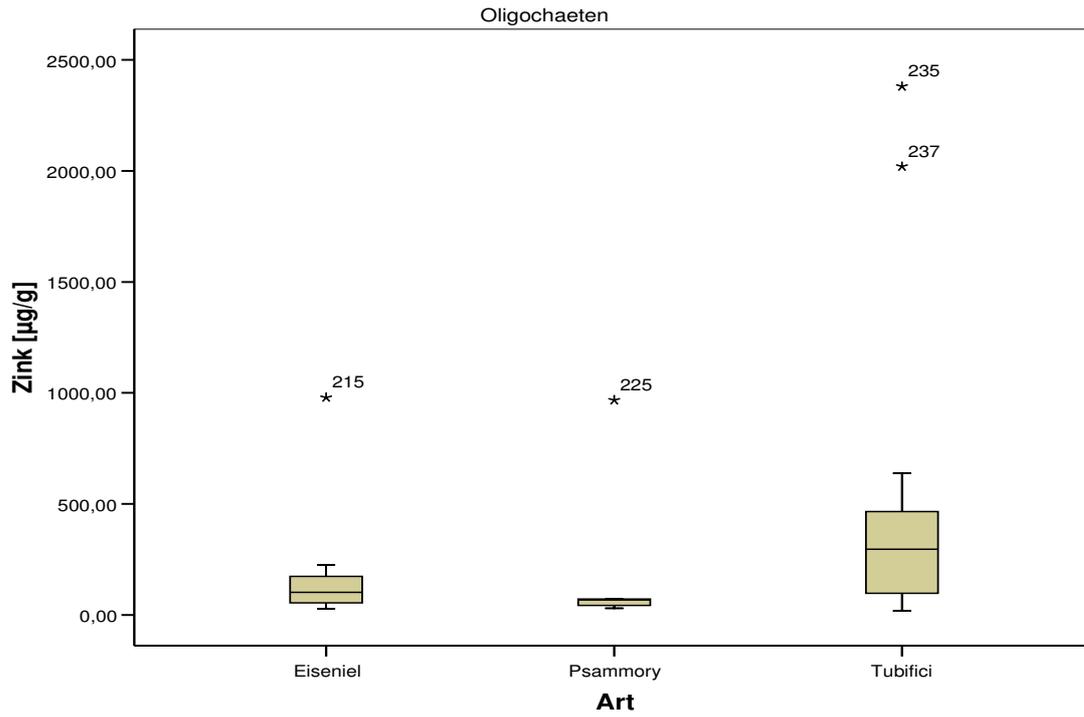


Abb. 122 Gehalt an Zink in den Oligochaeten

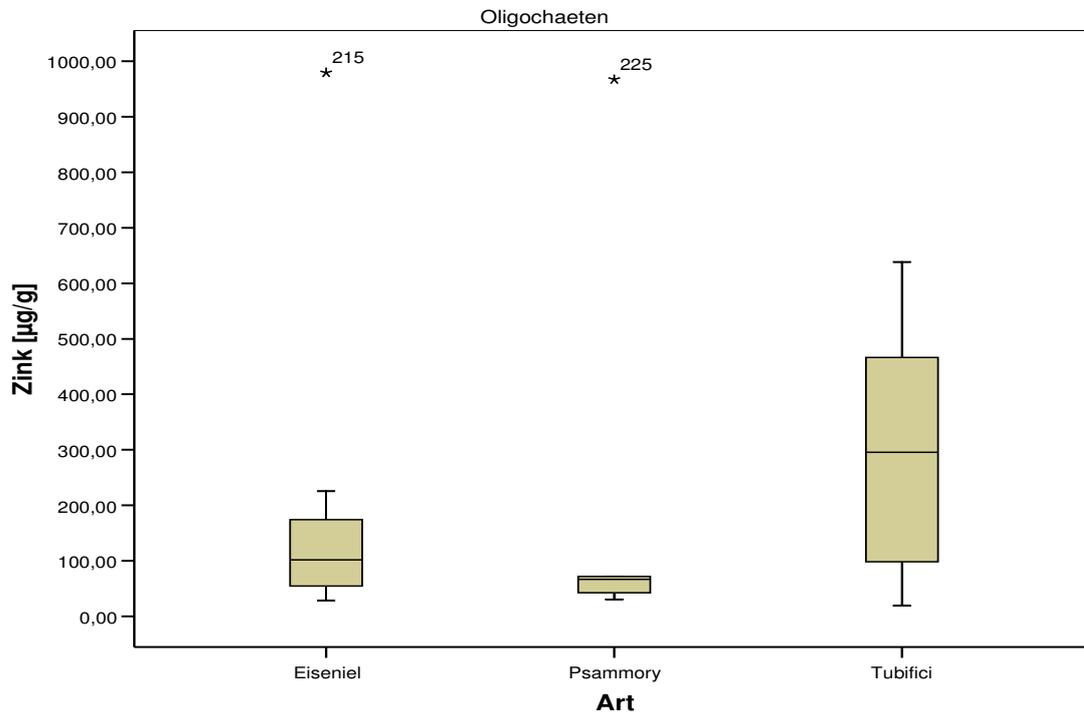


Abb. 123 Gehalt an Zink in den Oligochaeten - Detail

4.6.9. Gallium

Gallium ist nur in geringen Konzentrationen nachweisbar. *Procladius (Holotanypus) sp.*, *Cricotopus (Isocladius) sylvestris-Gr.* und *Cryptochironomus psittacinus-Gr.* weisen die höchsten Werte auf. Bei den Oligochaeten liegen die Werte circa um das 10fache niedriger.

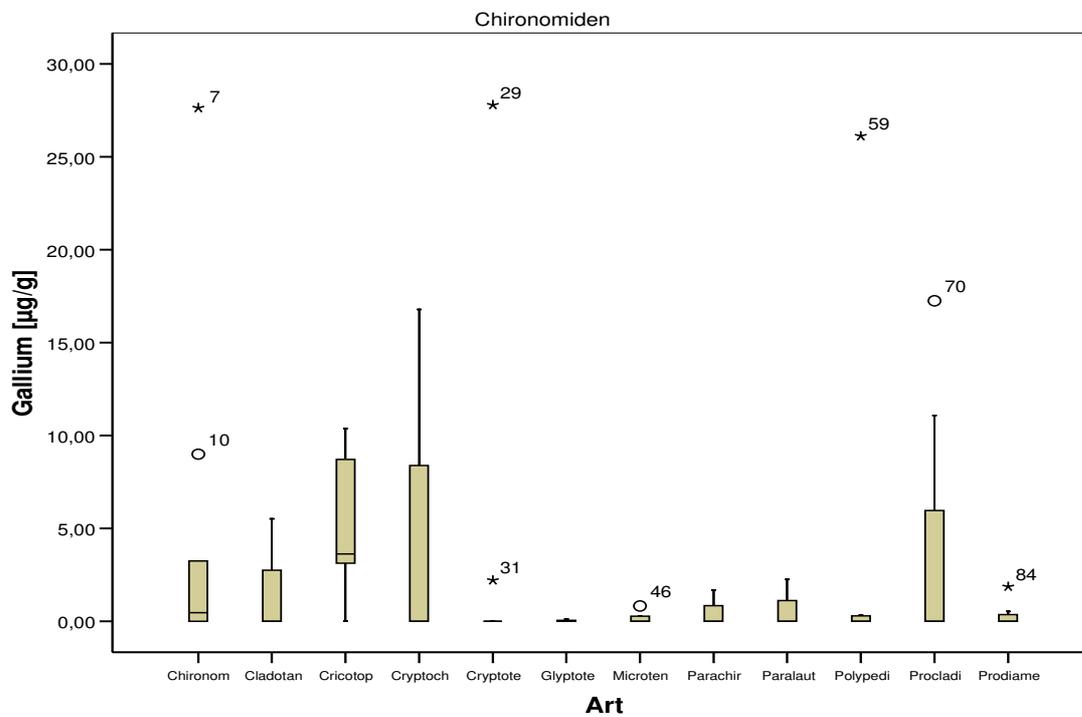


Abb. 124 Gehalt an Gallium in den Chironomiden

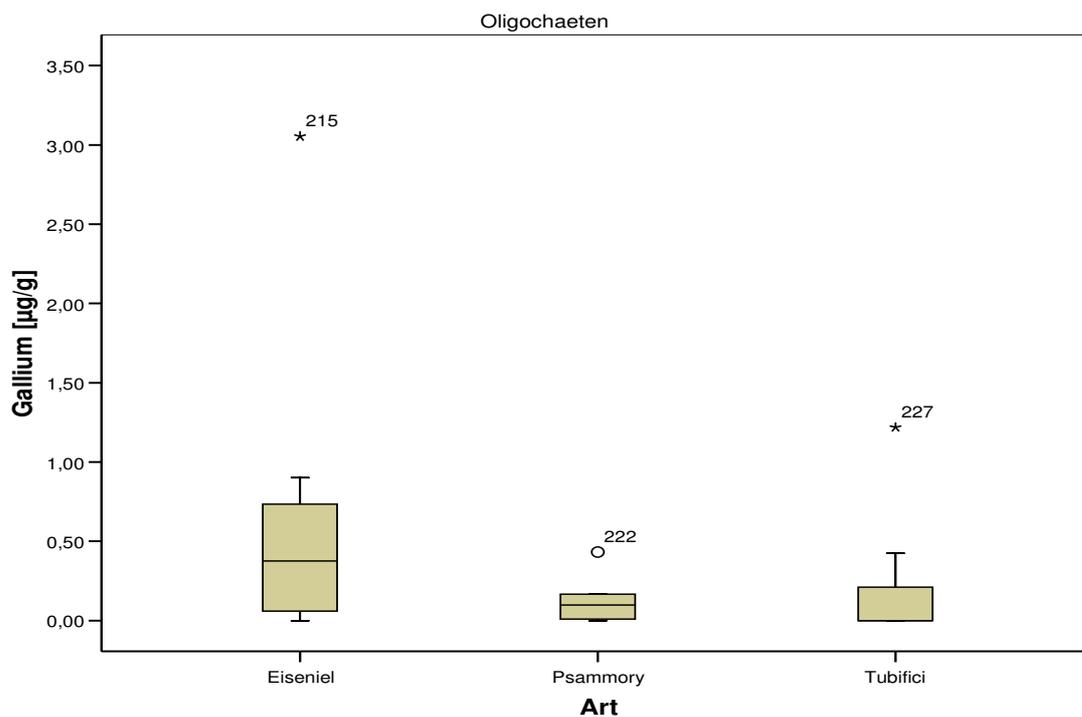


Abb. 125 Gehalt an Gallium in den Oligochaeten

4.6.10. Arsen

Individuen der *Cryptochironomus psittacinus*-Gr., der *Parachironomus arcuatus*-Gr. und von *Procladius (Holotanypus) sp.* zeigen die höchste Arsenbelastung, es kommen aber in allen untersuchten Gruppen auch unbelastete Tiere vor.

Die Werte für die Oligochaeten liegen wieder wesentlich niedriger, vor allem für die juvenilen Tubificiden konnte eine Belastung festgestellt werden. (Ein Ausreißer bei *Eiseniella* [Probe 215 mit 200 µg/g] wird im Diagramm nicht dargestellt).

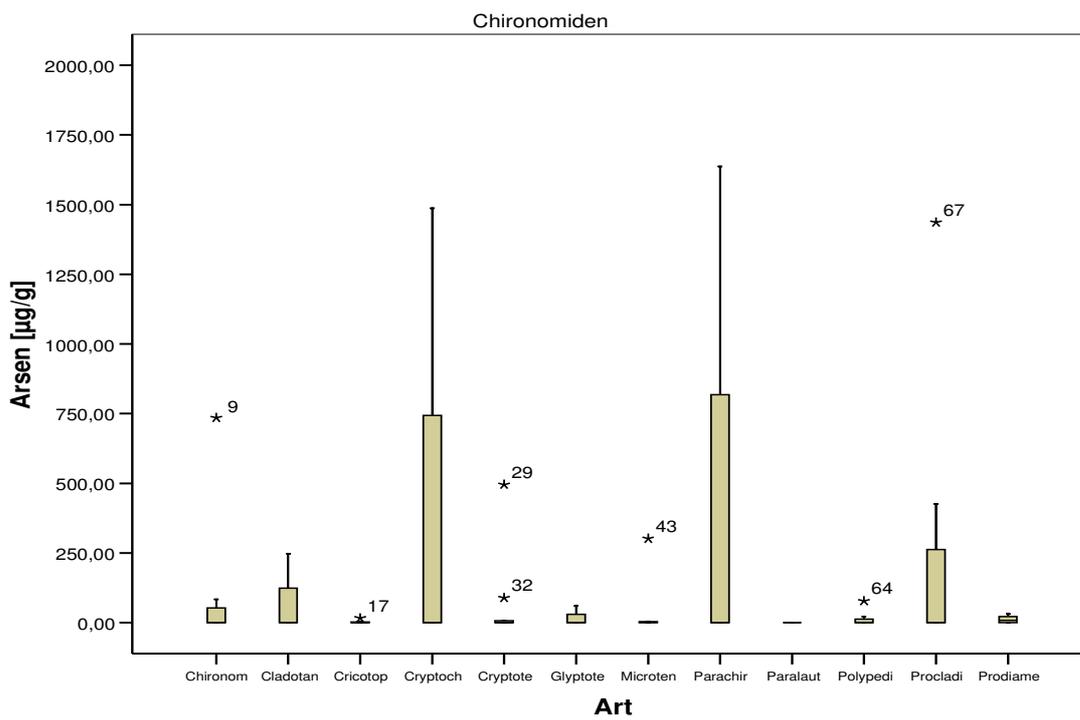


Abb. 126 Gehalt an Arsen in den Chironomiden

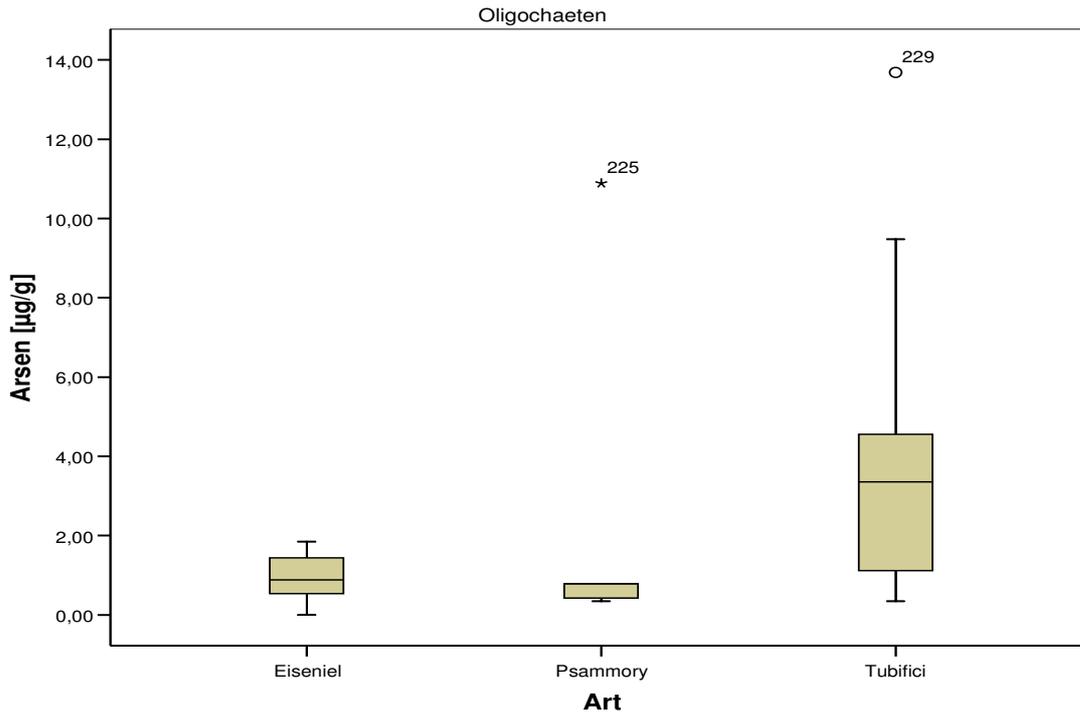


Abb. 127 Gehalt an Arsen in den Oligochaeten

4.6.11. Selen

In den ausgewählten Chironomidenarten konnte kein Selen nachgewiesen werden.

Auch bei den Oligochaeten erreichen nur die juvenilen Tubificiden den Wert von 10 µg/g.

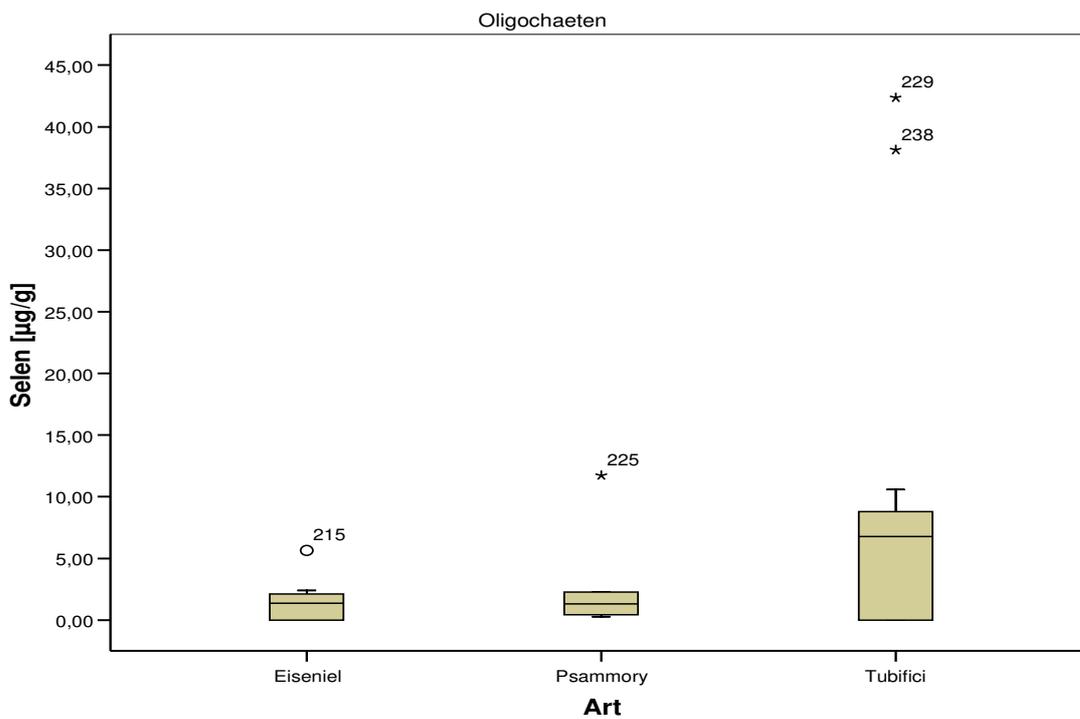


Abb. 128 Gehalt an Selen in den Oligochaeten

4.6.12. Rubidium

Bei *Cryptochironomus psittacinus*-Gr., *Parachironomus arcuatus*-Gr. und *Procladius (Holotanypus) sp.* finden sich, wie bei Arsen, die Tiere mit den höchsten Werten. (Ein Ausreißer bei *Cryptotendipes* [Probe 29 mit ca. 900 µg/g] wird im Diagramm nicht dargestellt). Bei den Oligochaeten sind die gemessenen Werte wiederum wesentlich niedriger.

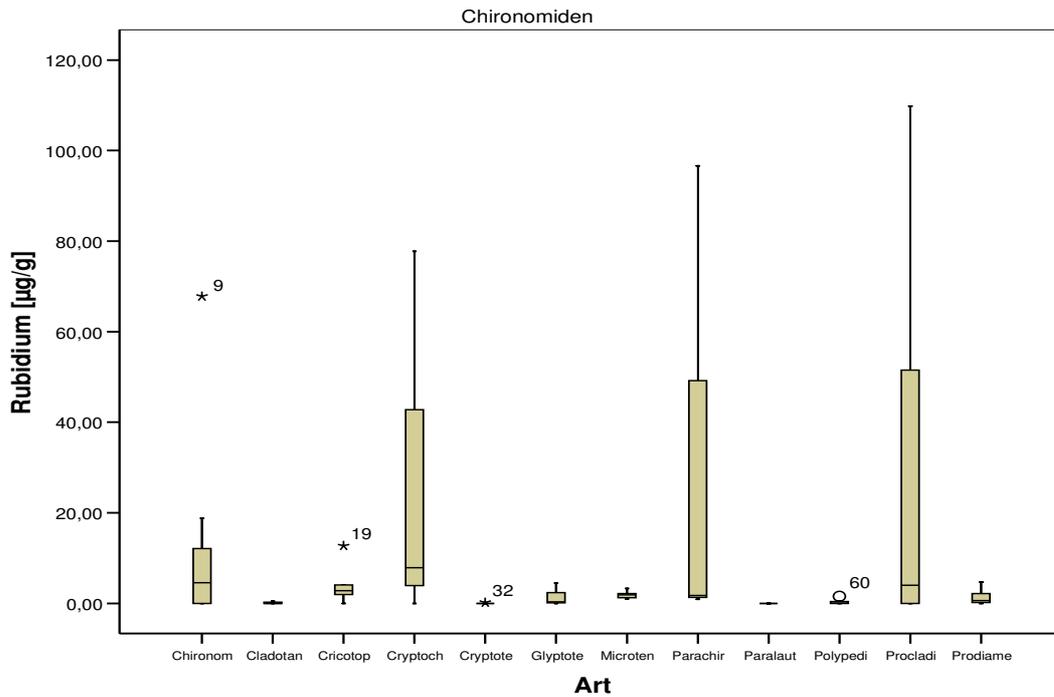


Abb. 129 Gehalt an Rubidium in den Chironomiden

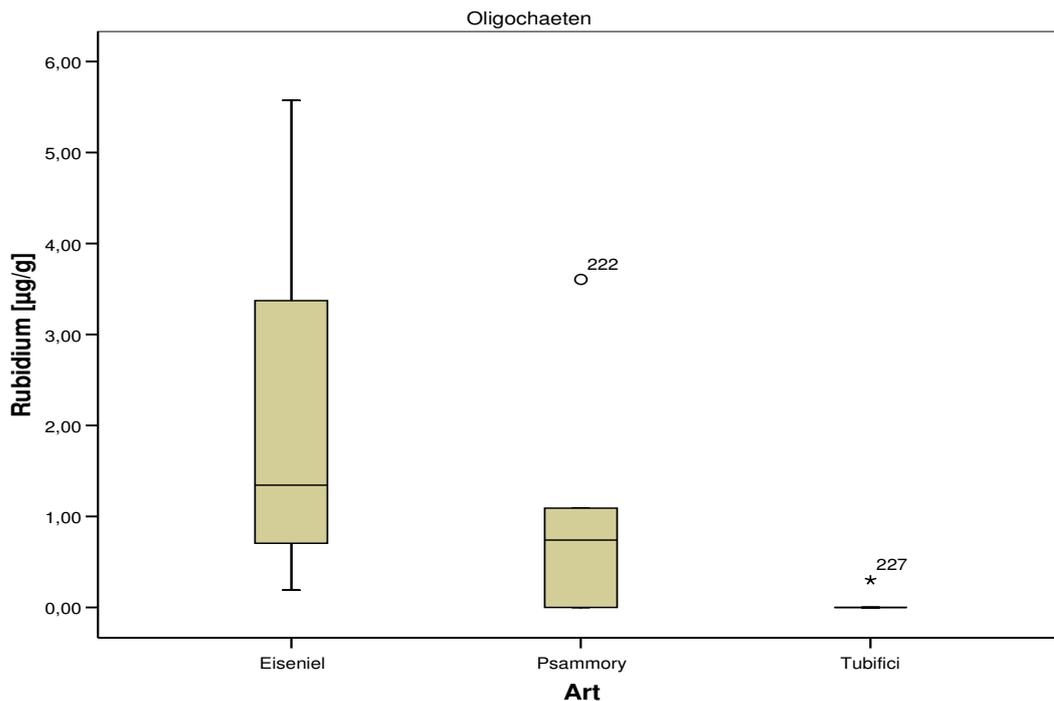


Abb. 130 Gehalt an Rubidium in den Oligochaeten

4.6.13. Yttrium

Die Gehalte an Yttrium in den Chironomiden liegen zumeist zwischen 0 – 20 µg/g, ein Ausreißer in der *Microtendipes chloris-Gr.* (Probe 43 bei circa 2000 µg/g) wird im Diagramm nicht dargestellt.

In den Oligochaeten konnte Yttrium kaum nachgewiesen werden. Die Werte liegen meist unter 1 µg/g.

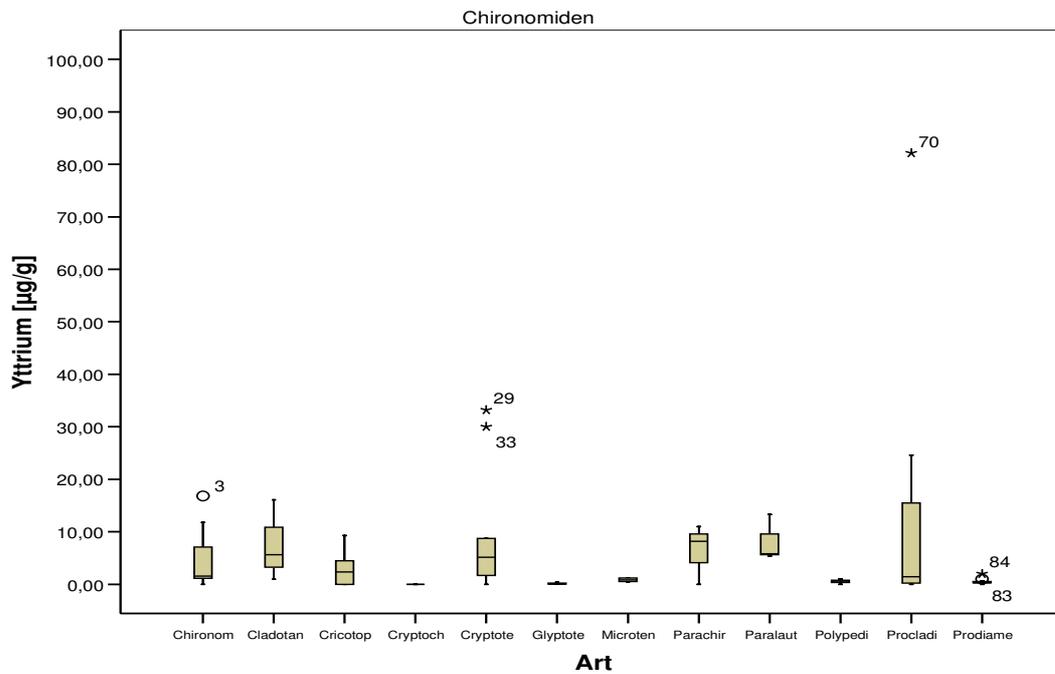


Abb. 131 Gehalt an Yttrium in den Chironomiden

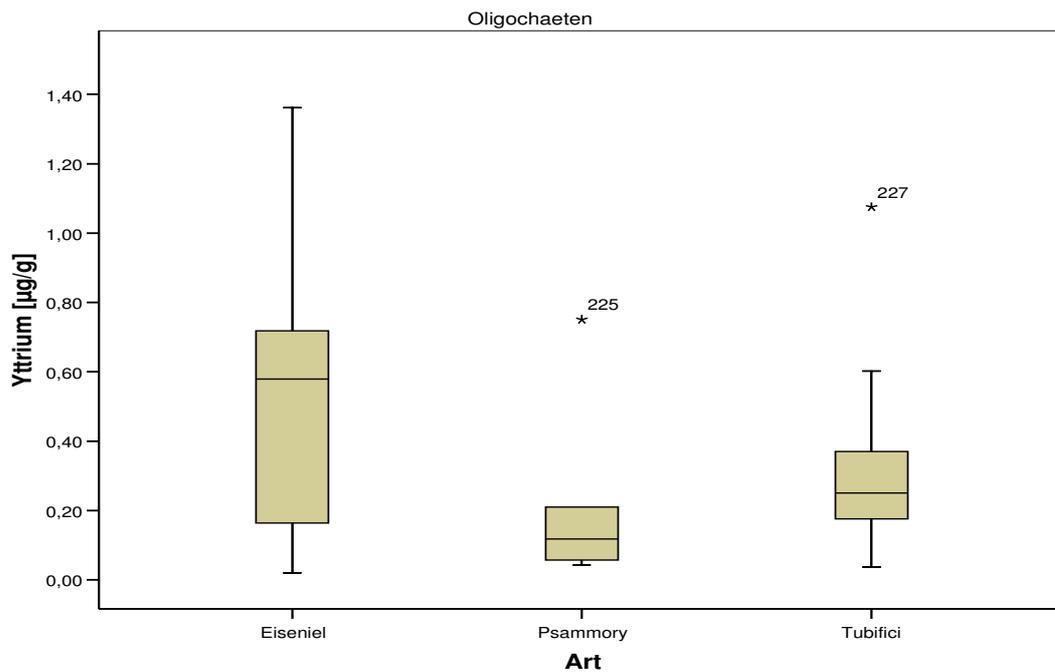


Abb. 132 Gehalt an Yttrium in den Oligochaeten

4.6.14. Zirkonium

Dieses Element konnte innerhalb der Chironomiden nur in der *Parachironomus arcuatus*-Gr. nachgewiesen werden.

Bei den Oligochaeten bleiben die Werte unter 2 µg/g.

