

# ERHEBUNG UND BEWERTUNG DER GRUNDWASSERFAUNA SACHSEN-ANHALTS

## ABSCHLUSSBERICHT



**AUFTRAGGEBER:** LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT  
SACHSEN-ANHALT

**VERGABENUMMER:** 09/511/02

**AUFTRAGNEHMER:** IGÖ – INSTITUT FÜR GRUNDWASSERÖKOLOGIE GbR  
Im Niederfeld 15  
76829 Landau

**BEARBEITER:** Dr. D. Matzke, Dr. A. Fuchs, Dipl.-Geogr. Sven Berkhoff, Dr. Jörg Bork,  
PD Dr. H. J. Hahn

Dezember 2009

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Dem Grundwasser kommt als Ressource eine überragende Bedeutung zu. Die Grundwasserqualität wird u. a. durch komplexe hydrologische Austauschprozesse beeinflusst. Insbesondere der direkte Kontakt von Oberflächengewässer zum Grundwasser ist eine potentielle Gefährdung für die Trinkwassergewinnung. Gleichzeitig ist das Grundwasser Lebensraum einer vielfältigen Fauna und Mikrobiologie. Bisherige Erfahrungen mit Grundwasserökosystemen zeigen, dass diese Lebensgemeinschaften in hohem Maße an die Bedingungen im Grundwasser angepasst sind und auf Änderungen rasch und eindeutig reagieren. Damit bieten sie ausgezeichnete Perspektiven für die Bioindikation und zur Umweltbewertung.

Deshalb gewinnt die Grundwasserökologie sowohl auf Bundes- wie auch auf Länderebene zunehmend an Bedeutung und leistet so einen wichtigen Beitrag bei der Umsetzung der WRRL, nicht zuletzt nach der Einführung der EU Grundwasserrichtlinie im Januar 2007.

Für das **Land Sachsen-Anhalt** wurden im Jahre 2008 erstmalig orientierende Untersuchungen der Grundwasserbiozönosen in unbelasteten Grundwasserkörpern festgeschrieben, da zu deren Vorkommen, zur Verbreitung und biologischen Vielfalt bisher nur unzureichende Informationen vorliegen. Im Jahre 2009 wurde die Beprobung ausgeweitet.

Das **Sonderuntersuchungsprogramm zur Erhebung und Bewertung der Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts** dient vor allem dem Ziel, eine erste Übersicht über die Grundwasserfauna für die jeweilige Bezugseinheit in Abhängigkeit von ihrer Geologie und Geochemie zu erarbeiten, um so die vorherrschenden Referenzbiozönosen schrittweise beschreibbar zu machen. Vor diesem Hintergrund bedeutet die Kenntnis und der Erhalt der Grundwasserlebensgemeinschaften einen wichtigen Beitrag im Sinne des Ressourcen- und des vorsorgenden Trinkwasserschutzes.

Sachsen-Anhalt gliedert sich hydrogeologisch in 13 Bezugseinheiten (und 77 Grundwasserkörper) von denen im Jahre 2008 sieben, 2009 dann alle 13 hydrogeologische Bezugseinheiten für die Untersuchung ausgewählt wurden. Aus den insgesamt 78 Messstellen (2008: 34, 2009: 44 und 7 Wiederholungsmessstellen) wurden mittels eines Netzsammlers insgesamt 131 faunistische Proben entnommen. Dabei konnten insgesamt 1.296 Tiere gefangen (2008: 505, 2009: 791 Tiere) und 29 Arten bestimmt werden (20 Crustacea, 1 Polychaeta, 9 Oligochaeta). Seitens des LHW wurden zusätzlich umfangreiche hydrochemische Daten zur Verfügung gestellt.

Genau wie bei anderen grundwasserfaunistischen Studien dürfte auch in Sachsen-Anhalt die tatsächliche Zahl der Grundwasserarten wesentlich höher sein als die jeweilige Untersuchung erbracht hat. Grundsätzlich waren die Messstellen des norddeutschen Tieflandes als Folge der eiszeitlichen Überprägung und der niedrigen Sauerstoffversorgung – mit Ausnahme von zwei Messstellen – nur schwach besiedelt und artenärmer als die Messstellen der Mittelgebirge. Die Messstellen des Thüringer Beckens wiesen die höchsten Artenzahlen auf.

In den Lockergesteinsleitern fanden sich deutliche Unterschiede der Artenzahlen zwischen der BZE „Niederterrassen“ und der der BZE „glazi-fluviatile Sande und Kiese“, die dem Hochgesta-

de entspricht. Aufgrund der geringeren Kolmation und der besseren Sauerstoffversorgung waren die Messstellen des Hochgestades deutlich artenreicher besiedelt.

Die hydrochemischen Daten des LHW und die während der faunistischen Beprobung aufgenommenen abiotischen Parameter ließen keine Unterschiede zwischen verschiedenen Grundwassertypen erkennen. So konnten mit Hilfe der Hydrochemie weder die Grundwasserleitertyp noch hydrogeologische Bezugseinheiten abgegrenzt werden. Lediglich einige wenige Messstellen mit sehr hohen Nitrat- bzw. Salzkonzentrationen wurden aufgrund der anthropogenen Belastung von den anderen Messstellen abgegrenzt.

Die Ergebnisse der faunistischen Beprobung wurden auf drei verschiedene räumliche Skalenniveaus (biogeographische Ebene, landschaftliche Ebene, standörtliche Ebene) ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass die Verteilungsmuster der Fauna eindeutig durch die Biogeographie beeinflusst wurden. So ließen sich die beiden Bioregionen „Norddeutsches Tiefland“ und „Zentrale Mittelgebirge“ unterscheiden. Allerdings ergab die Auswertung der Faunadaten, dass diese Zuordnung für einige Gebiete nicht zutrifft. Deshalb wird für die sogenannten Stygoregionen eine etwas von den Bioregionen abweichende Einteilung empfohlen.

Die Verhältnisse auf Landschaftsebene waren hingegen weniger klar. So konnten keine deutlichen Zusammenhänge zwischen dem Aquifertyp bzw. den hydrogeologischen Bezugseinheiten und der Fauna festgestellt werden. Dagegen wurden die Grundwasserkörpern zumindest teilweise von der Fauna reflektiert wurden, was sich allerdings auf deren Zugehörigkeit zur jeweiligen Bioregion zurückführen ließ. Die naturräumlichen Haupteinheiten und verstärkt die Georegs, eine Kombination aus naturräumlicher Haupteinheit und Aquifertyp, wurden von den Grundwasserzoozönosen allerdings sehr gut wiedergegeben. Insgesamt spiegelte die multivariate Darstellung der Messstellen bzw. naturräumliche Haupteinheiten oder Georegs auf Basis der Fauna recht gut deren geographische Lage wider.

Auf standörtlichem Skalenniveau konnte, wie schon in mehreren Studien aufgezeigt, erneut der hydrologische Austausch, insbesondere der Einfluss von Oberflächenwasser auf das Grundwasser, als entscheidende Größe für die Zusammensetzung der Zoozönosen festgestellt werden.

Die bisherigen Befunde entsprechen, sowohl inhaltlich als auch von den Aufgaben und Fragestellungen, den in anderen Bundesländern beobachteten Verhältnissen. Allerdings wurde die Auswertung durch die bei einer flächenhaften Beprobung geringe Anzahl von Messstellen in Verbindung mit den sehr heterogenen Standorten erschwert. Es ist davon auszugehen, dass bei zukünftigen Untersuchungen eine größere Anzahl von Messstellen oder aber die Fokussierung auf kleinere räumliche Einheiten die Befunde deutlich klarer darstellen können.

Für Sachsen-Anhalt ergeben sich damit ähnliche Anwendungsmöglichkeiten grundwasserökologischer Forschung, wie sie schon für andere Regionen bekannt sind. Der Bericht schließt deshalb mit Handlungsempfehlungen für das Bundesland Sachsen-Anhalt.

## INHALTSVERZEICHNIS

	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>I</b>
<b>1</b>	<b><u>VERANLASSUNG / ZIELSETZUNG</u></b> .....	<b>1-1</b>
<b>2</b>	<b><u>METHODIK</u></b> .....	<b>2-1</b>
<b>2.1</b>	<b>AUSWAHL DER MESSSTELLEN</b> .....	<b>2-1</b>
<b>2.2</b>	<b>ERFASSUNG DER GRUNDWASSERFAUNA</b> .....	<b>2-6</b>
<b>2.3</b>	<b>HYDROCHEMISCHES MONITORING</b> .....	<b>2-7</b>
<b>2.4</b>	<b>DATENANALYSE</b> .....	<b>2-8</b>
2.4.1	Datenaufbereitung.....	2-8
2.4.2	Multivariate Analysen (MDS, SIMPER, ANOSIM, PCA).....	2-8
<b>3</b>	<b><u>ERGEBNISSE</u></b> .....	<b>3-1</b>
<b>3.1</b>	<b>HYDROCHEMIE</b> .....	<b>3-1</b>
<b>3.2</b>	<b>GRUNDWASSERFAUNA</b> .....	<b>3-4</b>
3.2.1	Arten und Taxa - Eine Übersicht.....	3-4
3.2.2	Kurzcharakterisierung der Fauna der hydrogeologischen Bezugseinheiten (BZE).....	3-7
3.2.3	Vergleich der Arten und Taxa mit früheren Untersuchungen.....	3-11
3.2.4	Autökologische Charakterisierung der gefundenen Arten.....	3-13
3.2.5	Statistische Auswertung der Faunenverteilung.....	3-25
3.2.5.1	Verteilung der Fauna entsprechend dem Aquifertyp.....	3-25
3.2.5.2	Verteilung der Fauna entsprechend den hydrogeologischen Bezugseinheiten (BZE).....	3-27
3.2.5.3	Verteilung der Fauna entsprechend den Grundwasserkörpern (GWK).....	3-30
3.2.5.4	Verteilung der Fauna in den naturräumlichen Haupteinheiten (NRHE).....	3-33
3.2.5.5	Verteilung der Fauna in den Georegs (regionale Geologie / Leitertyp).....	3-35
3.2.5.6	Korrelationsanalysen.....	3-37

<b>4</b>	<b><u>DISKUSSION</u></b> .....	<b>4-1</b>
4.1	Hydrochemie.....	4-1
4.2	<b>Grundwasserfauna</b> .....	<b>4-2</b>
4.2.1	Kurzcharakterisierung der Fauna der hydrogeologischen Bezugseinheiten	4-2
4.2.2	Verteilung der Fauna in den Aquifertypen .....	4-6
4.2.3	Verteilung der Fauna in den hydrogeologischen Bezugseinheiten (BZE)	4-6
4.2.4	Verteilung der Fauna in den Grundwasserkörpern (GWK).....	4-7
4.2.5	Verteilung der Fauna in den naturräumlichen Haupteinheiten (NRHE)....	4-7
4.2.6	Verteilung der Fauna in den Georegs.....	4-8
4.2.7	Korrelationsanalysen .....	4-9
<b>5</b>	<b><u>SCHLUßFOLGERUNGEN</u></b> .....	<b>5-1</b>
<b>6</b>	<b><u>HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN</u></b> .....	<b>6-1</b>
6.1	Landesweite Erfassung.....	6-1
6.2	Dauerbeobachtung.....	6-2
6.3	Management von Feuchtgebieten.....	6-2
6.4	Wasserversorgung .....	6-3
6.4.1	Uferfiltration .....	6-3
6.4.2	Qualitätssicherung im Bereich von Trinkwassergewinnungsanlagen.....	6-4
6.4.3	Tiere in Wasserversorgungssystemen .....	6-4
6.5	Geothermie.....	6-5
6.6	Versalzung des Grundwassers .....	6-5
6.7	Umweltinformation .....	6-5
6.7.1	Weiterbildung.....	6-5
6.7.2	Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchung in einer geeigneten Schriftenreihe des LHW Sachsen-Anhalt .....	6-6
	<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>6-7</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>7-1</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>8-1</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1: Verteilung der 78 in die Untersuchung einbezogenen Messstellen. ....	2-4
Abbildung 2-2: Besiedlungsstruktur der 78 in die Untersuchung einbezogenen Messstellen. ....	2-5
Abbildung 2-3: Systemskizzen des Netzsammlers. ....	2-7
Abbildung 3-1: BZE: PCA der Messstellen auf Grundlage der hydrochemischen Daten. ....	3-2
Abbildung 3-2: Leitertypen: PCA der Messstellen auf Grundlage der hydrochemischen Daten. ....	3-3
Abbildung 3-3: Zu erwartende kumulative Zunahme der Arten mit zunehmender MST-Anzahl. ....	3-5
Abbildung 3-4: Diagramm der Faunenverteilung. ....	3-5
Abbildung 3-5: MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten (Aquifertypen). .	3-26
Abbildung 3-6: MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten (BZE). ....	3-28
Abbildung 3-7: MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten (GWK). ....	3-30
Abbildung 3-8: MDS der über die GWK aggregierten Messstellen.....	3-32
Abbildung 3-9: MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten (NRHE).....	3-34
Abbildung 3-10: MDS der über die NRHE aggregierten Messstellen.....	3-34
Abbildung 3-11: MDS der über die Georegs aggregierten faunistischen Daten. ....	3-36

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1: Gesamtübersicht der in 2008 und 2009 untersuchten MST in den jeweiligen BZE. ....	2-2
Tabelle 2-2: Messstellen mit eingeschränkter Verfügbarkeit hydro-chemischer Daten.....	2-3
Tabelle 3-1: In 2008 und 2009 nachgewiesene Arten und Gattungen. ....	3-6
Tabelle 3-2: Vergleich der gefundenen Fauna mit früheren grundwasserfaunistischen Untersuchungen. ....	3-13
Tabelle 3-3: SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der Aquifertypen anhand der Fauna. ....	3-27
Tabelle 3-4: SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der BZE anhand der Fauna. ....	3-29
Tabelle 3-5: SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der GWK anhand der Fauna. ....	3-31
Tabelle 3-6: SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der KOR anhand der Fauna.....	3-33
Tabelle 3-7: Taxa-Georeg-Matrix der erfassten Grundwasserfauna .....	3-36
Tabelle 3-8: Korrelationsanalyse nach Spearman zwischen Fauna und Hydrochemie. ....	3-38
Tabelle 6-1: Vorschlagsliste für Messstellen, die für eine Dauerbeobachtung geeignet sind.....	6-1

## ANHÄNGE

Anhang 1a: In die Untersuchungen einbezogenen MST und deren Charakteristika. ....	7-1
Anhang 1b: Verteilung und Besiedlungsstruktur der 78 in die Untersuchung einbezogenen Messstellen in den Grundwasserkörpern des Landes Sachsen-Anhalt .....	7-3
Anhang 2: Hydrochemische Daten der Jahre 2007 - 2009. ....	7-4
Anhang 3: Listen der faunistischen Großgruppen, Arten und Taxa je MST und BZE. ....	7-8
Anhang 4: Darstellung der Faunenverteilung in den MST der BZE, GWK und Naturräume auf Niveau faunistischer Großgruppen. ....	7-10

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS & AKRONYME

<b>BZE</b>	Hydrogeologische Bezugseinheit(en)
<b>IGÖ</b>	Institut für Grundwasserökologie GbR, Landau in der Pfalz
<b>KOR</b>	Koordinationsraum (Teileinzugsgebiet)
<b>LHW</b>	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
<b>MST</b>	Messstelle(n)
<b>SI</b>	Saprobienindex
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt
<b>WRRL</b>	EU Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG

### *Hydrogeologische Bezugseinheiten*

<b>BST</b>	Buntsandstein
<b>gfSK</b>	Glazi-fluviatile Sande und Kiese (ehemals Hauptterrasse)
<b>kWF</b>	Karbonatische Wechselfolgen
<b>MK</b>	Muschelkalk
<b>NT</b>	Niederterrasse
<b>SedGGsil</b>	Sedimente/Grundgebirge silikatisch
<b>sMag</b>	saure Magmatite
<b>sWF</b>	Silikatische Wechselfolgen
<b>TER</b>	Tertiär
<b>QN</b>	Quartärer Nordraum

### *Faunistische Termini*

<b>acari</b>	Acari (Milben)
<b>amphi</b>	Amphipoda (Flohkrebse)
<b>bathy</b>	Bathynellacea (Brunnenkrebse)
<b>cyclo</b>	Cyclopoida (Hüpfertlinge)
<b>harpa</b>	Harpacticoida (Raupenhüpfertlinge)
<b>naupl</b>	Nauplien (frühes Entwicklungsstadium der Cyclopoida und Harpacticoida)
<b>nemat</b>	Nematoda (Fadenwürmer)
<b>oligo</b>	Oligochaeta (Wenigborster)



## 1      VERANLASSUNG / ZIELSETZUNG

„Nur gesunde Grundwasserökosysteme liefern auch gesundes Trinkwasser“. Dem Grundwasser kommt als Wirtschaftsgut eine überragende Bedeutung zu. Gleichzeitig ist es Lebensraum einer vielfältigen Fauna und Mikrobiologie. Bisherige Erfahrungen mit Grundwasserökosystemen zeigen, dass diese Lebensgemeinschaften in hohem Maße an die Bedingungen im Grundwasser angepasst sind und auf Änderungen rasch und eindeutig reagieren. Damit bieten sie ausgezeichnete Perspektiven für die Bioindikation und zur Umweltbewertung.

Zum Vorkommen, zur Verbreitung und biologischen Vielfalt natürlicher Grundwasserbiozöosen liegen bisher nur unzureichende Informationen vor.

Nicht zuletzt nach der Einführung der EU Grundwasserrichtlinie im Januar 2007 gewinnt die Grundwasserökologie zunehmend an Bedeutung bei der Umsetzung der WRRL.

Auf nationaler Ebene wird vom UBA das Forschungsprojekt „Entwicklung biologischer Bewertungsmethoden und -kriterien für Grundwasserökosysteme“ Grundwasserlebensräume und -gemeinschaften als Grundlage für eine ökologische Bewertung des Grundwassers erarbeitet. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unterstützt mit 23 Messstellen und 2 Untersuchungsgebieten das UBA-Forschungsvorhaben.

Im **Land Sachsen-Anhalt** wurden im Jahr 2008 erstmalig orientierende Untersuchungen der GW-Biozönose in ausgewählten GWK festgeschrieben und vorgenommen.

Mit der Durchführung des **Sonderuntersuchungsprogramms zur Erhebung und Bewertung der Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts** wurde das Institut für Grundwasserökologie GbR, Landau/Pf. beauftragt.

Im Jahre **2008** waren 7 hydrogeologische Bezugseinheiten und 34 Grundwassermessstellen in die orientierenden Untersuchungen einbezogen. Im Ergebnis konnten regionale und standörtliche Unterschiede in der Verteilung der Grundwasserfauna gezeigt werden.