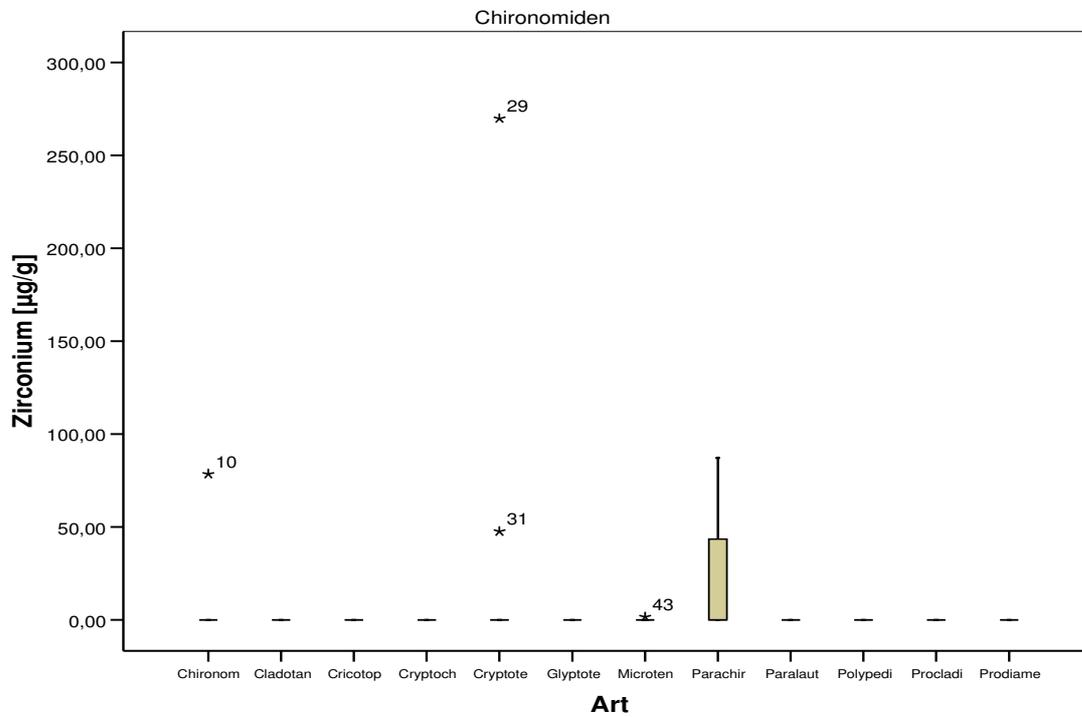


Abb. 133 Gehalt an Zirkonium in den Chironomiden

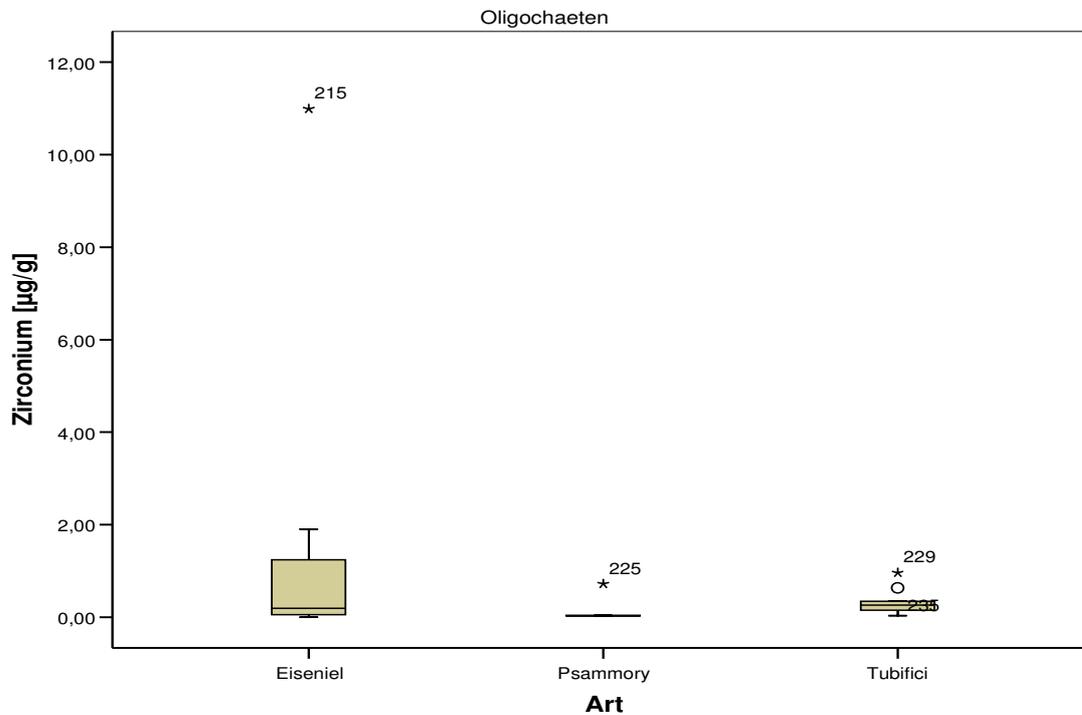


Abb. 134 Gehalt an Zirkonium in den Oligochaeten

4.6.15. Niob

Niob ist bei Chironomiden und Oligochaeten nur in Spuren auffindbar.

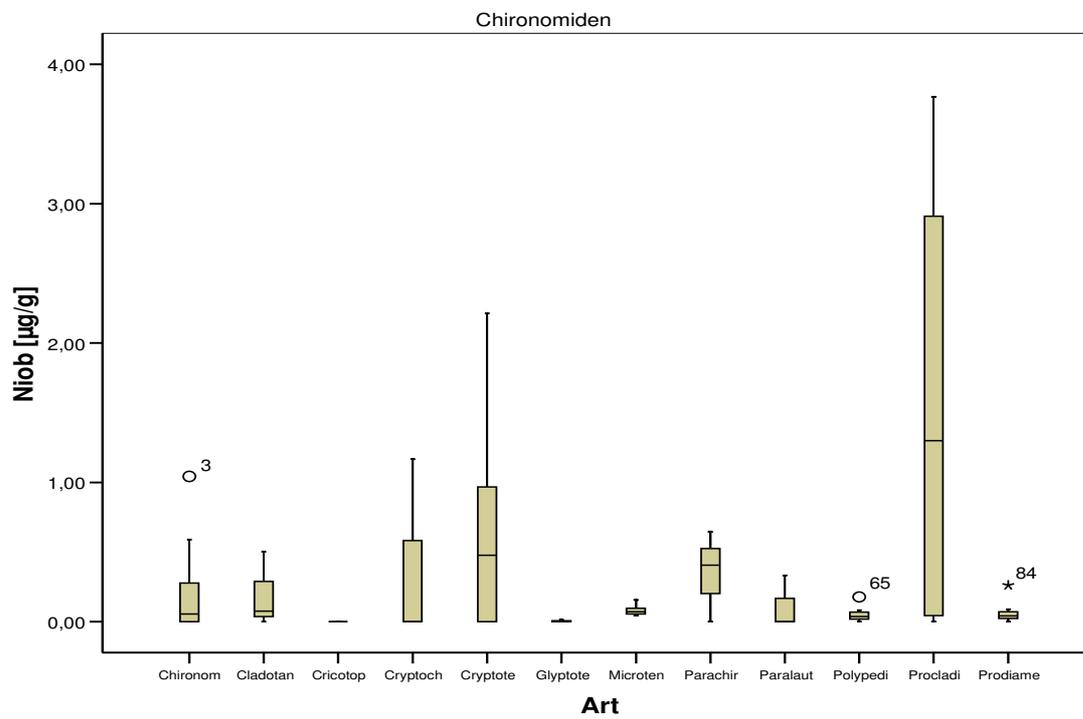


Abb. 135 Gehalt an Niob in den Chironomiden

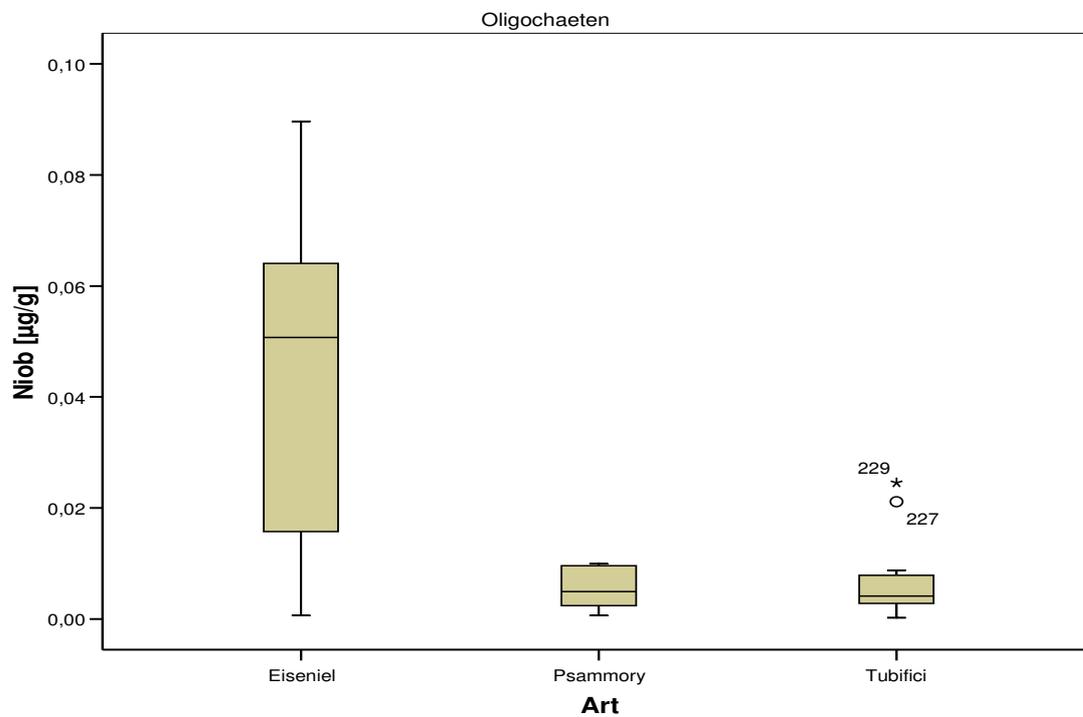


Abb. 136 Gehalt an Niob in den Oligochaeten

4.6.16. Molybdän

Während Molybdän für die Chironomiden keine Relevanz aufweist, finden sich vor allem in den juvenilen Tubificiden doch Werte um die 300 µg/g.

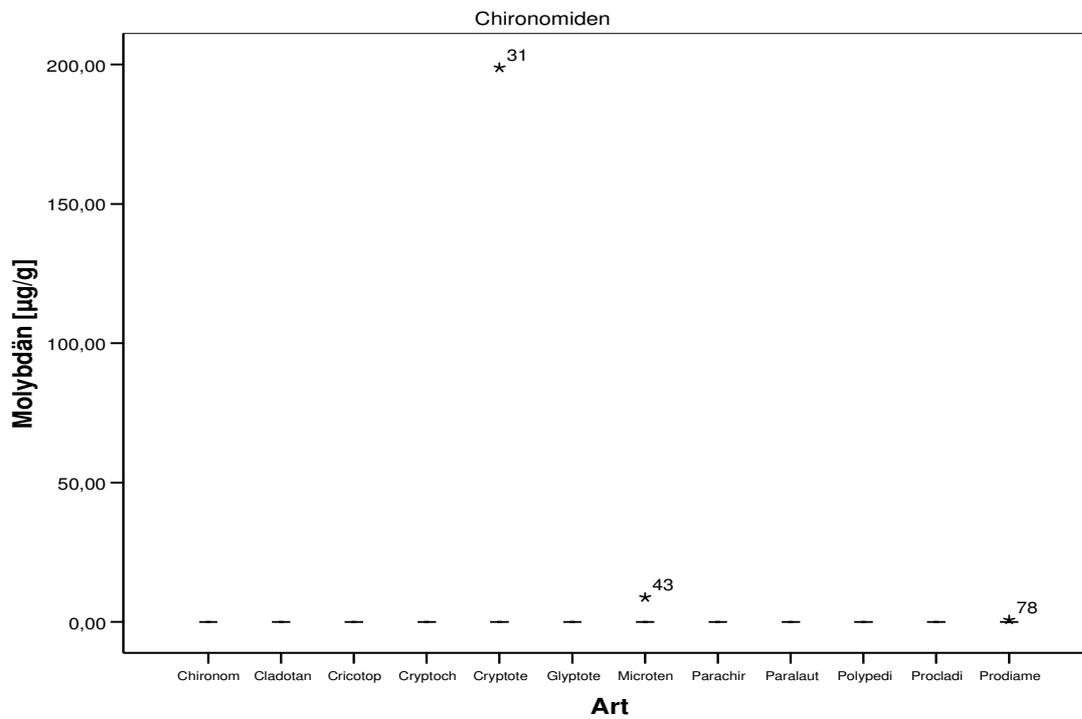


Abb. 137 Gehalt an Molybdän in den Chironomiden

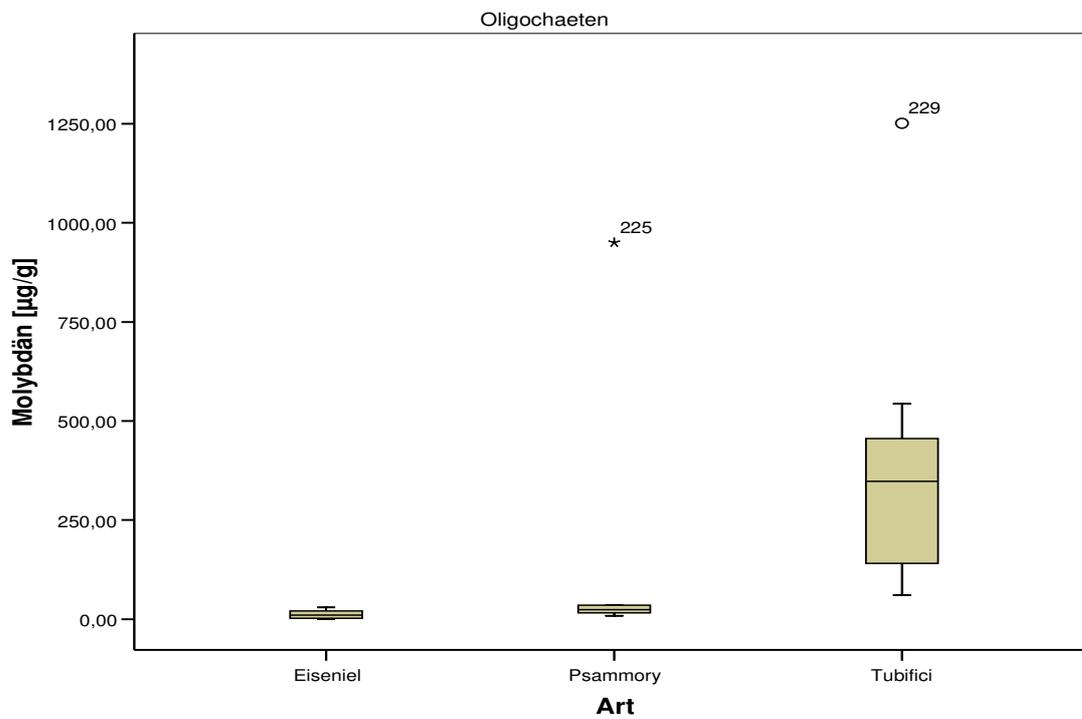


Abb. 138 Gehalt an Molybdän in den Oligochaeten

4.6.17. Silber

Silber findet sich in den Chironomiden bis zu Werten von 80 µg/g, vor allem in *Chironomus sp.*, in *Cladotanytarsus mancus-Gr.* und bei *Cryptotendipes sp.* Ein Ausreißer bei *Cryptotendipes* (Probe 29 mit ca. 850 µg/g) wird im Diagramm nicht dargestellt. Bei den Oligochaeten kommen ähnliche Werte nur bei den juvenilen Tubificiden vor.

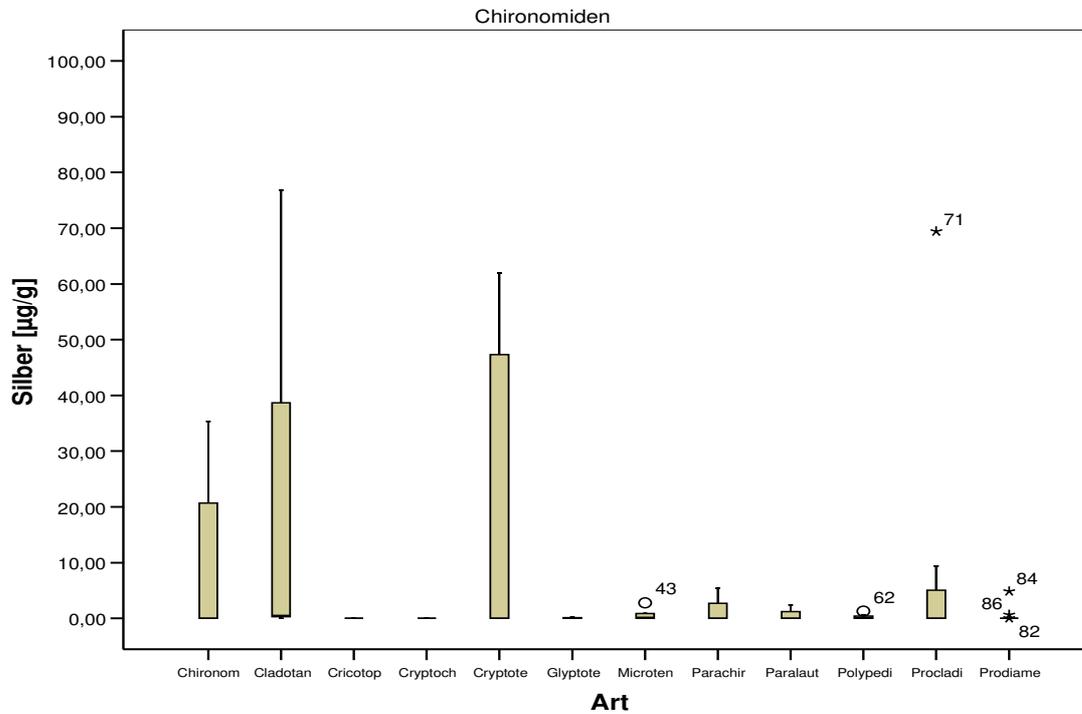


Abb. 139 Gehalt an Silber in den Chironomiden

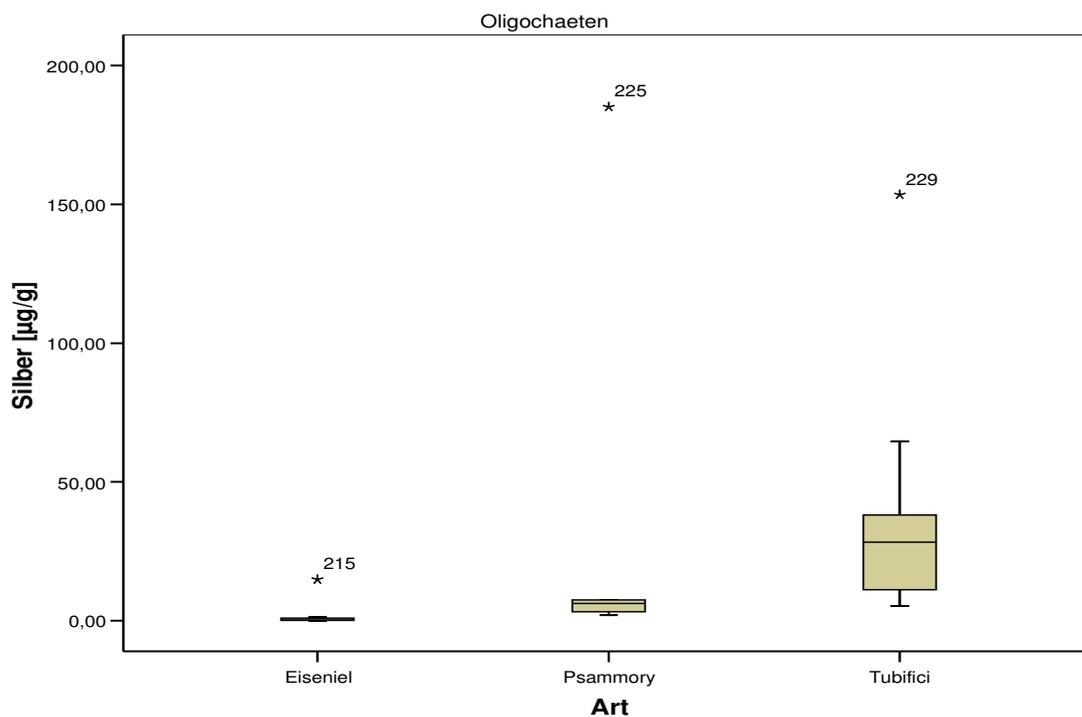


Abb. 140 Gehalt an Silber in den Oligochaeten

4.6.18. Cadmium

Ein Ausreißer bei *Procladius* (Probe 69 mit ca. 570 µg/g) wird im Diagramm nicht dargestellt. Während unter den Oligochaeten kein Cadmium nachgewiesen werden konnte, gibt es unter den Chironomiden sechs Gruppen, in denen zumindest einzelne Individuen eine massive Cadmiumbelastung aufweisen (*Chironomus* sp., *Cladotanytarsus mancus*-Gr., *Cryptochironomus psittacinus*-Gr., *Parachironomus arcuatus*-Gr., *Paralauterborniella nigrohalteralis* und vor allem *Procladius* (*Holotanypus*) sp.).

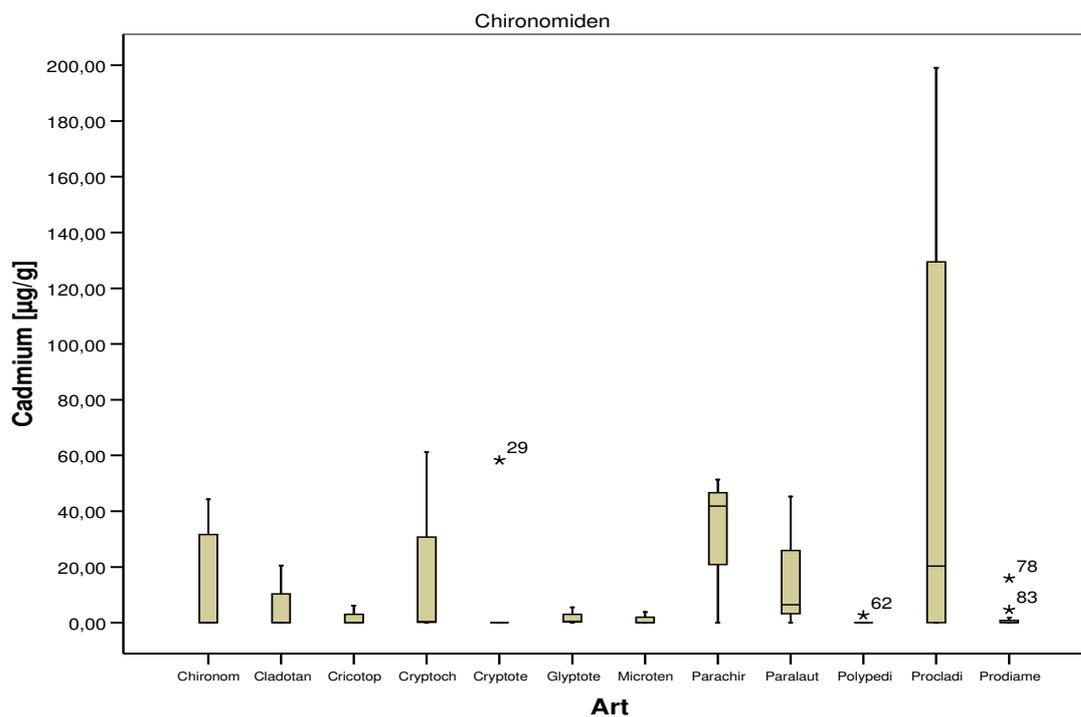


Abb. 141 Gehalt an Cadmium in den Chironomiden

4.6.19. Zinn

Während bei den Oligochaeten die Zinn-Gehalte unter 10 µg/g bleiben, ist dieses Element bei den Chironomiden bis zum 20 fachen dieses Wertes nachweisbar.

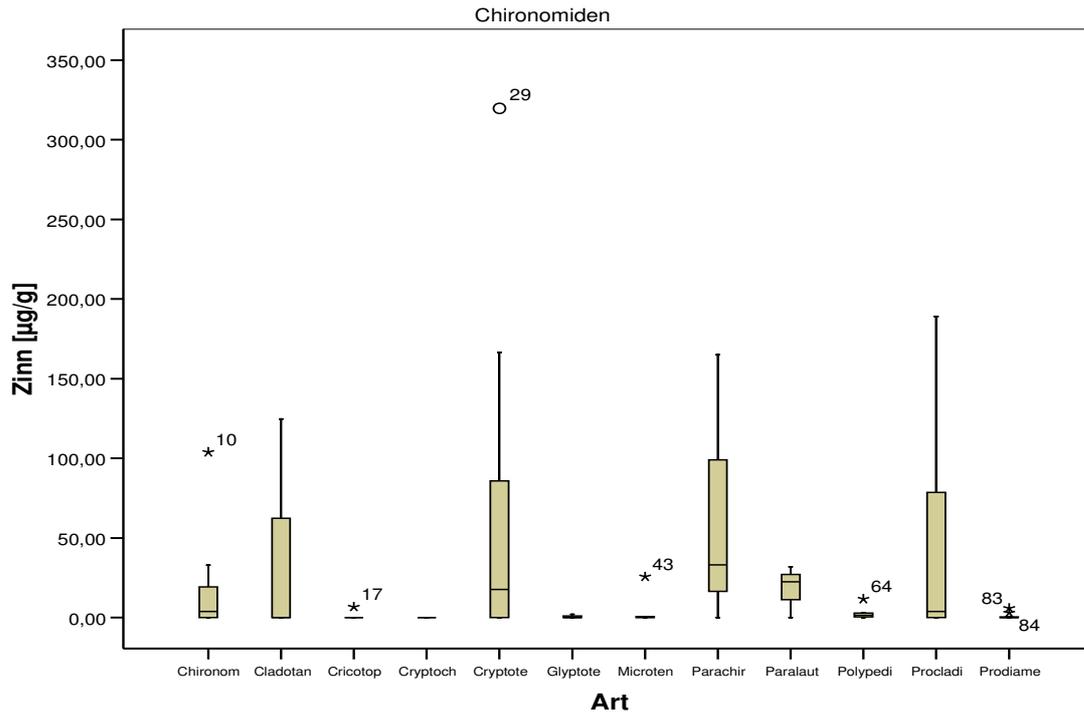


Abb. 142 Gehalt an Zinn in den Chironomiden

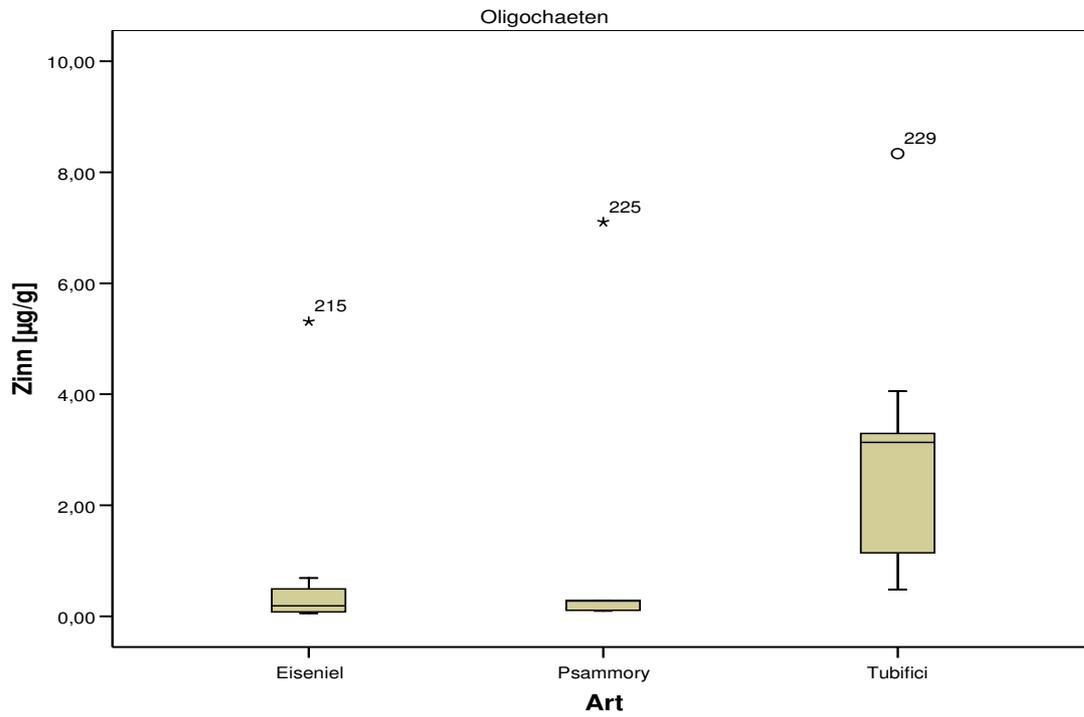


Abb. 143 Gehalt an Zinn in den Oligochaeten

4.6.20. Antimon

Antimon ist bei den Chironomiden vor allem in *Chironomus sp.* und *Procladius (Holotanypus) sp.* vorhanden. Bei den Oligochaeten sind die Gesamtkonzentrationen geringer und vor allem in *Eiseniella* zu finden.

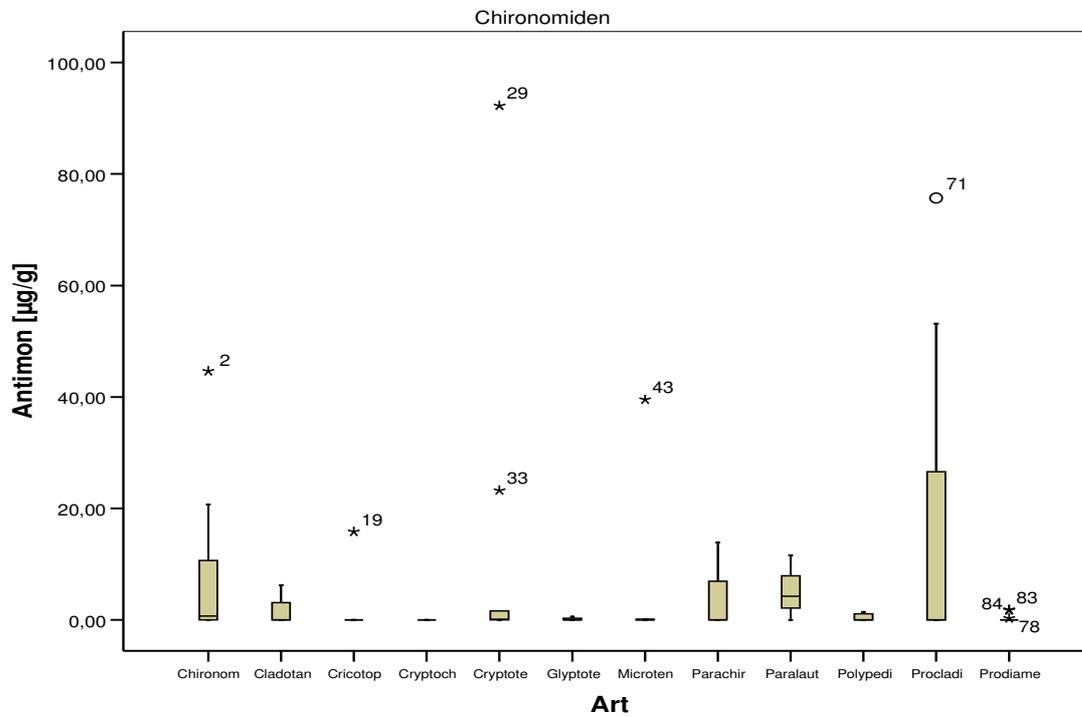


Abb. 144 Gehalt an Antimon in den Chironomiden

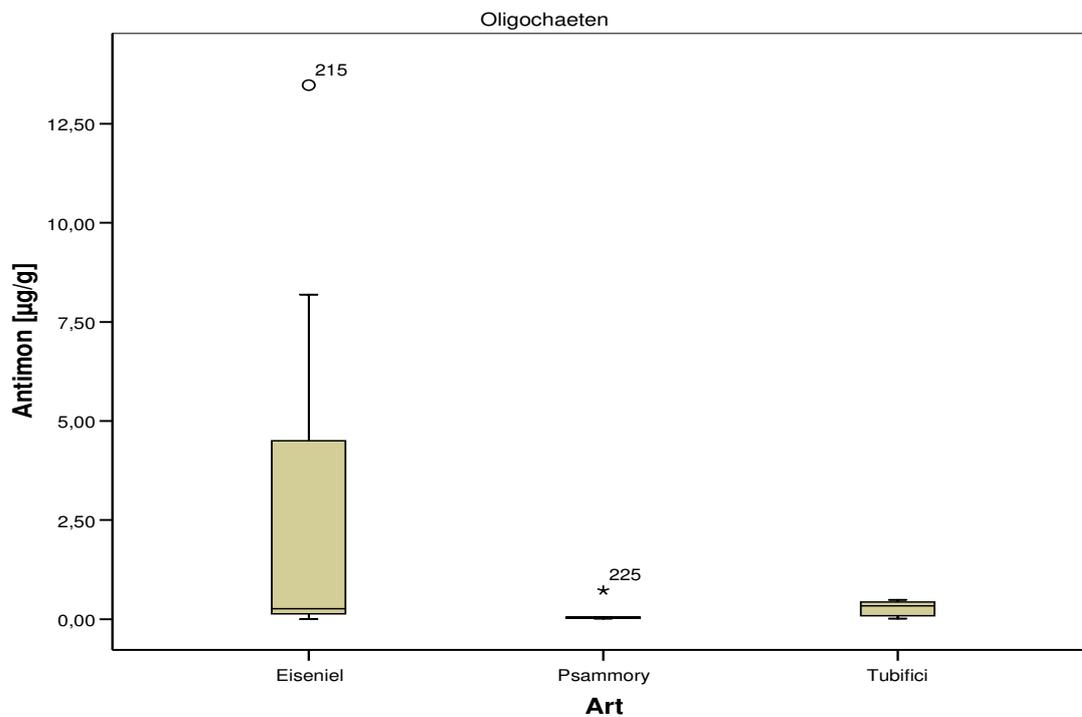


Abb. 145 Gehalt an Antimon in den Oligochaeten

4.6.21. Tellur

Während bei den Oligochaeten kein Tellur nachgewiesen werden konnte, gibt es unter den Chironomiden zwei Gruppen (*Paralauterborniella nigrohalteralis* und *Procladius (Holotanypus) sp.*), die dieses Element in Spuren enthalten.