Danach wird auf regionaler Ebene (hydrogeologische Bezugseinheiten, Grundwasserkörper) die faunistische Besiedlung vom Aquifertyp (Lockergestein, Kluft) in Kombination mit biogeographischen Faktoren geprägt (HAHN 2008). Ein solches Muster zeichnet sich auch für die Grundwasserfauna in Sachsen-Anhalt ab.

Auf standörtlicher Ebene sind Oberflächenwasser-Grundwasser-Interaktionen für die Versorgung des jeweiligen Aquifers mit Nahrung (Detritus, organisches Material) und Sauerstoff verantwortlich und bestimmen damit die Zusammensetzung der Gemeinschaften (HAHN 2006, DATRY et al. 2005). Die in Sachsen-Anhalt festgestellten positiven Korrelationen der Fauna mit Detritus und Sauerstoff decken sich daher mit den Befunden aus anderen Studien (z. B. HAHN & FUCHS 2009).

Es konnte auch gezeigt werden, dass der Einfluss der Hydrochemie auf die Zusammensetzung von Grundwasserlebensgemeinschaften in der Regel gering ist und oftmals überschätzt wird.

Trotz des vorläufigen Charakters führten die Untersuchungen in Jahr 2008 zu vielversprechenden Ergebnissen. Die Empfehlung nach einer Fortführung und Vertiefung des Sonderuntersuchungsprogramms wurden vom LHW aufgegriffen und eine weitere Programmphase vereinbart.

Zielsetzung der im Jahr **2009** durchgeführten Untersuchungen war zum einen die Bearbeitung der restlichen hydrogeologischen Bezugseinheiten, sowie zum anderen, die gezielte Verdichtung der Beprobungen in ausgewählten hydrogeologischen Bezugseinheiten (z.B. im Quartären Nordraum). In die Untersuchungen wurden 44 weitere Grundwassermessstellen einbezogen. Zudem wurden 7 ausgewählte Messstellen des Vorjahres ein weiteres Mal beprobt (Wiederholungsmessstellen).

Der vorliegende Abschlussbericht präsentiert die zusammengefassten Ergebnisse aus den Jahren **2008 und 2009**. Allgemeines Anliegen sind die bereits im Bericht für 2008 formulierten Ziele:

- eine erste Übersicht über die Grundwasserfauna für die jeweilige Bezugseinheit (in Abhängigkeit von ihrer Geologie und Geochemie) zu erarbeiten, und soweit möglich Unterschiede im Auftreten und ihrer Verteilung herauszuarbeiten,
- die laufenden grundwasserchemischen Untersuchungen des LHW nach WRRL durch grundwasserökologische Untersuchungen zu unterstützen und zu ergänzen,
- erste Ansätze für hydraulische Interaktionen zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasser zu erarbeiten, die dem langfristigen Ziel dienen sollen, gegenseitige Qualitätsbeeinflussungen erklärbar zu machen.

Damit soll erreicht werden, dass schrittweise die vorherrschenden Referenzbiozönosen im Zusammenhang mit der standorttypischen Geologie und Geochemie beschrieben werden können.

Ein besonderes Augenmerk richtet sich aber auch auf den zukünftigen anwendungsbezogenen Beitrag der Grundwasserökologie sowohl im Sinne des Ressourcenschutzes und des vorsorgenden Trinkwasserschutzes.

## 2        METHODIK

### 2.1      AUSWAHL DER MESSSTELLEN

#### HYDROGEOLOGISCHE BEZUGSEINHEITEN

Sachsen-Anhalt gliedert sich hydrogeologisch in 13 Bezugseinheiten. Ausgehend vom Ziel der Untersuchung, einen möglichst flächendeckenden Überblick über die Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts zu erhalten, wurden im Jahr 2008 die Untersuchungen in 7 hydrogeologischen Bezugseinheiten (BZE) begonnen. Einbezogen wurden damals 34 möglichst repräsentativ verteilte MST in den folgenden BZE: Quartärer Nordraum, Tertiär, Niederterrasse, glazi-fluviatile Sande und Kiese, Muschelkalk, Buntsandstein und silikatische Wechselfolgen.

Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse des Vorjahres wurden die Untersuchungen im Jahr 2009 fortgeführt. Zielsetzung war a) die Einbeziehung und Überprüfung der restlichen BZE und b) die Verdichtung der Untersuchungen in ausgewählten BZE, besonders im Quartären Nordraum, der flächenmäßig ca. 50 % der Landesfläche Sachsen-Anhalts repräsentiert.

Folgende BZE wurden 2009 **neu** in die Untersuchungen einbezogen: karbonatische Wechselfolgen (kWF), saure Magmatite (sMag), Sedimente/Grundgebirge silikatisch (SedGGsil).

Die BZE, die nicht untersucht wurden, waren das ‚karbonatische Grundgebirge‘ und die ‚basischen Magmatite‘, für die in der LHW Datenbank nur wenige MST geführt werden. Nicht berücksichtigt wurden zudem die anthropogenen Aufschüttungen wie Tagebaue und Kippen.

In 2009 wurden 44 MST neu in die Untersuchungen einbezogen, woraus sich eine Gesamtanzahl von **78 untersuchten MST im Zeitraum 2008-09** ergibt.

Besonderes Interesse galt 7 MST aus verschiedenen BZE, die in 2008 eine sehr gute Besiedlung aufwiesen und 2009 erneut – einmalig beprobt wurden. Mit diesen ‚Wiederholungsmessstellen‘ soll (langfristig) die Hypothese geprüft werden, dass es sich bei den faunistischen Befunden nicht nur um Momentaufnahmen handelt, sondern dass die faunistische Besiedlung die Gesamtheit der Verhältnisse im jeweiligen Grundwasserleiter widerspiegelt.

Die nachfolgende Tabelle 2-1 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die untersuchten BZE und die einbezogenen MST einschließlich der Anzahl der Wiederholungsmessstellen. Die vollständige Auswahl der beprobten Messstellen und ihrer Charakteristika ist in Anhang 1 a dargestellt.

**TABELLE 2-1:** Gesamtübersicht der in 2008 und 2009 untersuchten MST in den jeweiligen BZE.

	<b>BZE</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2008/09 (Wiederholung)</b>	<b>Gesamt</b>
1-3*	Quartärer Nordraum	7	18	(1)	<b>25</b>
4	Niederterrasse	5	0	(0)	<b>5</b>
5	glazi-fluviatile Sande und Kiese	5	2	(3)	<b>7</b>
6	Tertiär	3	2	(0)	<b>5</b>
7	Muschelkalk	6	4	(0)	<b>10</b>
8	Buntsandstein	5	0	(0)	<b>5</b>
9	silikatische Wechselfolgen	2	3	(2)	<b>5</b>
10	karbonatische Wechselfolgen	0	4	(0)	<b>4</b>
11	Sediment/Grundgebirge silikatisch	1	6	(1)	<b>7</b>
12	saure Magmatite	0	5	(0)	<b>5</b>
<b>Gesamt</b>		<b>34</b>	<b>44</b>	<b>(7)</b>	<b>78</b>

\* - der Quartäre Nordraum untergliedert sich in 3 tiefenabhängige BZE (0-10 m, 11-25 m, 26 m und tiefer)

### MESSSTELLENAUSWAHL

Für die Messstellenauswahl wurden durch den LHW Sachsen-Anhalt Tabellen mit potentiell geeigneten MST überwiegend aus dem Gütemessnetz des Landes zur Verfügung gestellt. Die eigentliche Auswahl orientierte sich primär an deren Lage in der jeweiligen hydrogeologischen Bezugseinheit, am Sauerstoffgehalt der MST (> 1mg/l), der Gesamttiefe der MST (< 30 m) und nachrangig am Ausbauzustand (Verfilterung, Durchmesser usw.) und weiterer hydrochemischer Daten. Zudem sollten die MST nach Möglichkeit unbelastet sein. Eine vorausgehende Begutachtung der vorausgewählten Messstellen im Gelände erfolgte nicht. Entsprechend wurde eine Anzahl von Reservemessstellen mit berücksichtigt.

Wo geeignete MST aus dem Gütemessnetz nicht zur Verfügung standen, wurde versucht diese aus dem GW-Standsmessnetz zu identifizieren. Entscheidender Nachteil ist allerdings, dass die MST des GW-Standsmessnetzes vielfach nicht oder nur in großen Abständen hydro-chemisch untersucht werden.

Die MST der BZE ‚saure Magmatite‘ befinden sich weitgehend im Stadtgebiet Halle/S. Das Monitoring dazu, liegt in der Zuständigkeit der Stadt Halle/S., die um die Bereitstellung geeigneter MST gebeten wurde. Auch hier war die Verfügbarkeit aktueller hydro-chemischer Analysen nur gering, da es sich um GW-Standsmessstellen handelt.

Im Ergebnis liegen für die nachfolgend in Tabelle 2-2 aufgelisteten MST keine oder nur wenige verwertbare Daten zur Hydrochemie vor.

**TABELLE 2-2:** MST mit eingeschränkter Verfügbarkeit hydro-chemischer Daten.

<b>MST</b>	<b>BZE</b>	<b>Herkunft</b>	<b>Bemerkung</b>
Siebigeroode	SedGGsil	Bestandsnetz LHW	keine Daten verfügbar
Gorenzen	SedGGsil		Daten nur bis 1995 verfügbar
Hirschroda	MK		Daten nur bis 2004 verfügbar
Morungen	kWF		Daten nur bis 2002 verfügbar
Halle - Lettin	sMag	Stadt Halle/S.	keine Daten verfügbar
Halle - Solbad Wittekind			keine Daten verfügbar
Halle - Landesmuseum			folgende Daten sind verfügbar: Temp., LF, pH, O <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , Cl, SO <sub>4</sub>
Halle - Kreuzvorwerk			
Halle - Brachstedt			

Eine weitere Gliederungsebene stellen die 77 Grundwasserkörper des Landes dar. Wie zuvor beschrieben, erfolgte die Auswahl der MST anhand verschiedener Kriterien. Die Zuordnung einzelner MST zu den GWK ist daher zufällig. Eine Übersicht der Verteilung der 78 beprobten MST in den BZE des Landes sowie der Besiedlungsstruktur geben die Abbildungen 2-1 und 2-2. Eine entsprechende Übersicht für die GWK ist in Anhang 1 b dargestellt.

**UNTERSUCHUNGSHÄUFIGKEIT**

Die Untersuchungshäufigkeit sollte 2 Proben je Messstelle, unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Unterschiede, betragen. Für die Erstbeprobung wurde jeweils eine definierte Anzahl an Messstellen ausgewählt. Sofern diese nach Abschluss des 1. Probenahmezyklus sich als unbesiedelt oder potentiell ungeeignet herausstellten (z.B. aufgrund starker Verockerung), wurden diese im Einvernehmen gegen Reservemessstellen ausgetauscht.

Der 1. Probenahmezyklus des Jahres 2008 wurde im Zeitraum vom 09. - 12. Juni durchgeführt, der 2. Probenahmezyklus zwischen dem 12. - 16. September.

Im Jahr 2009 wurde der 1. Probenahmezyklus zwischen dem 28. Mai und dem 09. Juni und der 2. Beprobungszyklus zwischen dem 31. August und dem 04. September durchgeführt. Die einmalige Beprobung der 7 Wiederholungsmessstellen fand während des 2. Probenahmezyklus statt.

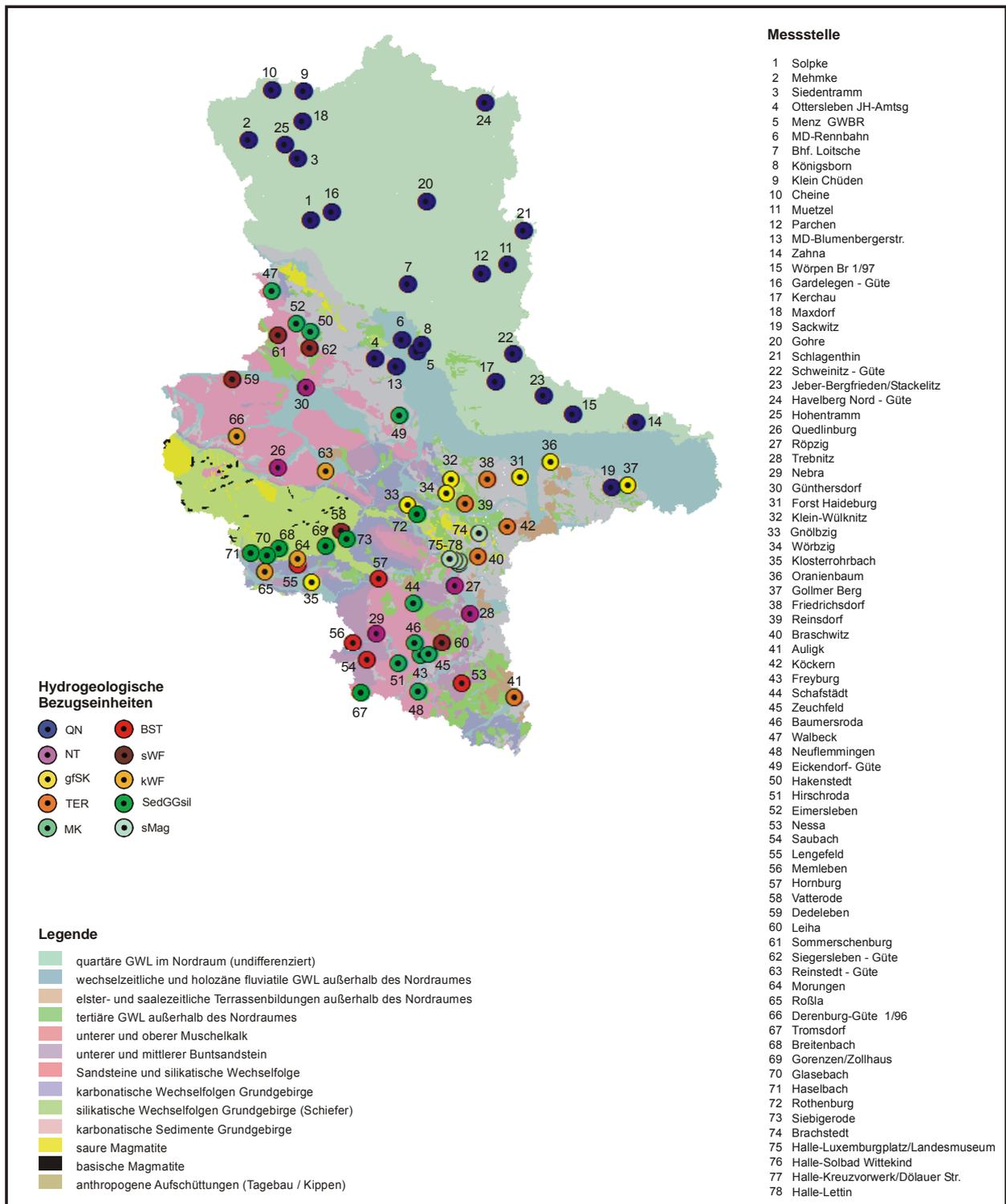
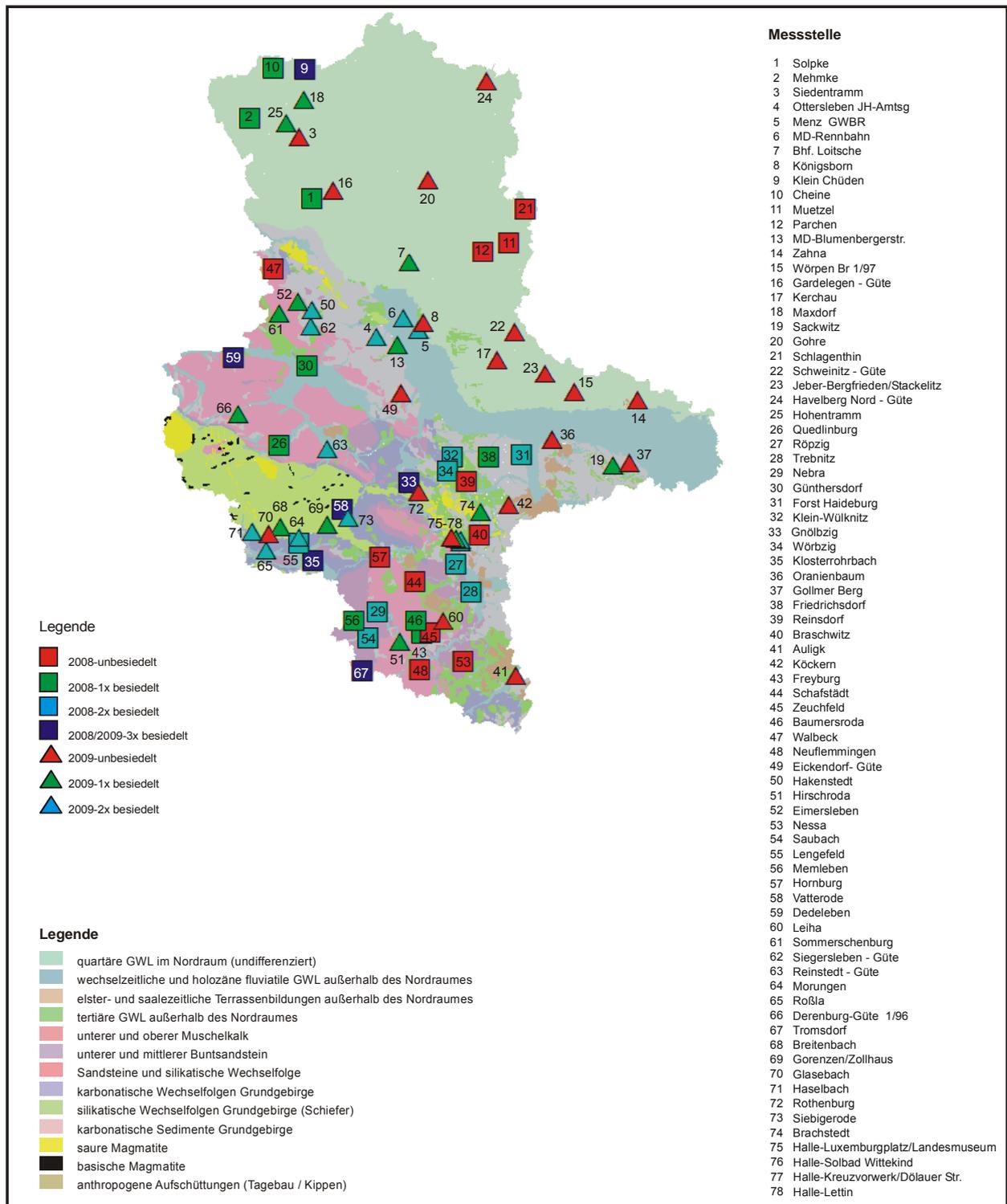


ABBILDUNG 2-1: Verteilung der 78 in die Untersuchung einbezogenen Messstellen in den hydrogeologischen Bezugseinheiten des Landes Sachsen-Anhalt.



**ABBILDUNG 2-2:** Besiedlungsstruktur der 78 in die Untersuchung einbezogenen Messstellen in den hydrogeologischen Bezugseinheiten des Landes Sachsen-Anhalt.

## 2.2    ERFASSUNG DER GRUNDWASSERFAUNA

Eine einfache, aber effiziente Methode, Grundwasserfauna aus Messstellen zu gewinnen, ist der Netzsammler. Da Messstellen wie Fallen funktionieren, in denen sich die Grundwasserfauna anreichert, gleicht der Einsatz eines Netzsammlers dem Entleeren einer Falle.

Die wesentlichen Vorteile des Netzsammlers lassen sich wie folgt charakterisieren:

- ermöglicht eine hohe Probenzahl bei geringem Zeit- und Kostenaufwand;
- gut geeignet für die qualitative und semi-quantitative Erfassung der Grundwasserfauna;
- insbesondere für biogeographische (Übersichts-)Studien können mit dem Netzsammler qualitativ gleichwertige Ergebnisse im Vergleich zur pneumatischen Kolbenhubpumpe (Packer-Pumpe) erreicht werden;
- leichte, unkomplizierte Handhabung;
- derzeit einzig praktikable Technik bei großen Tiefen (bis 200 m und tiefer).

Der eingesetzte Netzsammler (nach FUCHS & HAHN in Pröp.) besitzt eine Maschenweite von 74 µm. Er ist so konzipiert, dass Grundwassermessstellen ab einem Innendurchmesser von 2" beprobt werden können. Weiterführende Informationen werden gegeben in MATZKE (2006), SCHMIDT et al. (2004), MATZKE & HAHN (2003), DUMAS & FONTANINI (2001).

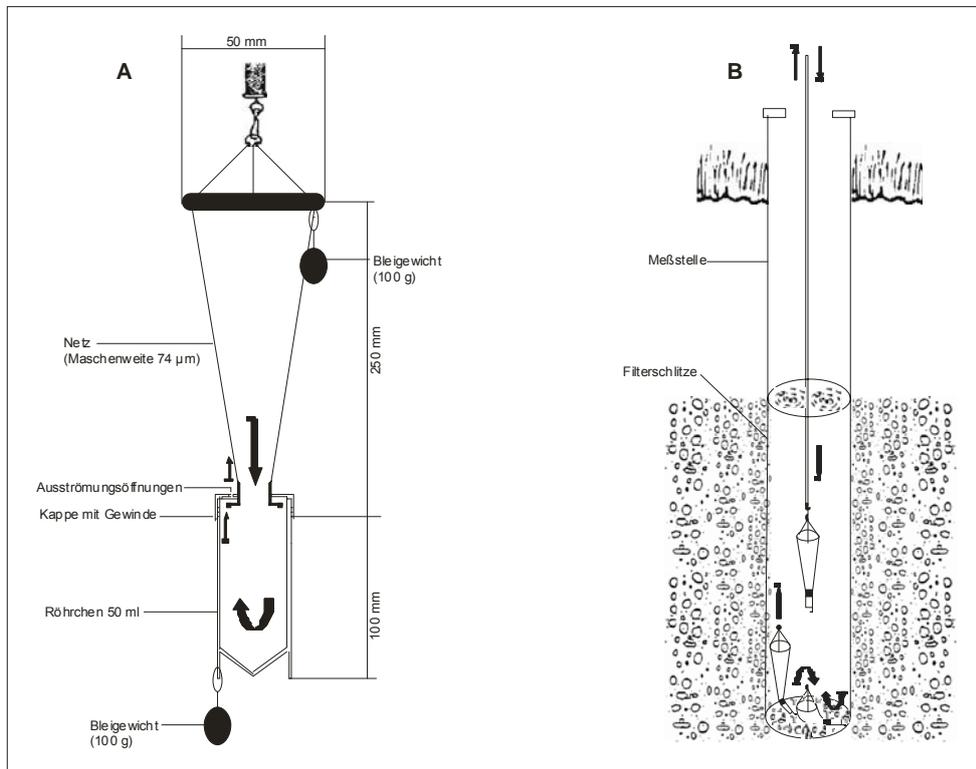
### DURCHFÜHRUNG DER BEPROBUNG

Vor der Entnahme der Faunenprobe wurde der Wasserstand in den Grundwassermessstellen mit einem Kabellichtlot gemessen.

Der funktionelle Ablauf der Probenahme ist in Abbildung 2-3 dargestellt. Zwei am Netzsammler befestigte Bleigewichte (je 100 g) beschleunigten das Absinken des an einer herkömmlichen Angel befestigten Netzsammlers in die MST. Um in Falle eines unbeabsichtigten Verlustes keinen negativen Einfluss auf die Grundwasserqualität in der MST zu haben, wurden die Bleigewichte vorsorglich mit einem in der Lebensmittelindustrie verwendeten Epoxidharz versiegelt.

Nach dem Absinken auf den Grund der MST wurde die Angel ruckartig 10-mal um jeweils ca. 1 m angehoben und wieder abgesenkt. Noch im Netz befindliche Fauna bzw. Detritus wurde nach dem Herausheben mit einer Spritzflasche in das angeschraubte Proberöhrchen (50 ml) gespült. Zur weiteren Behandlung wurden die Proben entweder fixiert (Zugabe von 37 %-igen Formol und Bengalrosa) oder als Lebendprobe in einer Kühlbox aufbewahrt.

Die Proben wurden zunächst mittels eines Binokulars auf dem Niveau von faunistischen Großgruppen (Familie, Gattung) aussortiert und anschließend zur weiteren Bearbeitung nach Landau geschickt. Bei der weiteren taxonomischen Bearbeitung wurden dann die Crustacea (Krebstiere) und Oligochaeta (Wenigborster) auf Artniveau bestimmt.



**ABBILDUNG 2-3:** Systemskizzen des Netzsammlers. Abbildung A zeigt den systematischen Aufbau und die Funktionsweise, Abbildung B deutet den funktionellen Ablauf während des 10-maligen Hebens und Senkens innerhalb der Messstelle an. Beide Skizzen sind nicht maßstabsgerecht.

### 2.3 HYDROCHEMISCHES MONITORING

Die Erhebung eigener hydrochemischer Parameter war im Zuge der Untersuchung nicht vorgesehen. Stattdessen wurden durch den LHW erhobene Daten zur Verfügung gestellt und in die Auswertung (Abschlussbericht) einbezogen. Nicht einbezogen in die Auswertung wurden Parameter für Pestizide (Herbizide, Insektizide), sowie chlor-organische Verbindungen, da diese nur an ausgewählten MST erhoben werden.

Zusätzlich wurden am 10. und 11. Juni bzw. 16. September 2008 mittels einem SEBA Multifunktionsmessgerät KLL-Q die Parameter Sauerstoff, pH-Wert, Leitfähigkeit und Wassertemperatur gemessen. Die hierbei erhobenen Daten sind ebenfalls in die Auswertung übernommen worden.

Für die Analyse der hydrochemischen Daten wurden die Messergebnisse der letzten zwei Jahre berücksichtigt. Auf die Thematik fehlender Daten für die BZE ‚saure Magmatite‘ (Stadtgebiet Halle) sowie einiger MST aus dem GW-Standsmessnetz des LHW wurde bereits unter dem Punkt 2.1 hingewiesen. Die Gesamtzahl der berücksichtigten Datensätze beträgt 164 Stück.

Angegebene Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze des verwendeten Tests wurden halbiert (z.B.:  $< 2 = 1$  mg/l), da durch die Statistikprogramme nur Zahlenwerte (keine Zeichen) verarbeitet werden können.

Eine vollständige Tabelle mit allen Parametern und den entsprechenden Daten je MST ist in Anhang 2 dokumentiert.

## 2.4    DATENANALYSE

### 2.4.1    DATENAUFBEREITUNG

Alle erhobenen Daten wurden in einer gemeinsamen Datei zusammengeführt und ausgewertet. Die **Datenanalyse** erfolgte mit den Statistik-Programmen SPSS 18, Primer v6, sowie dem Tabellen-Kalkulationsprogramm EXCEL 2007. Zur Angleichung an die Normalverteilung wurden die hydrochemischen Daten logarithmiert [ $\lg_{10}(x+1)$ ], die faunistischen Daten wurzeltransformiert (vierte Wurzel).

Die notwendige **Datenaggregation** (z.B. für die Erstellung von Multidimensionalen Skalierungen) der hydrochemischen Daten erfolgte über den Mittelwert.

Die Überprüfung der Daten auf vorliegende **Korrelationen** wurde unter Verwendung des Spearman-Rangkorrelations-Test durchgeführt. Hauptgrund für die Verwendung dieses Korrelations-Tests war die Tatsache, dass dieser Test keine normalverteilten Daten benötigt, auch bei kleinen Stichprobenumfängen als relativ exakt gilt und der Einfluss der Ausreißer gering ist (LOZÁN et al. 1998).

### 2.4.2    MULTIVARIATE ANALYSEN (MDS, SIMPER, ANOSIM, PCA)

Die **MDS (Multidimensionale Skalierung)** ist ein bildgebendes statistisches Verfahren, das sehr gut geeignet ist, komplexe, vielschichtige Zusammenhänge in 2- oder 3-dimensionaler Form abzubilden. Die Vorteile einer MDS gegenüber der Hauptkomponenten- und Faktorenanalyse liegen nach CLARKE & WARWICK (1994) u.a. darin, dass diese Methode besser Rohdatenmatrizen verarbeitet, welche vorwiegend 0-Werte enthalten, wie dies typisch für Artabundanzmatrizen ist. Anforderungen an die Verteilung bzw. Linearität der Daten bestehen nicht. Die MDS empfiehlt sich daher für Standort- und Probennahmestellen-Vergleiche (z.B. Abundanzen).

Für die Darstellung der faunistischen Daten mittels MDS wurde das ökologische Abstandsmaß nach BRAY & CURTIS (1957) eingesetzt, das die Ähnlichkeit bzw. die Distanz zwischen den Proben in Bezug auf den / die angewendeten Parameter wiedergibt. Der Vorteil des BRAY-CURTIS-Abstandsmaßes gegenüber anderen Abstandsmaßen liegt darin, dass Nullwerte nicht als Ähnlichkeit berücksichtigt werden.

Die statistische Güte des errechneten MDS-Plots wird durch den Stress-Wert angegeben. Nach CLARKE & WARWICK (1994) entsprechen Stress-Werte  $< 0,1$  einer guten Ordination mit gerin-

gem Fehlinterpretationspotential. Werte  $< 0,2$  bieten moderate Interpretationsmöglichkeiten. Eine Auswertung von MDS-Plots mit Werten  $\geq 0,2$  sollte mit entsprechender Vorsicht erfolgen.

Die **SIMPER-Analyse (SIMilarity PERcentage)** ermittelt, welche Arten / Taxa für die Unterschiede zwischen zwei zuvor definierten Gruppen verantwortlich sind. Die typischen (dominierenden) Arten / Taxa einer jeden Gruppe werden ebenfalls ermittelt (CLARKE & GORLEY 2001). Das Verfahren beruht auf der Ähnlichkeit zwischen Paaren von Arten / Taxa. Arten bzw. Taxa die häufiger zusammen auftreten, werden dabei als ähnlich betrachtet.

Nach CLARKE & WARWICK (1994) werden durch die SIMPER-Analyse auch jene Arten / Taxa identifiziert, die am stärksten zur durchschnittlichen Unähnlichkeit zwischen zwei Gruppen beitragen.

Die **PCA (Principal Component Analysis**, deutsch: Hauptkomponentenanalyse), ist ein Verfahren, das dazu dient umfangreiche Datensätze zu strukturieren, zu vereinfachen und zu veranschaulichen, indem eine Vielzahl statistischer Variablen durch eine geringere Zahl möglichst aussagekräftiger Linearkombinationen (die "Hauptkomponenten") genähert wird.

Die PCA empfiehlt sich in diesem Zusammenhang vor allem für die Auswertung hydrochemischer Daten.

Bei der **ANOSIM (ANalysis Of SIMilarity)** handelt es sich um einen nicht-parametrischen Permutationstest, der nach CLARKE & WARWICK (1994) als multivariates Analogon zur ANOVA betrachtet werden kann. Die ANOSIM basiert auf den Rängen der Unähnlichkeitsmatrizen. Berechnet wird zunächst die mittlere Rangähnlichkeit innerhalb der Gruppen – hier z.B. BZE oder GWK - und dann zwischen den Gruppen. Darauf werden nach einer Zufallsmischung der Labels die Ähnlichkeiten erneut berechnet. Das Ergebnis ist eine R-Statistik, die Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei 1 für völlige Unähnlichkeit zwischen den Gruppen steht und 0 für völlige Übereinstimmung.

### 3        ERGEBNISSE

#### 3.1      HYDROCHEMIE

Die hydrochemischen Ergebnisse wurden mittels PCAs ausgewertet, zusammengefasst und visualisiert.

In die PCAs (Abb. 3-1 und 3-2) sind 164 hydrochemische Datensätze einbezogen, die **ausschließlich** durch den LHW erhoben wurden. Von den 32 hydrochemischen Parametern wurden 17 berücksichtigt. Ausgeschlossen wurden die Parameter Redoxspannung (UH), Gesamt-Phosphat ( $P_{ges}$ ), Eisen (Fe), gelöstes Eisen (Fe-II-gel), Mangan (Mn), der Summenparameter KB 8.2, sowie die Schwermetalle (Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Hg, As). Von diesen Parametern lagen im berücksichtigten Auswertungszeitraum (2. Halbjahr 2006 - 2009) jeweils zu wenige Messwerte vor.

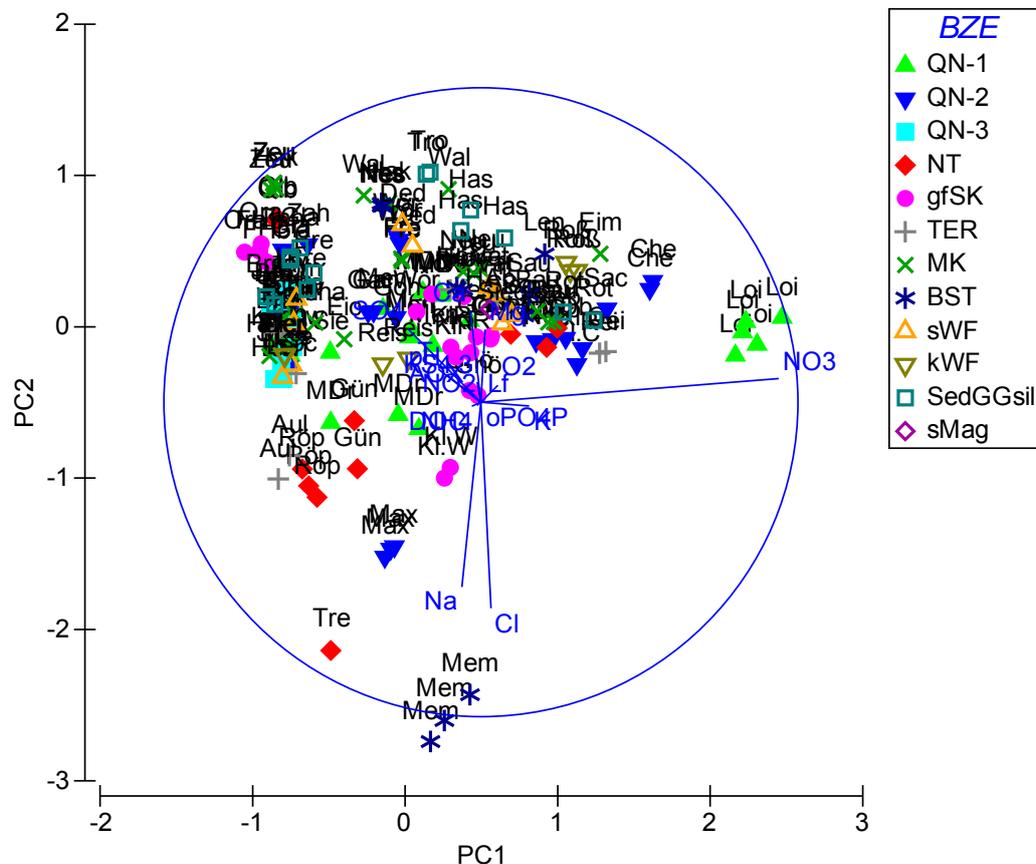
Von den untersuchten MST wurden letztlich 71 (von 78) für die hydrochemische Datenauswertung berücksichtigt. Ausgeschlossen blieben die MST von denen keine hydrochemischen Analysen vorlagen (siehe Tab. 2-2)

Hydrogeologische Einheiten, Grundwasserkörper bzw. Leitertypen lassen sich in der Regel anhand hydrochemischer Daten relativ gut voneinander abgrenzen. Die hier ausgewerteten Datensätze waren aber ausgesprochen heterogen und führten nur zu einer geringen Trennung zwischen den 10 hydrogeologischen Bezugseinheiten (Abb. 3-1) bzw. den 2 Leitertypen Lockergestein und Kluft (Abb. 3-2).

#### **HYDROGEOLOGISCHE BEZUGSEINHEITEN (ABB. 3-1)**

Die Abbildung 3-1 zeigt in Bezug auf die BZE eine weitgehend geklumpfte, aber zwischen den BZE diffuse Verteilung der MST. Wenige, durch Extremwerte gekennzeichnete MST wurden separiert (Loitsche, Maxdorf, Memleben, Trebnitz).

Entscheidende Parameter für die PCA sind für die erste (horizontal verlaufende) Achse Nitrat (Eigenvektor: 0,939). Dieses lässt sich auf die extrem hohen Nitratwerte der MST Loitsche (Loi) zurückführen, die sich in unmittelbarer Nähe der Abraumhalde des Kaliwerkes Zielitz befindet. Für die senkrechte Achse sind die Parameter Natrium und Chlorid bestimmend, welche in hohen Konzentrationen in der MST Memleben vorlagen. Die im nährstoffarmen Buntsandstein stehende Unterflurmessstelle Memleben wies durch zulaufendes Oberflächenwasser eine völlig veränderte Hydrochemie (und Fauna) auf (siehe auch 2008er Bericht).