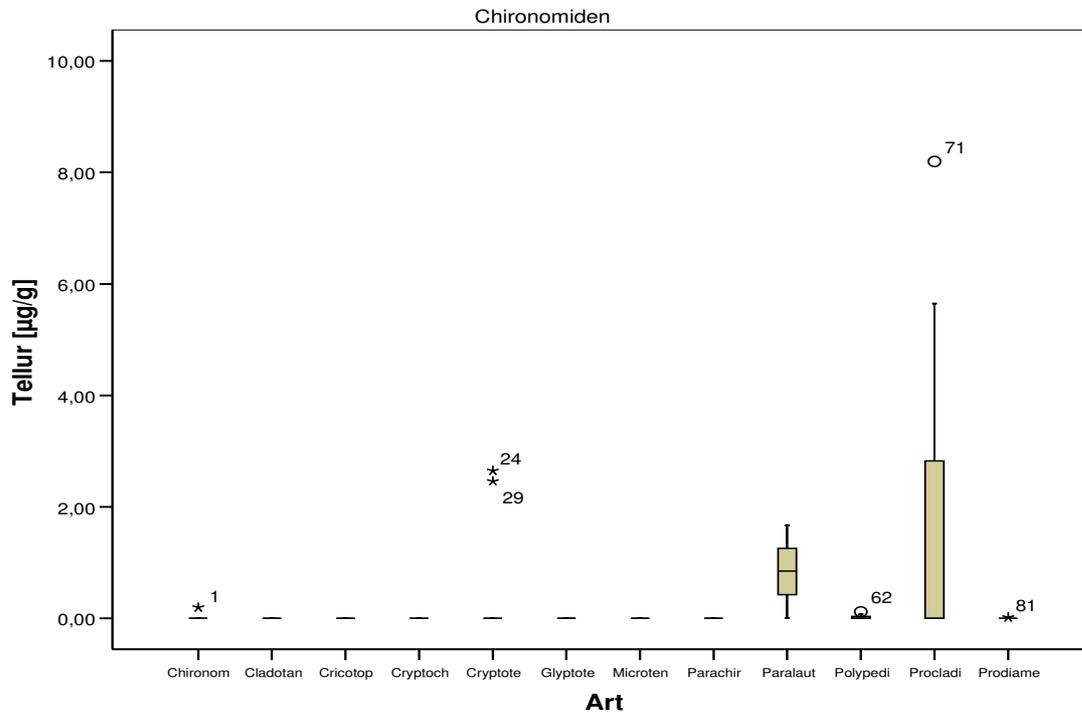


Abb. 146 Gehalt an Tellur in den Chironomiden

4.6.22. Lanthan

Lanthan findet sich bei den Oligochaeten nur in Spuren (vor allem in *Eiseniella*). Bei den Chironomiden sind die gemessenen Werte wesentlich höher, sie erreichen bis zu 350 µg/g. Die höchsten Werte finden sich bei *Cricotopus (Isocladius) sylvestris-Gr.* und bei *Cryptochironomus psittacinus-Gr.*

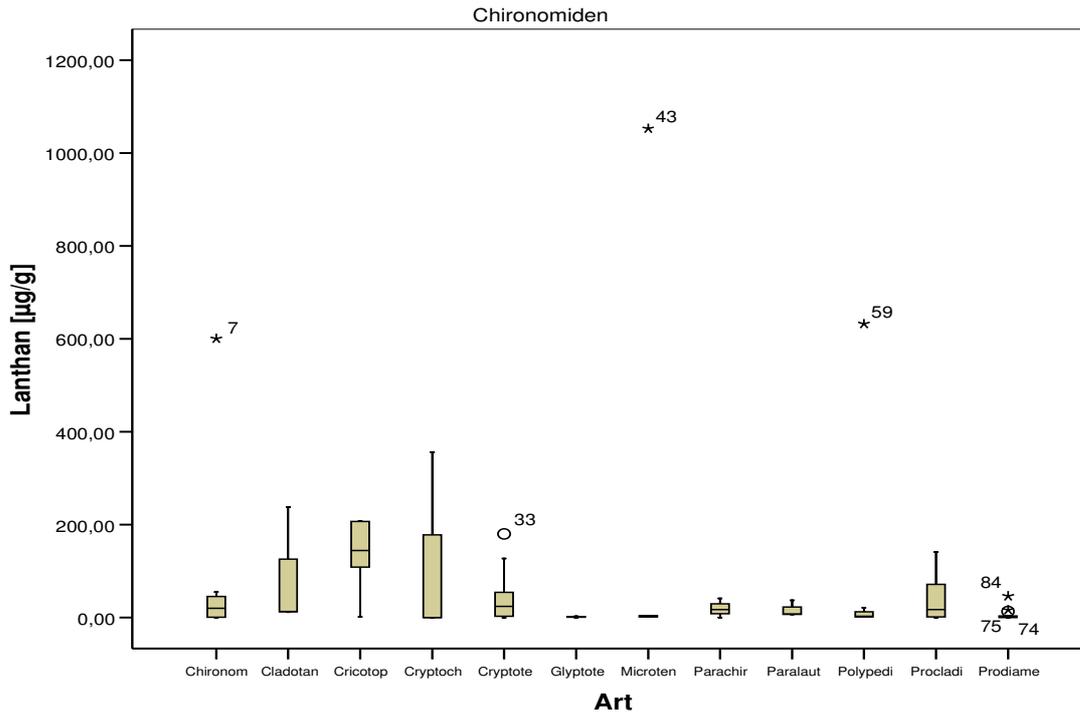


Abb. 147 Gehalt an Lanthan in den Chironomiden

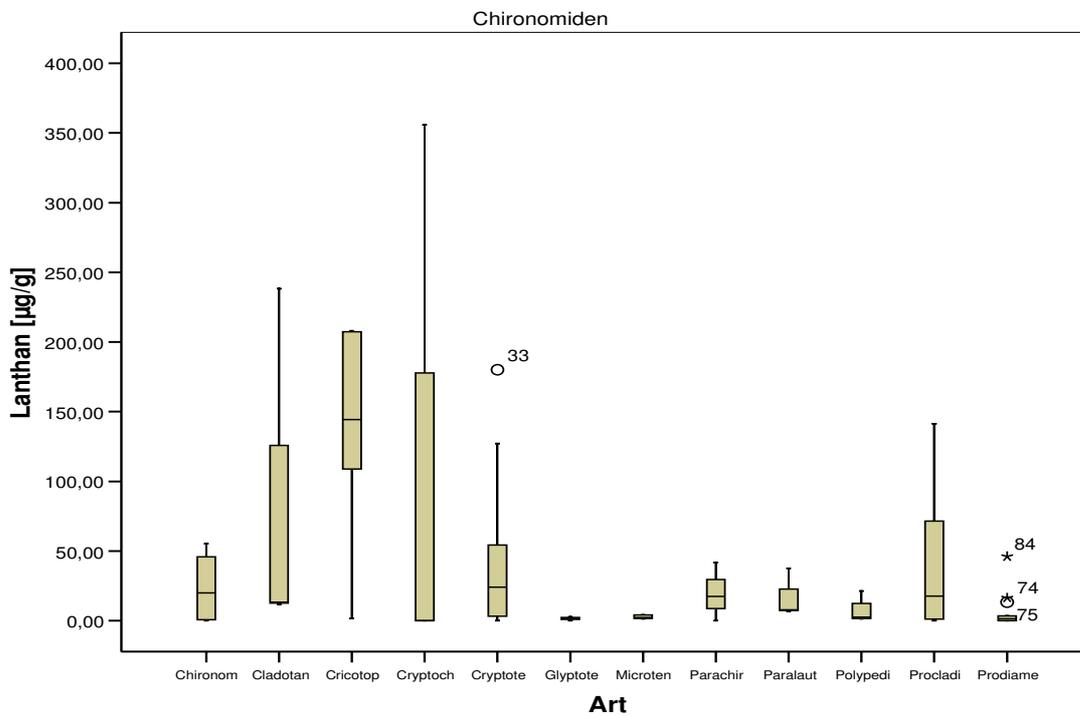


Abb. 148 Gehalt an Lanthan in den Chironomiden - Detail

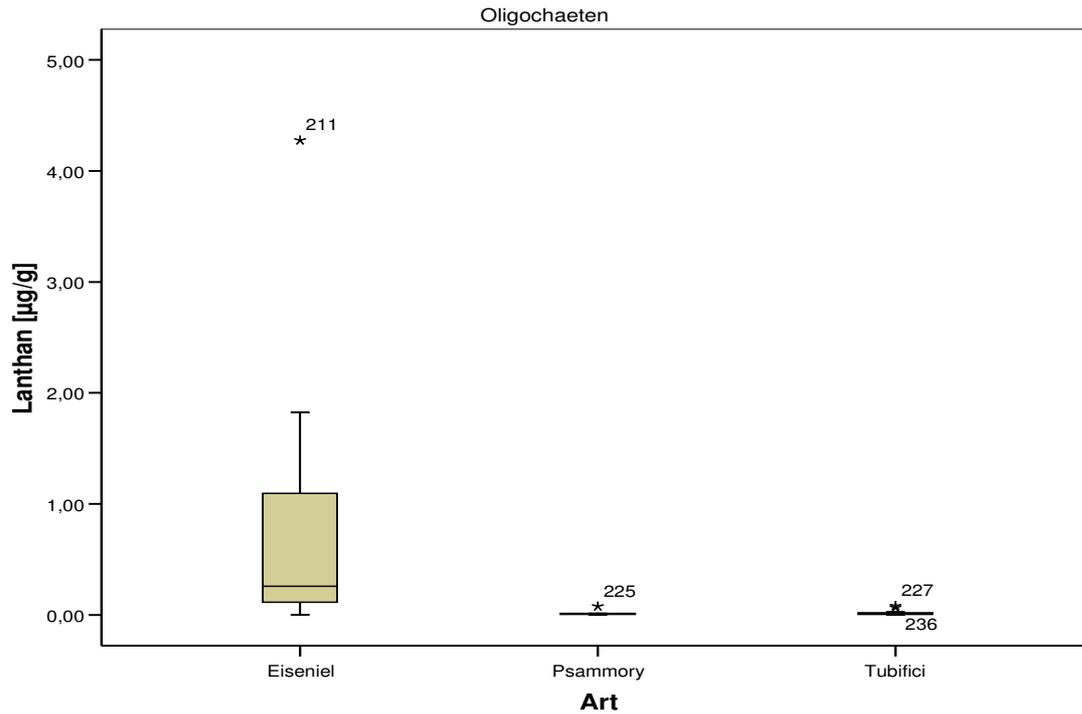


Abb. 149 Gehalt an Lanthan in den Oligochaeten

4.6.23. Cer

Die Gehalte an Cer sind höher als bei Lanthan. Ist es bei den Oligochaeten wiederum nur in Spuren nachweisbar, weisen die beiden Chironomidenarten *Cricotopus (Isocladius) sylvestris-Gr.* und *Cryptochironomus psittacinus-Gr.* wiederum die höchsten Werte auf.

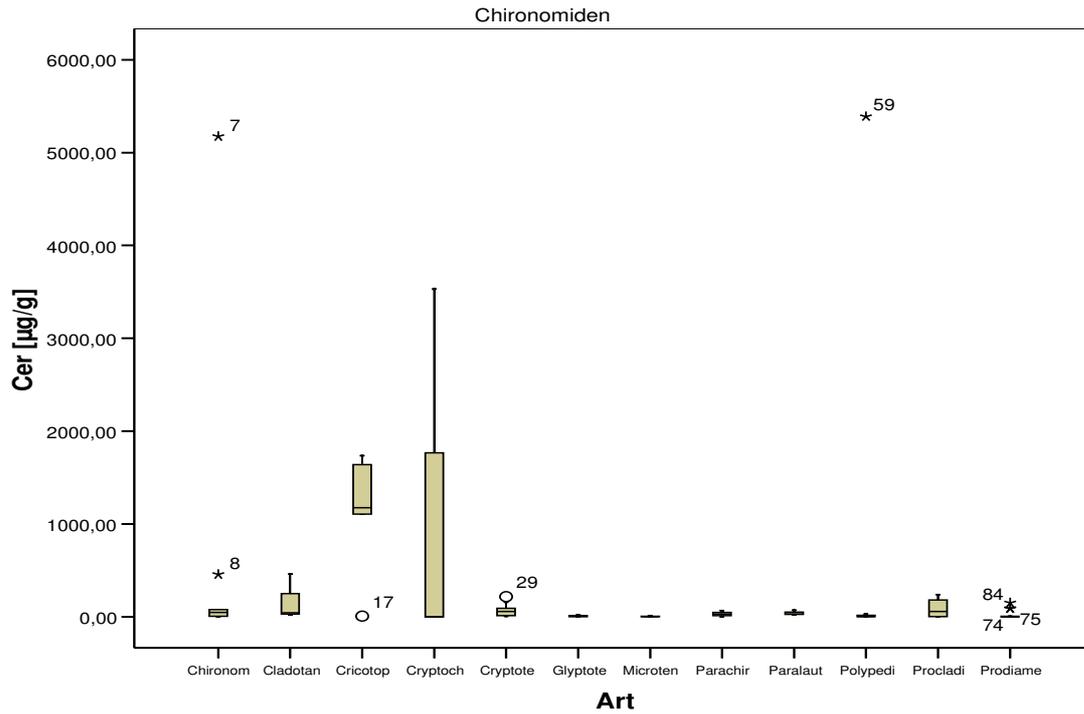


Abb. 150 Gehalt an Cer in den Chironomiden

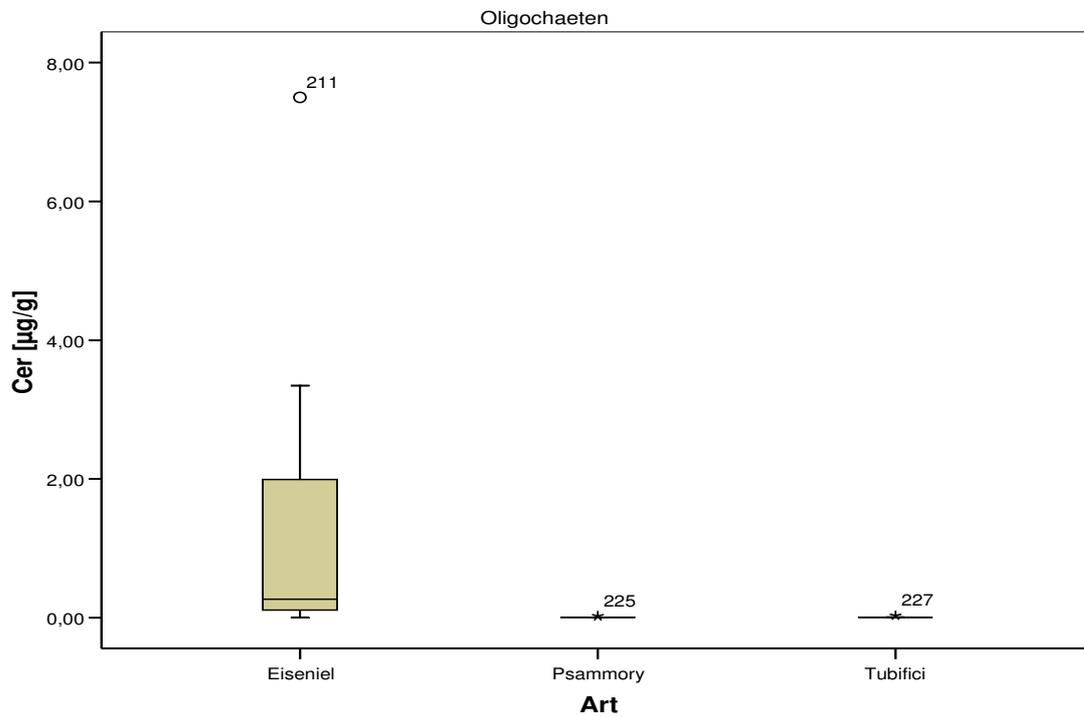


Abb. 151 Gehalt an Cer in den Oligochaeten

4.6.24. Thallium

Dieses Element konnte bei beiden Taxa nur in Spuren nachgewiesen werden.

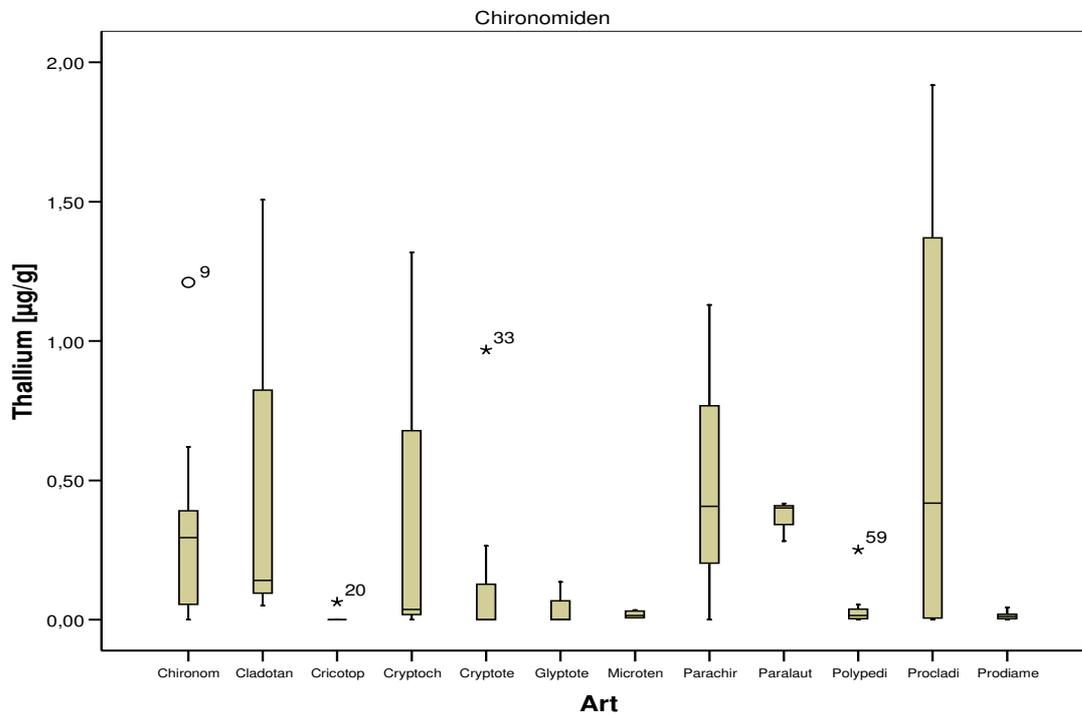


Abb. 152 Gehalt an Thallium in den Chironomiden

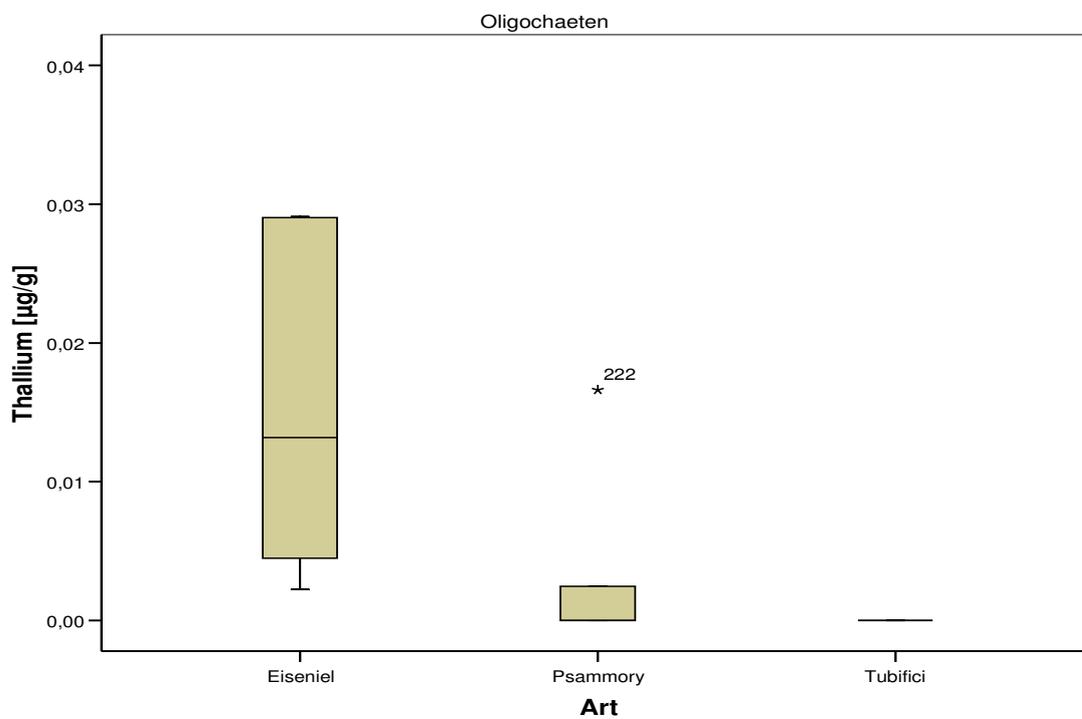


Abb. 153 Gehalt an Thallium in den Oligochaeten

4.6.25. Blei

Bei den Chironomiden liegen die Bleiwerte in den Organismen wesentlich höher als bei den Oligochaeten. Die Hälfte der untersuchten Taxa überschreitet 5000 µg/g, *Procladius (Holotanytus) sp.* erreicht sogar 25000 µg/g. Bei *Parachironomus arcuatus*-Gr. gibt es kein Individuum ohne Bleibelastung.

Bleiwerte bis zu 150 µg/g finden sich bei den Oligochaeten. Ein Ausreißer bei *Eiseniella tetraedra* (Probe 215 bei circa 1150 µg/g) ist im Diagramm nicht dargestellt.

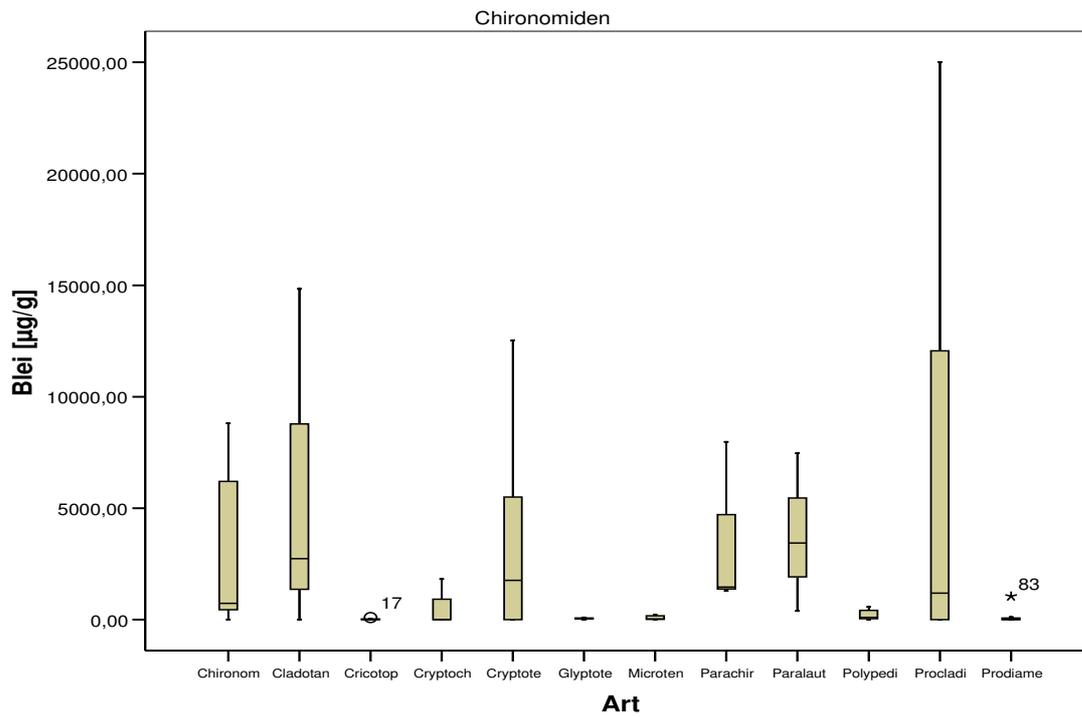


Abb. 154 Gehalt an Blei in den Chironomiden

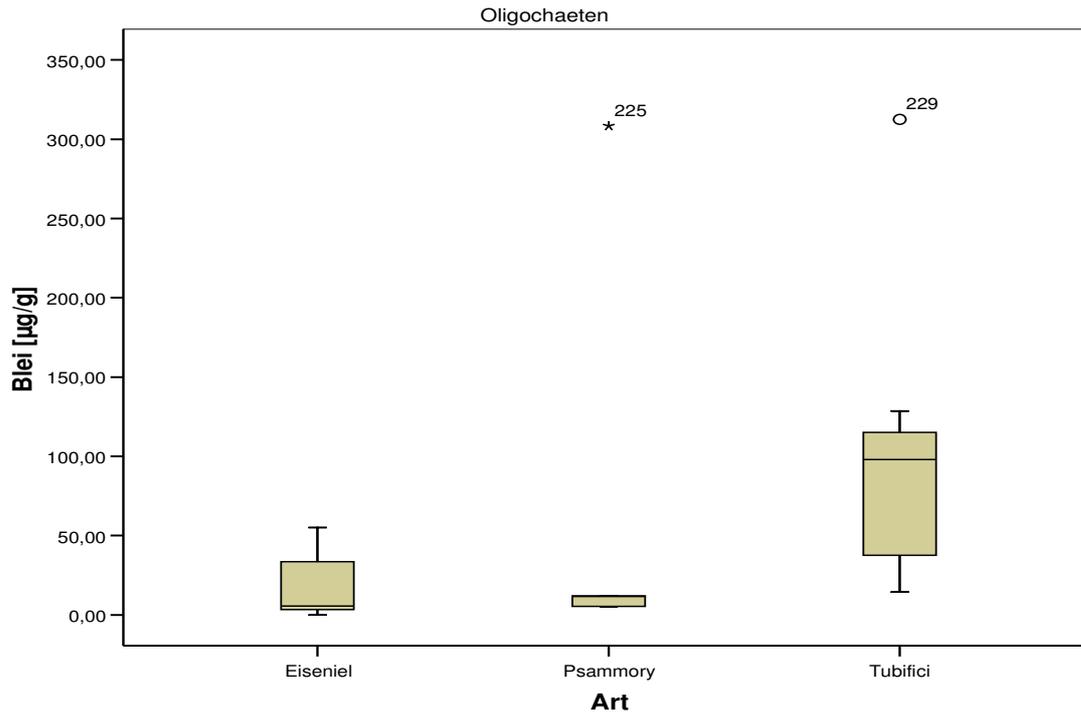


Abb. 155 Gehalt an Blei in den Oligochaeten

4.6.26. Bismut

Die höchsten Werte für Bismut (bis zu 18 µg/g) finden sich in *Cryptotendipes sp.*, *Paralauterborniella nigrohalteralis* und *Procladius (Holotanypus) sp.* Ein Ausreißer bei *Cryptotendipes sp.* (Probe 33 bei circa 125 µg/g) ist im Diagramm nicht dargestellt.

Bei den Oligochaeten ist Bismut nur in Spuren nachweisbar

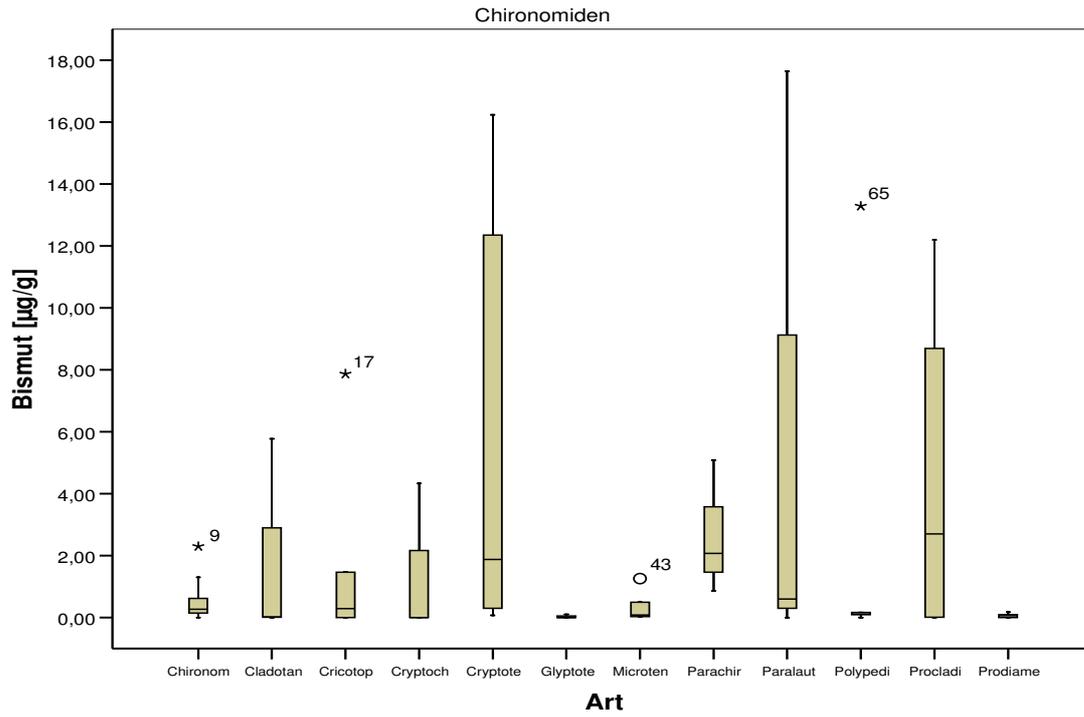


Abb. 156 Gehalt an Bismut in den Chironomiden

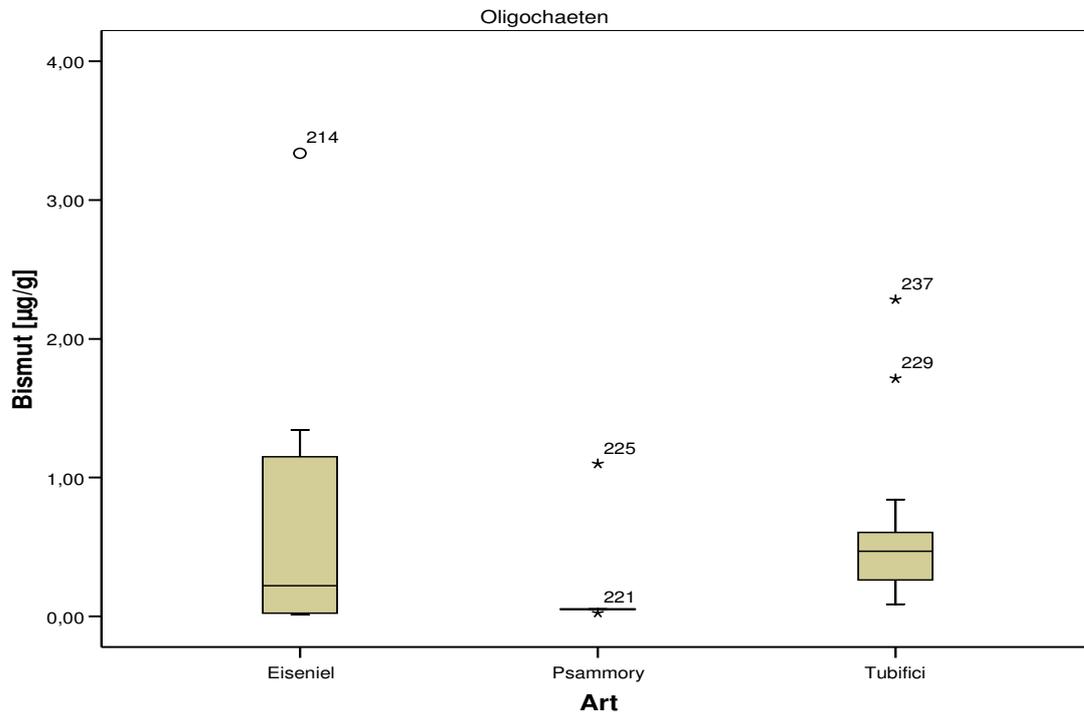


Abb. 157 Gehalt an Bismut in den Oligochaeten

4.7. Biokonzentrationsfaktoren

In untenstehender Abbildung sind die Mittelwerte der Biokonzentrationsfaktoren für ausgewählte Schwermetalle für diejenigen Gruppen der Chironomiden dargestellt, die jeweils mit mindestens drei Individuen vertreten waren (eine vorangestellte Zwei bezeichnet ein einzelnes, besonders stark belastetes Individuum einer Art).