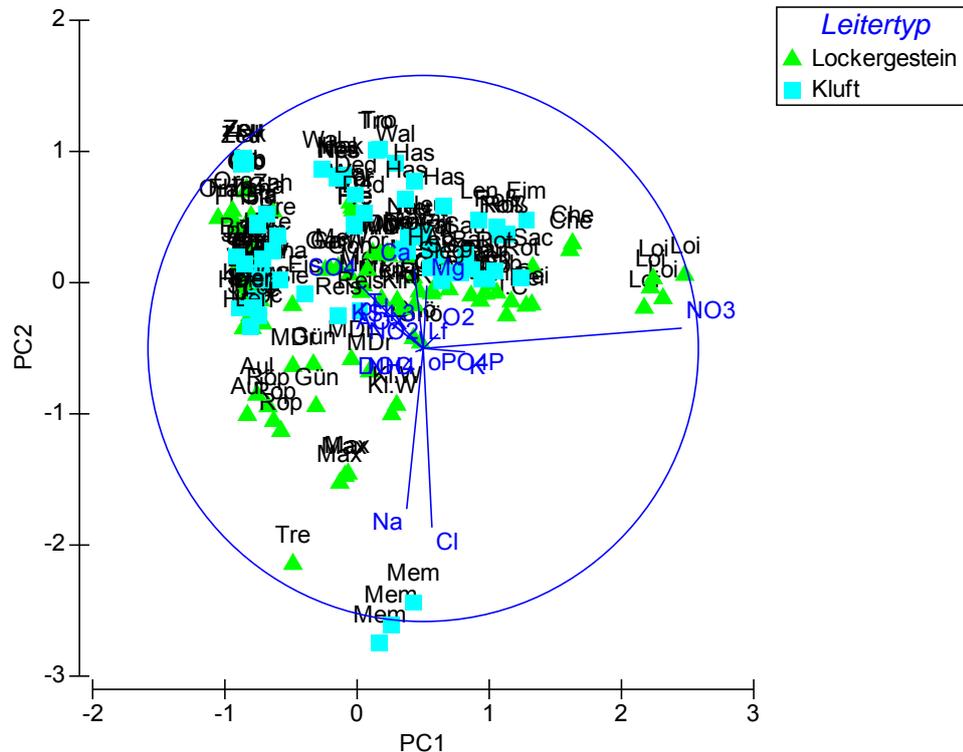


**ABBILDUNG 3-1: BZE:** PCA der Messstellen auf Grundlage der hydrochemischen Daten. Die hydrogeologischen Bezugseinheiten sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt. Einbezogen sind 71 (von 78) untersuchten Messstellen (N = 164).

Die Namen der MST wurden aus Gründen der besseren Darstellbarkeit gekürzt (siehe Verzeichnis der Abkürzungen).

**LEITERTYPEN (ABB. 3-2)**

Zwischen den beiden Leitertypen Lockergestein und Kluft zeigt sich eine gewisse Separierung der MST, jedoch auf sehr grobem Niveau. Da diese PCA auf denselben Daten basiert wie die für die BZE werden auch hier die MST Loitsche, Maxdorf, Memleben und Trebnitz aufgrund ihrer Extremwerte (v.a. Salze) separiert.



**ABBILDUNG 3-2: Leitertypen:** PCA der Messstellen auf Grundlage der hydrochemischen Daten. Die Leitertypen sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt. Einbezogen sind 71 (von 78) untersuchten Messstellen (N = 164).

Die Namen der MST wurden aus Gründen der besseren Darstellbarkeit gekürzt (siehe Verzeichnis der Abkürzungen).

Die Verteilung der MST in den dargestellten Plots (Abb. 3-1 und 3-2) müsste folglich auch zu einer geringen Unähnlichkeit zwischen den BZE bzw. Leitertypen führen, was durch eine ANOSIM-Analyse bestätigt wurde. Demnach beträgt die Unähnlichkeit zwischen den BZE nur  $r = 0,12$  ( $p = 0,1$ ;  $N = 164$ ). Das bedeutet, dass sich die BZE hydrochemisch nicht unterscheiden lassen.

Angewendet auf die Leitertypen führte die ANOSIM-Analyse zu einem noch niedrigeren Wert von  $r = 0,087$  ( $p = 0,1$ ;  $N = 164$ ).

Es lässt sich zusammenfassen, dass eine klare Abgrenzung einzelner oder aller BZ anhand der Hydrochemie der untersuchten Sachsen-anhaltinischen BZE nicht möglich ist. Dies gilt auch für die Leitertypen.

Ohne der Diskussion vorgreifen zu wollen, lässt sich sagen, dass spezifische Charakteristika einzelner MST wie z.B. eine Verockerung, Aufsalzung (Straßennähe, diffuse/lokale Belastun-

gen), der Zutritt von Oberflächenwasser etc. zu einer Überformung der charakteristischen Hydrochemie der jeweiligen BZE und so zu einer gewissen Nivellierung der Daten beitragen.

## **3.2    GRUNDWASSERFAUNA**

### **3.2.1    ARTEN UND TAXA - EINE ÜBERSICHT**

#### **ÜBERSICHT 2008**

Aus den untersuchten 34 MST wurden während der beiden Untersuchungszyklen insgesamt 56 Faunaprobe entnommen. Der Anteil der unbesiedelten Proben betrug 33,9 %.

Insgesamt wurden **505 Tiere** gefangen. Der Anteil der Crustacea (Krebstiere) an der Gesamtabundanz betrug 45,7 % (entsprechend 231 Tiere). Abundantestes Taxon waren die Oligochaeta mit 42,6 %. Dieser Wert ist allerdings stark durch einen Massenfund von 134 Oligochaeta in der MST Friedrichsdorf (Tertiär) beeinflusst.

#### **GESAMTÜBERSICHT 2008/09**

Aus den untersuchten 78 MST wurden während des gesamten Untersuchungszeitraums insgesamt 131 Faunaprobe entnommen. Der Anteil der unbesiedelten Proben stieg auf 38,9 %, ist aber durchaus mit früheren grundwasserfaunistischen Untersuchungen in anderen Bundesländern vergleichbar.

Insgesamt wurden **1.296 Tiere** gefangen, wobei die Verteilung der Arten und Taxa in den einzelnen BZE höchst unterschiedlich war. Der Anteil der Crustacea (Krebstiere) an der Gesamtabundanz stieg auf 52,9 % (entsprechend 686 Tiere). Abundantestes Taxon waren die Cyclopoida mit 29,7 %. Weiterhin sehr häufig traten Nematoda (18,9 %) und Oligochaeta (18,9 %) auf. Diese Werte sind allerdings teilweise durch einige Massenfunde in einzelnen MST beeinflusst. Das gesamte Artenspektrum der Grundwasserfauna von Sachsen-Anhalt dürfte bei weitem noch nicht erfasst sein, wie die Mao-Tau-Funktion zeigt (Abb. 3-3). Einen Überblick über die Besiedlung auf dem Niveau faunistischer Großgruppen gibt die Abbildung 3-4. Vollständige Übersichten der gefundenen Arten und Taxa und deren Verteilung in den MST der BZE und GWK finden sich in den Anhängen 3 und 4.

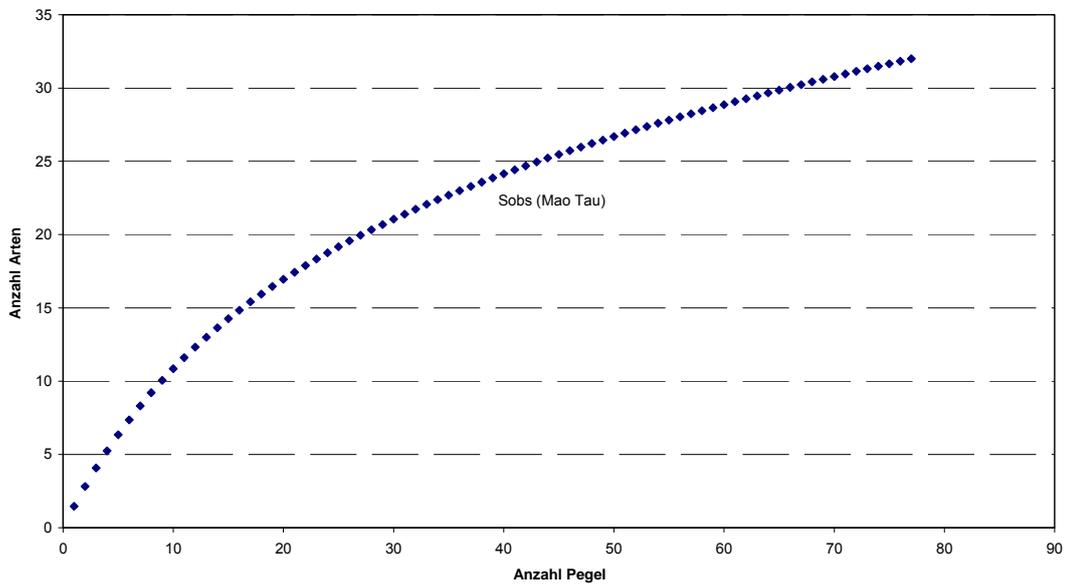


ABBILDUNG 3-3: Aus den Ergebnissen der Beprobung zu erwartende kumulative Zunahme der Arten mit zunehmender MST-Anzahl (Berechnung nach Sobs (Mao Tau)-Funktion).

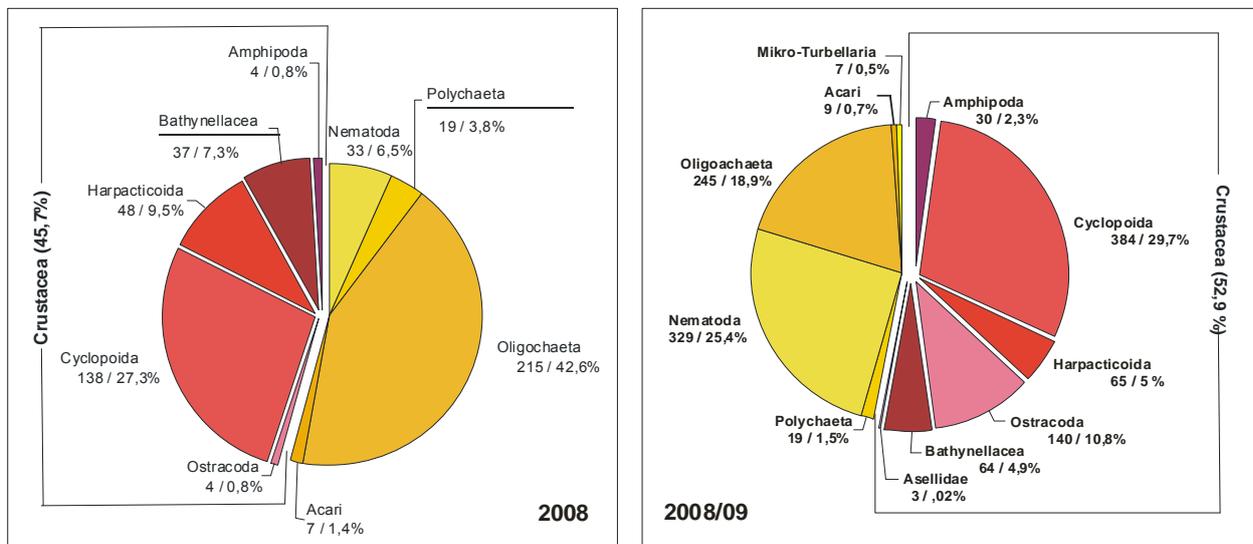


ABBILDUNG 3-4: Diagramm der Faunenverteilung in 2008 und im Gesamtuntersuchungszeitraum 2008/09. Die Angaben beziehen sich auf die Abundanz bzw. den prozentualen Anteil des jeweiligen Taxons zur Gesamtabundanz.

**NACHGEWIESENE ARTEN**

**2008:** Basierend auf der Untersuchung von 34 MST wurden in 2008 17 Arten nachgewiesen; 10 Crustacea, 6 Oligochaeta und 1 Polychaeta.

**2009:** Im Jahr 2009 wurden weitere 44 MST und zusätzlich 7 Wiederholungsmessstellen untersucht, was fast zu einer Verdopplung der nachgewiesenen Arten führte. Die größte Steigerung an Arten ergab sich bei den Cyclopoida, wo sich die Anzahl von 2 auf 7 erhöhte. Die jetzt registrierte Steigerung der Artenanzahl resultiert aus der Einbeziehung weiterer BZE und MST. Zusammengefasst beträgt die Gesamtzahl an Arten und Gattungen (Gattungen *Achaeta sp.*, *Pothamothele/Tubifex sp.* und *Cryptocandona sp.*) momentan 29. (Tabelle 3-1).

Trotz der Tatsache, dass Ostracoda der Gattung *Cryptocandona sp.* in 3 Messstellen gefunden wurden (Klosterrohbach, Haselbach, Roßla), war eine genaue Artbestimmung aufgrund des Fehlens adulter männlicher Exemplare nicht möglich. Hier steht also eine genaue Artbestimmung noch aus. Es wird allerdings vermutet, dass es sich um eine (im Untersuchungsgebiet) bisher nicht beschriebene Art handeln könnte (siehe auch 3.2.3.).

**TABELLE 3-1:** In 2008 und 2009 nachgewiesene Arten und Gattungen.

Arten/Taxa	2008	2009
<b>Nematoda</b>		
<b>Polychaeta</b>		
<i>Troglochaetus beranecki</i> DELACHAUX 1920	xx	
<b>Oligochaeta</b>		
<i>Achaeta sp.</i>	xx	
<i>Aelosoma hyalinum</i> BUNKE 1967		xx
<i>Cernovsvitoviella atrata</i> BRETSCHER 1903	xx	
<i>Dorydrilus michaelsoni</i> PIGUET 1913	xx	
<i>Marionina riparia</i> BRETSCHER 1899	xx	
<i>Mesenchytraeus armatus</i> LEVINSON 1883	xx	
<i>Potamothele/Tubifex g. sp.</i>		xx
<i>Pristina proboscidea</i> BEDARD 1869	xx	
<b>Ostracoda</b>		
<i>Cryptocandona sp.</i>		xx
<b>Cyclopoida</b>		
<i>Diacyclops bisetosus</i> REHBERG 1880		xx
<i>Diacyclops crassicaudis</i> SARS 1863		xx
<i>Diacyclops languidoides</i> LILLJEBORG 1901	xx	
<i>Diacyclops languidus</i> SARS 1863	xx	
<i>Graeteriella unisetigera</i> GRAETER 1908		xx
<i>Paracyclops fimbriatus</i> FISCHER 1853		xx
<i>Paracyclops poppei</i> REHBERG 1880		xx
<b>Harpacticoida</b>		
<i>Chappuisius singeri</i> CHAPPUIS 1940	xx	
<i>Bryocamptus (Bryocamptus) minutus</i> CLAUS 1863		xx
<i>Parastenocaris phreatica</i> CHAPPUIS 1936	xx	
<i>Parastenocaris phyllura</i> KIEFER 1938	xx	
<b>Bathynellacea</b>		
<i>Bathynella natans</i> VEJDOVSKY 1882	xx	
<b>Amphipoda</b>		
<i>Bogidiella albertimagni</i> HERTZOG 1933	xx	
<i>Crangonyx subterraneus</i> BATE 1859	xx	
<i>Microniphargus leruthi</i> SCHELLENBERG 1934	xx	
<i>Niphargellus nollii</i> SCHELLENBERG 1938	xx	
<i>Niphargus aquilex</i> SCHIÖDTE 1855		xx
<i>Niphargus cf. fontanus</i> BATE 1859		xx
<b>Isopoda</b>		
<i>Proasellus cavaticus</i> LEYDIG 1871		xx

### 3.2.2    KURZCHARAKTERISIERUNG DER FAUNA DER HYDROGEOLOGISCHEN BEZUGSEINHEITEN (BZE)

Nachfolgend soll die in den einzelnen BZE gefundene Grundwasserfauna und deren Lebensgemeinschaften kurz charakterisiert werden. Eine detaillierte Aufstellung der faunistischen Großgruppen sowie auf Niveau der Arten und Taxa ist im Anhang 3 zusammengefasst.

#### **BZE QUARTÄRER NORDRAUM (QN-1 – QN-3)**

Aus grundwasserfaunistischer Sicht gelten die Habitate des Quartären Nordraums aufgrund der starken eiszeitlichen Überformung als verarmt. Diese Feststellung hatte sich bereits nach der Beprobung von 7 MST in der Untersuchungsperiode 2008 bestätigt.

**2008:** Von den 4 MST des **Elbeeinzugsgebiets** waren die MST Solpke, Mehrke und Cheine nur schwach besiedelt; lediglich die MST Kl. Chüden war stetig besiedelt. Auffällig war das nahezu komplette Fehlen der Crustacea. Einzige Ausnahme war die MST Klein Chüden wo 15 Harpacticoida (*Parastenocaris phreatica*) gefangen wurden. Dominierende Taxa waren die Nematoda (27 Tiere) und die Oligochaeta (33 Tiere, darunter 21 Exemplare von *Dorydrilus michaelsoni*, der als reine Grundwasserart gilt).

Die Gesamtabundanz betrug 76 Tiere; es wurden 7 Arten und Taxa gefunden.

Als völlig unbesiedelt erwiesen sich die 3 MST des **Haveleinzugsgebietes** (Schlagenthin, Mützel und Parchen), weshalb sie nur einmal beprobt und dann gegen die BZE Tertiär ausgetauscht wurden (siehe BZE Tertiär).

**Gesamtuntersuchung 2008/09:** Da der Quartäre Nordraum fast die Hälfte des Landesgebietes bedeckt, waren die 7 in 2008 beprobten MST nicht repräsentativ. Für 2009 wurden daher 17 neue MST in die Untersuchungen aufgenommen, sowie die MST Klein Chüden erneut einmalig beprobt (Wiederholungsmessstelle), woraus sich eine Gesamtanzahl an MST von 25 ergab.

Grundsätzlich hat sich die eingangs erwähnte Feststellung bestätigt, denn in der Gesamtheit wurden nur 491 Tiere gefangen. Interessant ist dabei die Verteilung der Fauna. Während die MST in der Fläche mit Ausnahme der Wiederholungsmessstelle Klein Chüden nur marginal besiedelt waren, konzentrierten sich die Funde auf Messstellen in Magdeburg oder dem stadtnahen Elb-Bereich. So wurden aus den MST MD-Ottersleben/Amtsgericht und Menz GWBR insgesamt 396 der 491 Tiere gefangen. Darunter war auch ein Massenfund von 154 Nematoda aus der MST Menz GWBR. Die einzigen Cyclopoida der gesamten Untersuchung (102 Tiere) stammen ebenso aus der MST MD-Ottersleben/Amtsgericht. Dabei handelte es sich um 27 Exemplare von *D. bisetosus*; einer ausgesprochen ubiquitären Art. Die restlichen Cyclopoida waren 75 juvenile Tiere.

Zumindest für die MST MD-Ottersleben/Amtsgericht liegt allerdings die Vermutung nahe, dass diese anthropogen beeinflusst ist, worauf der festgestellte H<sub>2</sub>S Geruch und die zahlreichen Ameisenreste in den entnommenen Proben hindeuten.

Hingegen fehlten die „größeren“ Crustacea wie Cyclopoida und Amphipoda in der Fläche des Quartären Nordraums nahezu vollständig. Das lässt sich durch die fehlende morphologische

Anpassung an den Lebensraum erklären. Beide Taxa sind auf eine entsprechende Größe der Lückenträume der Sedimente angewiesen.

### **BZE NIEDERTERRASSE**

Die im Jahr 2008 beprobten MST der BZE NT wiesen nur geringe Abundanzen auf; aber lediglich bei 2 Beprobungen wurde keine Fauna erfasst. Von den insgesamt 34 gefangenen Tieren waren 24 Crustacea. Häufigstes Taxon mit 12 Exemplaren war *Bathynella natans*. Das Auftreten der Cyclopoida war ausschließlich auf die MST Röpzig und Trebnitz beschränkt.

Im Jahre 2009 erfolgte keine weitere Beprobung der BZE Niederterrasse.

### **BZE GLAZI-FLUVIATILE SANDE UND KIESE**

**2008:** Die MST der BZE gfSK waren 2008 stetig und divers besiedelt. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass **alle** gewonnenen Proben besiedelt waren. Insgesamt wurden 96 Tiere gefangen; der Anteil der Crustacea betrug 50 %. Die Crustacea wurden überwiegend durch Harpacticoida (*Chappuisius singeri*, *Parastenocaris phyllura*) und *Bathynella natans* repräsentiert, Cyclopoida spielten in dieser BZE nur eine untergeordnete Rolle. Abundantestes Taxon waren die Oligochaeta mit 37 Tieren.

Keine Crustacea wurden in der MST Forst Haideburg gefangen. Abundantestes Taxon waren hier die Oligochaeta.

**2009:** Im der Folge der 2008er Untersuchungen wurden die MST Gnölbzig, Wörbzig und Klosterrohrbach in 2009 erneut einmalig beprobt (Wiederholungsmessstellen). Ziel war es, an ausgewählten MST die längerfristigen Veränderungen der Grundwasserlebensgemeinschaften zu dokumentieren. Dies ist mit Ausnahme der MST Wörbzig gelungen, die 2009 unbesiedelt war. In den MST Gnölbzig (13 Tiere, davon 11 *Bathynella natans* und 2 *Dorydrilus michaelsoni*) und Klosterrohrbach (5 Tiere, davon 1 *Diacyclops languidus* und 4 Ostracoda der Gattung *Cryptocandona*) konnte das Arteninventar des Vorjahres bestätigt werden.

Auch wenn die MST Wörbzig bei der jüngsten Wiederholungsbeprobung unbesiedelt war, bleiben diese 3 MST diejenigen mit der höchsten Anzahl an Arten und Taxa (Wörbzig: 4, (Gnölbzig: 6, Klosterrohrbach: 8) in der BZE gfSK.

### **BZE TERTIÄR**

Im Jahr **2008** war die Besiedlung der BZE sehr gering. Einziger Fund waren 134 Oligochaeten (alle *Achaeta* sp.) in der MST Friedrichsdorf.

**2009:** Da die Anzahl der 2008 genommenen Proben mit einer Anzahl von 3 nicht repräsentativ war, sollte die BZE nochmals überprüft werden. Mit den MST Auligk und Köckern wurden 2 weitere MST einmalig beprobt. Beide waren ebenfalls unbesiedelt.

In der Gesamtheit bleibt bei der jeweils einmaligen Beprobung von 5 MST ein Ergebnis von 134 Oligochaeta der Gattung *Achaeta* sp.. **Damit war die BZE Tertiär eine der am schwächsten besiedelten BZE.**

### **BZE Muschelkalk**

**2008:** Eine ähnlich schwache Besiedlung wie das Tertiär wiesen auch die 7 MST der BZE MK auf, aus der 2008 lediglich 2 Tiere gewonnen wurden (1 Exemplar des stygobionten Amphipoda *Bogidiella albertimaghi*, 1 juveniler Oligochaet).

**2009:** Da die äußerst schwache Besiedlung 2008 im Widerspruch zu Untersuchungen in anderen Bundesländern wie z.B. in Baden-Württemberg steht, wurde die BZE MK 2009 erneut überprüft.

Dabei erwiesen sich auch die 4 MST (Eickendorf, Hakenstedt, Hirschroda, Eimersleben) als schwach besiedelt (zusammen 17 Tiere). Hervorzuheben ist allerdings, dass trotz der geringen Abundanzen weitere Arten identifiziert wurden, so z.B. 10 Amphipoda der Spezies *Niphargus aquilex*, die als typischer Besiedler kluftiger Lebensräume gilt. Desweiteren wurden 3 Exemplare des Cyclopiden *Diacyclops languidoides* und 2 Exemplare der Gattung *Achaeta* sp. (Oligochaeta) gefunden.

**Dennoch bleibt die BZE Muschelkalk eine der am schwächsten besiedelten BZE der gesamten Untersuchung.**

### **BZE BUNTSANDSTEIN**

Die MST des Buntsandsteins waren 2008 nur sehr schwach besiedelt. Als völlig unbesiedelt erwiesen sich die MST Nessa und Hornburg, die beide jeweils nur einmal beprobt wurden (MST Nessa wurde aufgrund der starken Verockerung gegen MST Hornburg ausgetauscht).

Eine Ausnahme bildete die MST Memleben, aus der 32 der insgesamt 39 Tiere gewonnen wurden. Da als Unterflurmessstelle ausgebaut, zeigte sich die Hydrochemie durch zulaufendes Oberflächenwasser deutlich verändert.

Die Lebensgemeinschaften der meisten der untersuchten MST – soweit besiedelt - waren durch stygobionte Arten gekennzeichnet. Im Gegensatz dazu dominierte in der MST Memleben der stygophile Cyclopoide *Diacyclops languidus*, der in Deutschland als weit verbreitet gilt. *D. languidus* war im Buntsandstein gleichzeitig häufigstes Taxon mit 17 Tieren (plus 5 juvenilen Exemplaren).

Bemerkenswert ist der Umstand, dass mit Ausnahme von 2 Oligochaeta und 3 *Troglochaetus beranecki* alle Funde zu den Crustacea zählten.

Im Jahr 2009 erfolgte keine weitere Beprobung der BZE Buntsandstein.

### **BZE SILIKATISCHE WECHSELFOLGEN**

**2008:** Die 3 der BZE zugeordneten MST Vatterode, Dedeleben und Tromsdorf erwiesen sich im Jahr 2008 als stetig und divers besiedelt.

Ebenso wie bei den MST der BZE gfSK waren **alle** MST der BZE sWF besiedelt. Mit insgesamt 124 gefangenen Tieren wies diese BZE die höchste Besiedlungsdichte auf (außer einem Massenfund von 134 Oligochaeten in der Tertiär-MST Friedrichsdorf). Hervorzuheben war der hohe Anteil an Crustacea (114 Tiere von 124), darunter 100 Cyclopoida. Häufigste Taxa waren der Cyclopide *Diacyclops languidus* (46 Tiere) mit ebenfalls 51 juvenilen Tieren, sowie der Harpacticoide *Chappuisius singeri* (12 Tiere). Weitere Arten waren die Amphipoda *Crangonyx subterraneus* und *Microniphargus leruthi* mit jeweils einem Exemplar. Beide Arten gelten als reine Grundwasserbewohner.

Aufgrund der artenreichen Besiedlung wurden alle Messstellen zur wiederholten Beprobung in 2009 vorgeschlagen. Allerdings wurde die MST Tromsdorf nun der BZE SedGGsil zugeordnet (weitergehende Erklärung bei BZE SedGGsil).

**2009:** Mit den MST Leiha, Sommerschenburg und Siegersleben wurden 3 weitere Standorte in die Untersuchung einbezogen. Die neu einbezogenen MST waren aber entweder unbesiedelt (Leiha) oder wiesen nur eine schwache Besiedlung auf (Sommerschenburg, Siegersleben).

Die Besiedlung der Wiederholungsmessstelle Vatterode war zwar mit 3 Tieren gering, jedoch wurde mit *Diacyclops languidus* und einem juvenilen Tier das selbe Arteninventar nachgewiesen wie in der MST Dedeleben, die wiederum eine gute Besiedlung aufwies (gesamt 53 Tiere, davon 20 *D. languidus*, 33 juvenil).

Dadurch weist die BZE ‚Silikatische Wechselfolgen‘ heute eine deutlich zweigeteilte Besiedlungsstruktur auf.

Bemerkenswert ist der Umstand, dass die BZE ‚Sedimente/Grundgebirge silikatisch‘ (siehe nachfolgend) ein ähnlich zweigeteiltes Besiedlungsmuster aufwies. Dominierendes Taxon war auch hier der Cyclopide *Diacyclops languidus* sowie ein hohe Anzahl juveniler Tiere.

### **BZE KARBONATISCHE WECHSELFOLGEN**

**2009:** Die 4 MST dieser BZE erwiesen sich als stetig und divers besiedelt. Mit nur einer Ausnahme waren alle Proben besiedelt. Insgesamt wurden 128 Tiere gefangen, der Anteil der Crustacea war mit 120 Tieren sehr hoch. Neben Amphipoda (*Crangonyx subterraneus*, *Niphargus cf. fontanus*), Cylopoida (5 Arten) wurden auch die bisher einzigen Exemplare der Grundwasserassel *Asellus cavaticus* der gesamten Untersuchung gefangen.

Hervorzuheben ist die MST Roßla, die sowohl die höchste Anzahl an Tieren wie auch die meisten Arten aufwies. 100 der 128 Tiere dieser BZE stammten aus der MST Roßla. Bemerkenswert ist Fund von 61 Ostracoda der Gattung *Cryptocandona sp.*, die außer in dieser MST nur noch in zwei weiteren MST (Haselbach, Klosterrohrbach) gefunden wurden. Aufgrund des Fehlens adulter männlicher Tiere war eine Bestimmung auf Artniveau nicht möglich. Auch der einzige Nachweis des Cyclopoiden *Paracyclops poppei* stammt aus dieser MST.

### **BZE SEDIMENTE/GRUNDGEBIRGE SILIKATISCH**

**2009:** Die MST dieser BZE waren ebenfalls stetig besiedelt, jedoch zeigte die Struktur der Besiedlung ein zweigeteiltes Muster: 3 der 7 MST, darunter die Wiederholungsmessstelle Tromsdorf<sup>1</sup> waren sehr zahl- und artenreich besiedelt, während die MST Breitenbach, Gorenzen, Glasebach und Rothenburg keine oder eine sporadische Besiedlung aufwiesen. Ähnlich der zuvor beschriebenen BZE kWF waren die Crustacea dominierend; es wurden weder Nematoda oder Oligochaeta erfasst.

Insgesamt wurden 143 Tiere erfasst; 80 Tiere stammten aus der MST Haselbach, 38 Tiere aus der Wiederholungsmessstelle Tromsdorf. Häufigstes Taxon war der Cyclopoide *Diacyclops languidus* (18 Exemplare), sowie eine hohe Anzahl von 40 juvenilen Cyclopoida. Ebenso interessant, wie bereits in der zuvor beschriebenen BZE, sind die 71 Ostracoda der Gattung *Cryptocandona sp.* Auch hier fehlten die männlichen Tiere, die eine genauere Artbestimmung ermöglichen würden. Der einzige Nachweis des stygobionten Cyclopoiden *Graeteriella unisetigera* gelang aus der MST Breitenbach.

### **BZE SAURE MAGMATITE**

Die 5 im Jahr **2009** beprobten MST der BZE ‚Saure Magmatite‘ befinden sich im Stadtgebiet Halle/S. oder im näheren Umfeld. Die MST Halle-Lettin war unbesiedelt, die Besiedlung der restlichen MST war schwach und konzentrierte sich auf wenige Arten und Taxa. Häufigste Taxa waren *Bathynella natans* mit 15 Tieren und der Oligochaet *Dorydrilus michaelseni* mit 8 von 34 Tieren. Beide Arten gelten als stygobiont.

### **3.2.3      VERGLEICH DER ARTEN UND TAXA MIT FRÜHEREN UNTERSUCHUNGEN**

In den 50er bis Mitte der 70er Jahre wurden durch verschiedene Autoren grundwasserfaunistische Untersuchungen auf dem heutigen Gebiet Sachsen-Anhalts und Thüringens durchgeführt. Die meisten dieser Arbeiten dienten der Bestandsanalyse und taxonomischen Beschreibung grundwasser- und/oder höhlenbewohnender Spezies bzw. Lebensgemeinschaften. Auch wenn die grundsätzliche Bedeutung der Grundwasserfauna, sowie deren Interaktionen mit den Biozönosen der Oberflächengewässer für die Trinkwasserqualität bereits erkannt worden war, stand die faunistisch-ökologische Betrachtung der Grundwasserfauna im Vordergrund. Bioindikation im Grundwasser war damals kaum ein Thema.

Aus der vorgenannten Periode wurden sieben Arbeiten mit den Funden der vorliegenden Untersuchung verglichen, die in Tabelle 3-2 zusammengefasst sind.

---

<sup>1</sup> Die Messstelle Tromsdorf wurde im Jahr 2008 der BZE ‚silikatische Wechselfolgen‘ zugeordnet, um ein auswertbares ‚Cluster‘ an Messstellen zu haben. Mit der Einbeziehung der BZE ‚Sedimente/Grundgebirge silikatisch‘ in diesem Jahr in die Untersuchungen wurde die Messstelle ihrer ursprünglichen BZE wieder zugeordnet.

Für die Gruppe der **Crustacea** konnten alle Arten der Cyclopoida, Harpacticoida, Bathynella und Amphipoda die bereits in den früheren Studien nachgewiesen wurden, bestätigt werden. Einzige Ausnahme bildet der Cyclopoide *Paracyclops poppei*, von dem aus dem Untersuchungsgebiet bisher keine Funde vorliegen. Eine besonders hohe Deckung zeigte sich mit der Arbeit von WEGELIN (1966), die ihre Untersuchung im Saale-Elbe-Einzugsgebiet durchführte, aber auch mit den Arbeiten von RONNEBERGER (1975), HUSMANN (1956 a) und SPANGENBERG (1973 b). Die geringere Übereinstimmung mit der Arbeit von THUST (1965) lässt sich durch die Tatsache erklären, dass sich seine Untersuchung ausschließlich auf das Stadtgebiet von Bad Langensalza (Werra-Einzugsgebiet) konzentrierte.

Vorerst ungeklärt bleiben, muss auch die weitere taxonomische Bearbeitung der **Ostracoda**-Gattung *Cryptocondona* sp. Aufgrund des Fehlens von adulten männlichen Tieren konnte eine Bestimmung auf Artniveau nicht vorgenommen werden. Es wird allerdings vermutet, dass es sich um die Arten *C. phreaticola* (KLIE, 1927), *C. leruthi* (KLIE, 1936), *C. dudichi* (KLIE, 1930) oder eine noch nicht beschriebene Art handeln könnte. Keine der genannten Arten wurde von WEGELIN (1966) im Untersuchungsgebiet nachgewiesen.

**Oligochaeten** sind wesentlich schwieriger zu bestimmen als Crustacea. Dies erklärt, warum sie in vielen Arbeiten nicht berücksichtigt wurden und werden.

Von den 8 während der aktuellen Untersuchung nachgewiesenen **Oligochaeta-Arten und Taxa** wurden lediglich 3 in früheren Arbeiten erwähnt: *Dorydrilus michaelsoni* (WEGELIN 1966) und *Cernovsvitoviella atrata* (WEGELIN 1966, SPANGENBERG 1973 b) und *Marionina riparia* (SPANGENBERG 1973 a).

Der **Polychaet** *Troglochaetus beranecki* ist der einzige Süßwasserpolychaet. Er ist ein Relikt der tertiären Flachmeere. Im Untersuchungsgebiet scheint er weitverbreitet zu sein, worauf sein Nachweis in allen Untersuchungen schließen lässt.

TABELLE 3-2: Vergleich der gefundenen Fauna mit früheren grundwasserfaunistischen Untersuchungen.

Taxa / Literatur	Wegelin 1966	Ronneberger 1975	Thust 1965	Husmann 1956 a	Husmann 1956 b	Spangenberg 1973 a	Spangenberg 1973 b
<b>Nematoda</b>							
<b>Polychaeta</b>							
<i>Troglochaetus beranecki</i> DELACHAUX 1920	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Oligochaeta</b>							
<i>Achaeta</i> sp.							
<i>Aelosoma hyalinum</i> BUNKE 1967	xx ( <i>Aelosoma</i> sp.)						
<i>Cernovsvitoviella atrata</i> BRETSCHER 1903	xx						xx
<i>Dorydrius michaelsoni</i> PIGUET 1913	xx						
<i>Marionina riparia</i> BRETSCHER 1899						xx	
<i>Mesenchytraeus armatus</i> LEVINSON 1883							
<i>Potamothrix/Tubifex</i> g. sp.							
<i>Pristina proboscidea</i> BEDARD 1869							
Juvenil							
<b>Ostracoda</b>							
<i>Cryptocandona</i> sp.							
Juvenil							
<b>Cyclopoida</b>							
<i>Diacyclops bisetosus</i> REHBERG 1880	xx	xx		xx		xx	
<i>Diacyclops crassicaudis</i> SARS 1863	xx	xx	xx	xx			
<i>Diacyclops languidoides</i> LILLJEBORG 1901	xx	xx	xx	xx		xx	xx
<i>Diacyclops languidus</i> SARS 1863	xx	xx	xx	xx		xx	xx
<i>Graeteriella unisetigera</i> GRAETER 1908	xx	xx		xx	xx	xx	
<i>Paracyclops fimbriatus</i> FISCHER 1853	xx	xx	xx	xx		xx	
<i>Paracyclops poppei</i> REHBERG 1880							
Juvenil							
<b>Harpacticoida</b>							
<i>Chappuisius singeri</i> CHAPPUIS 1940		xx		xx	xx		xx
<i>Bryocamptus (Bryocamptus) minutus</i> CLAUS 1863		xx		xx			
<i>Parastenocaris phreatica</i> CHAPPUIS 1936	xx						
<i>Parastenocaris phyllura</i> KIEFER 1938				xx			
<b>Bathynellacea</b>							
<i>Bathynella natans</i> VEJDOVSKY 1882	xx	xx		xx	xx		
<b>Amphipoda</b>							
<i>Bogidiella albertimagni</i> HERTZOG 1933				xx			
<i>Crangonyx subterraneus</i> BATE 1859	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
<i>Microniphargus leruthi</i> SCHELLENBERG 1934				xx		xx	xx
<i>Niphargellus nollii</i> SCHELLENBERG 1938				xx			
<i>Niphargus aquilex</i> SCHIÖDTE 1855	xx	xx	xx	xx	xx	xx	
<i>Niphargus cf. fontanus</i> BATE 1859			xx	xx		xx	
<b>Isopoda</b>							
<i>Proasellus cavaticus</i> LEYDIG 1871	xx		xx	xx	xx		

### 3.2.4 AUTÖKOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG DER GEFUNDENEN ARTEN

Während der Untersuchung wurden 29 Arten und Gattungen gefunden; 20 Crustacea, 8 Oligochaeta und 1 Polychaeta. Nachfolgend sollen diese Arten anhand ihrer Eigenschaften – soweit bekannt –, wie Verbreitung, saprobielle Einstufung, Auftreten in biozönotischen Regionen und Ernährungsweise einer autökologischen Charakterisierung unterzogen werden. Da die einzelnen Arten anhand von Photos nicht zu unterscheiden sind, wird für jede Familie repräsentativ nur jeweils eine Art mit Bild dargestellt.