Ein Wert größer als Eins bedeutet, dass eine Anreicherung gegenüber dem Sediment stattgefunden hat. Jedes der untersuchten Taxa ist durch die Anreicherung von mindestens zwei Schwermetallen belastet. In besonders hohem Ausmaß wird Blei angereichert.

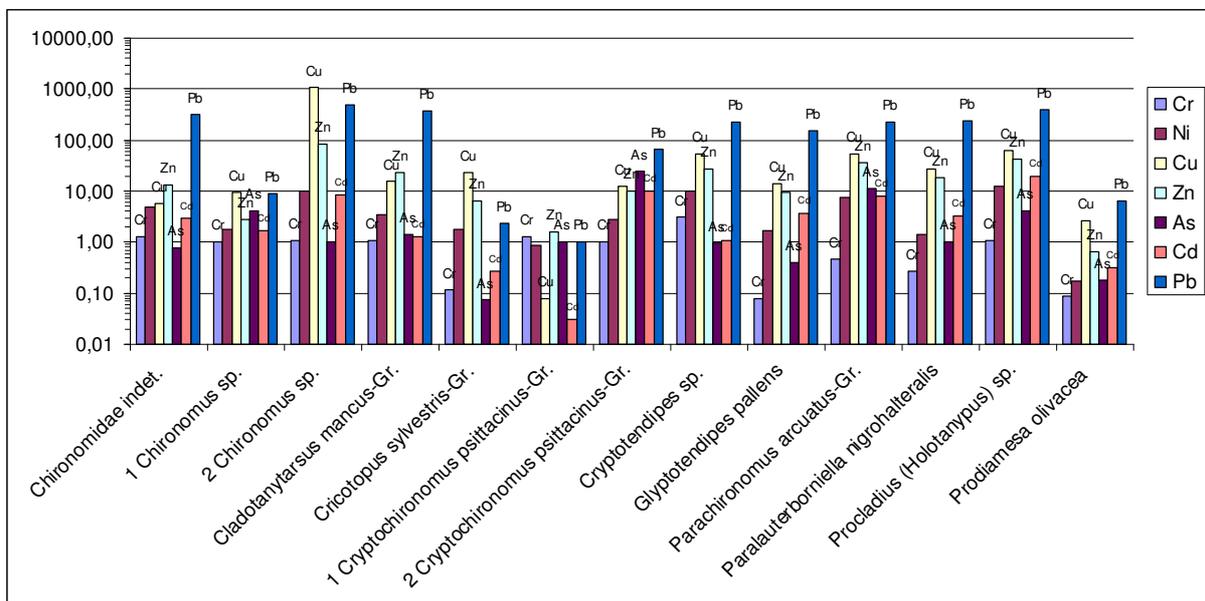


Abb. 158 Biokonzentrationsfaktoren

In untenstehender Tabelle sind die Stichprobenzahl und die Einteilung bezüglich Fresstyp und Lebensraum nach der Fauna Aquatica Austriaca angeführt.

Tab. 10 Stichprobenzahlen ausgewählter Taxa für Biokonzentration

Art	Individuen	Fresstyp (FAA)	Lebensraum (FAA)
<i>Chironomidae indet.</i>	3		
1 <i>Chironomus sp.</i>	3	DET/RÄU	LIT
2 <i>Chironomus sp.</i>	1		
<i>Cladotanytarsus mancus-Gr.</i>	3	WEI/AFIL	LIT/POT
<i>Cricotopus sylvestris-Gr.</i>	5	WEI	LIT
1 <i>Cryptochironomus psittacinus-Gr.</i>	2	RÄU	LIT
2 <i>Cryptochironomus psittacinus-Gr.</i>	1		
<i>Cryptotendipes sp.</i>	10	-	LIT
<i>Glyptotendipes pallens</i>	3	AFIL	LIT
<i>Parachironomus arcuatus-Gr.</i>	3	WEI/DET	LIT
<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i>	3	-	LIT
<i>Procladius (Holotanypus) sp.</i>	8	RÄU/DET	LIT
<i>Prodiamesa olivacea</i>	13	DET	euryök
Summe	58		

Chironomus sp.: Größte Chironomiden; die meisten Arten leben in stehenden Gewässern und sind tolerant gegenüber organischer Verunreinigung und Kontamination durch Schadstoffe und Sauerstoffmangel. Nach der FAA (Fauna Aquatica Austriaca) gehören sie der Litoralzönose an und sind vor allem Detritusfresser.

Parachironomus arcuatus-gr.: Größere Gattung, hauptsächlich im Litoral stehender und langsam fließender Gewässer (z.B. Augewässer), einige sind fakultativ Räuber, die vor allem Chironomidae und Oligochaeta verzehren.

Cryptochironomus: Größere Gattung, in der Regel räuberisch (Beute Chironomidae und Oligochaeta), in feinkörnigen Sedimenten stehender und langsam fließender Gewässer.

Prodiamesa olivacea: Typisch euryök, lebt vor allem in sandig/schlammigen Sedimenten (Litoralzönose), ernährt sich als Detritusfresser vor allem von sedimentiertem FPOM (fine particulate organic material).

Cryptotendipes sp.: Bewohnt Sande und Schlamm langsam fließender Gewässer.

Cricotopus sylvestris-gr.: In stehenden, zum Teil auch langsam fließenden Gewässern, besonders tolerant gegenüber organischer Belastung, ernährt sich als Weidegänger von epilithischen Algen, Biofilm und tw. von Detritus.

Cladotanytarsus mancus: Ist vielseitig bezüglich Lebensräumen und Ernährung.

Paralauterborniella nigrohalteralis: Im Uferbereich von Seen und kleineren stehenden Gewässern, in Schlammröhren im Weichsediment, auch auf Algenaufwuchsflächen, z.B. in Altwässern der Donauauen nachgewiesen.

Glyptotendipes pallens: Vermag vor allem in pflanzenreichen Altwässern dichtere Populationen auszubilden, in detritusreichen Ufersedimenten und in Algenaufwuchs. Aktiver Filtrierer (aktiv erzeugter Wasserstrom strudelt schwebendes FPOM und Mikrobeute herbei).

4.8. Auswertung mittels SPSS

Die Faktorenanalyse erfolgte mit den nach log2 transformierten Datensätzen.

Faktoren, die weniger als 10% der Varianz erklären, werden im Allgemeinen für weiterführende Betrachtungen nicht herangezogen.

4.8.1. Faktorenanalyse Chironomiden/Sediment

Es gibt sechs Eigenwerte über eins, also sechs Hauptkomponenten, wobei 48,24 % der Gesamtvarianz durch die ersten beiden Faktoren erklärt werden.

Tab. 11 Faktorenanalyse Chironomiden/Sediment

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz								
	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	9,005	34,636	34,636	9,005	34,636	34,636	7,585	29,172	29,172
2	3,537	13,605	48,241	3,537	13,605	48,241	3,619	13,919	43,091
3	2,283	8,780	57,020	2,283	8,780	57,020	3,224	12,398	55,490
4	2,002	7,699	64,719	2,002	7,699	64,719	2,075	7,980	63,470
5	1,445	5,558	70,277	1,445	5,558	70,277	1,532	5,891	69,361
6	1,120	4,307	74,584	1,120	4,307	74,584	1,358	5,223	74,584
7	,937	3,604	78,188						
8	,781	3,003	81,191						
9	,664	2,555	83,745						
10	,619	2,381	86,127						
11	,575	2,211	88,338						
12	,506	1,947	90,285						
13	,442	1,699	91,984						
14	,355	1,365	93,349						
15	,299	1,151	94,501						
16	,266	1,022	95,522						
17	,222	,855	96,378						
18	,188	,725	97,102						
19	,164	,629	97,731						
20	,151	,579	98,311						
21	,124	,475	98,786						
22	,094	,362	99,148						
23	,088	,337	99,485						
24	,069	,266	99,751						
25	,035	,134	99,885						
26	,030	,115	100,000						

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Tab. 12 Rotierte Komponentenmatrix Chironomiden/Sediment

Rotierte Komponentenmatrix^a

	Komponente					
	1	2	3	4	5	6
log2 Scandium	,202	-,095	,009	,289	-,146	-,619
log2 Vanadium	,497	,589	-,012	,407	,047	-,135
log2 Chrom	,545	,052	,330	,522	,031	,018
log2 Mangan	,566	,151	,291	-,643	-,074	,036
log2 Kobalt	,687	,532	,300	,019	,047	-,018
log2 Nickel	,679	,444	,217	,067	-,102	-,025
log2 Kupfer	,678	,281	-,219	-,135	-,181	,026
log2 Zink	,795	,312	-,164	-,141	,028	-,002
log2 Gallium	,032	,276	,830	,282	,130	,200
log2 Arsen	,011	,733	-,413	,069	,093	,078
log2 Selen	-,067	,214	-,131	,878	,099	-,113
log2 Rubidium	-,003	,874	,059	,144	,054	,181
log2 Yttrium	,749	,124	,182	-,009	,232	-,084
log2 Zirkonium	,315	,037	,108	-,030	,685	,268
log2 Niob	,669	,070	,270	,108	,067	,106
log2 Molybdän	,037	,007	-,058	,140	,861	-,170
log2 Silber	,731	-,230	,170	,106	,223	,080
log2 Cadmium	,462	,709	,005	,013	-,013	,103
log2 Zinn	,881	-,095	,253	,068	,098	-,071
log2 Antimon	,727	,005	,287	,058	,128	,348
log2 Tellur	,339	,044	-,022	,065	-,165	,666
log2 Lanthan	,236	-,095	,881	-,174	,010	-,111
log2 Cer	,111	-,170	,908	-,216	-,062	-,052
log2 Thallium	,322	,650	,112	-,220	-,195	-,375
log2 Blei	,822	,274	-,169	-,169	,054	-,006
log2 Bismut	,725	,184	,005	-,099	-,009	-,001

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

a. Die Rotation ist in 7 Iterationen konvergiert.

Die chemischen Elemente, als Variablen, korrelieren mit jenem Faktor, in dem der Korrelationskoeffizient am höchsten ist.

Zuordnung der Variablen zu einem Faktor über den Korrelationskoeffizienten:

Faktor 1 wird zugeordnet: Zinn, Blei, Zink, Yttrium, Silber, Antimon, Bismut, Kobalt, Nickel, Kupfer, Niob, Mangan und Chrom

Faktor 2 wird zugeordnet: Rubidium, Arsen, Cadmium, Thallium und Vanadium

Faktor 3 wird zugeordnet: Cer, Lanthan und Gallium

Faktor 4 wird zugeordnet: Selen und Scandium

Faktor 5 wird zugeordnet: Molybdän und Zirkonium

Faktor 6 wird zugeordnet: Tellur

Komponentendiagramme im rotierten Raum stellen die Faktorladungen für die Faktoren grafisch dar. Optimal für die Interpretation wäre es, wenn die Punkte eng an den Achsen und weit vom Nullpunkt entfernt lägen, dann hätte jede Variable für den einen Faktor eine hohe und für den anderen Faktor eine niedrige Ladung. Als Rotationsverfahren wurde Varimax ausgewählt, eine orthogonale Rotation der Achsen, bei der die Anzahl der Variablen mit hoher Faktorladung minimiert wird. Dieses ist das übliche Verfahren, da es die Interpretierbarkeit der Faktoren erleichtert. (SPSS Version 8, 1998).

Die Null-Linie entspricht den Mittelwerten der Elemente, die der jeweiligen Hauptkomponente zugeordnet sind.

Aus untenstehendem Diagramm ist zu entnehmen, dass die Mittelwerte für die Elemente des Faktors 1 in der Mehrzahl der Proben (Chironomiden) über den Werten für die Sedimente liegen. Für Faktor 2 gilt, dass die Mittelwerte der zugeordneten Elemente in der Mehrzahl der Proben (Chironomiden) unter den Werten für die Sedimente liegen.

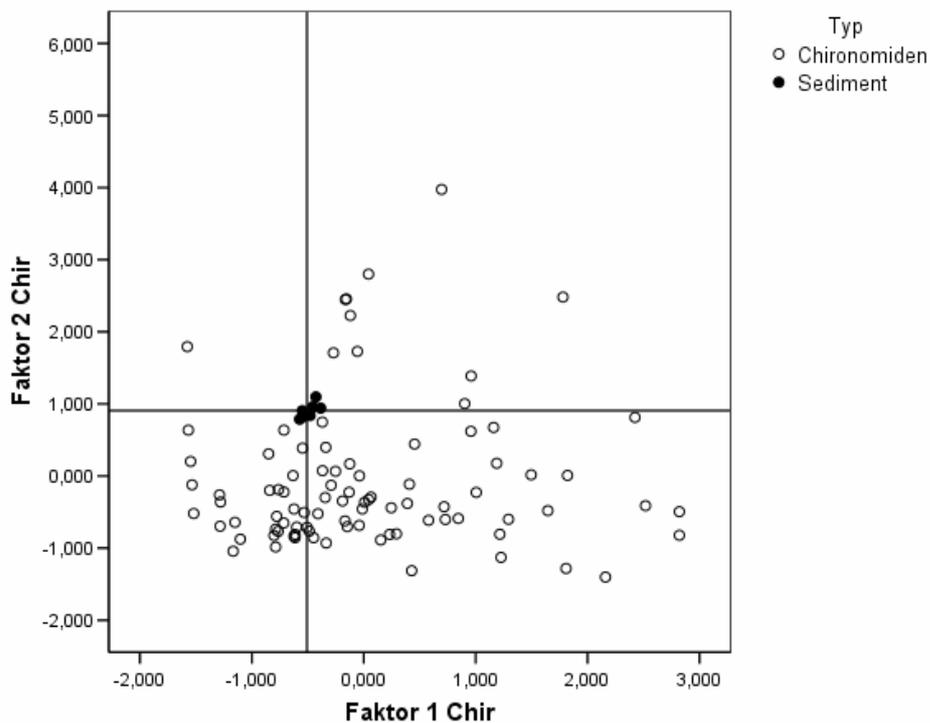


Abb. 159 Komponentendiagramm Chironomiden Faktor 1 / Faktor 2

4.8.2. Faktorenanalyse Oligochaeten/Sediment

Es gibt fünf Eigenwerte über eins, also fünf Hauptkomponenten, wobei 60,46% der Gesamtvarianz durch die Komponenten 1 - 2 erklärt werden.

Tab. 13 Faktorenanalyse Oligochaeten/Sediment

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz								
	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	13,343	51,321	51,321	13,343	51,321	51,321	6,809	26,188	26,188
2	2,377	9,143	60,464	2,377	9,143	60,464	5,705	21,944	48,132
3	1,609	6,188	66,652	1,609	6,188	66,652	3,810	14,653	62,785
4	1,449	5,572	72,224	1,449	5,572	72,224	2,306	8,869	71,654
5	1,196	4,602	76,826	1,196	4,602	76,826	1,345	5,172	76,826
6	,864	3,323	80,149						
7	,832	3,200	83,348						
8	,591	2,274	85,623						
9	,498	1,914	87,537						
10	,461	1,774	89,311						
11	,438	1,686	90,997						
12	,319	1,225	92,223						
13	,282	1,086	93,309						
14	,250	,960	94,269						
15	,209	,805	95,074						
16	,207	,795	95,869						
17	,196	,756	96,625						
18	,162	,624	97,249						
19	,155	,597	97,846						
20	,125	,479	98,325						
21	,103	,397	98,722						
22	,086	,329	99,052						
23	,080	,309	99,361						
24	,074	,283	99,644						
25	,050	,193	99,837						
26	,042	,163	100,000						

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Zuordnung der Variablen zu einem Faktor über den Korrelationskoeffizienten:

Faktor 1 wird zugeordnet: Zirkonium, Rubidium, Arsen, Cadmium, Kobalt, Zinn, Yttrium, Gallium, Niob, Thallium, Blei

Faktor 2 wird zugeordnet: Molybdän, Silber, Kupfer, Chrom, Zinn, Nickel und Antimon

Faktor 3 wird zugeordnet: Cer, Lanthan, Mangan und Bismut

Faktor 4 wird zugeordnet: Selen, Scandium und Vanadium

Faktor 5 wird zugeordnet: Tellur

Tab. 14 Rotierte Komponentenmatrix Oligochaeten/Sediment

Rotierte Komponentenmatrix^a

	Komponente				
	1	2	3	4	5
log2 Scandium	,330	,398	,306	,438	-,306
log2 Vanadium	,472	,080	,315	,637	,241
log2 Chrom	,447	,633	,008	,418	,128
log2 Mangan	,527	,426	,584	-,195	,083
log2 Kobalt	,709	,366	,369	,202	,104
log2 Nickel	,373	,578	,410	,183	,028
log2 Kupfer	,459	,758	,086	,009	,041
log2 Zink	,669	,347	,420	-,017	,172
log2 Gallium	,596	,474	,326	,410	-,146
log2 Arsen	,732	,113	-,051	,145	,094
log2 Selen	-,020	,164	-,073	,847	,087
log2 Rubidium	,798	,287	,181	,316	-,110
log2 Yttrium	,614	,346	,514	,205	,045
log2 Zirconium	,868	,157	-,083	-,111	-,180
log2 Niob	,581	,364	,415	,272	,238
log2 Molybdän	,099	,908	-,065	,195	-,002
log2 Silber	,179	,854	,023	,091	-,013
log2 Cadmium	,732	,482	,049	,099	,212
log2 Zinn	,434	,629	,358	,088	,260
log2 Antimon	,365	,575	,196	,204	,323
log2 Tellur	,038	,107	-,011	,105	,834
log2 Lanthan	,086	,077	,869	,135	-,158
log2 Cer	-,046	-,108	,949	-,051	,098
log2 Thallium	,561	,367	,247	,303	,009
log2 Blei	,572	,522	,273	-,092	,178
log2 Bismut	,386	,471	,480	,219	,081

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

a. Die Rotation ist in 6 Iterationen konvergiert.

Untenstehendem Komponentendiagramm ist zu entnehmen, dass die Mittelwerte für die Elemente des Faktors 1 in den Oligochaeten sowohl über als auch unter den Werten für die Sedimente liegen. Für Faktor 2 ist jedoch deutlich, dass die Mittelwerte der zugeordneten Elemente in der Mehrzahl der Proben (Oligochaeten) über den Werten für die Sedimente liegen:

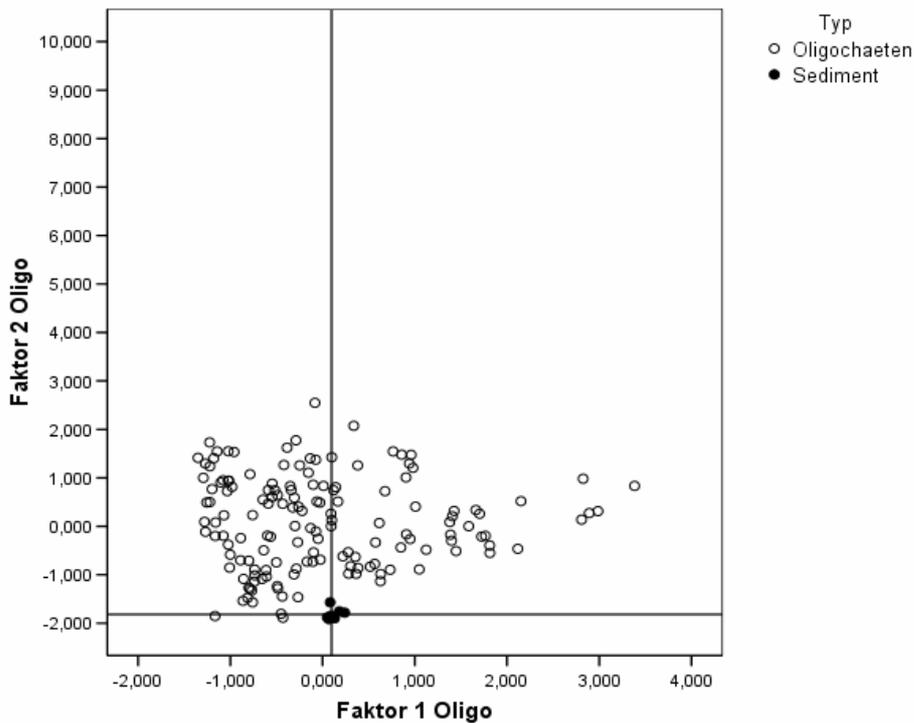


Abb. 160 Komponentendiagramm Oligochaeten Faktor 1 / Faktor 2

Unterscheidung der Faktoren zwischen Chironomiden und Oligochaeten

In untenstehender Tabelle sind die Korrelationen der Faktorladungen zwischen Chironomiden und Oligochaeten angegeben (Rangkorrelation nach Spearman, mit Bonferroni-Korrektur):

Tab. 15 Korrelationen der Faktorladungen Chironomiden/Oligochaeten

		Oligochaeten					
		FAKTOR 1	FAKTOR 2	FAKTOR 3	FAKTOR 4	FAKTOR 5	
Chironomiden	FAKTOR 1	Korrelationskoeffizient	0,08	0,42	0,36	-0,36	0,43
		Sig. (2-seitig)	0,701	0,030	0,069	0,067	0,029
		N	26	26	26	26	26
	FAKTOR 2	Korrelationskoeffizient	0,65	-0,10	-0,11	0,21	0,10
		Sig. (2-seitig)	0,000	0,610	0,594	0,296	0,624
		N	26	26	26	26	26
	FAKTOR 3	Korrelationskoeffizient	-0,15	-0,03	0,52	0,06	-0,11
		Sig. (2-seitig)	0,475	0,893	0,006	0,769	0,608
		N	26	26	26	26	26
	FAKTOR 4	Korrelationskoeffizient	-0,09	0,13	-0,47	0,70	0,00
		Sig. (2-seitig)	0,660	0,526	0,015	0,000	0,988
		N	26	26	26	26	26
FAKTOR 5	Korrelationskoeffizient	0,19	0,10	-0,29	0,09	-0,08	
	Sig. (2-seitig)	0,350	0,633	0,146	0,648	0,709	
	N	26	26	26	26	26	
FAKTOR 6	Korrelationskoeffizient	0,35	0,04	-0,25	-0,27	0,20	
	Sig. (2-seitig)	0,082	0,828	0,210	0,180	0,327	
	N	26	26	26	26	26	

Die Hauptkomponente 2 der Chironomiden und die Hauptkomponente 1 der Oligochaeten korrelieren stark.

Die Hauptkomponenten 3 und 4 sind bei Chironomiden und Oligochaeten sehr ähnlich.

4.8.3. Faktorenanalyse nach Grad der Anbindung der Probestelle

Als Versuch die Unterschiede zwischen den Hauptgruppen der Chironomiden und Oligochaeten näher zu betrachten wurde in weiterer Folge eine Hauptkomponentenanalyse nach dem Grad der Anbindung der Probestellen durchgeführt.

Es wurde folgende Einteilung getroffen:

Regelsbrunn	1	sehr stark angebunden
Schönau, Haslau	2	stark angebunden
Orth/Donau, Narrischer Arm Süd, Stopfenreuth	3	mittlere Anbindung
Mühlleiten, Narrischer Arm Nord	4	geringe Anbindung

Insgesamt wurden 257 Proben zugeordnet:

Tab. 16 Häufigkeiten nach Grad der Anbindung

		Anbindung			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	sehr stark angebunden	44	17,1	17,1	17,1
	stark angebunden	43	16,7	16,7	33,9
	mittlere Anbindung	153	59,5	59,5	93,4
	geringe Anbindung	17	6,6	6,6	100,0
	Gesamt	257	100,0	100,0	

Die meisten Individuen (153) wurden an den Standorten mit mittlerer Anbindung gefunden.

Tab. 17 Häufigkeit nach Standorten

		Standorte			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Haslau	8	3,1	3,1	3,1
	Mühlleiten	2	,8	,8	3,9
	Narr. Arm N	15	5,8	5,8	9,7
	Narr. Arm S	76	29,6	29,6	39,3
	Orth	22	8,6	8,6	47,9
	Regelsbrunn	44	17,1	17,1	65,0
	Schönau	35	13,6	13,6	78,6
	Stopfenreuth	55	21,4	21,4	100,0
	Gesamt	257	100,0	100,0	

Die Komponentendiagramme zeigen für die Elemente der Faktoren 1 und 2 in den Chironomiden eine deutliche Auftrennung nach dem Grad der Anbindung.

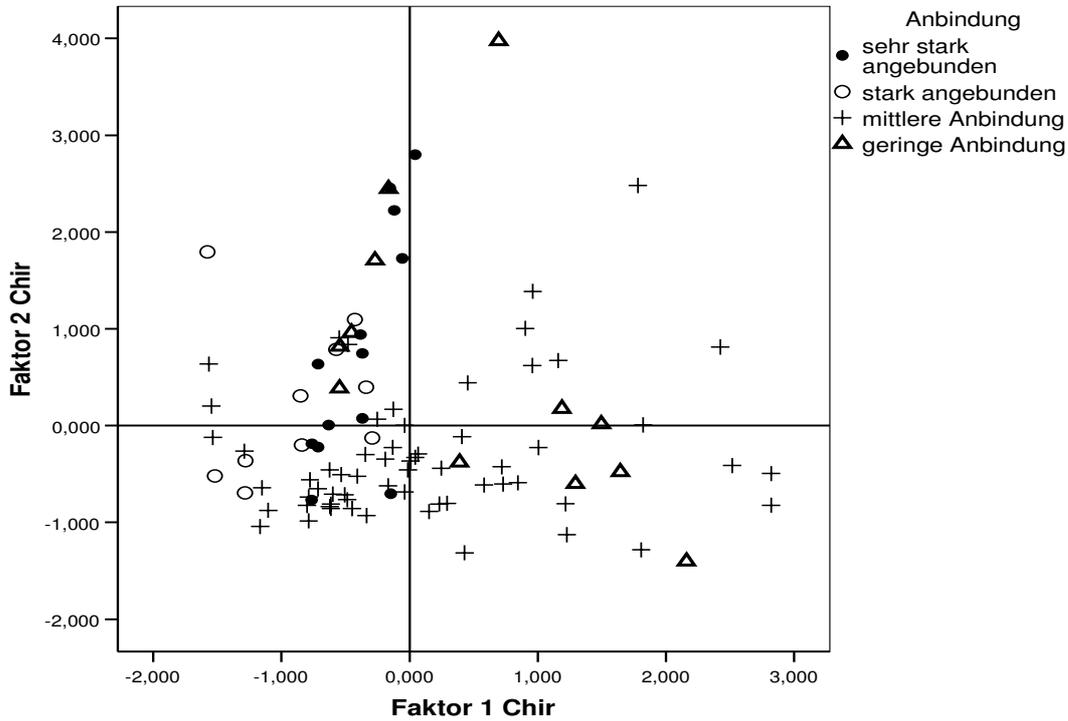


Abb. 161 Komponentendiagramm Anbindung Chironomiden Faktor 1 / Faktor 2

Für die Oligochaeten lässt sich nach dem Grad der Anbindung für den Faktor 1 und 2 kein deutlicher Zusammenhang erkennen.

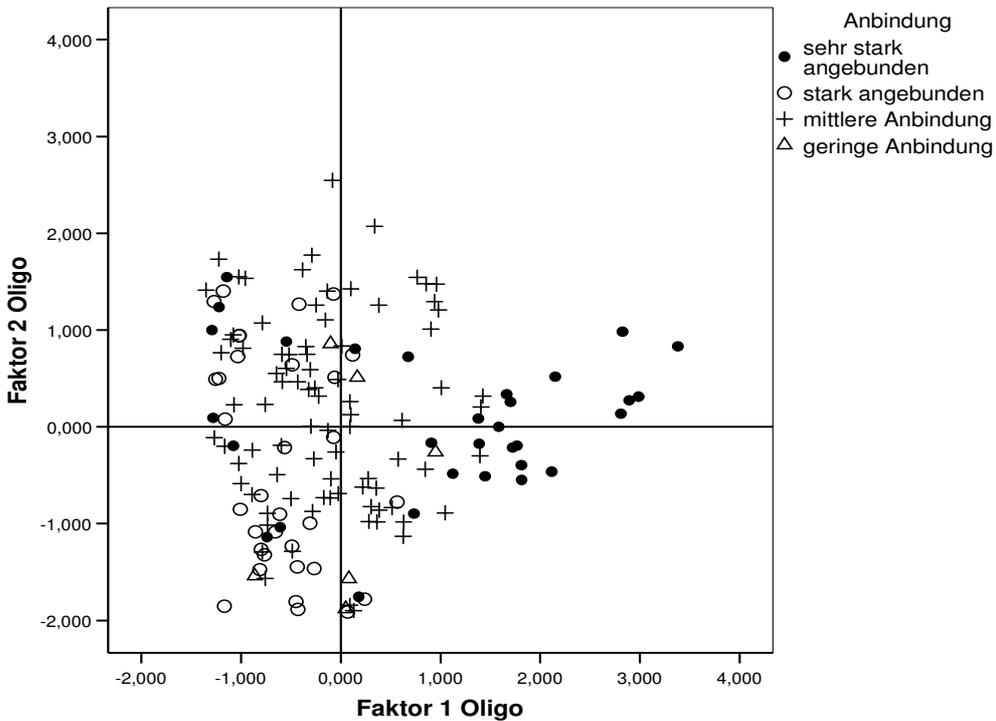


Abb. 162 Komponentendiagramm Anbindung Oligochaeten Faktor 1 / Faktor 2

4.8.4. Faktorenanalyse nach organischem Gehalt

Der organische Gehalt an den Probestellen wurde der Diplomarbeit von Frau Mühlhofer entnommen (MÜHLHOFER, 2001).

Für die untenstehende statistische Auswertung wurde folgende Einteilung getroffen:

1 – 3 %	Orth/Donau, Haslau, Stopfenreuth
3,1 – 6 %	Regelsbrunn, Narrischer Arm Nord
>6 %	Schönau, Mühleiten, Narrischer Arm Süd

Für die Gruppe der Chironomiden existiert für den Faktor 1 ein deutlicher Zusammenhang mit dem organischen Gehalt.