KLASSE: CRUSTACEA

Ordnung Cyclopoida

***Diacyclops bisetosus***

Verbreitung: kosmopolitische Art. (EINSLE 1993)

Lebensraum: *D. bisetosus* kommt in perennierenden und periodisch austrocknenden Kleingewässern vor, wobei die Art sehr gut auf das Überdauern von Trockenzeiten angepasst ist (Diapause). Weitere Biotope dieser Art sind wassergefüllte Baumhöhlen und moorige oder salzige Kleintümpel, aber auch im Grundwasser ist er nicht selten zu finden (EINSLE 1993, GAVIRIA 1998).

***Diacyclops crassicaudis***

Verbreitung: in ganz Europa weit verbreitet

Lebensraum: *D. crassicaudis* kommt in allen Gewässern vor. Im Litoral von Seen, aber auch im Grundwasser, ist die Art relativ häufig anzutreffen.

***Diacyclops languidoides***

Verbreitung: Hinter dem Namen *D. languidoides* steht ein bisher wenig bearbeiteter Komplex von Arten. Die Artgruppe ist mit seinen zahlreichen Unterarten im Grundwasser in ganz Europa weit verbreitet und häufig (z.B. GRAETER 1910, KIEFER 1926, GURNEY 1927, KIEFER 1931, KIEFER 1933, STERBA 1955, STERBA 1956, PETKOVSKI 1957, PETKOVSKI 1971, PESCE 1984, PESCE & GALASSI 1985, PESCE & GALASSI 1987, PESCE 1992, PESCE 1994, POSPISIL 1999, STOCH & POSPISIL 2000 a, STOCH & POSPISIL 2000 b, REID 2001, MATZKE 2006).

Lebensraum: Grundwasser, **stygbiont**



Bild: *Diacyclops languidoides*  
LILLJEBORG 1901 (Photo: IGÖ GbR)

***Diacyclops languidus***

Verbreitung: Die taxonomisch wie *D. langoidoides* schwierige Gruppe ist in Kleingewässern aller Art in ganz Mitteleuropa verbreitet. Einige Unterarten leben im Grundwasser und in Höhlen (EINSLE 1993, GAVIRIA 1998).

Lebensraum: **stygophil**

***Graeteriella unisetigera***

Verbreitung: Das Verbreitungsgebiet der Art reicht von den Pyrenäen über Mitteleuropa einschließlich England und Italien bis zum Balkan (LESCHER-MOUTOUÉ 1973, 1986 KIEFER 1959, 1926, 1957, FUCHS 2007, HAINE 1946, NOLL & STAMMER 1953, WEGELIN 1966, Husmann 1956, HYUS & BOXHALL 1991, RONNEBERGER 1975, EINSLE 1993)

Saprobielle Einstufung: wahrscheinlich oligosabrob (HUSMANN 1956 a, b, 1964)

Lebensraum: Diese kaltstenotherme Art (WEGELIN 1966) kommt vor allem in grundwasserführenden sandig-kiesigen Ablagerungen der Talauen mit Schwerpunkt uferferner Bereiche vor, aber auch im Hangschuttgrundwasser und in Quellaustritten (Husmann 1956a, Ronneberger 1975). In England wurde sie auch in feuchtem Moos und im Torfmoor gefunden; **stygobiont**.

***Paracyclops fimbriatus***

Verbreitung: kosmopolitische Art (EINSLE 1993, GAVIRIA 1998)

Saprobielle Einstufung: Die Art scheint eine hohe Toleranz gegenüber mit Abwässern belasteten Biotopen zu besitzen (EINSLE 1993).

Lebensraum: *P. fimbriatus* lebt vorwiegend am Substrat in perennierenden Kleingewässern, im Profundal und Litoral von Seen. Er kommt auch relativ häufig in Fließgewässern vor, ebenso häufig wurde er subterrän, in Höhlen und Grotten, gefunden (KIEFER 1957, 1958, 1959, RUMM 1993, STEENKEN 1998, FUCHS 2007).

***Paracyclops poppei***

Verbreitung: verstreut in ganz Mitteleuropa (EINSLE 1993, GAVIRIA 1998, SCHMINKE 2007)

Lebensraum: *P. poppei* besiedelt ähnliche Habitate wie *P. fimbriatus*, ist jedoch wesentlich seltener (EINSLE 1993, GAVIRIA 1998, SCHMINKE 2007).

**Ordnung: Harpacticoida**

**Familie Chappuisiidae**

***Chappuisius singeri***

Verbreitung: Bisläng nur aus Deutschland und Tschechien bekannt. Fundorte liegen im Einzugsgebiet des Rheins, des Mains, der Sieg, Weser, Leine, Oker, Lahn, der Saale, Orla und Schwarza und im Südharz (CHAPPUIS 1940, GLATZEL 1989, FUCHS 2007, HAINE 1946, HEYNING 1977, HUSMANN 1956 a, b, 1964, 1976 a, KIEFER 1960 a, b, KLIE 1950, KULHALVY 1961, NOLL 1939, NOLL & STAMMER 1953, STERBA 1969, RONNEBERGER 1975, SCHMIDT 1994, SCHMINKE et al. 2007, SPANGENBERG 1973 b, RUMM 1993, RUMM et al. 1998).

Saprobielle Einstufung: wahrscheinlich oligosabrob (HUSMANN 1956 a, b, 1964)

Lebensraum: Grundwasser fluviatiler Sand- und Kiesaufschüttungen mit Schwerpunkt uferfernen Bereich (HUSMANN 1956 a, b, 1964); **stygbiont**



Bild: *Chappuisius singeri* CHAPPUIS 1940 (Photo: IGÖ GbR)

**Familie Canthocamptidae**

***Bryocamptus (Bryocampus) minutus***

Verbreitung: ganz Mitteleuropa

Lebensraum: in allen aquatischen und aquatilen Biotopen zu finden, **euryök**

### Familie Parastenocarididae

#### *Parastenocaris phreatica*

Verbreitung: Die Art ist über das gesamte Norddeutsche Tiefland verbreitet (JANETZKY et al. 1996), weitere Fundorte liegen in Tschechien (KULHAVY 1960, 1961, ROUCH 1986, STERBA 1969) und im ehemaligen Jugoslawien (CHAPPUIS 1936).

Lebensraum: Grundwasser (JANETZKY et al. 1996), **stygobiont**

#### *Parastenocaris phyllura*

Verbreitung: Nachweise liegen innerhalb Mitteleuropas in den Niederlanden, Norddeutschland, Polen, Tschechien und Österreich vor (GAVIRIA 1998, GLATZEL 1989, 1990, HUSMANN 1956 a, 1962 a, 1962 b, 1964, 1971, KIEFER 1960, 1963, KULHAVY 1961, NOLL & STAMMER 1953, NOODT 1952, 1956, SCHMINKE & NOTENBOOM 1990, STEENKEN 1998, STERBA 1969, WEGELIN 1966).

Lebensraum: in frischem und oligohalinem Grundwasser, in limnisch und oligohalin beeinflussten Sandfeuchtböden (GAVIRIA et al. 1999, 1996), **stygobiont**

### Familie Bathynellidae

#### *Bathynella natans*

Verbreitung: Die Arten der Gattung *Bathynella* wurden lange Zeit als ‚Sammelart‘ *Bathynella natans* geführt. Erst JAKOBI (1954) differenzierte die Tiere von unterschiedlichen Standorten anhand der Mandibelform in 4 Rassen. Untersuchungen von SERBAN (1966 a, b) und HUSMANN (1968) führten dazu, dass diese Rassen in den Artstatus gehoben wurden. Genauere Betrachtungen von speziellen Merkmalen (SERBAN 1973, SCHMINKE 1988) führten letztendlich zu einer Aufspaltung in drei Gattungen mit sechs Arten für Deutschland. Aufgrund der sehr spät erfolgten taxonomischen Bearbeitung der Gruppe ist es schwierig, aus älteren Arbeiten eine Verbreitung der einzelnen Arten abzuleiten, da letztendlich nicht bekannt ist, welche Art von den Autoren unter der Bezeichnung *Bathynella natans* gemeldet wurde.

Lebensraum: Die Tiere gelten als ausgesprochene Stillwasserformen. Sie leben im Lückensystem oder größeren unterirdischen Wasseransammlungen (Höhlen, Brunnen), **stygobiont**.

Ernährungsweise: räuberisch (kleinere Organismen) wie detritivor (JAKOBI 1954)



Bild: *Bathynella spec.* (Photo: IGÖ GbR)

### Familie Niphargidae

#### *Microniphargus leruthi*

Verbreitung: Vereinzelt Fundorte liegen in Belgien (Lüttich), im Einzugsgebiet der Weser, Leine, Oker, und im Rheineinzugsgebiet sowie zwei weitere Fundorte in Irland (FUCHS 2007, HAINE 1946, HUSMANN 1956 a, 1962 b, 1964, 1971, SCHELLENBERG 1942, SPANGENBERG 1973 a, b, ARNSCHIEDT et al. 2009).

Lebensraum: Im interstitiellen Grundwasser von Sand- und Kiesablagerungen entlang von Flüssen, sekundär auch in Höhlen, **stygobiont**.

#### *Niphargellus nollii*

Verbreitung: Fundorte dieses mit 2 -2,5 mm relativ kleinen Vertreter der Niphargen sind bekannt aus dem Einzugsgebiet des Rheins, des Mains, der Weser, Leine und Oker, und im Siegtal. Einzelfunde gibt es bei Saarbrücken und bei Erlangen (HAHN 2006, HAHN et al. 2006, HUSMANN 1956 a, 1962 b, 1964, 1971, KARAMAN & RUFO 1986, SCHELLENBERG 1938, 1939, 1942 a, NOLL & STAMMER 1953).

Lebensraum: Ruhiges Grundwasser, auch in uferfernen Sand- und Schotterbereichen (SCHELLENBERG 1942, SCHMINKE 2007), **stygobiont**.

Ernährungsweise: detritivor, vom Eintrag von Pflanzenresten von der Oberfläche abhängig (SCHELLENBERG 1942)

***Niphargus aquilex***

Verbreitung: *Niphargus aquilex* ist die am weitesten verbreitete Art dieser Gattung. Fundorte liegen aus ganz Deutschland mit Ausnahme der norddeutschen Tiefebene vor. Ein einzelner Fundort in Helgoland gilt mittlerweile als erloschen. Außerdem kommt die Art in England, Frankreich, Belgien, Niederlande, Österreich, Tschechien sowie in Italien vor. (FUCHS et al. 2006, HAHN 2006, HUSMANN 1956 a, 1962 b, 1964, 1971, 1976 b, HUSSON & GRAF 1961, KARAMAN 1982, MÜHLBERGER 1954, SCHELLENBERG 1932 a und b, 1933, 1938 b, 1939, 1942 a, NOLL & STAMMER 1953, SKALSKI 1970, SPANGENBERG 1973, STRASKRABA 1956).

Saprobielle Einstufung: Unempfindlich gegen Temperaturschwankungen, jedoch empfindlich gegenüber Sauerstoffmangel. Die Art beschränkt sich auf chemisch unbelastete Gewässer (PUST 1990).

Lebensraum: Die Art wurde im hyperheischen Interstitial, in Brunnen, in Tropf- und Sickerwasser der vadosen Zone von Höhlen und in Quellbereichen gefunden. Zeitweise tritt diese Art auch oberirdisch in Gräben und Bächen auf (PUST 1990).

Ernährungsweise: omnivor.

***Niphargus cf. fontanus***

Verbreitung: Die Art ist in Europa sehr weit verbreitet, Fundorte liegen aus Südengland, Belgien, Frankreich, Deutschland, Österreich und Polen vor. In Deutschland fehlt die Art in der norddeutschen Tiefebene. (EGERT 1998, FUCHS 2007, GLEDHILL 1980, GLEDHILL et al. 1993, HUSMANN 1956 a, JERSCHE 1963, KARAMAN & RUFO 1986, SCHELLENBERG 1942 a, SPANGENBERG 1973 a).

Saprobielle Einstufung: Kurzfristige Sauerstoffschwankungen werden ertragen, chemische Belastungen des Wassers ebenfalls (SCHMINKE 2007). Die Art ist gegenüber Störungen unempfindlich, ebenso gegen erhöhte Phosphat-, Nitrat-, Nitrit- Ammonium-, Natrium- und Chloridwerte (PUST 1990)

Lebensraum: *N. fontanus* ist eine kräftige und robuste Art, die sich aufgrund der zahlreichen Fundorte nur schlecht biotopisch einordnen lässt. Die Art findet sich im hyperheischen Interstitial vor allem größerer Schotter, in Brunnen, Quellen bis in höhere Gebirgsregionen der Alpen, in Tropf- und Sickerwasser und in Höhlenseen. Anscheinend bevorzugt die Art sedimentreiche Gewässer (SCHELLENBERG 1942, JERSCHE 1963, GLEDHILL 1980, PUST 1990, SCHMINKE et al. 2007), **stygobiont**.

Ernährungsweise: Omnivor, bei Hälterungsversuchen kam die Art sowohl mit Pflanzennahrung (Eschenblätter) als auch Fleischnahrung sehr gut zu recht (RUMM 1999).

### Familie Bogdiellidae

#### *Bogdiella albertimagni*

Verbreitung: Einzige in Mitteleuropa vorkommende Art der ansonsten kosmopolitisch verbreiteten Gattung. Fundorte in Deutschland liegen im Weser-Leine-Gebiet, im Rheingraben und im baden-württembergischen Allgäu (FUCHS 2007, HERTZOG 1936, HUSMANN 1956 a, 1962 b, 1964, 1971).

Lebensraum: uferfernes Grundwasser in fluviatilen Sand- und Kiesaufschüttungen (HUSMANN 1962), **stygobiont**



Bild: *Bogdiella albertimagni* HERTZOG 1933 (Photo: IGÖ GbR)

### Familie Crangonyctidae

#### *Crangonyx subterraneus*

Verbreitung: Die Art ist in ganz Mitteleuropa weit verbreitet. Fundorte liegen von Südengland bis zum ungarischen Randgebirge vor (SCHMINKE 2003, SCHELLENBERG 1942).

Lebensraum: die Art ist ökologisch sehr flexibel und bewohnt alle unterirdischen Habitate, **stygobiont**

## Familie Asellidae

### *Proasellus cavaticus*

Verbreitung: Die Art ist im ganzen west- und mitteleuropäischen Raum weit verbreitet. Zahlreiche Fundorte liegen aus Südeuropa, Deutschland, Frankreich, Belgien, Luxemburg, Italien, aus der Schweiz und dem ehemaligen Jugoslawien vor (CHAPPUIS 1948, KARAMAN 1955, ARGANO 1979, HENRY 1976, HENRY & MAGNIEZ 1983, PUST 1990, HAINE 1945, GLEDHILL et al. 1993, FUCHS et al. 2006).

Lebensraum: Aufgrund ihrer Körpergröße von rund 1 cm bevorzugt diese Art größere Wasseransammlungen in Höhlen, aber auch zwischen Geröllen und in Spalten. Im Lückensystem größerer Fließgewässer findet man sie nur, wenn feiner Sand fehlt, und das Substrat aus Steinen und Kies besteht (SKET 1963). Bereiche mit stärkerer Wasserbewegung und Strömung meidet sie, **stygobiont**.

Ernährungsweise: Im Gegensatz zu verwandten Grundwasserasseln, die auch Aas als Nahrung nutzen (GRUNER 1965, SKET 1963), ernährt sich *P. cavaticus* ausschließlich von verrottendem Pflanzenmaterial (HUSSON & DAUM 1955).



Bild: *Proasellus cavaticus* LEYDIG 1871 (Photo: S. Zaenker, Landesverband für Höhlen- und Karstforschung Hessen e.V.)

KLASSE: CLITELLATA

Ordnung Oligochaeta

**Familie Aelosomatidae**

***Aelosoma hyalinum***

Verbreitung: Holland, Deutschland, Österreich (BRINKHURST 1971)

Lebensraum: selten in Krenal, hauptsächlich in Rhitral und Epipotamal (MOOG 2002), **stygobiont** (GAVIRIA, pers. Mitteilung)

**Familie Dorydrilidae**

***Dorydrilus michaelsoni***

Verbreitung: Schweiz, Österreich und Britische Inseln (BRINKHURST 1971), Deutschland (WEGELIN 1966, FUCHS et al. 2006).

Saprobielle Einstufung: xeno- bis oligosaprob, SI = 0,5 (MOOG 2002)

Lebensraum: Sehr häufig im Grundwasser der österreichischen Donauauen (GAVIRIA et al. 1998, POSPISIL 1994) sowie in jenem der Rhone (JUGET 1984); vorkommen in großen Fließgewässern nur nach Eintritt von Quellen oder kleineren Bächen vor (GAVIRIA & GAVIRIA, eingereicht); vorkommen im Hyporheal, nicht im Benthos (WARD & UEHLINGER 2003); **stygobiont** (MÖSSLACHER & HAHN 2003).

Ernährungsweise: detritivor (MOOG 2002)

**Familie Enchytraeidae**

***Cernosvitoviella atrata***

Verbreitung: Österreich, Schweiz, Dänemark, Britische Inseln (BRINKHURST 1971), Deutschland (SPANGENBERG 1973 b, FUCHS et al. 2006).

Lebensraum: Vorkommen im Hyporheal und Benthos (WARD & UEHLINGER 2003), am häufigsten in Gletscher- u. anderen Hochgebirgsbiotopen Nordostitaliens (LENCIONI et al. 2004); **stygophil**.



Bild: *Cernosvitoviella atrata* BRETSCHER 1903 (Photo: IGÖ GbR)

### ***Marionina riparia***

Verbreitung: Dänemark, Armenien, Karpaten, ehemalige UdSSR (NIELSEN & CHRISTENSEN 1961), Österreich (MOOG 2002)

Saprobielle Einstufung: von oligo- bis  $\beta$ -mesosaprob, SI = 1,5 (MOOG 2002)

Lebensraum: Wenige Angaben, hauptsächlich in Eukrenal und Hypokrenal (MOOG 2002), **stygophil**

### ***Mesenchytraeus armatus***

Verbreitung: Deutschland (FUCHS et al. 2006), Schweiz, Österreich, Dänemark, Polen, ehemalige UdSSR (NIELSEN & CHRISTENSEN 1961)

Saprobielle Einstufung: von xeno- bis  $\beta$ -mesosaprob, SI = 1,1 (MOOG 2002)

Lebensraum: Wenige Angaben, hauptsächlich von Eukrenal und Hypokrenal, Metarhitral und Hyporhitral (MOOG 2002); in kreno-rhitral und glacio-rhitral (LENCIONI et al. 2004); in Österreich auch im Potamal gefunden (GAVIRIA et al. 1998; GAVIRIA-MELO & GAVIRIA, eingereicht); in Benthal und Hyporheal (WARD & UEHLINGER 2003); häufig in Boden von Wäldern und Sümpfen (NIELSEN & CHRISTENSEN 1961); **stygophil** (Einwanderung in isolierten Donauauen durch das Grundwasser) (GAVIRIA et al. 1998).

### Familie Naididae

#### *Pristina proboscidea*

Verbreitung: Südamerika, Süd- und Ostasien, Australien, Britische Inseln (BRINKHURST 1971), Österreich (MOOG 2002, GAVIRIA-MELO & GAVIRIA, eingereicht)

### Familie Tubificidae (*Potamothrix* / *Tubifex* sp.)

#### *Potamothrix hammoniensis*

Verbreitung: Holarktis

Saprobielle Einstufung: von oligo- bis polysaprob, hauptsächlich mesosaprob, SI = 2,7

Lebensraum: Hyporhithal u. gesamtes Potamal, Litoral u. verstärkt Profundal, **pelobiont**

Ernährungsweise: Detritusfresser

#### *Tubifex tubifex*

Vorkommen: Kosmopolit

Saprobielle Einstufung: hauptsächlich in polysaprob, vereinzelt von oligo- bis  $\alpha$ -mesosaprob, SI = 3,6

Lebensraum: in allen Regionen vorkommend, Litoral u. Profundal; Sand-Schlamm, verschiedenste Gewässertypen

Ernährungsweise: Detritusfresser (Schlamm, Bakterien)

### Ordnung Polychaeta

### Familie Nerillidae

#### *Troglochaetus beranecki*

Verbreitung: *T. beranecki* gilt als echtes Tertiärrelikt (CHAPPUIS 1927, STAMMER 1937, THIENEMANN 1950, NOLL & STAMMER 1953), welches seinen Verbreitungsschwerpunkt im Bereich der ehemaligen tertiären Flachmeere hatte und sich hier über das gesamte Grundwasser Europas ausbreitete. Fundorte von zum Teil sehr großen Populationen in Europa liegen von flussbegleitenden Aquiferen von Rhône, Rhein, Main, Weser, Elbe, Oder und Donau vor (ANKEL 1934, HERTZOG 1930, STAMMER 1936, NOLL 1939, HUSMANN 1956 a, b, 1962 a, 1971, TILZER 1973, RONNEBERGER 1975, DOLE-OLIVIER et al. 1993, STEENKEN 1998, POSPISIL 1993, SCHMINKE 2003), der nördlichste gelegene Fundort liegt in Finnland (SÄRKKÄ & MÄKELÄ 1998),

der höchst gelegene im Arlberggebiet um 2.000 m (Moostal, Österreich, TILZER 1968). Ein Fundort liegt von Nordamerika (Colorado, PENNAK & WARD 1986) vor.

Saprobielle Einstufung: kaltstenotherme Art mit geringen Ansprüchen an die Wasserchemie (HUSMANN 1966, SCHMINKE 2003)

Lebensraum: Oberflächennahes wie tiefes Grundwasser im Einflussbereich großer Fließgewässer, **stygobiont**

Ernährungsweise: detritivor, auch räuberisch (kleinere Organismen, SCHMINKE 2003)



Bild: *Troglochaetus beranecki* DELACHAUX 1920 (Photo: IGÖ GbR)

### 3.2.5    STATISTISCHE AUSWERTUNG DER FAUNENVERTEILUNG

Für die statistische Auswertung der Grundwasserfauna wurden die Datensätze der Beprobungen 2008 und 2009 herangezogen. Ausgewertet wurden alle Arten und Taxa. Um zu Aussagen in Bezug auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften zu kommen, wurden jene Messstellen einbezogen, die mit jeweils mehr als einer Art/Taxa besiedelt waren. Unbesiedelte Messstellen blieben ebenfalls unberücksichtigt.

Auf Vergleiche mit den 2008er Daten wird weitgehend verzichtet, da zu diesem Zeitpunkt nur die Crustacea, Oligochaeta und der Polychaet *Troglochaetus beranecki* Berücksichtigung fanden. Insofern erfolgt die jetzige Auswertung auf einer breiteren Datenbasis, sowohl von der Anzahl der einbezogenen Messstellen wie auch der höheren Anzahl an Taxa.

#### 3.2.5.1    VERTEILUNG DER FAUNA ENTSPRECHEND DEM AQUIFERTYP

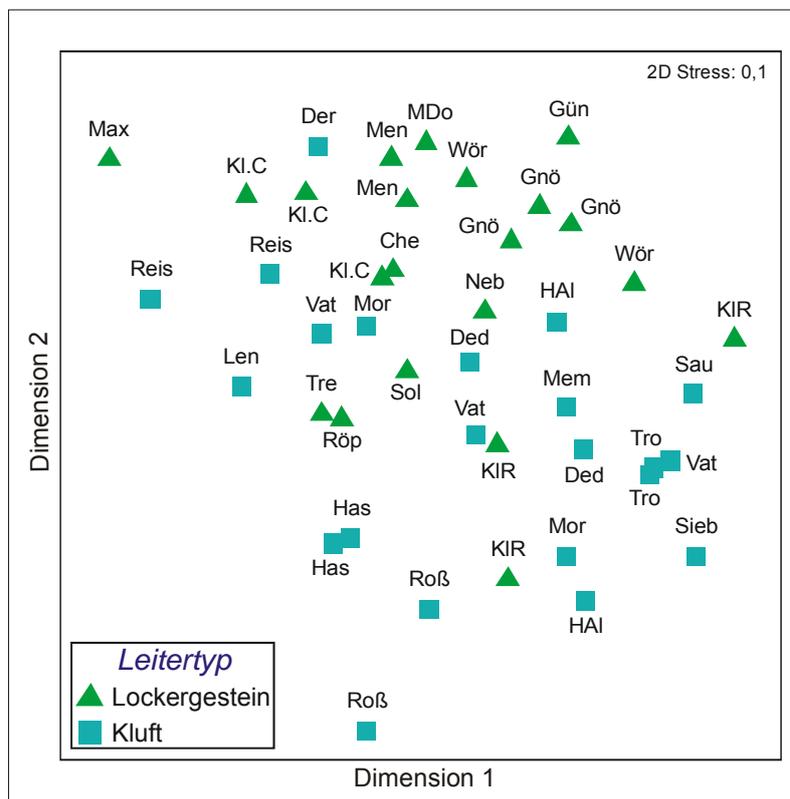
Der Aquifertyp (Leitertyp) hat normalerweise entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Grundwasserlebensgemeinschaften (HAHN & FUCHS 2009). Entsprechend ihrer Hydrogeologie lassen sich in Sachsen-Anhalt die BZE den entsprechenden Aquifertypen

Lockergestein oder Kluft zuordnen. Hieraus lassen sich Erkenntnisse über die Verteilung der Crustacea-Arten auf regionaler Ebene gewinnen.

Für die nachfolgende MDS wurden die MST des Quartären Nordraums (Elbe-Einzugsgebiet), der Niederterrasse, der glazi-fluviatilen Sande und Kiese und des Tertiärs dem Aquifertyp „Lockergestein“ zugeordnet. Der Festgesteinsleiter „Kluft“ wird durch die MST des Buntsandsteins, dem Muschelkalk der silikatischen und karbonatischen Wechselfolgen, der BZE Sediment/Grundgebirge silikatisch bzw. den sauren Magmatiten repräsentiert.

Im Ergebnis führte die MDS zu einer sehr schwachen Gruppierung der Aquifertypen, wie in Abb. 3-5 ersichtlich.

Die Unähnlichkeit der Aquifertypen, die anhand einer ANOSIM-Analyse ermittelt wurde, war mit einem errechneten Wert von  $r = 0,125$  ( $p = 0,1$ ;  $N = 44$ ) innerhalb einer Spannweite von 0 bis 1 (1 = völlige Unähnlichkeit) sehr niedrig. Eine eindeutige Abgrenzung beider Aquifertypen anhand der Fauna ist demnach nicht erkennbar.



**ABBILDUNG 3-5: Leitertypen:** MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten. Die Aquifertypen (Leitertypen) sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt. Den Aquifertypen wurden folgende BZE zugeordnet: Kluft (BST, MK, sWF, kWF, SedGGsil, sMag) oder Lockergestein (QN, NT, gfSK, TER).

Abstandsmaß: Bray-Curtis-Index,  $N = 44$ . Die Namen der MST wurden aus Gründen der besseren Darstellbarkeit gekürzt (siehe Verzeichnis der Abkürzungen).

Mit der zu Grunde liegenden Datenbasis wurde eine SIMPER-Analyse durchgeführt (Tabelle 3-3). Mit diesem statistischen Verfahren lässt sich die durchschnittliche Ähnlichkeit zwischen den MST einer Gruppe (hier Leitertypen) ermitteln. Weiterhin werden die Arten und Taxa identifiziert, die maßgeblich zur Zusammensetzung der Artengemeinschaft beitragen.

Die durchschnittliche Ähnlichkeit in der Faunenzusammensetzung war bei beiden Leitertypen gering. In den MST der Lockergesteinsleiter betrug sie 15,5 %, in denen der Kluffleiter nur 13,9 %. Dennoch werden beim Vergleich der Arten und Taxa, die am meisten zur Zusammensetzung der Faunengemeinschaften beitragen, Unterschiede deutlich. Während in den Lockergesteinsleitern überwiegend Nicht-Crustaceen (*Nematoda*, *Bathynella natans*, *Dorydrilus michaelsoni*, *Acheata sp.*) die höchsten prozentualen Beiträge zur Artenzusammensetzung liefern, sind es in den Kluffleitern mit Ausnahme der *Nematoda* die Crustacea. Weiterhin fehlen in den Lockergesteinsleitern die größeren Crustacea weitgehend.

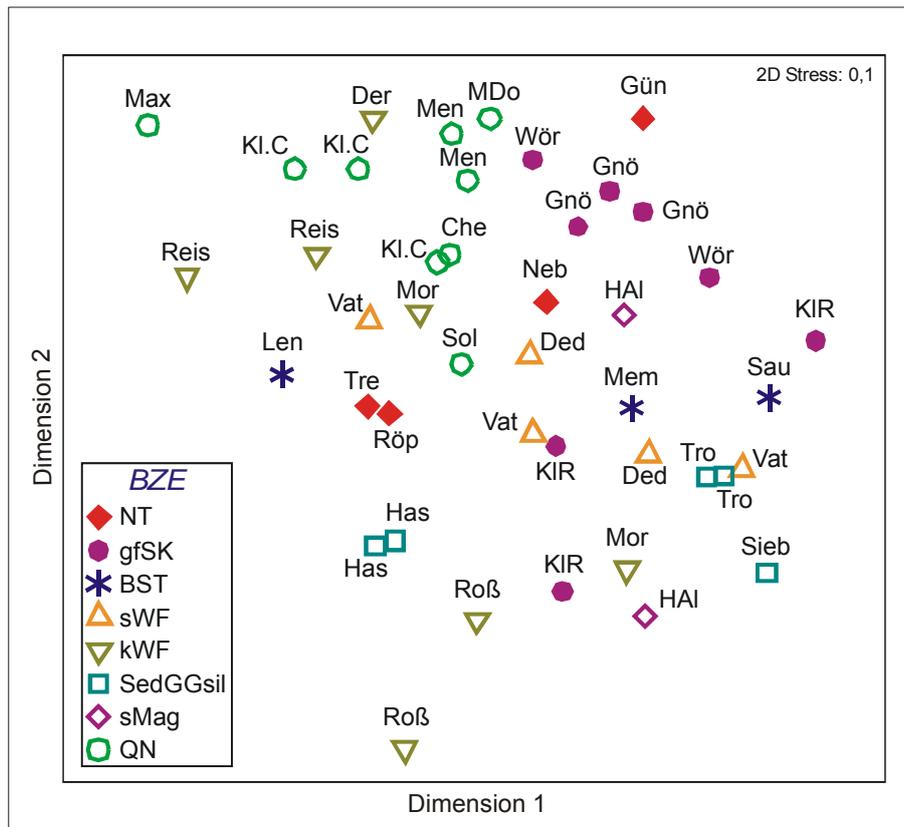
TABELLE 3-3: SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der Leitertypen anhand der Fauna.

Leitertyp	Durchschnittl. Ähnlichkeit	Taxon	prozentualer Beitrag der Art	kumulativer Beitrag
Locker	15,5	Nematoda	33,9	33,9
		Bathynella natans	22,4	56,3
		Dorydrilus michaelsoni	9,9	66,2
		Achaeta sp.	9,4	75,6
		Parastenocaris phyllura	7,0	82,5
		Acari	5,1	87,7
		Diacyclops languidoides	3,6	91,2
Kluft	13,9	Diacyclops languidus	34,5	34,5
		Troglochaetus beranecki	15,5	50,1
		Diacyclops languidoides	15,4	65,5
		Nematoda	11,3	76,7
		Cryptocandona sp.	7,9	84,6
		Chappuisius singeri	4,2	88,8
		Crangonyx subterraneus	3,1	91,9

**3.2.5.2 VERTEILUNG DER FAUNA ENTSPRECHEND DEN HYDROGEOLOGISCHEN BEZUGSEINHEITEN (BZE)**

Für die Analyse der Verteilung der Arten und Taxa in den 10 BZE wurde die MDS entsprechend modifiziert (Abb. 3-6).

Die 44 mit mehr als einer Art/ einem Taxon besiedelten MST (Beprobungen) führten hierbei zu einer unscharfen Trennung zwischen den BZE. Einzelne BZE wie der Quartäre Nordraum oder die glazi-fluviatilen Sande und Kiese lassen eine Gruppierung der zugehörigen Messstellen erkennen. Die Unähnlichkeit der BZE („die Trennschärfe“) wurde anhand einer ANOSIM-Analyse ermittelt. Der errechnete Wert von  $r = 0,314$  ( $p = 0,01$ ;  $N = 44$ ) innerhalb einer Spannweite von 0 bis 1 (1 = völlige Unähnlichkeit) ist schwach, jedoch deutlich höher als der für die Hydrochemie ermittelte Wert von  $r = 0,087$ .



**ABBILDUNG 3-6: BZE:** MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten. Die BZE sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt.

Abstandsmaß: Bray-Curtis-Index, N = 44. Die Namen der MST wurden aus Gründen der besseren Darstellbarkeit gekürzt (siehe Verzeichnis der Abkürzungen).

Mit der zu Grunde liegenden Datenbasis wurde wiederum eine SIMPER-Analyse durchgeführt (Tabelle 3-4).

Die höchste Ähnlichkeit wurde für die MST der sauren Magmatite (37,7 %) ermittelt. Allerdings muss bei diesem Ergebnis berücksichtigt werden, dass nur die MST Halle-Landesmuseum mehr als 1 Taxon aufwies. Die Präsenz von Oligochaeta der Gattung *Pothamotrix/Tubifex* in beiden Proben (kein anderes Taxon war in beiden Proben präsent) führte zur rechnerischen Dominanz dieses Taxons.

Die BZE Tertiär und Muschelkalk waren sehr schwach besiedelt, weshalb sie nicht in die Berechnung eingingen.

Die Ergebnisse der anderen BZE sind belastbarer, wenn auch die durchschnittlichen Ähnlichkeiten eher niedrig sind. Diese schwanken zwischen 31,8 % im Quartären Nordraum und 22,2 % im den glazi-fluviatilen Sanden und Kiesen. Wie bereits bei der statistischen Auswertung der Leitertypen angedeutet, sind es in den Messstellen der BZE in den Lockergesteinsleitern eher Nicht-Crustacea, die die höchsten Beiträge zu Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften

liefern. Beispielhaft sei hier der Quartäre Nordraum erwähnt, wo die Nematoda mit 79,2 % dominierend sind. In den Messstellen der BZE der Kluffleiter spielen die Crustacea eine deutlich größere Rolle bei der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften. Ebenso interessant ist die Artenzusammensetzung der BZE gfSK, da es sich bei **allen** Spezies und reine Grundwasserbewohner handelt.

Die geringe Ähnlichkeit von 11,8 % in den MST der karbonatischen Wechselfolgen erscheint aufgrund der steten und diversen Besiedlung als irreführend. Sie erklärt sich aber aus dem Fakt, dass das Artenspektrum je Beprobung sehr unterschiedlich war.

Eine der geringsten Ähnlichkeiten mit lediglich 12,9 % wiesen die MST des Buntsandsteins auf. Hier hatte die gute Besiedlung MST Memleben (aufgrund einer veränderten Hydrochemie) nur einen geringen Effekt auf die durchschnittliche Ähnlichkeit, da die restlichen MST des Buntsandsteins nur sehr schwach besiedelt waren.

Eine Auswertung mit über die BZE aggregierten Daten erbrachte keine sinnvollen Ergebnisse.

TABELLE 3-4: SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der BZE anhand der Fauna.

BZE	Durchschnittl. Ähnlichkeit	Taxon	prozentualer Beitrag der Art	kumulativer Beitrag
QN	31,8	Nematoda	79,2	79,2
		<i>Parastenocaris phreatica</i>	7,3	86,4
		<i>Cernosvitoviella atrata</i>	6,5	92,9
NT	20,2	Acari	37,4	37,4
		<i>Diacyclops languidoides</i>	37,4	74,8
		<i>Achaeta</i> sp.	25,2	100,0
gfSK	22,2	<i>Bathynella natans</i>	58,6	58,6
		<i>Troglochaetus beranecki</i>	15,6	74,2
		<i>Dorydrilus michaelsoni</i>	12,5	86,6
		<i>Parastenocaris phyllura</i>	10,5	97,2
TER	-	weniger als 2 Arten in den Einzelproben		
MK	-	weniger als 2 Arten in den Einzelproben		
BST	12,9	<i>Troglochaetus beranecki</i>	100,0	100,0
sWF	26,3	<i>Diacyclops languidus</i>	41,1	41,1
		<i>Chappuisius singeri</i>	26,2	67,3
		<i>Diacyclops languidoides</i>	12,0	79,3
		Nematoda	11,1	90,4
kWF	11,8	Nematoda	46,5	46,5
		<i>Crangonyx subterraneus</i>	19,2	65,7
		<i>Cryptocandona</i> sp.	12,4	78,1
		<i>Paracyclops fimbriatus</i>	8,5	86,6
		<i>Marionina riparia</i>	8,0	94,6
SedGGsil	27,7	<i>Diacyclops languidus</i>	56,2	56,2
		<i>Cryptocandona</i> sp.	21,1	77,3
		<i>Troglochaetus beranecki</i>	13,9	91,2
sMag	37,3	<i>Potamothrix / Tubifex</i> sp.	100,0	100,0

3.2.5.3 VERTEILUNG DER FAUNA ENTSPRECHEND DEN GRUNDWASSERKÖRPERN (GWK)

Die Auswahl der MST erfolgte nach ihrer Zugehörigkeit zu den hydrogeologischen Bezugseinheiten. Die Zugehörigkeit zum jeweiligen Grundwasserkörper spielte bei der Messstellenauswahl hingegen keine Rolle; sie ist also rein zufällig. Umso interessanter ist das Ergebnis der statistischen Auswertung in Bezug auf die Verteilung der Arten und Taxa in den Grundwasserkörpern.