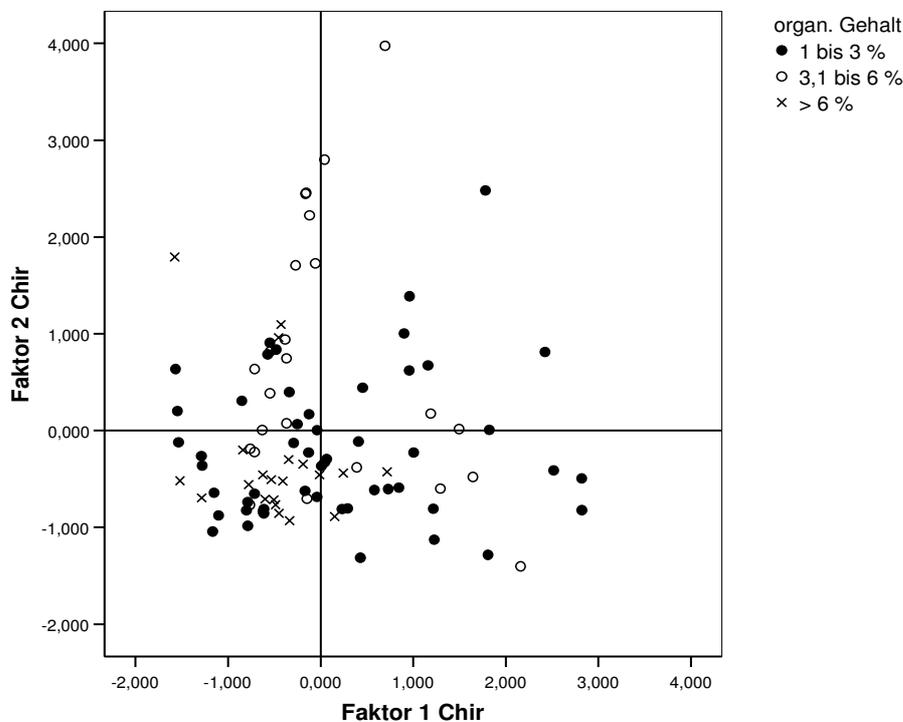


Abb. 163 Komponentendiagramm Glühverlust Chironomiden Faktor 1 / Faktor 2

Bei den Oligochaeten besteht kein deutlicher Zusammenhang mit dem Glühverlust.

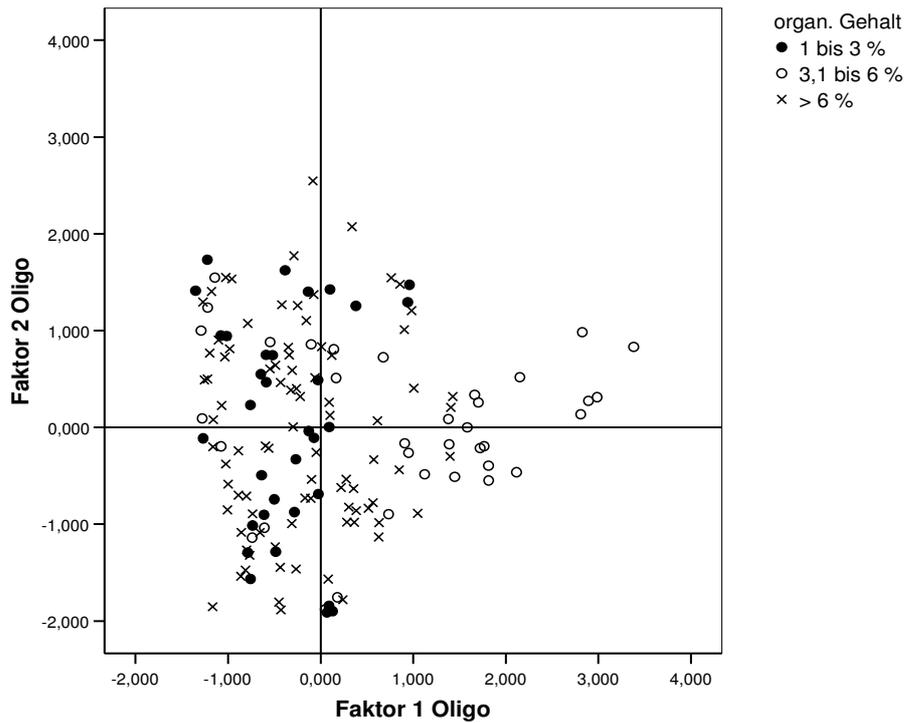


Abb. 164 Komponentendiagramm Glühverlust Oligochaeten Faktor 1 / Faktor 2

In Abb. 165 und 166 wird deutlich, wie sich die Probestelle Regelsbrunn bezüglich des Faktors 1 bei Chironomiden und Oligochaeten unterscheidet.

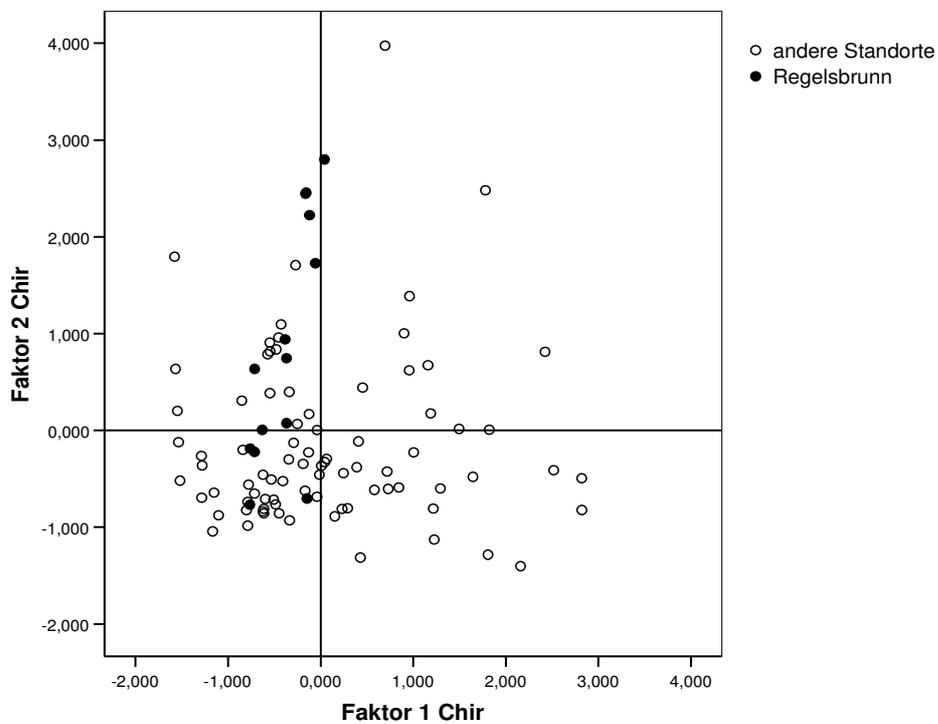


Abb. 165 Unterscheidung Regelsbrunn / andere Standorte: Chironomiden

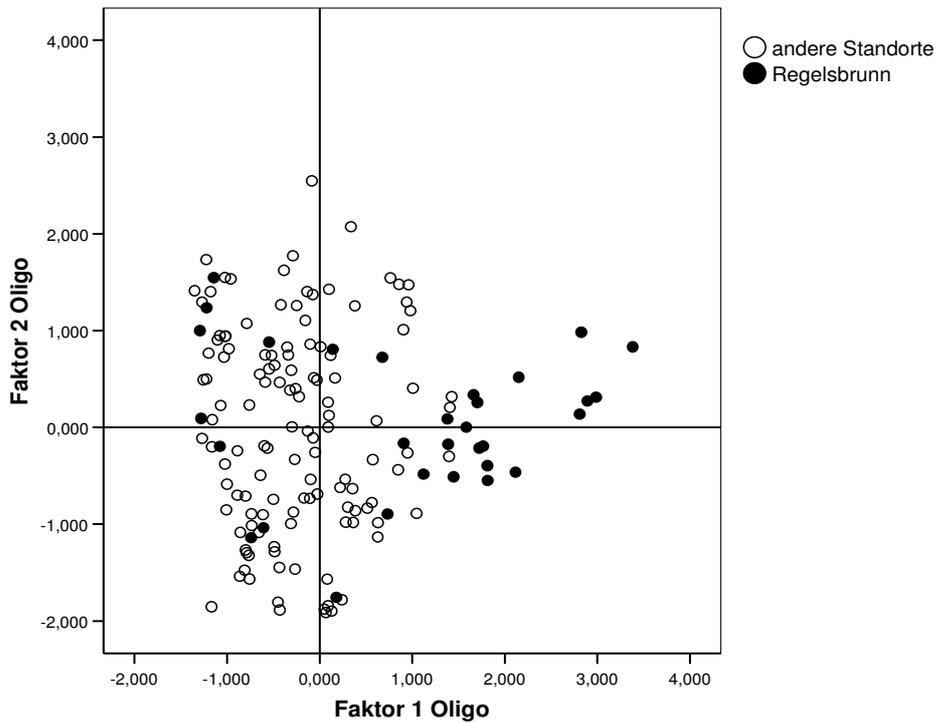


Abb. 166 Unterscheidung Regelsbrunn / andere Standorte: Oligochaeten

Die Abbildungen 167 und 168 zeigen die Verteilung aller Standorte in Hinblick auf die Faktoren 1 und 2 bei Chironomiden und Oligochaeten.

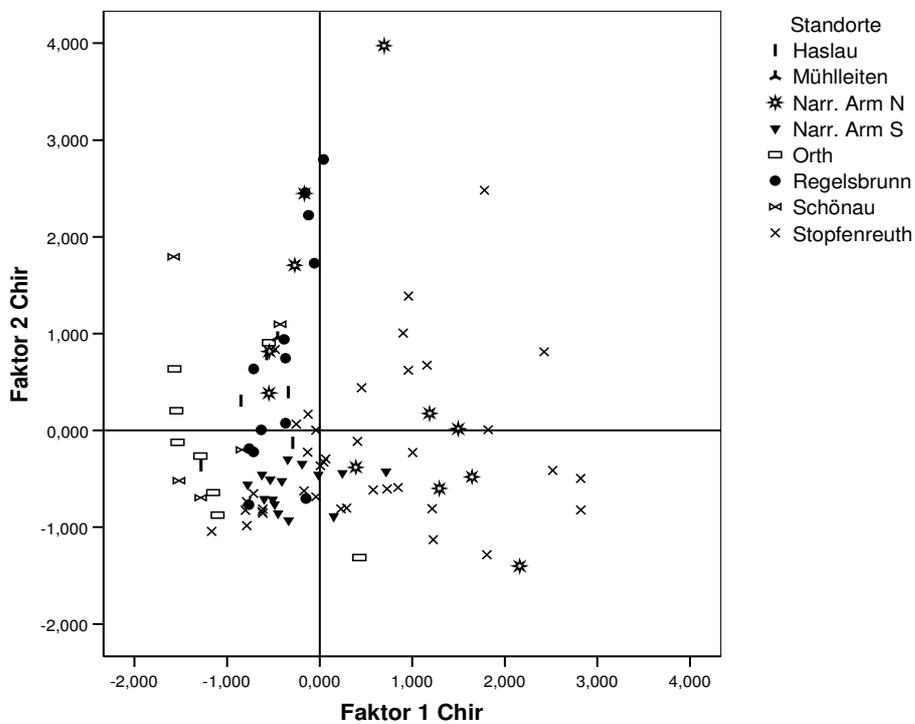


Abb. 167 Komponentendiagramm Standorte: Chironomiden

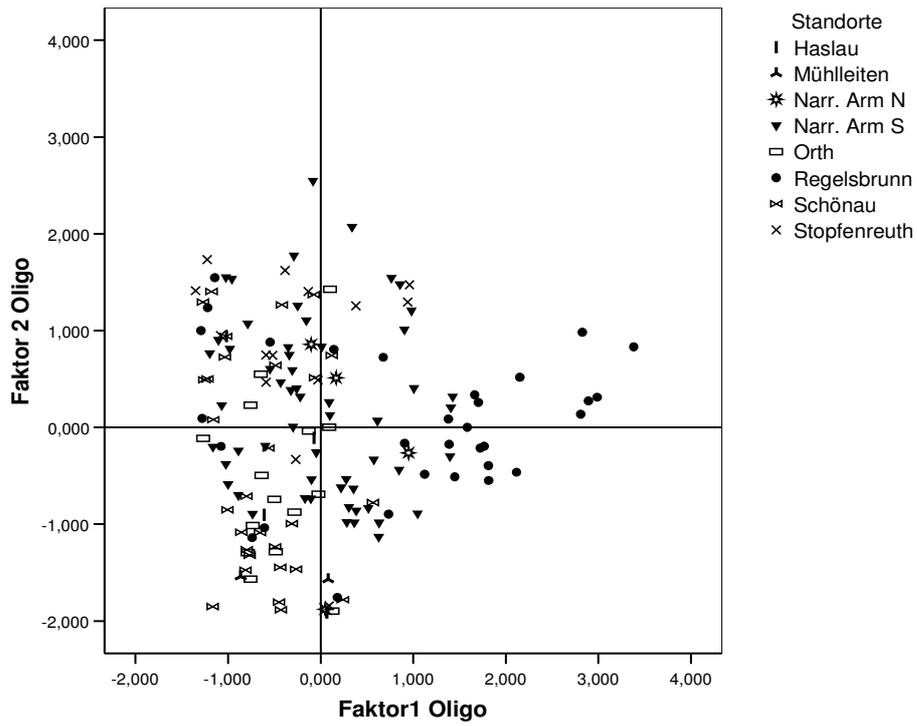


Abb. 168 Komponentendiagramm Standorte: Oligochaeten

5. Diskussion

5.1. Analytische Methoden

Aufschlussmethode

Zu den bevorzugten Methoden der Mineralisierung biologischer Probenmaterialien gehört der Nassaufschluss mit Salpetersäure in geschlossenen Systemen. Die dabei mögliche Reaktion bei erhöhten Temperaturen verbessert das Oxidationsvermögen der Säure gegenüber offenen Aufschlüssen mit diesem Reagens beträchtlich. Es wird zwar in vielen Fällen der in organischen Probenmaterialien enthaltene Kohlenstoff nur unvollständig zu CO₂ umgesetzt (WÜRFELS, JACKWERTH 1985), der Grad des Aufschlusses ist aber für Fragestellungen im Bereich der Umweltanalyse ausreichend.

Mögliche Fehlerquellen beim Lösen und Aufschließen sind nach (BOCK, 1972): Verluste durch Verspritzen, Verluste durch Verflüchtigung, Verluste durch Reaktion mit dem Gefäß und Blindwerte.

Die Verluste durch Verspritzen betragen größenordnungsmäßig 0,01-0,2 % und können durch Verwendung einer Abdeckung, deren Unterseite abgespritzt wird, weitgehend beseitigt werden (in diesem Fall wurde ein Teflondeckel verwendet). Elemente, die flüchtige Verbindungen bilden, sind unter den in dieser Arbeit gemessenen vor allem Arsen, Antimon, Zinn und Selen. Auch Chrom kann bei Oxidation in Gegenwart von Chlorid verflüchtigt werden. Verluste durch Reaktion mit dem Gefäß sind für saure Aufschlüsse nicht relevant. Um eventuelle Verfälschungen der Messergebnisse zu korrigieren wurden drei Blindproben gemessen,

Oxidation anorganischer Substanzen mit HNO₃ (BOCK, 1972): Konzentrierte Salpetersäure stellt als eine der stärksten anorganischen Säuren ein sehr starkes Oxidationsmittel dar, das in der Lage ist, auch edle Metalle wie Kupfer oder Silber anzugreifen. Metalle und Legierungen werden mit Salpetersäure zu leichtlöslichen Nitraten oxidiert. Nicht angegriffen werden Gold und die Platin-Metalle (außer Pd). Diese Elemente wurden in vorliegender Arbeit nicht berücksichtigt. Infolge der Bildung nur langsam löslicher oxidischer Schutzschichten sind, von den in dieser Arbeit untersuchten Elementen, Chrom, Gallium, Niob, Thallium und Zirkonium weniger gut löslich. Daher könnten die Ergebnisse für diese Elemente unterschätzt sein.

Für Proben mit hohen Gehalten an Arsen, Antimon oder Zinn wären sulfurierende Aufschlüsse (Bildung von Polysulfid) vorteilhaft. Dabei bilden diese Elemente wasserlösliche

Thiosalze, während viele andere beim Lösen der Schmelze quantitativ als Sulfide im Rückstand bleiben („Freiberger Aufschluss“).

KOTZ et al, 1972, beschreiben dagegen einen Druckaufschluss mit HNO_3 bzw. HNO_3 -HF in einem Teflongefäß mit Deckel für die Bestimmung von Spurenelementgehalten ($< 10^{-4}$ %) in biologischen Matrices (Gewebe, Nahrungsmittel, Abwasserschlämme u. a.) bei begrenzten Einwaagen (< 500 mg). Radiochemische Messungen ergaben, dass die Verluste selbst bei Nanogramm-Mengen flüchtiger Elemente (Se, Hg, J u. a.) < 2 % lagen. Danach lassen sich Aufschlussfehler weitestgehend reduzieren, wenn in einem Teflongefäß organische Matrices mit konz. Salpetersäure bei hoher Temperatur und unter Druck aufgeschlossen werden. Flüchtige Elemente können während des Aufschlusses nicht entweichen, wie auch praktisch keine Verunreinigungen aus der Laboratoriumsluft eingebracht werden können. Die Adsorption von Ionen an Teflon ist sehr gering, ebenso werden kaum Elemente an die Aufschlusslösung abgegeben. Die Aufschluss säuremenge kann auf ein Mindestmaß reduziert werden und wegen der geringen Benetzbarkeit des Teflons kann das Aufschlussgut vollständig überführt werden. Die guten Aufschlussbedingungen wurden durch radiochemische Ausbeutebestimmungen bestätigt.

Nachweisgrenzen:

Für Selen wird eine Nachweisgrenze von < 100 ng/l angegeben, das entspricht einer Konzentration von $10 \mu\text{g/g}$ im Organismus (bei einem Gewicht von 1 mg pro Tier). Damit liegen die Konzentrationen an Selen in den Tieren teilweise unter der Nachweisgrenze.

Die Konzentrationen an Vanadium in den Tieren liegen ebenfalls teilweise unter der Nachweisgrenze. Gallium liegt nur in den artbestimmten Oligochaeten unter der Nachweisgrenze. Tellur wiederum liegt nur bei den Chironomidenarten *Parachironomus arcuatus*-Gruppe und *Paralauterborniella nigrohalteralis* über der Nachweisgrenze. Für das Element Thallium liegen die Ergebnisse im Grenzbereich der Nachweisgrenze. Die übrigen gemessenen Elemente werden durch die Nachweisgrenze der ICP-MS gut abgedeckt.

Stichprobenzahl

Die Stichprobenzahlen für Chironomiden im Allgemeinen lagen an den Standorten Haslau, Schönau und Orth/Donau bei $N < 10$, an den Standorten Narrischer Arm Nord und Süd, Regelsbrunn und vor allem Stopfenreuth war $N \geq 10$, also aussagekräftiger. Am Probepunkt Mühlleiten wurden keine Chironomiden gefunden.

Nach der Bestimmung der Chironomiden wurden von 23 gefundenen Gattungen/Arten nur die 12 Gattungen/Arten mit $N \geq 3$ zur Darstellung der Biokonzentration ausgewählt. Davon

waren nur zwei Taxa mit $N \geq 10$ Individuen vertreten (*Cryptotendipes* sp., *Prodiamesa olivacea*).

Für die Oligochaeten lagen die Abundanzen nur an den Standorten Haslau, Mühlleiten und Narrischer Arm Nord < 10 Individuen. Der individuenreichste Standort war am Narrischen Arm Süd zu finden. Circa ein Viertel der Oligochaeten wurde zur Artbestimmung herangezogen, von den zehn hier ermittelten Taxa waren nur drei mit $N \geq 5$ Individuen vertreten.

5.2. Begleitmessungen

Die Messung des Redoxpotentials in den Sedimenten ergab, dass das Sediment in Mühlleiten ab 1 cm Tiefe strikt anaerob war (siehe Abb. 3). Am besten waren die Redoxverhältnisse in den Regelsbrunner Sedimenten, bis in 25 cm Tiefe konnten keine strikt anaeroben Zonen festgestellt werden (siehe Abb. 7). Auch Haslau und Stopfenreuth wiesen gute Redoxverhältnisse im Sediment auf (Abb. 6, 10).

Der Sauerstoffgehalt im Wasser war in Stopfenreuth am höchsten (84 %), im Narrischen Arm Süd am geringsten (42 %) (Abb. 11).

Mühlleiten wies sowohl den niedrigsten pH-Wert, als auch die niedrigste Temperatur im Wasser auf (siehe Abb. 12 und 14).

Von den in den Sedimentproben nachgewiesenen Elementen blieben Scandium, Zirkonium, Niob, Silber, Antimon, Tellur, Lanthan, Cer, Thallium und Bismut unter $1 \mu\text{g/g}$ Sediment (Abb. 15). Mangan, Gallium, Yttrium, Molybdän und Zinn lagen im Bereich 1 bis $10 \mu\text{g/g}$ Sediment (Abb. 16).

Im Bereich 10 bis $100 \mu\text{g/g}$ Sediment lagen Vanadium, Kobalt, Nickel, Kupfer, Arsen, Blei, Cadmium und Rubidium (Abb. 17). Konzentrationen über $100 \mu\text{g/g}$ Sediment wiesen nur Chrom, Zink und Selen auf (Abb. 18).

Mühlleiten zeigt bei den Elementen Mangan, Molybdän, Arsen, Selen, Kupfer und Blei jeweils die höchsten im Sediment gemessenen Konzentrationen. Die am zweitstärksten mit Kupfer, Blei und Arsen belasteten Standorte sind Schönau und Regelsbrunn. Diese beiden weisen auch bei den Elementen Zink, Nickel, Kobalt, Gallium und Rubidium die höchsten Werte auf.

Bezüglich Chrom sind alle Standorte gleichermaßen leicht belastet.

5.3. Vergleich der Sedimente mit Richtwerten

Für einige der untersuchten Elemente sind Grenz- und Richtwerte für Spurenelemente in Böden und Sedimenten zusammengestellt. Als Sedimente werden Feststoffe bezeichnet, die sich aus oberirdisch flächenhaft abfließendem Wasser abgelagert haben (ÖNORM B 2400, 1986). Das Holländische Umweltministerium (1994), das kanadische Umweltministerium (SMITH et al., 1996) und das Bayerische Landesamt f. Wasserwirtschaft (WACHS, 1995) schlagen Grenzwerte für Sedimente vor, ab denen eine negative biologische Beeinflussung aquatischer Organismen wahrscheinlich wird, oder die, wie im Fall von Bayern, als Zielvorgabe zum Ökosystemschutz für Salmonidengewässer fungieren sollen (siehe Tab.18). Da es auf österreichischer und internationaler Ebene keine allgemein anerkannten Grenzwerte für die Sedimentqualität gibt, wird die ÖNORM L 1075 für den Belastungsverdacht in landwirtschaftlichen und gärtnerisch genutzten Böden als Bewertungskriterium herangezogen.

Überschreitungen des Wertes für den Belastungsverdacht für Böden (ÖNORM L 1075, 1993) finden sich für Arsen, Cadmium und Chrom an allen betrachteten Standorten. An den Probepunkten Mühlleiten, Schönau, Orth und Regelsbrunn wird zusätzlich auch der Wert, ab dem ein Belastungsverdacht für Zink angenommen wird, überschritten.

Tab. 18 Grenz- und Richtwerte für Spurenelemente in Böden und Sedimenten

Element	ÖNORML1075 ¹⁾ Belastungsverdacht Böden (mg/kg)	D Bayern ²⁾ Belastungsklasse II Schweb./Sed.	Holland ³⁾ target value (mg/kg)Bd/Sed	Holland ³⁾ intervent.value (mg/kg)Bd/Sed	Mühlleiten Sediment (µg/g)	Schönau Sediment (µg/g)	Orth Sediment (µg/g)	Haslau Sediment (µg/g)	Regelsbrunn Sediment (µg/g)	Narr. Arm N Sediment (µg/g)	Stopfenreuth Sediment (µg/g)
As	20	-	29	55	94,002	62,160	52,139	54,057	60,991	49,952	59,761
Cd	1	4,5	0,8	12	11,694	8,459	6,707	6,851	6,189	3,859	5,392
Cr	100	80	100	380	201,595	199,158	197,748	192,790	199,496	224,000	220,262
Cu	100	30	36	190	32,423	26,921	16,986	13,700	28,028	15,423	20,366
Ni	60	50	35	210	25,456	37,404	25,600	21,198	33,797	24,842	28,827
Pb	100	120	85	530	36,225	32,722	14,154	11,475	27,543	15,471	16,047
Zn	300	200	140	720	504,480	627,656	348,748	275,653	615,094	198,998	298,012

1) ÖNORML1075 (1993) Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden
2) WACHS (1995) Zielvorgabe zum Ökosystemschutz für bayrische Salmonidengewässer
3) SMITH et al. (1996) "Probable effect level" für Süßwasser definiert als die Konzentration über der negative biologische Auswirkungen als häufig angenommen werden

In Tab. 19 wird die Einstufung der Sedimente nach dem Geoakkumulationsindex (Müller, 1979), der sich auf österreichische geologische Hintergrundwerte für Schwermetalle bezieht, dargestellt.

Tab. 19 Belastungsklassen der Sedimente nach dem Geoakkumulationsindex (MÜLLER, 1979)

	Österreichische Background- Werte	Praktisch unbelastet	Unbelastet bis mäßig belastet	Mäßig belastet	Mäßig bis stark belastet
Mühlleiten	Cu, Ni, Pb		Cr, Zn		As, Cd
Schönau	Cu, Pb	Ni	As, Cr, Zn		Cd
Orth	Cu, Ni, Pb		As, Cr, Zn		Cd
Haslau	Cu, Ni, Pb	Zn	As, Cr		Cd
Regelsbrunn	Cu, Ni, Pb		As, Cr, Zn		Cd
Narr. Arm N	Cu, Ni, Pb	Zn	As	Cd, Cr	
Stopfenreuth	Cu, Ni, Pb	Zn	As	Cd, Cr	

Die Gehalte an Kupfer und Blei überschreiten an keinem der Probepunkte die österreichischen Background-Werte.

Nickel liegt nur am Standort Schönau in einer Konzentration über dem Background-Wert vor, Schönau wird bezüglich Nickel als „praktisch unbelastet“ eingestuft.

Bezüglich Zink fallen die Standorte Haslau, Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth in die Kategorie „praktisch unbelastet“. Mühlleiten, Schönau, Orth/Donau und Regelsbrunn gelten als „unbelastet bis mäßig belastet“.

Die Konzentrationen an Chrom finden sich vorwiegend im Bereich „unbelastet bis mäßig belastet“, nur die Standorte Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth sind immerhin „mäßig belastet“.

Die Konzentrationen an Cadmium finden sich vorwiegend im Bereich „mäßig bis stark belastet“, nur die Standorte Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth sind „mäßig belastet“.

Arsen liegt an fast allen Standorten im Bereich „unbelastet bis mäßig belastet“, die Ausnahme bildet der Probepunkt Mühlleiten, für den bezüglich Arsen eine mäßige bis starke Belastung gilt.

In die letzten drei Kategorien (stark belastet, stark bis übermäßig und übermäßig belastet) fiel keines der betrachteten Elemente.

Laut einer Zusammenstellung von Literaturwerten (Umweltbundesamt, „Umweltsituation Wasser, Jahresbericht 1998“) werden negative Auswirkungen auf aquatische Organismen angenommen ab Sedimentkonzentrationen von (siehe untenstehende Tab. 20):

Tab. 20 Sedimentkonzentrationen mit negativen Auswirkungen auf aquatische Organismen

17-85 mg/kg	Arsen
3,5-9 mg/kg	Cadmium
80-145 mg/kg	Chrom
30-390 mg/kg	Kupfer
36-50 mg/kg	Nickel
91-120 mg/kg	Blei
200-315 mg/kg	Zink

Nach Tab. 20 können die Probepunkte bezüglich Nickel, Kupfer und Blei als praktisch unbelastet eingestuft werden. Die Werte für die Elemente Arsen, Cadmium, Chrom und Zink befinden sich aber an allen Standorten in jenem Bereich, ab dem negative Auswirkungen auf die Organismen angenommen werden können.

Mobilität von Arsen und Cadmium

Arsen ist sehr mobil, daher sind die Messergebnisse schwer interpretierbar. In natürlichen Gewässern spielt Arsen bei zahlreichen Oxidations- und Reduktionsreaktionen, bei Ionenaustausch, Ausfällung und Adsorptionsreaktionen eine Rolle. So führt etwa die Adsorption von Arsen an Schwebeteilchen und die Mitfällung mit Aluminium- oder Eisenhydroxiden dazu, dass ein großer Teil des Arsens vom Wasser in das Sediment gelangt. Reduktionsreaktionen oder Methylierungen können es wiederum in das Wasser zurückführen (LENNTECH, 1998-2008).

Aus der flüssigen Phase gelangt Cadmium überwiegend durch Kopräzipitation mit Tonmineralen, Metallhydroxiden (z. B. Fällung mit Fe^{3+} und Mn^{4+}) und Phosphoriten ins Sediment oder es wird an diese adsorbiert. Änderungen der Gewässereigenschaften können das im Sediment befindliche Cadmium remobilisieren; so führt pH-Absenkung zur Lösung von Cadmiumcarbonaten und -hydroxiden. Auch Änderungen der Redoxbedingungen tragen zur Remobilisierung aus den Sedimenten bei. Z. B. durch Abbauprozesse, verursacht durch verstärkten organischen Eintrag in ein Gewässer. Die Zersetzung dieser Substanzen verbraucht große Mengen an Sauerstoff, der Gehalt an gelöstem Sauerstoff sinkt. Als Folge der dadurch entstandenen reduzierenden Bedingungen lösen sich hauptsächlich die Eisen- und Manganhydroxide, und das daran adsorbierte bzw. kopräzipitierte Cadmium gelangt ins Porenwasser des Sedimentes. In Gewässer eingebrachte Chelatbildner (z.B. der Phosphatersatzstoff NTA in Waschmitteln) oder organische Abbauprodukte bilden mit Cadmium wasserlösliche Komplexe und tragen zur Remobilisierung des Cadmiums aus den Sedimenten bei. (KORTE 1987).

5.4. Belastung der sedimentbewohnenden Organismen

Die höchsten Abundanzen an Oligochaeten konnten an den Standorten Narrischer Arm Süd, Regelsbrunn und Schönau gefunden werden. Die Chironomiden waren an den Probestellen Stopfenreuth, Narrischer Arm Süd und Regelsbrunn am häufigsten vertreten. In Mühlleiten konnten (bis auf einen juvenilen Tubificiden) keine Vertreter der beiden Taxa gefunden werden.

Vergleich Organismen/Sediment

Beim Vergleich der Konzentrationen an Metallen in Chironomiden bzw. Oligochaeten mit den im Sediment gemessenen Werten fällt auf, dass bei der Mehrzahl der Elemente (bis auf Chrom, Lanthan und Cer) die Oligochaeten wesentlich höhere Gehalte aufweisen. Bei Mangan, Nickel und Gallium waren die Größenordnungen ähnlich. Vanadium, Niob, Tellur und Thallium waren bei beiden Gruppen nur in Spuren nachweisbar. Scandium, Selen, Zirkonium und Molybdän waren nur bei den Oligochaeten messbar.

Bei jenen Elementen die in den Tieren deutlich höhere Konzentrationen als in den Sedimenten zeigen, gibt es ebenfalls Unterschiede zwischen Chironomiden und Oligochaeten bezüglich der Standorte. Für Chrom zum Beispiel liegt bei den Chironomiden vor allem am Standort Schönau der Wert deutlich über dem Sediment (siehe Abb. 21). Bei den Oligochaeten hingegen gilt das für die Standorte Narrischer Arm Süd, Regelsbrunn und Stopfenreuth (siehe Abb. 58).

Kobalt und Nickel zeigen bei den Chironomiden eine sehr ähnliche Verteilung (hohe Werte gegenüber dem Sediment an den Standorten Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth, höchste Konzentrationen in Schönau) (siehe Abb. 23-25), bei den Oligochaeten dagegen wird Kobalt vor allem am Standort Regelsbrunn, Nickel dagegen vor allem an den Probestellen Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth aufgenommen (siehe Abb. 61-64).

Auch Kupfer, Zink, Blei und Bismut zeigen bei den Chironomiden eine sehr ähnliche Verteilung (höchste Werte an Narrischer Arm Nord und Stopfenreuth, aber auch in Haslau und Regelsbrunn) (siehe Abb. 26-29, 49-52). Innerhalb der Oligochaeten ist die Verteilung für Kupfer, Zink und Blei ebenfalls ähnlich, aber die Standorte mit den höchsten Werten unterscheiden sich von denen der Chironomiden (Regelsbrunn und Stopfenreuth, aber auch Narrischer Arm Süd und Orth/Donau) (siehe Abb. 65-68, 100-101).

Arsen findet sich in den Chironomiden nur an den Punkten Regelsbrunn und Narrischer Arm Nord (siehe Abb. 32). Bei den Oligochaeten ist ebenfalls Regelsbrunn der Standort mit den höchsten Werten, weiters sind auch die Tiere am Narrischen Arm Nord und in Haslau belastet (siehe Abb. 71-72).

Die Konzentrationen an Cadmium liegen für die Chironomiden an drei Standorten über den Sedimentwerten (Narrischer Arm Nord, Regelsbrunn und Stopfenreuth) (siehe Abb. 40). Die Oligochaeten dagegen weisen nur am Standort Haslau ausschließlich Individuen mit niedrigeren Konzentrationen gegenüber dem Sediment auf (siehe Abb. 87-88).

Schwermetallgehalte nach Taxa

Beim Vergleich zwischen Chironomiden und Oligochaeten nach Taxa zeigt sich, dass die Oligochaeten hier durchwegs geringere Konzentrationen als die Chironomiden aufweisen. Da nur circa ein Viertel der gesammelten Oligochaeten zur Artbestimmung herangezogen wurde, kann hier aber kein Vergleich zwischen den beiden Gruppen vorgenommen werden.

Psammoryctides albicola ist praktisch unbelastet, *Eiseniella tetraedra* weist nur bei Mangan und Blei nennenswerte Belastungen auf. Die juvenilen *Tubificidae* dagegen zeigen bei allen relevanten Elementen jeweils die höchsten Werte.

Bei den Chironomiden finden sich große Unterschiede zwischen den einzelnen Taxa.

Vor allem *Prodiamesa olivacea* (ein reiner Detritusfresser) kann als nahezu unbelastet angesehen werden. Diese Art, die an den Standorten Orth/Donau, Regelsbrunn und Stopfenreuth gefunden wurde, verfügt anscheinend über gute Mechanismen um Schwermetallanreicherungen zu verhindern.

Ebenso verhält es sich mit *Microtendipes chloris-gr.*, ein reiner Detritusfresser, am Standort Narrischer Arm Süd.

Cricotopus (Isocladius) sylvestris-gr. (Detritusfresser) ist bis auf Kupfer und Zink ebenfalls relativ unbelastet.

Chironomus sp. (Detritusfresser, Räuber) und *Cryptochironomus psittacinus-Gruppe* (Räuber) sind Beispiele dafür, dass bei den meisten Gattungen/Arten jeweils Individuen mit geringen und solche mit hohen Belastungen auftreten.

Procladius (Holotanypus) sp. kommt an den Standorten Schönau, Regelsbrunn und Stopfenreuth vor, die Ernährungsweise ist gemischt räuberisch und detritusfressend. Diese Gattung weist bei den meisten Schwermetallen sehr hohe Werte auf und kann als die am stärksten belastete Gattung angesehen werden.

Parachironomus arcuatus-Gruppe und *Paralauterborniella nigrohalteralis* fallen auf, da bei diesen Arten für viele Elemente (Mangan, Kobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Blei, aber nicht Arsen, Cadmium, Rubidium, Silber und Zinn) durchwegs alle Individuen Belastungen aufweisen.

5.5. Biokonzentration

Die Biokonzentration bezeichnet die direkte Anreicherung einer Chemikalie aus der abiotischen Umwelt (Medium) in den Organismus. Im Falle aquatischer Organismen erfolgt die Biokonzentration aus dem Wasser oder Sediment. Die Biokonzentration bezieht sich damit spezifisch auf die Anreicherung aus dem umgebenden Medium (FENT, 1998).

Für die Chironomidenarten wurden Biokonzentrationsfaktoren ermittelt. Der Biokonzentrationsfaktor (BCF) zeigt das Verhältnis der Konzentration einer Chemikalie im Organismus im Vergleich zum umgebenden Medium (hier die Sedimente als Lebensraum) an (FENT, 1998). BCF's für ausgewählte Elemente siehe Abb.158.

Es zeigt sich, dass die Elemente Blei, Kupfer, Cadmium und Zink am stärksten angereichert werden.

Außerdem sind Artunterschiede zu beobachten. Die Arten (bzw. Gattungen) *Cladotanytarsus mancus*-Gruppe (Stopfenreuth), *Cryptotendipes* sp. (Stopfenreuth), *Glyptotendipes pallens* (Stopfenreuth, Schönau, Narrischer Arm Nord und Süd), *Parachironomus arcuatus*-Gruppe (Narrischer Arm Nord), *Paralauterborniella nigrohalteralis* (Stopfenreuth) und *Procladius (Holotanypus)* sp. (Stopfenreuth, Mühlleiten, Haslau) nehmen, bezogen auf das Körpervolumen, am stärksten Schadstoffe auf, vor allem Blei, Kupfer und Zink. Es könnte sich hier um tolerante Populationen handeln, die vor allem am Standort Stopfenreuth zu finden sind und sich an die Schadstoffkonzentrationen angepasst haben. Die guten Sauerstoffbedingungen im Wasser und im Sediment, sowie das Ausmaß der Durchströmung tragen hier trotz des relativ hohen Gehaltes an bestimmten Schadstoffen zur Ausbildung einer gewissen Diversität bei.

Die Individuen der Gattung *Chironomus* sp. und *Cryptochironomus psittacinus*-Gruppe sind in ihren Schwermetallgehalten sehr verschieden. In beiden Taxa fand sich jeweils ein Individuum mit einer besonders hohen Belastung (für *Chironomus* am Narrischen Arm Nord, für *Cryptochironomus* in Regelsbrunn).

Das Element Chrom wird nur in der Gattung *Cryptotendipes* sp. (Stopfenreuth) in nennenswertem Ausmaß angereichert.

Procladius sp. und *Parachironomus arcuatus*-Gruppe sind die beiden Taxa, die auch Cadmium am stärksten anreichern.

Die Art *Prodiamesa olivacea* reichert nur Blei und Kupfer in relativ bescheidenem Ausmaß an, für die anderen Schwermetalle verfügt sie anscheinend über gute Abreicherungsmechanismen.

Nahezu unbelastet sind die Vertreter der *Cryptochironomus psittacinus*-Gruppe, hier sticht nur ein Individuum mit einer hohen Belastung am Standort Regelsbrunn heraus.

Für *Cricotopus sylvestris*-Gruppe fällt auf, dass Kupfer und Zink stärker als Blei angereichert wird.

Am Probepunkt Mühleiten konnten weder Chironomiden noch Oligochaeten gefunden werden, dies könnte auf die hohe Arsenkonzentration im Sediment zurückgeführt werden (mit rund 94 µg/g Sediment die höchste beobachtete Konzentration). An den anderen Probestellen bewegt sich die Arsenkonzentration im Sediment zwischen 50 und 60 µg/g und somit in dem Bereich, ab dem bereits Schädigungen der Organismen angenommen werden.

5.6. Faktorenanalyse

Mittels Hauptkomponentenanalyse konnte festgestellt werden, dass sich die Hauptfaktoren für Chironomiden und Oligochaeten unterscheiden.

Diejenigen Elemente, die einen Faktor bilden, korrelieren, das heißt, sie zeigen gemeinsames Vorkommen, die Organismen zeigen gleiche Reaktionsweisen.

Für die Gruppe der Chironomiden ergibt sich, dass Faktor 1 die Elemente Zinn, Blei, Zink, Yttrium, Silber, Antimon, Bismut, Kobalt, Nickel, Kupfer, Niob, Mangan und Chrom umfasst und 34 % Erklärungswert besitzt. Faktor 2 wird Rubidium, Arsen, Cadmium, Thallium und Vanadium zugeordnet. Beide Faktoren erklären 48 % der Gesamtvarianz.

Abb. 159 zeigt, dass die Mittelwerte für die Elemente des Faktors 1 in der Mehrzahl der Proben über den Werten für die Sedimente liegen. Für Faktor 2 gilt, dass die Mittelwerte der zugeordneten Elemente deutlich unter den Werten für die Sedimente liegen. Das bedeutet, dass für die Elemente des ersten Faktors eher Aufnahme in die Organismen stattfindet, während für die Elemente des zweiten Faktors eher Abreicherungsmechanismen wirken, zumindest solange die Faktor-1-Elemente niedrig liegen. Sobald die Belastung dieser Elemente steigt, wird auch Arsen und Cadmium eher angereichert. Wahrscheinlich handelt es sich hier um Individuen, bei denen ein kritischer Belastungszustand überschritten wurde und Abreicherungsmechanismen nicht mehr wirksam sind.

Für die Oligochaeten ist hauptsächlich Faktor 1 mit einem Erklärungswert von 51,3 % bestimmend, er beinhaltet die Elemente Arsen, Cadmium, Kobalt, Blei, Zinn, Zirkonium, Rubidium Yttrium, Gallium, Niob und Thallium. Faktor 2 wird Kupfer, Chrom, Zinn, Nickel, Antimon, Molybdän und Silber zugeordnet, liegt aber bereits < 10 %. Beide Faktoren erklären 60,5 % der Gesamtvarianz.

Abb. 160 zeigt, dass die Mittelwerte für die Elemente des Faktors 1 in den Oligochaeten sowohl über als auch unter den Werten für die Sedimente liegen. Für Faktor 2 ist jedoch

deutlich, dass die Mittelwerte der zugeordneten Elemente über den Werten für die Sedimente liegen. Die Oligochaeten nehmen also die Faktor-2-Elemente in jedem Fall auf, während bei Faktor 1 eine große Diversität herrscht.

Durch eine weitere Faktorenanalyse nach Grad der Anbindung und nach Gehalt an organischem Material wurde untersucht, ob sich damit die Unterschiede in den Faktoren und mögliche Zusammenhänge klären lassen.

Anbindung

Abb. 161 zeigt für die Gruppe der Chironomiden einen deutlichen Zusammenhang zwischen den Gehalten an Faktor-1-Elementen und dem Grad der Anbindung der Probestellen. An den stark bzw. sehr stark angebondenen Probestellen liegen die Konzentrationen in den Tieren niedriger als in den mittel bis gering angebondenen Altarmen.

Für den Faktor 2 (im wesentlichen Arsen und Cadmium) ist dieser Zusammenhang nicht so deutlich ausgeprägt, aber die Mehrheit an Organismen an stark bis sehr stark angebonden Stellen zeigt höhere Gehalte an den entsprechenden Elementen.

Für die Oligochaeten lässt sich ein Zusammenhang mit dem Grad der Anbindung aus Abb. 162 nicht allgemein ablesen. Tendenziell sind für den Faktor 1 an stärker angebondenen Standorten niedrigere Gehalte an Metallen zu verzeichnen. Es gibt allerdings eine Gruppe an Individuen am sehr stark angebondenen Regelsbrunner Standort, die für den Faktor 1 aktives Akkumulieren aus dem Wasserstrom zeigen könnten, da die Gehalte an Faktor-1-Elementen in diesen Tieren deutlich über dem Mittelwert liegen. Das wäre auch eine denkbare Erklärung dafür, dass der Faktor 1 zwischen Chironomiden und Oligochaeten nicht korreliert.

Grad an organischem Gehalt

Der organische Gehalt der Probestellen zeigt bei den Chironomiden einen Zusammenhang für Faktor 1, diese Elemente liegen beim höchsten Wert (> 6 %) eher in niedrigen Konzentrationen vor. Eine denkbare Erklärung wäre, dass die Tiere (Detritusfresser) an Standorten mit höherem organischen Gehalt weniger anorganisches Feinmaterial, an das Metalle angelagert sind, mit der Nahrung aufnehmen. Oligochaeten nehmen durch ihre Ernährungsweise mehr anorganisches Feinmaterial auf als Chironomiden, das könnte eine mögliche Erklärung dafür sein, dass die Konzentrationen an Elementen in den Oligochaeten allgemein höher sind.

Für den Faktor 2 (Chironomiden) ergibt sich kein deutliches Bild (siehe Abb. 163).

Die Oligochaeten zeigen wieder ein gemischtes Bild: Bei niedrigem organischen Gehalt (1-3 %) liegen die Faktor-1-Elemente vorrangig auch in geringeren Konzentrationen vor. Für den Faktor 2 ergibt sich keine deutliche Aussage (siehe Abb. 164). Es findet sich allerdings wieder die Gruppe an Individuen am sehr stark angebondenen Regelsbrunner Standort, die hohe Metallgehalte aufweist.

Verfügbarkeit von Arsen und Cadmium

Die Verfügbarkeit von Arsen und Cadmium ist abhängig davon, ob im Sediment reduzierende Bedingungen vorliegen oder nicht. Wenn deutlich reduzierende Bedingungen herrschen, kommt es durch Fäulnis- und Zersetzungsprozesse durch den Abbau von Biomasse zur Schwefelwasserstoffbildung (H_2S) und in weiterer Folge zur Reaktion mit Schwermetallsalzen unter Bildung der Metallsulfide (As_2S_3 , CdS , Sb_2S_3 , FeS_2 -Pyrit, etc.). Da die Metallsulfide schwer löslich sind, wird die Mobilität dieser Elemente durch die Sulfidbildung minimiert, während sie im nicht-sulfidischen Bereich sehr mobil sind.

An besser angebondenen Standorten sind die Sedimente nicht so stark reduzierend, dort sind Arsen und Cadmium leichter verfügbar und spielen eine größere Rolle für die Sedimentbewohner.

Für den Standort Regelsbrunn könnte das bedeuten, dass die Öffnung durch die größere Durchströmung eine erhöhte Anlieferung von Schwermetallen bewirkt. Die Sedimente sind weniger reduzierend, daher sind Arsen und Cadmium nicht mehr in den Sedimenten fixiert. Für andere Elemente dagegen sind diese Veränderungen durch eine bessere Anbindung nicht so bedeutend.

Weiterführende Fragen

Bei der Analyse der Faktoren nach Grad der Anbindung und organischem Gehalt lassen sich bei den Chironomiden eher Zusammenhänge erkennen als bei den Oligochaeten; Anbindung und organischer Gehalt korrelieren nicht. Das wirft die Frage auf, welche weiteren Faktoren Einfluss nehmen.

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen Regelsbrunn und dem Verhalten von Arsen und Cadmium wäre es interessant abzuklären, ob Pyritarten in stehenden reduzierenden Gewässern nachweisbar sind. Bewirkt die Festlegung dieser Elemente in dieser Form einen „Entgiftungsmechanismus“ für die betroffenen Sedimente? Die sulfidische Schwermetallfällung wird auch in der Abwasserreinigung eingesetzt.

Um genauere Auskünfte über die Aufnahme der Elemente zu erhalten, wäre es natürlich auch interessant, die Organe getrennt aufzuschließen. Haben die Organismen die Elemente wirklich aufgenommen, oder handelt es sich um den Darminhalt?

Es finden sich bei den jeweiligen Taxa oft Individuen mit keinen bzw. niedrigen Gehalten, aber auch Individuen mit sehr hohen Gehalten an Metallen. Diesbezüglich wäre es vielleicht aufschlussreich, die Populationszusammensetzung genauer zu untersuchen. Handelt es sich hier um einen Unterschied zwischen juvenilen und adulten Tieren? Aufgrund der Ergebnisse nach der Artbestimmung bei den Oligochaeten könnte das der Fall sein. Die Frage wäre dann, warum die juvenilen Tiere höhere Gehalte aufweisen? Wirken bei den adulten Tieren andere Mechanismen, bewegen sie sich in verschiedenen Sedimentschichten, nutzen sie andere Nahrungsquellen?

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden Chironomiden und Oligochaeten von ausgewählten Probestellen in den Donauauen östlich Wiens (Mühlleiten, Schönau, Orth/Donau, Haslau, Regelsbrunn, Narrischer Arm Nord und Süd, Stopfenreuth) auf Gehalte an Schwermetallen untersucht. Die Tiere wurden soweit möglich auf Gattungs- bzw. Artniveau bestimmt, um Aussagen über Biokonzentrationen zu ermöglichen.

Mittels ICP-MS wurden 80 Elemente analysiert, um einen Überblick über die Belastungssituation der Makrozoobenthosorganismen zu erhalten. Die Konzentrationen an Vanadium, Chrom, Mangan, Kobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Gallium, Arsen, Selen, Zirkonium, Niob, Molybdän, Silber, Cadmium, Zinn, Antimon, Tellur, Lanthan, Cer, Thallium, Blei und Bismut wurden zur näheren Untersuchung ausgewählt. Die Elemente Scandium, Rubidium und Yttrium zählen zwar bezüglich ihrer Dichte nicht zu den Schwermetallen, wurden aber ebenfalls zur Darstellung ausgewählt. Arsen nimmt eine Sonderstellung ein, da es sich um ein Halbmetall handelt.

Der Standort Mühlleiten zeigt bei den Elementen Mangan, Molybdän, Arsen, Cadmium, Selen, Kupfer und Blei jeweils die höchsten im Sediment gemessenen Konzentrationen. An diesem Standort wurden praktisch keine Tiere gefunden. Die am zweitstärksten mit Kupfer, Blei und Arsen belasteten Standorte sind Schönau und Regelsbrunn. Diese beiden weisen auch bei den Elementen Zink, Nickel, Kobalt, Gallium und Rubidium die höchsten Werte auf. Beim Vergleich der Konzentrationen an Metallen in Chironomiden bzw. Oligochaeten mit den im Sediment gemessenen Werten fällt auf, dass bei der Mehrzahl der Elemente (bis auf Chrom, Lanthan und Cer) die Oligochaeten wesentlich höhere Gehalte aufweisen. Bei Mangan, Nickel und Gallium waren die Größenordnungen ähnlich. Vanadium, Niob, Tellur und Thallium waren bei beiden Gruppen nur in Spuren nachweisbar. Scandium, Selen, Zirkonium und Molybdän waren nur bei Oligochaeten messbar.

Bei den Chironomiden finden sich große Unterschiede zwischen den einzelnen Taxa. Vor allem *Prodiamesa olivacea* und *Microtendipes chloris-gr.* können als nahezu unbelastet angesehen werden. *Procladius (Holotanypus) sp.* weist bei den meisten Schwermetallen sehr hohe Werte auf und kann als die am stärksten belastete Gattung angesehen werden.

Innerhalb *Parachironomus arcuatus*-Gruppe und *Paralauterborniella nigrohalteralis* zeigen durchwegs alle Individuen für viele Elemente (Mangan, Kobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Blei) Belastungen, nicht aber für Arsen, Cadmium, Rubidium, Silber und Zinn.

Aus der Ermittlung der Biokonzentrationsfaktoren ergibt sich, dass die Elemente Blei, Kupfer, Cadmium und Zink am stärksten angereichert werden und auch hier sind wieder Artunterschiede zu beobachten.

Mittels Hauptkomponentenanalyse wurden die bestimmenden Faktoren für Chironomiden und Oligochaeten ermittelt. Es konnte festgestellt werden, dass sich die Hauptfaktoren für Chironomiden und Oligochaeten unterscheiden.

Für die Gruppe der Chironomiden werden dem Faktor 1 die Elemente Zinn, Blei, Zink, Yttrium, Silber, Antimon, Bismut, Kobalt, Nickel, Kupfer, Niob, Mangan und Chrom zugeordnet (dieser Faktor besitzt 34 % Erklärungswert). Faktor 2 wird Arsen, Cadmium, Rubidium, Thallium und Vanadium zugeordnet. Beide Faktoren erklären 48 % der Gesamtvarianz. Für die Elemente des ersten Faktors findet eher Aufnahme in die Organismen statt, während für die Elemente des zweiten Faktors eher Abreicherungsmechanismen wirken, zumindest solange die Faktor-1-Elemente ebenfalls niedrig liegen.

Für die Oligochaeten ist hauptsächlich Faktor 1 mit einem Erklärungswert von 51,3 % bestimmend, er beinhaltet die Elemente Arsen, Cadmium, Kobalt, Blei, Zinn, Zirkonium, Rubidium Yttrium, Gallium, Niob, Thallium. Faktor 2 wird Kupfer, Chrom, Zinn, Nickel, Antimon, Molybdän und Silber zugeordnet, liegt aber bereits < 10 %. Beide Faktoren erklären 60,5 % der Gesamtvarianz. Die Oligochaeten nehmen die Faktor-2-Elemente in jedem Fall auf, während bei Faktor 1 eine große Diversität herrscht.

Weiters lassen sich Zusammenhänge mit dem Grad der Anbindung der Probestellen und dem organischen Gehalt, als auch der Verfügbarkeit von Arsen und Cadmium erkennen.

7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Gehalte von 25 Elementen in der Erdkruste [ppm] (aus: MERIAN, 1984)	6
Tab. 2 Grad der Anbindung und Glühverlust der Probestellen.....	25
Tab. 3 Taxonomie der Oligochaeten	29
Tab. 4 Abundanzen der Oligochaeten	30
Tab. 5 Verteilung der Chironomidenarten nach Probestellen.....	32
Tab. 6 Taxonomie der gefundenen Chironomiden	33
Tab. 7 Verteilung der Elemente in den Oligochaeten – verarbeitete Fälle	64
Tab. 8 Metallgehalte nach taxonom. Niveaus - Verarbeitete Fälle Chironomiden am Beispiel Scandium	91
Tab. 9 Metallgehalte nach taxonom. Niveaus - Verarbeitete Fälle Oligochaeten am Beispiel Scandium	91
Tab. 10 Stichprobenzahlen ausgewählter Taxa für Biokonzentration	125
Tab. 11 Faktorenanalyse Chironomiden/Sediment	126
Tab. 12 Rotierte Komponentenmatrix Chironomiden/Sediment.....	127
Tab. 13 Faktorenanalyse Oligochaeten/Sediment	129
Tab. 14 Rotierte Komponentenmatrix Oligochaeten/Sediment	130
Tab. 15 Korrelationen der Faktorladungen Chironomiden/Oligochaeten	131
Tab. 16 Häufigkeiten nach Grad der Anbindung	132
Tab. 17 Häufigkeit nach Standorten	132
Tab. 18 Grenz- und Richtwerte für Spurenelemente in Böden und Sedimenten	141
Tab. 19 Belastungsklassen der Sedimente nach dem Geoakkumulationsindex (MÜLLER, 1979)	142
Tab. 20 Sedimentkonzentrationen mit negativen Auswirkungen auf aquatische Organismen	143

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Kreisläufe und Transformationen der Metalle in Gewässern (aus: MERIAN, 1984).....	7
Abb. 2	Überblick über die Probestellen	22
Abb. 3	Redoxpotential im Sediment/Mühlleiten.....	34
Abb. 4	Redoxpotential im Sediment/Schönau	35
Abb. 5	Redoxpotential im Sediment/Orth a. d. Donau.....	35
Abb. 6	Redoxpotential im Sediment/Haslau	36
Abb. 7	Redoxpotential im Sediment/Regelsbrunn.....	36
Abb. 8	Redoxpotential im Sediment/Narrischer Arm Nord	37
Abb. 9	Redoxpotential im Sediment/Narrischer Arm Süd.....	37
Abb. 10	Redoxpotential im Sediment/Stopfenreuth.....	38
Abb. 11	Sauerstoffgehalte in den Sedimenten	39
Abb. 12	pH-Werte in den Sedimenten	39
Abb. 13	Leitfähigkeit in den Sedimenten	40
Abb. 14	Temperatur in den Sedimenten.....	40
Abb. 15	Elemente bis 1 µg/g Sediment	41
Abb. 16	Elemente bis 10 µg/g Sediment	42
Abb. 17	Elemente bis 100 µg/g Sediment	43
Abb. 18	Elemente bis 1000 µg/g Sediment	43
Abb. 19	Vergleich Vanadiumgehalt Chironomiden / Sediment.....	45
Abb. 20	Vergleich Chromgehalt Chironomiden / Sediment	46
Abb. 21	Vergleich Chromgehalt Chironomiden – Detail	46
Abb. 22	Vergleich Mangangehalt Chironomiden / Sediment.....	47
Abb. 23	Vergleich Kobaltgehalt Chironomiden / Sediment.....	48
Abb. 24	Vergleich Nickelgehalt Chironomiden / Sediment	48
Abb. 25	Vergleich Nickelgehalt Chironomiden / Sediment - Detail	49
Abb. 26	Vergleich Kupfergehalt Chironomiden / Sediment	49
Abb. 27	Vergleich Kupfergehalt Chironomiden / Sediment - Detail.....	50
Abb. 28	Vergleich Zinkgehalt Chironomiden / Sediment	50
Abb. 29	Vergleich Zinkgehalt Chironomiden / Sediment - Detail	51
Abb. 30	Vergleich Galliumgehalt Chironomiden / Sediment.....	51
Abb. 31	Vergleich Galliumgehalt Chironomiden / Sediment – Detail	52
Abb. 32	Vergleich Arsengehalt Chironomiden / Sediment	52
Abb. 33	Vergleich Arsengehalt Chironomiden / Sediment – Detail	53
Abb. 34	Vergleich Rubidiumgehalt Chironomiden / Sediment.....	53
Abb. 35	Vergleich Yttriumgehalt Chironomiden / Sediment	54
Abb. 36	Vergleich Niobgehalt Chironomiden / Sediment	55
Abb. 37	Vergleich Silbergehalt Chironomiden / Sediment.....	55
Abb. 38	Vergleich Silbergehalt Chironomiden / Sediment – Detail	56
Abb. 39	Vergleich Cadmiumgehalt Chironomiden / Sediment	56
Abb. 40	Vergleich Cadmiumgehalt Chironomiden / Sediment – Detail	57
Abb. 41	Vergleich Zinngehalt Chironomiden / Sediment.....	57
Abb. 42	Vergleich Antimongehalt Chironomiden / Sediment.....	58
Abb. 43	Vergleich Tellurgehalt Chironomiden / Sediment.....	58
Abb. 44	Vergleich Lanthangehalt Chironomiden / Sediment.....	59
Abb. 45	Vergleich Lanthangehalt Chironomiden / Sediment – Detail	59
Abb. 46	Vergleich Cergehalt Chironomiden / Sediment	60
Abb. 47	Vergleich Cergehalt Chironomiden / Sediment – Detail.....	60
Abb. 48	Vergleich Thalliumgehalt Chironomiden / Sediment	61
Abb. 49	Vergleich Bleige halt Chironomiden / Sediment.....	62
Abb. 50	Vergleich Bleige halt Chironomiden / Sediment - Detail	62
Abb. 51	Vergleich Bismutgehalt Chironomiden / Sediment.....	63
Abb. 52	Vergleich Bismutgehalt Chironomiden / Sediment - Detail	63
Abb. 53	Vergleich Scandiumgehalt Oligochaeten / Sediment.....	65
Abb. 54	Vergleich Scandiumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	65
Abb. 55	Vergleich Vanadiumgehalt Oligochaeten / Sediment.....	66
Abb. 56	Vergleich Vanadiumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	66

Abb. 57 Vergleich Chromgehalt Oligochaeten / Sediment	67
Abb. 58 Vergleich Chromgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	67
Abb. 59 Vergleich Mangangehalt Oligochaeten / Sediment	68
Abb. 60 Vergleich Mangangehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	68
Abb. 61 Vergleich Kobaltgehalt Oligochaeten / Sediment	69
Abb. 62 Vergleich Kobaltgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	69
Abb. 63 Vergleich Nickelgehalt Oligochaeten / Sediment	70
Abb. 64 Vergleich Nickelgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	70
Abb. 65 Vergleich Kupfergehalt Oligochaeten / Sediment	71
Abb. 66 Vergleich Kupfergehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	71
Abb. 67 Vergleich Zinkgehalt Oligochaeten / Sediment	72
Abb. 68 Vergleich Zinkgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	72
Abb. 69 Vergleich Galliumgehalt Oligochaeten / Sediment	73
Abb. 70 Vergleich Galliumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	73
Abb. 71 Vergleich Arsengehalt Oligochaeten / Sediment	74
Abb. 72 Vergleich Arsengehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	74
Abb. 73 Vergleich Selengehalt Oligochaeten / Sediment	75
Abb. 74 Vergleich Rubidiumgehalt Oligochaeten / Sediment	76
Abb. 75 Vergleich Rubidiumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	76
Abb. 76 Vergleich Yttriumgehalt Oligochaeten / Sediment	77
Abb. 77 Vergleich Yttriumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	77
Abb. 78 Vergleich Zirkoniumgehalt Oligochaeten / Sediment	78
Abb. 79 Vergleich Zirkoniumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	78
Abb. 80 Vergleich Zirkoniumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	79
Abb. 81 Vergleich Niobgehalt Oligochaeten / Sediment	79
Abb. 82 Vergleich Molybdängehalt Oligochaeten / Sediment	80
Abb. 83 Vergleich Molybdängehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	80
Abb. 84 Vergleich Silbergehalt Oligochaeten / Sediment	81
Abb. 85 Vergleich Silbergehalt Oligochaeten / Sediment	81
Abb. 86 Vergleich Cadmiumgehalt Oligochaeten / Sediment	82
Abb. 87 Vergleich Cadmiumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	82
Abb. 88 Vergleich Cadmiumgehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	83
Abb. 89 Vergleich Zinngehalt Oligochaeten / Sediment	83
Abb. 90 Vergleich Zinngehalt Oligochaeten / Sediment - Detail	84
Abb. 91 Vergleich Antimongehalt Oligochaeten / Sediment	84
Abb. 92 Vergleich Antimongehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	85
Abb. 93 Vergleich Tellurgehalt Oligochaeten / Sediment	85
Abb. 94 Vergleich Lanthangehalt Oligochaeten / Sediment	86
Abb. 95 Vergleich Lanthangehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	86
Abb. 96 Vergleich Cergehalt Oligochaeten / Sediment	87
Abb. 97 Vergleich Cergehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	87
Abb. 98 Vergleich Thalliumgehalt Oligochaeten / Sediment	88
Abb. 99 Vergleich Thalliumgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	88
Abb. 100 Vergleich Bleigehalt Oligochaeten / Sediment	89
Abb. 101 Vergleich Bleigehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	89
Abb. 102 Vergleich Bismutgehalt Oligochaeten / Sediment	90
Abb. 103 Vergleich Bismutgehalt Oligochaeten / Sediment – Detail	90
Abb. 104 Gehalt an Scandium in den Oligochaeten	92
Abb. 105 Gehalt an Vanadium in den Chironomiden	93
Abb. 106 Gehalt an Vanadium in den Oligochaeten	93
Abb. 107 Gehalt an Chrom in den Chironomiden	94
Abb. 108 Gehalt an Chrom in den Chironomiden - Detail	94
Abb. 109 Gehalt an Chrom in den Oligochaeten	95
Abb. 110 Gehalt an Mangan in den Chironomiden	96
Abb. 111 Gehalt an Mangan in den Oligochaeten	96
Abb. 112 Gehalt an Kobalt in den Chironomiden	97
Abb. 113 Gehalt an Kobalt in den Chironomiden - Detail	97
Abb. 114 Gehalt an Kobalt in den Oligochaeten	98
Abb. 115 Gehalt an Nickel in den Chironomiden	98
Abb. 116 Gehalt an Nickel in den Oligochaeten	99
Abb. 117 Gehalt an Kupfer in den Chironomiden	100
Abb. 118 Gehalt an Kupfer in den Chironomidenarten - Detail	100

Abb. 119 Gehalt an Kupfer in den Oligochaeten	101
Abb. 120 Gehalt an Kupfer in den Oligochaeten - Detail.....	101
Abb. 121 Gehalt an Zink in den Chironomiden.....	102
Abb. 122 Gehalt an Zink in den Oligochaeten.....	103
Abb. 123 Gehalt an Zink in den Oligochaeten - Detail	103
Abb. 124 Gehalt an Gallium in den Chironomiden	104
Abb. 125 Gehalt an Gallium in den Oligochaeten	104
Abb. 126 Gehalt an Arsen in den Chironomiden	105
Abb. 127 Gehalt an Arsen in den Oligochaeten	106
Abb. 128 Gehalt an Selen in den Oligochaeten	106
Abb. 129 Gehalt an Rubidium in den Chironomiden	107
Abb. 130 Gehalt an Rubidium in den Oligochaeten	107
Abb. 131 Gehalt an Yttrium in den Chironomiden	108
Abb. 132 Gehalt an Yttrium in den Oligochaeten	108
Abb. 133 Gehalt an Zirkonium in den Chironomiden.....	109
Abb. 134 Gehalt an Zirkonium in den Oligochaeten.....	109
Abb. 135 Gehalt an Niob in den Chironomiden	110
Abb. 136 Gehalt an Niob in den Oligochaeten	110
Abb. 137 Gehalt an Molybdän in den Chironomiden.....	111
Abb. 138 Gehalt an Molybdän in den Oligochaeten.....	111
Abb. 139 Gehalt an Silber in den Chironomiden	112
Abb. 140 Gehalt an Silber in den Oligochaeten	112
Abb. 141 Gehalt an Cadmium in den Chironomiden.....	113
Abb. 142 Gehalt an Zinn in den Chironomiden	114
Abb. 143 Gehalt an Zinn in den Oligochaeten.....	114
Abb. 144 Gehalt an Antimon in den Chironomiden	115
Abb. 145 Gehalt an Antimon in den Oligochaeten	115
Abb. 146 Gehalt an Tellur in den Chironomiden	116
Abb. 147 Gehalt an Lanthan in den Chironomiden	117
Abb. 148 Gehalt an Lanthan in den Chironomiden - Detail.....	117
Abb. 149 Gehalt an Lanthan in den Oligochaeten.....	118
Abb. 150 Gehalt an Cer in den Chironomiden.....	119
Abb. 151 Gehalt an Cer in den Oligochaeten.....	119
Abb. 152 Gehalt an Thallium in den Chironomiden.....	120
Abb. 153 Gehalt an Thallium in den Oligochaeten	120
Abb. 154 Gehalt an Blei in den Chironomiden.....	121
Abb. 155 Gehalt an Blei in den Oligochaeten.....	122
Abb. 156 Gehalt an Bismut in den Chironomiden	123
Abb. 157 Gehalt an Bismut in den Oligochaeten.....	123
Abb. 158 Biokonzentrationsfaktoren.....	124
Abb. 159 Komponentendiagramm Chironomiden Faktor 1 / Faktor 2.....	128
Abb. 160 Komponentendiagramm Oligochaeten Faktor 1 / Faktor 2.....	131
Abb. 161 Komponentendiagramm Anbindung Chironomiden Faktor 1 / Faktor 2.....	133
Abb. 162 Komponentendiagramm Anbindung Oligochaeten Faktor 1 / Faktor 2.....	133
Abb. 163 Komponentendiagramm Glühverlust Chironomiden Faktor 1 / Faktor 2.....	134
Abb. 164 Komponentendiagramm Glühverlust Oligochaeten Faktor 1 / Faktor 2.....	135
Abb. 165 Unterscheidung Regelsbrunn / andere Standorte: Chironomiden	135
Abb. 166 Unterscheidung Regelsbrunn / andere Standorte: Oligochaeten	136
Abb. 167 Komponentendiagramm Standorte: Chironomiden.....	136
Abb. 168 Komponentendiagramm Standorte: Oligochaeten.....	137

9. Literaturverzeichnis

BOCK, R (1972): Aufschlussmethoden der anorganischen und organischen Chemie. Verlag Chemie.

BÜHL, A., ZÖFEL, P. (1999): SPSS Version 8 [Medienkombination]: Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. Addison Wesley Longman.

CALMANO, W., FÖRSTER, U. (Eds.) (1996): Sediments and Toxic Substances. Springer.

CORNETT, J. et al. (1992): Arsenic transport between water and sediments. *Hydrobiologia* 235/236: 533-544.

FENT, K. (1998): Ökotoxikologie. Thieme.

FÖRSTNER, U., SALOMONS, W., MADER, P. (Eds.) (1995): Heavy Metals. Springer.

FRIMMEL, F. H. (Hrsg.) (1999): Wasser und Gewässer: Ein Handbuch. Spectrum.

GUNKEL, G. (1994): Bioindikation in aquatischen Ökosystemen. Fischer.

HEIN, T. (2006), Bedeutung der hydrologischen Vernetzung für die hydrochemische Situation der Augewässer im Bereich Orth an der Donau. Wissenschaftliche Reihe 10/2006.

HOLLÄNDISCHES UMWELTMINISTERIUM (1994): Replacement of „C-Values“ and provisional warning values („signaleringswaarden“) for aquatic sediments by intervention values for soil remediation, 19 S., 9. Mai 1994, Hague.

HOLLER, S., SCHÄFERS, C. und SONNENBERG, J. (1996): Umweltanalytik und Ökotoxikologie. Springer.

HULSCHER, T.E.M. et al. (1992): Release of metals from polluted sediments in a shallow lake: quantifying resuspension. *Hydrobiologia* 235/236: 97-105.

KOCKOVA, E., KRACHLER, R., LÖFFLER, H., SPURNY, P., ZAKOVA, Z. (1996): Heavy metal contamination of the Thaya River Sediments – Assessment by means of analyses of fish and benthic organism's biomass. Abstract of International Symposium River Bottom IV, pp.96.

KORTE, F. (Hrsg.) (1987): Lehrbuch der ökologischen Chemie. Georg Thieme Verlag.

KOTZ, L., KAISER, G., TSCHÖPEL, P., TÖLG, G. (1972): Aufschluss biologischer Matrices für die Bestimmung sehr niedriger Spurenelementgehalte bei begrenzter Einwaage mit Salpetersäure unter Druck in einem Teflongefäß. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, Volume 260, Number 3, 207-209.

KUMMERT, R., STUMM, W. (1989): Gewässer als Ökosysteme. Grundlagen des Gewässerschutzes. 2. Auflage. Vdf.

LAMPERT, W., SOMMER, U. (1993): Limnoökologie. Georg Thieme Verlag.

LENNTECH, © 1998-2008. www.lenntech.com.

- LÖFFLER, H., KRACHLER, R. (1996): Fische als Bioindikatoren für Schwermetallbelastungen der Thaya. Forschungsprojekt des BM für Wissenschaft und Forschung, Endbericht.
- MERIAN, E. (Hrsg.) (1984): Verteilung, Analytik und biologische Relevanz. Verlag Chemie Weinheim.
- MOOG, O. (Ed.) (2002): Fauna Aquatica Austriaca. 2. Lieferung 2002.
- MÜHLHOFER, G. (2001): Schwermetalle in Sedimenten der Donauauen östlich von Wien und des Donaudeltas in Rumänien. Diplomarbeit, Universität Wien.
- MÜLLER, G. (1979): Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. Umschau 79, 778-783.
- MUNAWAR, M & DAVE, G. (Eds.): Development and Progress in Sediment Quality Assessment: Rationale, Challenges, Techniques & Strategies, 233-249, SPB Academic Publ., Amsterdam.
- ÖNORM B 2400 (1986): Hydrologie; hydrographische Fachausdrücke und Zeichen. 35 S., Österr. Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM L 1075 (1993): Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden – Ausgewählte Richtwerte. 2 S., Österr. Normungsinstitut, Wien.
- RECKENDORFER, W. et al (1998): Monitoringkonzept Nationalpark Donau-Auen. Erstellt von Arge Donau-Auen, im Auftrag von Nationalpark Donau-Auen GmbH.
- RECKENDORFER, W. (2000): Morphometrie, Hydrologie und Sedimentologie in den Orther Donauauen. Bericht im Rahmen des Projektes „LIFE98NAT/A/005422, Nationalpark Donau-Auen GmbH.
- RECKENDORFER, W. (2000): Das Makrozoobenthos in den Orther Donauauen. Im Auftrag von Nationalpark Donauauen GmbH.
- RECKENDORFER, W. (2006): Morphometrie, Hydrologie und Sedimentologie in der Unteren Lobau. Wissenschaftliche Reihe 4/2006.
- REIBLE, D.D. et al. (1996): Contaminant fluxes from sediment due to Tubificid Oligochaete bioturbation. Wat. Res. Vol.30 No.3: 704-714.
- RUMP, H. (1998): Laborhandbuch für die Untersuchung von Wasser, Abwasser und Boden. 3. Auflage. Wiley-vch.
- SCHIEMER, F. et al (1997): Gewässervernetzung: Alarmsystem zwischen Maria-Ellend und Regelsbrunn (Strom-km 1905,5 – 1895,5). Studie im Auftrag der Wasserstrassendirektion Wien (Endbericht).
- SCHWÖRBEL, J. (1993): Einführung in die Limnologie. Fischer.
- SMITH, S.L., Mac DONALD, D.D., KEENLEYSIDE, K.A. & GAUDET, C.L. (1996): The development and implementation of Canadian Sediment Quality Guidelines. In:
- TRUEB, L.F. (1996): Die chemischen Elemente. S. Hirzel Verlag Stuttgart. Leipzig.
- UMWELTBUNDESAMT (1998): Umweltsituation Wasser. Jahresbericht 1998. Wien.

VOGEL, W.R., CHOVANEC, A. (1992): Sediment analysis as a method of monitoring industrial emissions. *Hydrobiologia* 235/236: 723-730.

WACHS, B. (1995): Limnotoxizität und Ökobewertung der Schwermetalle sowie entsprechende Qualitätsziele zum Schutz aquatischer Ökosysteme. *Münchner Beitr., Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiol.*, 48, 425-486, München.

WALLMANN, K. (1992): Solubility of cadmium and cobalt in a post-oxic or sub-oxic sediment. *Hydrobiologia* 235/236: 611-622.

WÜRFELS, M., JACHWERTH, E. (1985): Untersuchungen zur Kohlenstoffbilanz beim Aufschluss biologischer Probenmaterialien mit Salpetersäure. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, Volume 322, Number 3, 354-358.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tetraethylblei>

<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/1101241.htm>

www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/umweltanalytik/schadstoff/chromat/

www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/wasser/wrrl/

http://de.wikipedia.org/wiki/Arsen#Biologische_Bedeutung

www.wsv.de. Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Portal Tidelbe. Materialbände der UVU (Umweltverträglichkeitsuntersuchung) zur Fahrrinnenanpassung 1999/2000. Materialband VII (Tiere und Pflanzen der aquatischen Lebensgemeinschaften).

10. Anhang 1 - Deskriptive Statistik

Deskriptive Statistik zu den einzelnen Gattungen/Arten

Chironomiden

Chironomidae indet.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	4	0	8,12	3,73	10,30	1,70	23,33
Chrom	4	0	226,30	147,34	265,54	18,16	592,36
Mangan	4	0	580,54	369,23	672,39	73,32	1510,38
Kobalt	4	0	14,43	3,75	22,29	2,38	47,84
Nickel	4	0	107,26	54,39	140,94	10,38	309,88
Kupfer	4	0	91,28	28,54	145,63	0,00	308,04
Zink	4	0	3055,38	1118,08	4282,81	546,09	9439,25
Gallium	4	0	0,93	0,24	1,57	0,00	3,26
Arsen	4	0	34,25	26,60	41,48	0,00	83,82
Selen	4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	4	0	4,05	2,04	5,72	0,00	12,12
Yttrium	4	0	7,56	6,47	8,06	0,47	16,82
Zirkonium	4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	4	0	0,27	0,03	0,51	0,00	1,04
Molybdän	4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	4	0	14,01	10,36	17,24	0,00	35,33
Cadmium	4	0	11,96	1,83	21,56	0,00	44,19
Zinn	4	0	15,27	13,11	13,79	2,03	32,85
Antimon	4	0	14,38	6,10	20,67	0,68	44,62
Tellur	4	0	0,05	0,00	0,10	0,00	0,20
Lanthan	4	0	12,60	2,27	22,25	0,00	45,89
Cer	4	0	37,08	33,02	38,39	3,15	79,13
Thallium	4	0	0,27	0,22	0,29	0,00	0,62
Blei	4	0	4120,90	3610,57	4061,79	450,88	8811,56
Bismut	4	0	0,65	0,52	0,46	0,27	1,30

Chironomini indet.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	2	0	31,51	31,51	44,56	0,00	63,02
Vanadium	2	0	76,36	76,36	73,20	24,60	128,12
Chrom	2	0	305,54	305,54	432,11	0,00	611,09
Mangan	2	0	1323,85	1323,85	818,75	744,91	1902,79
Kobalt	2	0	71,18	71,18	81,49	13,56	128,80
Nickel	2	0	783,14	783,14	846,21	184,78	1381,50
Kupfer	2	0	2212,10	2212,10	2119,31	713,52	3710,68
Zink	2	0	16779,72	16779,72	19090,21	3280,90	30278,54
Gallium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	2	0	2376,28	2376,28	3360,57	0,00	4752,57
Selen	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	2	0	183,36	183,36	259,32	0,00	366,73
Yttrium	2	0	70,44	70,44	85,41	10,04	130,83
Zirkonium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	2	0	0,25	0,25	0,36	0,00	0,50
Molybdän	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	2	0	9,04	9,04	12,78	0,00	18,08
Cadmium	2	0	919,20	919,20	1299,94	0,00	1838,39
Zinn	2	0	86,11	86,11	121,78	0,00	172,23
Antimon	2	0	0,25	0,25	0,36	0,00	0,50
Tellur	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	2	0	196,96	196,96	278,54	0,00	393,92
Cer	2	0	322,87	322,87	456,60	0,00	645,74
Thallium	2	0	2,20	2,20	1,69	1,00	3,39
Blei	2	0	11233,98	11233,98	11760,41	2918,12	19549,85
Bismut	2	0	11,34	11,34	11,77	3,01	19,66

Chironomus sp.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	5	0	11,68	9,89	9,65	1,60	27,72
Chrom	5	0	49,26	0,00	110,14	0,00	246,28
Mangan	5	0	342,50	393,51	197,47	52,79	558,52
Kobalt	5	0	15,73	7,03	16,98	4,65	44,71
Nickel	5	0	88,43	24,76	109,98	0,00	247,76
Kupfer	5	0	3454,17	72,28	7267,75	0,00	16444,11
Zink	5	0	4398,51	1064,61	6870,82	185,47	16349,07
Gallium	5	0	7,95	3,14	11,59	0,00	27,62
Arsen	5	0	147,61	0,00	328,44	0,00	735,13
Selen	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	5	0	20,31	10,37	27,46	0,00	67,79
Yttrium	5	0	2,56	1,57	2,73	0,00	7,08
Zirkonium	5	0	15,70	0,00	35,11	0,00	78,50
Niob	5	0	0,19	0,06	0,25	0,00	0,59
Molybdän	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	5	0	5,42	0,00	9,20	0,00	21,25
Cadmium	5	0	12,99	0,00	17,80	0,00	33,35
Zinn	5	0	21,57	0,00	46,05	0,00	103,89
Antimon	5	0	4,17	0,00	9,22	0,00	20,66
Tellur	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	5	0	141,53	32,02	257,31	0,00	600,43
Cer	5	0	1141,24	49,14	2262,21	0,00	5174,03
Thallium	5	0	0,39	0,30	0,48	0,06	1,21
Blei	5	0	1856,95	711,48	3361,53	0,00	7835,36
Bismut	5	0	0,52	0,15	1,00	0,00	2,30

Cladopelma virescens

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend				
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	5,39	5,39	5,39	5,39
Chrom	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Mangan	1	0	286,25	286,25	286,25	286,25
Kobalt	1	0	9,40	9,40	9,40	9,40
Nickel	1	0	20,34	20,34	20,34	20,34
Kupfer	1	0	1968,76	1968,76	1968,76	1968,76
Zink	1	0	5582,44	5582,44	5582,44	5582,44
Gallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	1	0	3,70	3,70	3,70	3,70
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	1	0	14,64	14,64	14,64	14,64
Zinn	1	0	29,27	29,27	29,27	29,27
Antimon	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	32,66	32,66	32,66	32,66
Cer	1	0	50,99	50,99	50,99	50,99
Thallium	1	0	2,46	2,46	2,46	2,46
Blei	1	0	3298,47	3298,47	3298,47	3298,47
Bismut	1	0	0,62	0,62	0,62	0,62

Cladotanytarsus mancus-Gr.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	3	0	9,09	5,23	10,37	1,21	20,84
Chrom	3	0	239,43	0,00	414,71	0,00	718,29
Mangan	3	0	335,09	196,87	341,77	84,09	724,32
Kobalt	3	0	35,36	12,57	49,26	1,63	91,89
Nickel	3	0	102,62	15,75	156,20	9,18	282,95
Kupfer	3	0	313,02	96,74	460,93	0,00	842,32
Zink	3	0	6902,08	3818,26	8738,90	123,17	16764,80
Gallium	3	0	1,84	0,00	3,19	0,00	5,52
Arsen	3	0	82,71	0,00	143,26	0,00	248,13
Selen	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	3	0	0,17	0,00	0,29	0,00	0,50
Yttrium	3	0	7,55	5,65	7,75	0,93	16,07
Zirkonium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	3	0	0,19	0,08	0,27	0,00	0,50
Molybdän	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	3	0	25,79	0,55	44,20	0,00	76,83
Cadmium	3	0	6,86	0,00	11,89	0,00	20,59
Zinn	3	0	41,59	0,00	72,04	0,00	124,78
Antimon	3	0	2,09	0,00	3,62	0,00	6,28
Tellur	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	3	0	87,81	13,42	130,30	11,75	238,26
Cer	3	0	175,12	45,05	246,75	20,63	459,70
Thallium	3	0	0,57	0,14	0,82	0,05	1,51
Blei	3	0	5857,00	2740,16	7891,42	0,00	14830,85
Bismut	3	0	1,93	0,03	3,33	0,00	5,77

Cricotopus (Isocladius) sylvestris-Gr.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	5	0	1,74	0,51	2,56	0,00	6,15
Chrom	5	0	26,41	0,00	59,06	0,00	132,06
Mangan	5	0	154,95	148,65	105,73	35,28	294,44
Kobalt	5	0	2,86	2,30	1,37	1,40	4,34
Nickel	5	0	41,94	17,03	62,58	0,00	152,64
Kupfer	5	0	340,58	421,75	341,45	0,00	812,12
Zink	5	0	1725,42	1128,54	1888,58	59,97	4715,38
Gallium	5	0	5,17	3,64	4,27	0,00	10,38
Arsen	5	0	3,66	0,13	7,01	0,00	16,10
Selen	5	0	7,80	0,00	17,43	0,00	38,98
Rubidium	5	0	4,30	2,78	4,94	0,00	12,72
Yttrium	5	0	3,23	2,36	3,87	0,00	9,29
Zirkonium	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	5	0	1,83	0,00	2,73	0,00	6,12
Zinn	5	0	1,36	0,00	3,03	0,00	6,78
Antimon	5	0	3,16	0,00	7,07	0,00	15,82
Tellur	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	5	0	134,07	144,44	85,28	1,69	207,99
Cer	5	0	1133,33	1177,11	687,05	7,75	1736,54
Thallium	5	0	0,01	0,00	0,03	0,00	0,06
Blei	5	0	31,36	22,84	39,65	0,00	96,23
Bismut	5	0	1,93	0,29	3,38	0,00	7,87

Cryptochironomus psittacinus-Gr.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	3	0	10,61	3,01	15,84	0,00	28,81
Chrom	3	0	165,60	0,00	286,83	0,00	496,81
Mangan	3	0	171,32	76,83	194,71	41,89	395,24
Kobalt	3	0	12,57	5,35	16,15	1,28	31,07
Nickel	3	0	49,56	57,17	46,23	0,00	91,51
Kupfer	3	0	115,36	4,33	196,08	0,00	341,76
Zink	3	0	2587,41	1010,86	3147,78	539,42	6211,95
Gallium	3	0	5,60	0,00	9,69	0,00	16,79
Arsen	3	0	495,47	0,00	858,19	0,00	1486,42
Selen	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	3	0	28,53	7,83	42,82	0,00	77,77
Yttrium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zirkonium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	3	0	0,39	0,00	0,67	0,00	1,17
Molybdän	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	3	0	20,52	0,38	35,22	0,00	61,20
Zinn	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Antimon	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tellur	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	3	0	118,63	0,00	205,47	0,00	355,88
Cer	3	0	1177,38	0,00	2039,28	0,00	3532,13
Thallium	3	0	0,45	0,04	0,75	0,00	1,32
Blei	3	0	609,58	0,00	1055,83	0,00	1828,75
Bismut	3	0	1,44	0,00	2,50	0,00	4,33

Cryptotendipes sp.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	10	0	15,73	7,39	19,20	0,00	58,10
Chrom	10	0	689,27	128,66	1099,06	0,00	3298,34
Mangan	10	0	792,18	526,62	965,42	0,00	3156,95
Kobalt	10	0	19,46	9,49	21,70	0,00	63,91
Nickel	10	0	295,66	58,47	570,41	0,00	1865,12
Kupfer	10	0	1062,57	500,91	1743,13	0,00	5751,13
Zink	10	0	8195,77	4399,98	10501,57	0,00	27553,59
Gallium	10	0	3,00	0,00	8,74	0,00	27,79
Arsen	10	0	59,20	0,00	155,83	0,00	495,58
Selen	10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	10	0	92,71	0,00	293,12	0,00	926,96
Yttrium	10	0	9,51	5,17	12,03	0,00	33,20
Zirkonium	10	0	31,74	0,00	84,97	0,00	269,80
Niob	10	0	0,63	0,48	0,75	0,00	2,21
Molybdän	10	0	19,88	0,00	62,88	0,00	198,84
Silber	10	0	99,41	0,00	265,53	0,00	852,19
Cadmium	10	0	5,83	0,00	18,43	0,00	58,29
Zinn	10	0	67,88	17,76	103,80	0,00	319,73
Antimon	10	0	11,88	0,13	29,14	0,00	92,23
Tellur	10	0	0,51	0,00	1,08	0,00	2,65
Lanthan	10	0	46,86	24,06	61,13	0,00	180,12
Cer	10	0	71,46	59,65	69,85	8,29	217,91
Thallium	10	0	0,15	0,00	0,30	0,00	0,97
Blei	10	0	3545,08	1769,00	4517,94	0,00	12519,24
Bismut	10	0	15,99	1,88	38,35	0,08	123,95

Dicrotendipes lobiger

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend				
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	10,70	10,70	10,70	10,70
Chrom	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Mangan	1	0	505,02	505,02	505,02	505,02
Kobalt	1	0	16,63	16,63	16,63	16,63
Nickel	1	0	78,48	78,48	78,48	78,48
Kupfer	1	0	436,59	436,59	436,59	436,59
Zink	1	0	3390,85	3390,85	3390,85	3390,85
Gallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	1	0	1156,51	1156,51	1156,51	1156,51
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	41,31	41,31	41,31	41,31
Yttrium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	1	0	67,36	67,36	67,36	67,36
Zinn	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Antimon	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Cer	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	1	0	0,11	0,11	0,11	0,11
Blei	1	0	1165,09	1165,09	1165,09	1165,09
Bismut	1	0	0,74	0,74	0,74	0,74

Endochironomus albipennis

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	2	0	43,25	43,25	61,16	0,00	86,49
Chrom	2	0	3884,87	3884,87	4101,03	985,00	6784,74
Mangan	2	0	2207,14	2207,14	1114,24	1419,26	2995,02
Kobalt	2	0	171,77	171,77	16,54	160,08	183,46
Nickel	2	0	4795,91	4795,91	5718,07	752,63	8839,20
Kupfer	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zink	2	0	19552,22	19552,22	27651,01	0,00	39104,43
Gallium	2	0	151,83	151,83	189,16	18,07	285,58
Arsen	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Selen	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	2	0	19,04	19,04	26,92	0,00	38,08
Yttrium	2	0	10,97	10,97	15,52	0,00	21,95
Zirkonium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	2	0	0,65	0,65	0,91	0,00	1,29
Molybdän	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	2	0	1247,07	1247,07	1763,62	0,00	2494,13
Zinn	2	0	47,12	47,12	66,64	0,00	94,24
Antimon	2	0	6,45	6,45	9,13	0,00	12,91
Tellur	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	2	0	3997,57	3997,57	5246,29	287,88	7707,25
Cer	2	0	29998,83	29998,83	41847,84	407,94	59589,72
Thallium	2	0	0,87	0,87	1,22	0,00	1,73
Blei	2	0	18058,58	18058,58	25538,68	0,00	36117,15
Bismut	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Glyptotendipes pallens

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	3	0	1,34	1,72	0,90	0,31	1,98
Chrom	3	0	1,58	0,00	2,74	0,00	4,74
Mangan	3	0	56,29	46,76	17,50	45,62	76,48
Kobalt	3	0	1,11	0,51	1,35	0,16	2,65
Nickel	3	0	5,44	4,97	5,42	0,26	11,08
Kupfer	3	0	24,55	15,63	27,10	3,02	54,99
Zink	3	0	492,64	223,24	657,40	12,73	1241,94
Gallium	3	0	0,04	0,00	0,08	0,00	0,13
Arsen	3	0	20,09	0,13	34,68	0,00	60,13
Selen	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	3	0	1,60	0,30	2,52	0,00	4,50
Yttrium	3	0	0,16	0,05	0,22	0,01	0,41
Zirkonium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	3	0	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
Molybdän	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	3	0	0,08	0,00	0,13	0,00	0,23
Cadmium	3	0	2,03	0,47	3,08	0,03	5,58
Zinn	3	0	0,69	0,00	1,19	0,00	2,06
Antimon	3	0	0,19	0,00	0,33	0,00	0,58
Tellur	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	3	0	1,55	1,77	1,45	0,00	2,88
Cer	3	0	9,37	7,51	10,43	0,00	20,61
Thallium	3	0	0,05	0,00	0,08	0,00	0,14
Blei	3	0	53,73	60,12	50,84	0,00	101,07
Bismut	3	0	0,04	0,00	0,06	0,00	0,11

Glyptotendipes sp.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend				
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	13,90	13,90	13,90	13,90
Chrom	1	0	51,18	51,18	51,18	51,18
Mangan	1	0	472,82	472,82	472,82	472,82
Kobalt	1	0	39,49	39,49	39,49	39,49
Nickel	1	0	129,98	129,98	129,98	129,98
Kupfer	1	0	799,89	799,89	799,89	799,89
Zink	1	0	6740,26	6740,26	6740,26	6740,26
Gallium	1	0	4,41	4,41	4,41	4,41
Arsen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	7,46	7,46	7,46	7,46
Yttrium	1	0	9,66	9,66	9,66	9,66
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	0,85	0,85	0,85	0,85
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	0,68	0,68	0,68	0,68
Cadmium	1	0	50,67	50,67	50,67	50,67
Zinn	1	0	45,76	45,76	45,76	45,76
Antimon	1	0	2,88	2,88	2,88	2,88
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	39,15	39,15	39,15	39,15
Cer	1	0	55,92	55,92	55,92	55,92
Thallium	1	0	0,68	0,68	0,68	0,68
Blei	1	0	7155,79	7155,79	7155,79	7155,79
Bismut	1	0	2,54	2,54	2,54	2,54

Harnischia sp.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend					
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33
Chrom	1	0	39,97	39,97	39,97	39,97	39,97
Mangan	1	0	114,06	114,06	114,06	114,06	114,06
Kobalt	1	0	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90
Nickel	1	0	48,79	48,79	48,79	48,79	48,79
Kupfer	1	0	71,67	71,67	71,67	71,67	71,67
Zink	1	0	899,66	899,66	899,66	899,66	899,66
Gallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	1	0	215,18	215,18	215,18	215,18	215,18
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Yttrium	1	0	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	1	0	10,24	10,24	10,24	10,24	10,24
Zinn	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Antimon	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cer	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	1	0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Blei	1	0	256,67	256,67	256,67	256,67	256,67
Bismut	1	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Kiefferulus tendipediformis

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend					
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32
Chrom	1	0	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37
Mangan	1	0	180,67	180,67	180,67	180,67	180,67
Kobalt	1	0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Nickel	1	0	16,42	16,42	16,42	16,42	16,42
Kupfer	1	0	23,64	23,64	23,64	23,64	23,64
Zink	1	0	57,68	57,68	57,68	57,68	57,68
Gallium	1	0	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Arsen	1	0	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Yttrium	1	0	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	1	0	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Zinn	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Antimon	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	16,49	16,49	16,49	16,49	16,49
Cer	1	0	114,11	114,11	114,11	114,11	114,11
Thallium	1	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Blei	1	0	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
Bismut	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Microtendipes chloris-Gr.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	6	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	6	0	2,18	2,15	0,69	1,39	3,29
Chrom	6	0	13,89	4,38	24,36	0,89	63,38
Mangan	6	0	123,94	123,42	32,39	79,43	168,28
Kobalt	6	0	1,30	0,81	0,90	0,70	2,89
Nickel	6	0	5,33	3,87	3,68	2,23	11,87
Kupfer	6	0	22,12	20,96	13,43	6,96	44,07
Zink	6	0	136,46	119,06	71,23	67,96	256,76
Gallium	6	0	0,18	0,00	0,34	0,00	0,83
Arsen	6	0	51,66	1,91	122,53	0,00	301,74
Selen	6	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	6	0	1,92	1,89	0,81	0,98	3,30
Yttrium	6	0	336,99	0,82	823,58	0,49	2018,12
Zirkonium	6	0	0,27	0,00	0,67	0,00	1,64
Niob	6	0	0,08	0,07	0,04	0,04	0,16
Molybdän	6	0	1,47	0,00	3,60	0,00	8,83
Silber	6	0	0,67	0,17	1,09	0,00	2,78
Cadmium	6	0	0,97	0,00	1,62	0,00	3,84
Zinn	6	0	4,47	0,18	10,39	0,00	25,67
Antimon	6	0	6,62	0,04	16,11	0,00	39,51
Tellur	6	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	6	0	177,44	2,41	428,77	1,40	1052,65
Cer	6	0	5,51	4,34	3,00	2,85	10,60
Thallium	6	0	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03
Blei	6	0	83,51	41,63	91,53	0,91	223,60
Bismut	6	0	0,33	0,08	0,49	0,03	1,26

Parachironomus arcuatus-Gr.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	3	0	36,71	17,89	40,78	8,74	83,50
Chrom	3	0	105,92	141,95	93,28	0,00	175,82
Mangan	3	0	530,49	379,99	306,91	327,89	883,60
Kobalt	3	0	40,89	41,05	18,64	22,17	59,45
Nickel	3	0	187,14	166,49	66,24	133,69	261,25
Kupfer	3	0	797,93	854,77	369,41	403,40	1135,63
Zink	3	0	7186,02	8325,78	2219,65	4628,04	8604,24
Gallium	3	0	0,56	0,00	0,98	0,00	1,69
Arsen	3	0	545,69	0,00	945,16	0,00	1637,06
Selen	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	3	0	33,07	1,72	55,02	0,88	96,60
Yttrium	3	0	6,39	8,20	5,71	0,00	10,98
Zirkonium	3	0	29,06	0,00	50,33	0,00	87,17
Niob	3	0	0,35	0,41	0,33	0,00	0,65
Molybdän	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	3	0	1,79	0,00	3,11	0,00	5,38
Cadmium	3	0	31,08	41,82	27,34	0,00	51,41
Zinn	3	0	66,07	33,15	87,31	0,00	165,06
Antimon	3	0	4,63	0,00	8,02	0,00	13,90
Tellur	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	3	0	19,75	17,49	20,97	0,00	41,75
Cer	3	0	32,47	29,42	34,10	0,00	68,00
Thallium	3	0	0,51	0,41	0,57	0,00	1,13
Blei	3	0	3576,63	1459,87	3809,01	1296,14	7973,88
Bismut	3	0	2,67	2,07	2,17	0,86	5,08

Paralauterborniella nigrohalteralis

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	3	0	6,12	5,51	6,45	0,00	12,85
Chrom	3	0	58,93	16,95	87,81	0,00	159,85
Mangan	3	0	330,95	294,59	264,15	86,85	611,39
Kobalt	3	0	24,06	23,87	18,14	6,03	42,30
Nickel	3	0	40,06	18,77	53,95	0,00	101,40
Kupfer	3	0	548,25	339,90	574,72	106,76	1198,08
Zink	3	0	5616,17	4349,03	2541,12	3957,79	8541,70
Gallium	3	0	0,75	0,00	1,30	0,00	2,25
Arsen	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Selen	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	3	0	8,18	5,84	4,42	5,42	13,28
Zirkonium	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	3	0	0,11	0,00	0,19	0,00	0,33
Molybdän	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	3	0	0,80	0,00	1,39	0,00	2,40
Cadmium	3	0	17,27	6,50	24,50	0,00	45,30
Zinn	3	0	18,16	22,60	16,39	0,00	31,87
Antimon	3	0	5,28	4,24	5,87	0,00	11,60
Tellur	3	0	0,84	0,85	0,83	0,00	1,67
Lanthan	3	0	17,41	7,83	17,51	6,78	37,63
Cer	3	0	42,50	29,94	27,16	23,90	73,67
Thallium	3	0	0,37	0,40	0,07	0,28	0,42
Blei	3	0	3767,53	3443,31	3544,69	396,08	7463,19
Bismut	3	0	6,09	0,60	10,02	0,00	17,65

Paratanytarsus sp.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend				
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	10,03	10,03	10,03	10,03
Chrom	1	0	112,41	112,41	112,41	112,41
Mangan	1	0	415,62	415,62	415,62	415,62
Kobalt	1	0	33,47	33,47	33,47	33,47
Nickel	1	0	104,51	104,51	104,51	104,51
Kupfer	1	0	988,56	988,56	988,56	988,56
Zink	1	0	5322,01	5322,01	5322,01	5322,01
Gallium	1	0	2,40	2,40	2,40	2,40
Arsen	1	0	15,11	15,11	15,11	15,11
Selen	1	0	82,47	82,47	82,47	82,47
Rubidium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	1	0	10,87	10,87	10,87	10,87
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	1,69	1,69	1,69	1,69
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	22,31	22,31	22,31	22,31
Cadmium	1	0	10,45	10,45	10,45	10,45
Zinn	1	0	52,82	52,82	52,82	52,82
Antimon	1	0	9,18	9,18	9,18	9,18
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	38,98	38,98	38,98	38,98
Cer	1	0	69,76	69,76	69,76	69,76
Thallium	1	0	0,14	0,14	0,14	0,14
Blei	1	0	4964,99	4964,99	4964,99	4964,99
Bismut	1	0	5,08	5,08	5,08	5,08

Paratendipes albimanus

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend				
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	1,51	1,51	1,51	1,51
Chrom	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Mangan	1	0	45,58	45,58	45,58	45,58
Kobalt	1	0	2,34	2,34	2,34	2,34
Nickel	1	0	18,90	18,90	18,90	18,90
Kupfer	1	0	23,82	23,82	23,82	23,82
Zink	1	0	571,47	571,47	571,47	571,47
Gallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	1	0	226,51	226,51	226,51	226,51
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	11,97	11,97	11,97	11,97
Yttrium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	1	0	5,97	5,97	5,97	5,97
Zinn	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Antimon	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Cer	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	1	0	0,08	0,08	0,08	0,08
Blei	1	0	109,65	109,65	109,65	109,65
Bismut	1	0	0,06	0,06	0,06	0,06

Polypedilum (Tripodura) scalaenum-Gr.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend				
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	56,94	56,94	56,94	56,94
Chrom	1	0	347,37	347,37	347,37	347,37
Mangan	1	0	976,14	976,14	976,14	976,14
Kobalt	1	0	41,27	41,27	41,27	41,27
Nickel	1	0	111,77	111,77	111,77	111,77
Kupfer	1	0	636,90	636,90	636,90	636,90
Zink	1	0	8373,08	8373,08	8373,08	8373,08
Gallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	1	0	2518,98	2518,98	2518,98	2518,98
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	153,35	153,35	153,35	153,35
Yttrium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	1	0	57,85	57,85	57,85	57,85
Zinn	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Antimon	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Cer	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	1	0	2,11	2,11	2,11	2,11
Blei	1	0	2140,27	2140,27	2140,27	2140,27
Bismut	1	0	3,62	3,62	3,62	3,62

Polypedilum bicrenatum

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend					
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	26,81	26,81	26,81	26,81	26,81
Chrom	1	0	269,94	269,94	269,94	269,94	269,94
Mangan	1	0	1456,37	1456,37	1456,37	1456,37	1456,37
Kobalt	1	0	145,52	145,52	145,52	145,52	145,52
Nickel	1	0	507,95	507,95	507,95	507,95	507,95
Kupfer	1	0	3079,95	3079,95	3079,95	3079,95	3079,95
Zink	1	0	29896,00	29896,00	29896,00	29896,00	29896,00
Gallium	1	0	14,46	14,46	14,46	14,46	14,46
Arsen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	1	0	24,70	24,70	24,70	24,70	24,70
Zirkonium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	1	0	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
Molybdän	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	1	0	112,07	112,07	112,07	112,07	112,07
Cadmium	1	0	105,75	105,75	105,75	105,75	105,75
Zinn	1	0	196,73	196,73	196,73	196,73	196,73
Antimon	1	0	50,92	50,92	50,92	50,92	50,92
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	157,57	157,57	157,57	157,57	157,57
Cer	1	0	191,01	191,01	191,01	191,01	191,01
Thallium	1	0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Blei	1	0	19600,46	19600,46	19600,46	19600,46	19600,46
Bismut	1	0	13,56	13,56	13,56	13,56	13,56

Polypedilum nubeculosum

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend						
Scandium	7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	7	0	1,19	1,36	0,57	0,00	1,66	
Chrom	7	0	123,67	1,33	313,98	0,00	835,54	
Mangan	7	0	71,85	65,43	25,10	46,39	122,80	
Kobalt	7	0	1,88	1,72	0,96	0,32	3,31	
Nickel	7	0	4,83	6,28	2,84	0,00	7,53	
Kupfer	7	0	1373,30	30,97	3509,32	0,00	9330,25	
Zink	7	0	1148,05	198,50	2293,66	0,00	6323,80	
Gallium	7	0	3,81	0,00	9,83	0,00	26,11	
Arsen	7	0	14,76	0,00	28,98	0,00	77,77	
Selen	7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Rubidium	7	0	0,35	0,05	0,57	0,00	1,55	
Yttrium	7	0	0,55	0,56	0,35	0,00	1,00	
Zirkonium	7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Niob	7	0	0,06	0,04	0,06	0,00	0,18	
Molybdän	7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Silber	7	0	0,32	0,13	0,49	0,00	1,30	
Cadmium	7	0	0,39	0,00	1,03	0,00	2,72	
Zinn	7	0	2,79	1,48	4,07	0,00	11,65	
Antimon	7	0	0,53	0,01	0,67	0,00	1,47	
Tellur	7	0	0,03	0,00	0,05	0,00	0,12	
Lanthan	7	0	94,99	2,67	236,99	1,45	632,18	
Cer	7	0	777,01	3,68	2033,43	2,99	5388,34	
Thallium	7	0	0,05	0,02	0,09	0,00	0,25	
Blei	7	0	232,21	105,22	240,25	0,00	573,95	
Bismut	7	0	1,99	0,12	4,98	0,00	13,29	

Procladius (Holotanypus) sp.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	8	0	0,83	0,00	2,35	0,00	6,66
Vanadium	8	0	24,23	10,56	40,91	0,00	121,33
Chrom	8	0	237,02	9,41	433,56	0,00	1109,18
Mangan	8	0	975,70	320,34	1494,50	21,17	4380,02
Kobalt	8	0	64,57	9,75	120,07	0,99	341,81
Nickel	8	0	364,13	94,35	458,66	19,23	1136,18
Kupfer	8	0	1259,96	184,65	2061,49	0,00	5624,84
Zink	8	0	13072,11	3152,98	17466,59	0,00	45150,16
Gallium	8	0	3,65	0,00	6,71	0,00	17,25
Arsen	8	0	245,31	0,00	503,20	0,00	1435,96
Selen	8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	8	0	27,61	4,02	40,28	0,00	109,83
Yttrium	8	0	14,56	1,46	28,55	0,00	82,17
Zirkonium	8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	8	0	1,53	1,30	1,62	0,00	3,77
Molybdän	8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	8	0	9,94	0,00	24,25	0,00	69,41
Cadmium	8	0	108,23	20,26	196,86	0,00	566,40
Zinn	8	0	44,26	3,95	71,22	0,00	188,98
Antimon	8	0	16,10	0,00	30,42	0,00	75,68
Tellur	8	0	1,73	0,00	3,28	0,00	8,19
Lanthan	8	0	40,29	17,65	51,05	0,00	141,33
Cer	8	0	91,16	58,13	100,94	0,00	240,20
Thallium	8	0	0,69	0,42	0,81	0,00	1,92
Blei	8	0	6437,96	1191,60	10715,00	0,00	25013,37
Bismut	8	0	4,38	2,71	5,00	0,00	12,20

Prodiamesa olivacea

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	13	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	13	0	1,40	1,12	1,05	0,25	3,88
Chrom	13	0	18,26	2,69	33,47	0,00	106,59
Mangan	13	0	60,94	45,68	38,70	17,74	151,31
Kobalt	13	0	1,34	0,87	1,49	0,16	5,91
Nickel	13	0	5,43	4,19	4,40	1,25	15,34
Kupfer	13	0	57,44	23,18	128,39	0,45	481,66
Zink	13	0	247,95	96,24	297,06	29,16	962,29
Gallium	13	0	0,25	0,00	0,52	0,00	1,87
Arsen	13	0	10,86	8,92	11,58	0,00	30,87
Selen	13	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	13	0	1,26	0,64	1,41	0,00	4,67
Yttrium	13	0	0,47	0,27	0,53	0,00	2,00
Zirkonium	13	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	13	0	0,06	0,04	0,07	0,00	0,26
Molybdän	13	0	0,06	0,00	0,22	0,00	0,79
Silber	13	0	0,43	0,00	1,34	0,00	4,86
Cadmium	13	0	1,94	0,14	4,39	0,00	15,89
Zinn	13	0	0,76	0,00	1,76	0,00	5,95
Antimon	13	0	0,30	0,00	0,67	0,00	1,85
Tellur	13	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
Lanthan	13	0	6,67	1,44	12,99	0,00	46,11
Cer	13	0	27,04	2,00	49,80	0,00	151,47
Thallium	13	0	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04
Blei	13	0	106,86	16,11	284,89	0,00	1046,47
Bismut	13	0	0,07	0,06	0,07	0,00	0,18

Tanytarsus sp.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	2	0	6,15	6,15	0,26	5,97	6,33
Chrom	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mangan	2	0	238,75	238,75	35,01	214,00	263,51
Kobalt	2	0	4,40	4,40	1,66	3,23	5,57
Nickel	2	0	20,79	20,79	3,15	18,56	23,01
Kupfer	2	0	30,64	30,64	43,33	0,00	61,28
Zink	2	0	441,30	441,30	624,09	0,00	882,59
Gallium	2	0	4,51	4,51	3,29	2,19	6,83
Arsen	2	0	30,92	30,92	43,43	0,22	61,63
Selen	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	2	0	5,01	5,01	4,47	1,85	8,18
Yttrium	2	0	3,26	3,26	4,60	0,00	6,51
Zirkonium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	2	0	0,20	0,20	0,28	0,00	0,40
Molybdän	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	2	0	0,77	0,77	1,09	0,00	1,54
Cadmium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zinn	2	0	2,41	2,41	3,41	0,00	4,82
Antimon	2	0	0,18	0,18	0,25	0,00	0,36
Tellur	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	2	0	125,34	125,34	78,39	69,91	180,77
Cer	2	0	800,72	800,72	952,54	127,17	1474,27
Thallium	2	0	0,06	0,06	0,01	0,05	0,07
Blei	2	0	191,76	191,76	271,18	0,00	383,51
Bismut	2	0	0,31	0,31	0,44	0,00	0,62

Oligochaeta**Bucholzia appendiculata**

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chrom	2	0	349,81	349,81	343,99	106,58	593,05
Mangan	2	0	171,75	171,75	206,11	26,01	317,49
Kobalt	2	0	7,18	7,18	7,17	2,11	12,25
Nickel	2	0	229,85	229,85	246,33	55,66	404,03
Kupfer	2	0	919,90	919,90	247,21	745,10	1094,71
Zink	2	0	154,68	154,68	24,96	137,03	172,33
Gallium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	2	0	6,70	6,70	9,48	0,00	13,40
Selen	2	0	47,44	47,44	67,09	0,00	94,89
Rubidium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	2	0	0,91	0,91	0,83	0,32	1,49
Zirkonium	2	0	0,93	0,93	0,90	0,29	1,57
Niob	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Molybdän	2	0	1775,71	1775,71	73,65	1723,63	1827,79
Silber	2	0	77,58	77,58	47,74	43,82	111,34
Cadmium	2	0	8,21	8,21	3,28	5,89	10,53
Zinn	2	0	21,77	21,77	23,59	5,09	38,45
Antimon	2	0	1,06	1,06	0,88	0,43	1,68
Tellur	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	2	0	0,04	0,04	0,05	0,01	0,07
Cer	2	0	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02
Thallium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blei	2	0	390,29	390,29	327,41	158,78	621,80
Bismut	2	0	2,16	2,16	2,14	0,65	3,68

Dorydrilus michaelsoni

	N	Fehlend	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
	Gültig		[µg/g]	[µg/g]		[µg/g]	[µg/g]
Scandium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chrom	2	0	17,55	17,55	1,83	16,26	18,85
Mangan	2	0	13,82	13,82	0,49	13,47	14,17
Kobalt	2	0	0,77	0,77	0,27	0,58	0,96
Nickel	2	0	17,94	17,94	9,04	11,54	24,33
Kupfer	2	0	330,43	330,43	128,05	239,88	420,97
Zink	2	0	123,86	123,86	92,38	58,54	189,18
Gallium	2	0	0,07	0,07	0,03	0,05	0,10
Arsen	2	0	1,42	1,42	0,45	1,10	1,74
Selen	2	0	4,97	4,97	4,15	2,04	7,91
Rubidium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	2	0	0,13	0,13	0,03	0,10	0,15
Zirkonium	2	0	0,13	0,13	0,01	0,12	0,14
Niob	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	2	0	138,18	138,18	64,96	92,25	184,11
Silber	2	0	26,24	26,24	5,01	22,70	29,78
Cadmium	2	0	2,47	2,47	0,60	2,05	2,90
Zinn	2	0	1,23	1,23	0,48	0,89	1,57
Antimon	2	0	0,11	0,11	0,02	0,10	0,12
Tellur	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cer	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blei	2	0	38,24	38,24	14,40	28,06	48,42
Bismut	2	0	0,19	0,19	0,09	0,13	0,25

Eiseniella tetraedra

	N	Fehlend	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
	Gültig		[µg/g]	[µg/g]		[µg/g]	[µg/g]
Scandium	7	0	0,29	0,10	0,47	0,00	1,31
Vanadium	7	0	2,00	1,40	1,82	0,17	5,00
Chrom	7	0	4,75	2,59	6,07	0,00	17,79
Mangan	7	0	148,97	72,25	247,65	5,70	704,26
Kobalt	7	0	1,68	1,23	1,15	0,68	3,95
Nickel	7	0	11,93	8,30	12,10	2,78	35,76
Kupfer	7	0	61,66	25,57	89,73	8,14	257,28
Zink	7	0	223,79	101,47	339,62	28,14	979,55
Gallium	7	0	0,72	0,38	1,08	0,00	3,05
Arsen	7	0	29,05	0,88	74,73	0,00	198,52
Selen	7	0	1,61	1,37	2,03	0,00	5,64
Rubidium	7	0	2,18	1,34	2,08	0,19	5,57
Yttrium	7	0	0,53	0,58	0,47	0,02	1,36
Zirkonium	7	0	1,97	0,19	4,04	0,00	10,99
Niob	7	0	0,04	0,05	0,03	0,00	0,09
Molybdän	7	0	12,25	10,23	12,29	0,00	29,99
Silber	7	0	2,44	0,25	5,48	0,00	14,84
Cadmium	7	0	0,92	0,15	1,19	0,00	2,90
Zinn	7	0	0,96	0,19	1,93	0,05	5,31
Antimon	7	0	3,29	0,27	5,38	0,00	13,47
Tellur	7	0	0,04	0,00	0,11	0,00	0,29
Lanthan	7	0	0,99	0,26	1,58	0,00	4,28
Cer	7	0	1,71	0,27	2,81	0,00	7,50
Thallium	7	0	0,02	0,01	0,02	0,00	0,07
Blei	7	0	178,24	5,59	436,92	0,00	1168,13
Bismut	7	0	0,85	0,22	1,22	0,01	3,34

Limnodrilus hoffmeisteri

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend					
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
Chrom	1	0	82,63	82,63	82,63	82,63	82,63
Mangan	1	0	112,29	112,29	112,29	112,29	112,29
Kobalt	1	0	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45
Nickel	1	0	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93
Kupfer	1	0	221,68	221,68	221,68	221,68	221,68
Zink	1	0	978,64	978,64	978,64	978,64	978,64
Gallium	1	0	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Arsen	1	0	19,67	19,67	19,67	19,67	19,67
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	1	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Zirkonium	1	0	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Niob	1	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Molybdän	1	0	479,28	479,28	479,28	479,28	479,28
Silber	1	0	33,48	33,48	33,48	33,48	33,48
Cadmium	1	0	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
Zinn	1	0	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92
Antimon	1	0	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Cer	1	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Thallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blei	1	0	93,58	93,58	93,58	93,58	93,58
Bismut	1	0	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64

Limnodrilus udekemianus

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend						
Scandium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	2	0	0,50	0,50	0,71	0,00	1,00	
Chrom	2	0	29,19	29,19	18,55	16,07	42,31	
Mangan	2	0	26,21	26,21	16,37	14,63	37,79	
Kobalt	2	0	1,33	1,33	0,60	0,91	1,75	
Nickel	2	0	38,53	38,53	35,78	13,23	63,83	
Kupfer	2	0	438,15	438,15	569,07	35,76	840,55	
Zink	2	0	194,56	194,56	207,42	47,90	341,23	
Gallium	2	0	0,20	0,20	0,03	0,18	0,22	
Arsen	2	0	3,09	3,09	0,80	2,53	3,66	
Selen	2	0	0,71	0,71	1,00	0,00	1,41	
Rubidium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Yttrium	2	0	0,19	0,19	0,06	0,15	0,23	
Zirkonium	2	0	0,15	0,15	0,13	0,06	0,25	
Niob	2	0	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	
Molybdän	2	0	169,57	169,57	162,76	54,48	284,66	
Silber	2	0	26,71	26,71	26,22	8,17	45,25	
Cadmium	2	0	2,94	2,94	3,51	0,46	5,42	
Zinn	2	0	1,25	1,25	1,20	0,41	2,10	
Antimon	2	0	0,17	0,17	0,17	0,05	0,30	
Tellur	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Lanthan	2	0	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	
Cer	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Thallium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Blei	2	0	44,30	44,30	41,60	14,89	73,72	
Bismut	2	0	0,22	0,22	0,19	0,08	0,35	

Marionina argentea

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend					
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chrom	1	0	284,20	284,20	284,20	284,20	284,20
Mangan	1	0	73,44	73,44	73,44	73,44	73,44
Kobalt	1	0	5,22	5,22	5,22	5,22	5,22
Nickel	1	0	164,91	164,91	164,91	164,91	164,91
Kupfer	1	0	474,72	474,72	474,72	474,72	474,72
Zink	1	0	2007,64	2007,64	2007,64	2007,64	2007,64
Gallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	1	0	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	1	0	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Zirkonium	1	0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Niob	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdän	1	0	1711,37	1711,37	1711,37	1711,37	1711,37
Silber	1	0	120,75	120,75	120,75	120,75	120,75
Cadmium	1	0	12,74	12,74	12,74	12,74	12,74
Zinn	1	0	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06
Antimon	1	0	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cer	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blei	1	0	357,58	357,58	357,58	357,58	357,58
Bismut	1	0	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62

Nais ellinguis

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]	
	Gültig	Fehlend					
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chrom	1	0	87,22	87,22	87,22	87,22	87,22
Mangan	1	0	23,98	23,98	23,98	23,98	23,98
Kobalt	1	0	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Nickel	1	0	60,58	60,58	60,58	60,58	60,58
Kupfer	1	0	606,63	606,63	606,63	606,63	606,63
Zink	1	0	156,34	156,34	156,34	156,34	156,34
Gallium	1	0	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Arsen	1	0	5,23	5,23	5,23	5,23	5,23
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	1	0	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Zirkonium	1	0	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Niob	1	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Molybdän	1	0	477,89	477,89	477,89	477,89	477,89
Silber	1	0	26,32	26,32	26,32	26,32	26,32
Cadmium	1	0	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04
Zinn	1	0	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96
Antimon	1	0	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cer	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blei	1	0	105,20	105,20	105,20	105,20	105,20
Bismut	1	0	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Psammoryctides albicola

	N		Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
	Gültig	Fehlend	[µg/g]	[µg/g]		[µg/g]	[µg/g]
Scandium	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	5	0	0,97	0,81	1,02	0,00	2,65
Chrom	5	0	46,58	5,17	92,73	4,47	212,46
Mangan	5	0	41,57	13,95	67,20	5,48	161,24
Kobalt	5	0	1,27	0,63	1,63	0,23	4,14
Nickel	5	0	46,29	6,45	88,60	5,47	204,77
Kupfer	5	0	280,16	49,24	530,58	23,97	1228,99
Zink	5	0	235,71	66,82	409,36	30,30	967,36
Gallium	5	0	0,14	0,10	0,18	0,00	0,43
Arsen	5	0	2,65	0,79	4,61	0,34	10,89
Selen	5	0	3,20	1,31	4,83	0,27	11,73
Rubidium	5	0	1,09	0,74	1,49	0,00	3,61
Yttrium	5	0	0,24	0,12	0,30	0,04	0,75
Zirkonium	5	0	0,17	0,03	0,31	0,02	0,72
Niob	5	0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Molybdän	5	0	206,88	24,06	415,65	8,26	950,19
Silber	5	0	40,77	6,13	80,74	1,90	185,15
Cadmium	5	0	5,44	0,71	10,93	0,23	24,99
Zinn	5	0	1,57	0,27	3,09	0,10	7,10
Antimon	5	0	0,18	0,05	0,31	0,02	0,73
Tellur	5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	5	0	0,02	0,01	0,03	0,00	0,08
Cer	5	0	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
Thallium	5	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
Blei	5	0	68,55	11,67	134,10	5,24	308,37
Bismut	5	0	0,26	0,05	0,47	0,02	1,10

Tribelos intextus

	N		Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
	Gültig	Fehlend	[µg/g]	[µg/g]		[µg/g]	[µg/g]
Scandium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	2	0	2,10	2,10	0,68	1,62	2,59
Chrom	2	0	0,01	0,01	0,02	0,00	0,03
Mangan	2	0	147,43	147,43	5,85	143,29	151,57
Kobalt	2	0	2,54	2,54	1,88	1,21	3,87
Nickel	2	0	26,32	26,32	30,31	4,89	47,75
Kupfer	2	0	44,25	44,25	16,98	32,24	56,26
Zink	2	0	336,50	336,50	108,51	259,77	413,23
Gallium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arsen	2	0	4,18	4,18	5,92	0,00	8,37
Selen	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	2	0	1,46	1,46	2,06	0,00	2,91
Yttrium	2	0	0,86	0,86	0,17	0,74	0,98
Zirkonium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niob	2	0	0,07	0,07	0,05	0,03	0,10
Molybdän	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silber	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmium	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zinn	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Antimon	2	0	0,12	0,12	0,17	0,00	0,24
Tellur	2	0	0,21	0,21	0,30	0,00	0,43
Lanthan	2	0	1,86	1,86	0,85	1,26	2,46
Cer	2	0	4,90	4,90	1,98	3,50	6,30
Thallium	2	0	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02
Blei	2	0	201,59	201,59	155,03	91,96	311,22
Bismut	2	0	0,94	0,94	1,12	0,15	1,73

Tubificidae bif.juv.

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Standardabweichung	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend					
Scandium	13	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	13	0	0,69	0,00	1,95	0,00	7,08
Chrom	13	0	71,45	66,82	63,90	9,39	245,52
Mangan	13	0	34,56	27,39	31,60	2,60	115,00
Kobalt	13	0	2,17	2,04	1,45	0,22	5,07
Nickel	13	0	56,57	54,41	50,72	6,31	202,01
Kupfer	13	0	1866,39	251,57	4973,12	30,44	18295,84
Zink	13	0	554,60	295,81	756,80	18,73	2380,89
Gallium	13	0	0,18	0,00	0,34	0,00	1,22
Arsen	13	0	3,92	3,35	3,85	0,35	13,69
Selen	13	0	9,99	6,78	13,93	0,00	42,36
Rubidium	13	0	0,02	0,00	0,08	0,00	0,30
Yttrium	13	0	0,33	0,25	0,27	0,04	1,08
Zirkonium	13	0	0,30	0,26	0,25	0,04	0,96
Niob	13	0	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
Molybdän	13	0	373,42	347,72	314,37	61,38	1251,16
Silber	13	0	36,30	28,26	38,81	5,33	153,50
Cadmium	13	0	3,54	2,63	4,45	0,42	17,69
Zinn	13	0	2,87	3,13	2,06	0,48	8,34
Antimon	13	0	0,28	0,34	0,18	0,02	0,49
Tellur	13	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	13	0	0,02	0,01	0,02	0,00	0,08
Cer	13	0	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03
Thallium	13	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Blei	13	0	93,88	98,03	78,21	14,44	312,50
Bismut	13	0	0,64	0,47	0,65	0,09	2,28

Uncinatis uncinata

	N		Mittelwert [µg/g]	Median [µg/g]	Minimum [µg/g]	Maximum [µg/g]
	Gültig	Fehlend				
Scandium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Chrom	1	0	37,91	37,91	37,91	37,91
Mangan	1	0	37,26	37,26	37,26	37,26
Kobalt	1	0	1,66	1,66	1,66	1,66
Nickel	1	0	45,33	45,33	45,33	45,33
Kupfer	1	0	544,75	544,75	544,75	544,75
Zink	1	0	299,68	299,68	299,68	299,68
Gallium	1	0	0,17	0,17	0,17	0,17
Arsen	1	0	4,12	4,12	4,12	4,12
Selen	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rubidium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Yttrium	1	0	0,33	0,33	0,33	0,33
Zirkonium	1	0	0,34	0,34	0,34	0,34
Niob	1	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Molybdän	1	0	347,58	347,58	347,58	347,58
Silber	1	0	44,70	44,70	44,70	44,70
Cadmium	1	0	5,35	5,35	5,35	5,35
Zinn	1	0	3,48	3,48	3,48	3,48
Antimon	1	0	0,40	0,40	0,40	0,40
Tellur	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Lanthan	1	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Cer	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Thallium	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Blei	1	0	119,39	119,39	119,39	119,39
Bismut	1	0	0,67	0,67	0,67	0,67

11. Anhang 2 - Lebenslauf

Geboren am 31.3.1971 in Wien

Sept. 1977 - Juni 1981 Besuch der Volksschule in Wien

Sept. 1981 – Mai 1989 Besuch des BRG „Auf der Schmelz“, 1150 Wien

Juni 1989 Matura am BRG „Auf der Schmelz“, 1150 Wien

Sept. 1989 Immatrikulation an der Universität Wien.

Sept. 1989 – Sept. 1990 Inskription Tibetologie u. Buddhismuskunde, Völkerkunde an der Universität Wien

Sept. 1990 Inskription Diplomstudium der Biologie an der Universität Wien

Sept. 1995 Geburt meines Sohnes

Juni 1996 Abschluss des 1. Studienabschnittes Biologie
Weiterführung im Studienzweig Ökologie, Wahlfach Umweltchemie

Juni 1998 bis März 2002 Mitarbeit im Projekt „Neue Donau“ (Univ. Prof. Dr. U. H. Humpesch) in den Bereichen Chemie und Bakteriologie

April 1999 Beginn der Diplomarbeit am Institut für Anorganische Chemie
(Schwermetalluntersuchung in Makrozoobenthos aus Sedimenten
verschiedener Altarme im NP Donauauen)

SS 2000 Mitarbeit im Rahmen des Monitoringprojekts „Wienfluss“ im Bereich Chemie
(Univ. Prof. Dr. F. Schiemer)

SS 2000 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische
Übungen)

Juli 2000 Mitarbeit an Analysen zur Feststellung der Dicke und Funktionsfähigkeit der
Feinsedimentauflage im Bereich Lobau (Auftrag NP Donauauen)

Juli 2000 Abschluss des 2. Studienabschnitts, Studienzweig Ökologie

WS 00/01 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische
Übungen)

SS 2001 Durchführung von chemischen Analysen für das Institut für Mikrobiologie und
Genetik (Bestimmung verschiedener Elemente mittels AAS)

SS 2001 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische
Übungen)

Juni 2001 bis Juni 2007 Mitarbeit bei der Firma Messgeräte Otonicar&Wesner OHG
(Aufbau des Bürobetriebes, Adaptierung von Produktunterlagen für den
österreichischen Markt)

- Juli 2001 Durchführung von chemischen Analysen für das Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien
- Juli 2001 Beginn der Tätigkeit für die Firma ECHEM – Kompetenzzentrum für Angewandte Elektrochemie GmbH im Umweltbereich
- WS 01/02 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische Übungen)
- SS 2002 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische Übungen)
- WS 02/03 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische Übungen)
- Mai 2002 Beginn der Mitarbeit im Rahmen der ARGE Gewässermanagement (Durchführung chemischer Analysen im Themenbereich Schwimmteiche)
- Oktober 2002 Durchführung von chemischen Analysen für das Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien (Phosphorfraktionierung in Sedimentproben)
- SS 2003 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische Übungen)
- Mai/Juni 2003 Durchführung von chemischen Analysen für das Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien (Phosphorfraktionierung in Sedimentproben)
- WS 03/04 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Umweltchemische Übungen)
- SS 2004 Tutorium am Institut für Anorganische Chemie (UE Chemische Übungen für Molekularbiologen)