Wie die nachfolgende MDS zeigt (Abb. 3-7), war die Fauna in MST des gleichen, oder von angrenzenden Grundwasserkörpern ähnlich. Der durch die ANOSIM-Analyse ermittelte Wert zeigte mit  $r = 0,375$  ( $p = 0,1$ ;  $N = 44$ ) eine gewisse Unterscheidbarkeit mit erheblicher Unschärfe. Dieses Ergebnis bedeutet, dass die Faunenähnlichkeit in den MST des jeweiligen Grundwasserkörpers leicht über der der BZE lag. Gruppen einzelner MST benachbarter Grundwasserkörper wurden umrandet.

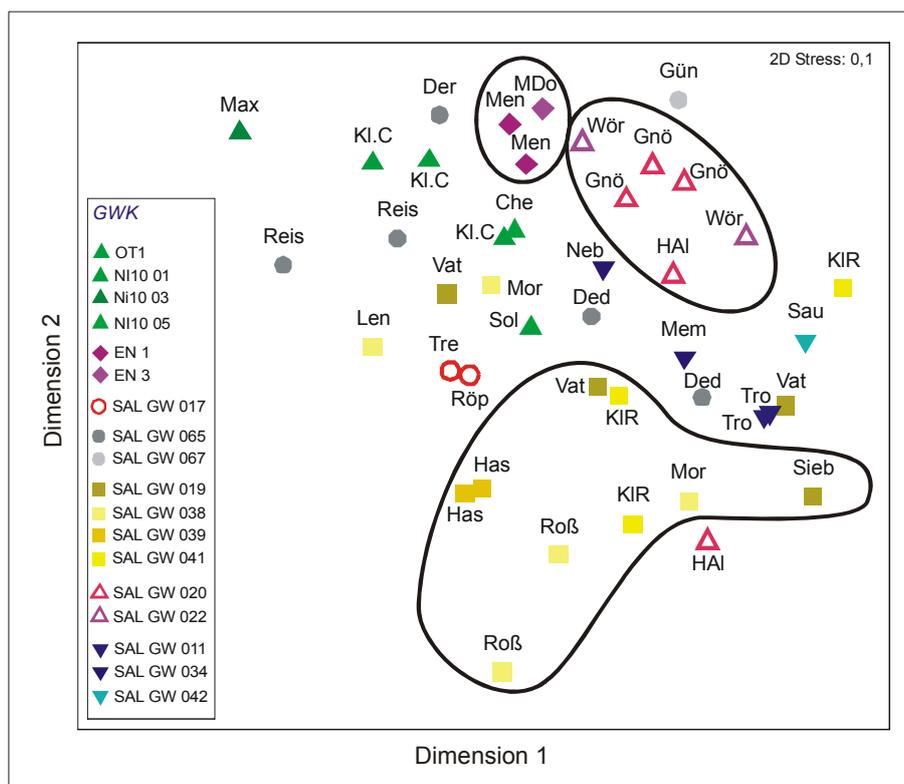


ABBILDUNG 3-7: GWK: MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten. Die GWK sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt.

Abstandsmaß: Bray-Curtis-Index,  $N = 44$ . Die Namen der GWK wurden aus Gründen der besseren Darstellbarkeit gekürzt (z.B. SAL GW 019 = Saale-Einzugsgebiet, Grundwasserkörper 019).

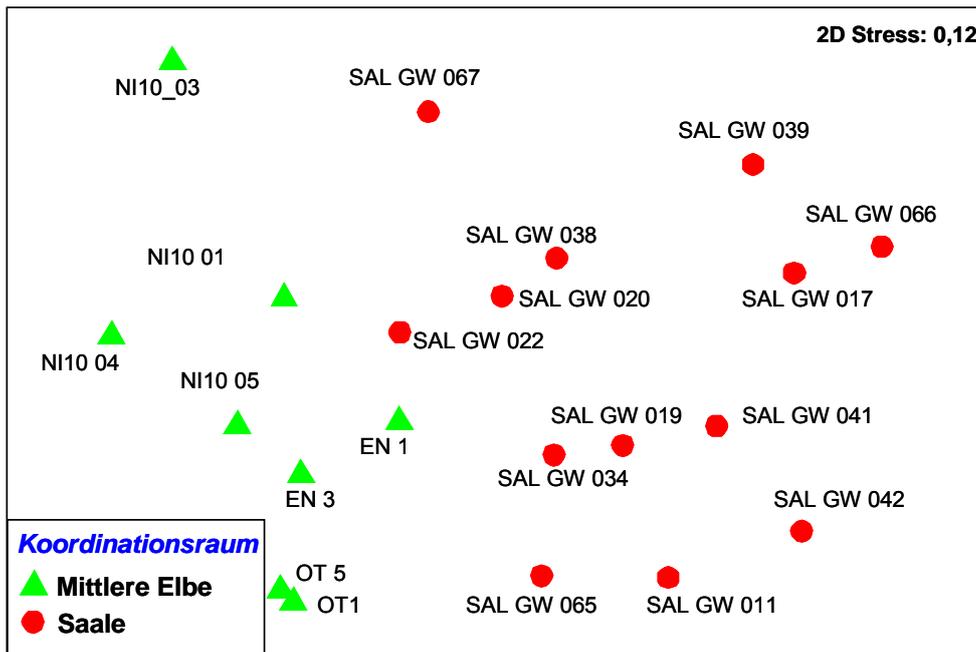
Die Ähnlichkeit (bzw. Unähnlichkeit) der Faunenzusammensetzung in den MST der GWK, wie dies durch die Ergebnisse der MDS gezeigt werden konnte, wurde durch eine SIMPER-Analyse

überprüft (Tabelle 3-5). Hierbei zeigte sich, dass die durchschnittlichen Ähnlichkeiten bis auf wenige Ausnahmen höher sind als die für die BZE ermittelten Ähnlichkeiten. Die Werte bewegten sich in einer Spanne von 9,3 – 98,8 %. Neben der Identifizierung von Arten und Taxa die maßgeblich die Zusammensetzung der Faunenzusammensetzung in den einzelnen GWK bestimmen, lassen sich aber auch interessante Aspekte bei ‚Gruppen‘ zusammenhängender GWK erkennen. Beispielhaft sei hier die ‚Gruppe‘ der Grundwasserkörper SAL GW 19, 38, 39 und 41 angeführt. In dieser ‚Gruppe‘, mit Ausnahme SAL GW 41 tritt der Cylopoide *Diacyclops languidoides* flächendeckend auf und stellt so ein wichtiges Glied der Lebensgemeinschaft dar.

**TABELLE 3-5:** SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der GWK anhand der Fauna. Zusammenhängende GWK wurden gruppiert.

GWK	Durchschnittl. Ähnlichkeit	Taxon	prozentualer Beitrag der Art	kumulativer Beitrag
OT 1	-	weniger als 2 Proben in einer Gruppe		
NI10 01	44,6	Nematoda	57,1	57,1
		<i>Parastenocaris phreatica</i>	21,5	78,5
		<i>Cernosvitoviella atrata</i>	21,5	100,0
NI10 03		weniger als 2 Proben in einer Gruppe		
NI10 05		weniger als 2 Proben in einer Gruppe		
EN 1	73,7	Nematoda	69,7	69,7
		<i>Parastenocaris phyllura</i>	30,3	100,0
EN 3		weniger als 2 Proben in einer Gruppe		
SAL GW 17	90,6	Acari	50,0	50,0
		<i>Diacyclops languidoides</i>	50,0	100,0
SAL GW 65	26,6	Nematoda	39,9	39,9
		<i>Crangonyx subterraneus</i>	37,6	77,5
		<i>Diacyclops languidus</i>	13,9	91,4
SAL GW 67	-	weniger als 2 Proben in einer Gruppe		
SAL GW 19	16,1	<i>Diacyclops languidus</i>	41,1	41,1
		<i>Diacyclops languidoides</i>	32,8	73,9
		<i>Troglochaetus beranecki</i>	26,1	100,0
SAL GW 38	12,2	<i>Diacyclops languidoides</i>	30,3	30,3
		<i>Cryptocandon</i> sp.	25,2	55,5
		<i>Paracyclops fimbriatus</i>	17,3	72,8
		<i>Marionina riparia</i>	16,1	89,0
		<i>Niphargus cf fontanus</i>	11,1	100,0
SAL GW 39	82,9	<i>Cryptocandon</i> sp.	70,6	70,6
		<i>Diacyclops languidoides</i>	29,4	100,0
SAL GW 41	9,3	<i>Troglochaetus beranecki</i>	100,0	100,0
SAL GW 20	42,0	<i>Bathynella natans</i>	43,0	43,0
		<i>Dorydrilus michaelsoni</i>	39,8	82,8
		<i>Potamothenix / Tubifex</i> sp.	8,9	91,7
SAL GW 22	42,0	<i>Bathynella natans</i>	100,0	100,0
SAL GW 11	98,8	<i>Diacyclops languidus</i>	61,0	61,0
		<i>Troglochaetus beranecki</i>	39,0	100,0
SAL GW 34	24,7	<i>Chappuisius singeri</i>	100,0	100,0
SAL GW 42	-	weniger als 2 Proben in einer Gruppe		

Die Bedeutung räumlicher Nähe für die faunistischen Ähnlichkeiten zwischen den GWK werden noch deutlicher, wenn man die Daten über die GWK aggregiert und sie mit den Haupteinheiten der großen oberirdischen Flussgebiete, den sogenannten Koordinationsräumen (KOR), überlagert (Abb. 3-8). Danach ordnen sich die GWK wieder entsprechend ihrer räumlichen Zugehörigkeit und lassen eine Anordnung erkennen, die die KOR und damit auch die oberirdischen Flussgebiete widerspiegelt. Allerdings ist die faunistische Trennung der beiden KOR „Mittlere Elbe“ und „Saale“ nicht eindeutig und es treten erhebliche Überlappungen auf (ANOSIM:  $r = 0,418$ ,  $p = 0,0001$ ).



**ABBILDUNG 3-8:** MDS der über die GWK aggregierten Messstellen auf Grundlage der faunistischen Daten. Berücksichtigt wurden GWK mit mindestens einer Art. Die KOR sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt. Abstandsmaß: Bray-Curtis-Index.

Während die Grundwasserfauna der Mittleren Elbe vor allem durch Nematoden und den Oligochaeten *Dorydrilus michaelsoni* geprägt ist, dominieren an der Saale Krebstiere, bei denen es sich meist um echte Grundwasserarten wie *Diacyclops languidoides*, *Troglochaetus beranecki* oder *Chappuisius singeri* handelt. Die Faunenähnlichkeiten innerhalb beider KOR ist mit 22,56 % für die Mittlere Elbe und 14,68 % für die Saale recht niedrig (Tab. 3-6).

TABELLE 3-6: SIMPER-Analyse: Unterscheidbarkeit der KOR anhand der Fauna

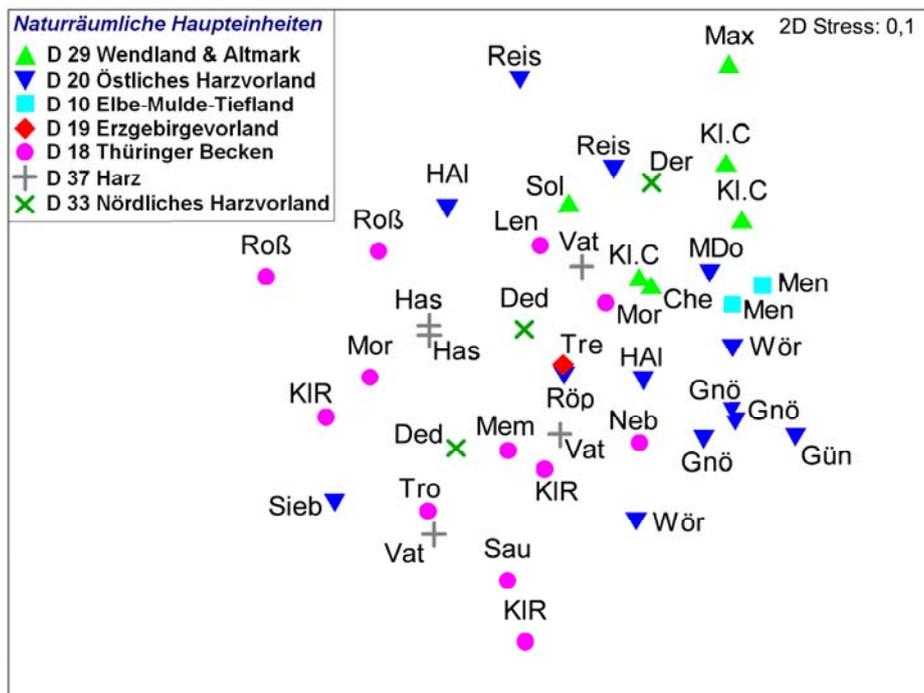
KOR	Durchschnittl. Ähnlichkeit	Taxon	prozentualer Beitrag der Art	kumulativer Beitrag
Mittlere Elbe	22,56	Nematoda	79,8	79,8
		<i>Dorydrilus michaelseni</i>	13,5	93,3
Saale	14,68	<i>Diacyclops languidooides</i>	24,6	24,6
		<i>Diacyclops languidus</i>	18,3	42,8
		<i>Troglochchaetus beranecki</i>	17,1	59,9
		Acari	7,4	67,3
		<i>Achaeta spec.</i>	5,7	73
		<i>Chappuisius singeri</i>	5,2	78,2
		<i>Batyhnella natans</i>	4,3	82,5
		<i>Cryptocandona spec.</i>	3,7	86,3
		Nematoda	3,7	89,9
		<i>Dorydrilus michaelseni</i>	3,1	93

### 3.2.5.4 VERTEILUNG DER FAUNA IN DEN NATURRÄUMLICHEN HAUPT-EINHEITEN (NRHE)

Die Verteilung der Fauna in den naturräumlichen Haupteinheiten zeigt ein interessantes Bild (Abb. 3-9), vergleicht man die MDS mit der tatsächlichen geographischen Lage der Naturraumgruppen. Allerdings ist die Trennung der Gruppen gemäß den naturräumlichen Haupteinheiten nicht deutlich. Die ANOSIM-Analyse zeigt starke Überlappungen zwischen den Gruppen, so dass der errechnete Wert von  $r = 0,218$  ( $p = 0,01$ ,  $N = 44$ ) keine eindeutige Gruppentrennung anzeigt.

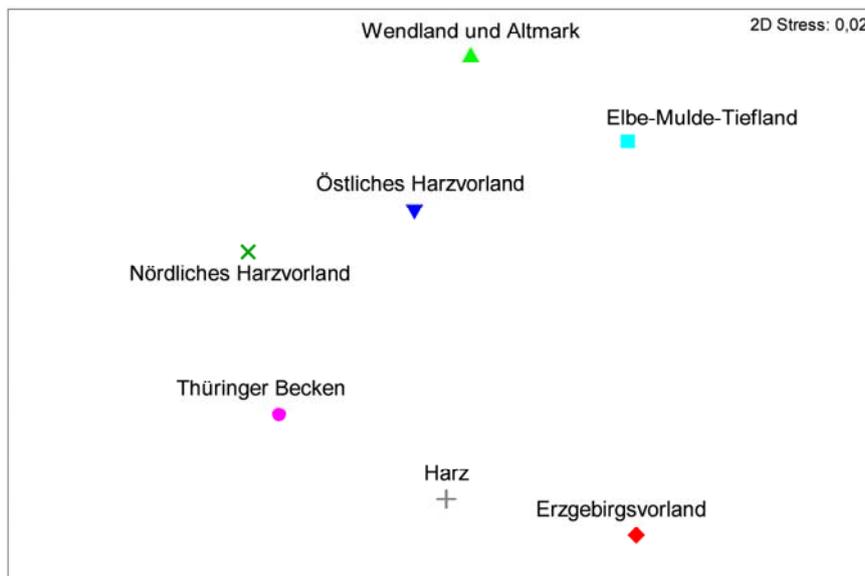
Trotz dieses Hintergrundrauschens entspricht die Lage der MST in der Fauna-MDS weitgehend der geographischen Lage der einzelnen Naturräumlichen Haupteinheiten. So liegen die MST von D29 (Wendland und Altmark) rechts oben in der MDS und auch nördlich von D 20 (Östliches Harzvorland). Rechts bzw. östlich von D 20 liegen die MST des Elbe-Mulde-Tieflandes, links bzw. westlich der Harz und das Nördliche Harzvorland. Auch die MST des Thüringer Beckens sind in der MDS entsprechend der geographischen Lage im Südwesten angeordnet.

Der Eindruck, dass die Fauna-MDS die geographische Zuordnung der Naturraumgruppen reflektiert, verstärkt sich noch, wenn die Faunenergebnisse der einzelnen MST über die naturräumlichen Haupteinheiten aggregiert werden (Abb. 3-10). Ihre Anordnung in der MDS spiegelt die geographische Lage der naturräumlichen Einheiten noch besser wider. Nur der Harz wird in der MDS zu weit südlich angeordnet.



**ABBILDUNG 3-9:** MDS der besiedelten Proben auf Grundlage der faunistischen Daten. Die naturräumlichen Haupteinheiten sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt.

Abstandsmaß: Bray-Curtis-Index, N = 44. Die Namen der MST wurden aus Gründen der besseren Darstellbarkeit gekürzt (siehe Verzeichnis der Abkürzungen).



**ABBILDUNG 3-10:** MDS der über die naturräumlichen Haupteinheiten aggregierten Messstellen auf Grundlage der faunistischen Daten. Berücksichtigt wurden nur naturräumliche Haupteinheiten mit mindestens einer Art. Die naturräumlichen Haupteinheiten sind durch unterschiedliche Symbole dargestellt. Abstandsmaß: Bray-Curtis-Index.

### 3.2.5.5    VERTEILUNG DER FAUNA IN DEN GEOREGS (REGIONALE GEOLOGIE / LEITERTYP)

Die Georegs sind eine Kombination aus den zuvor schon besprochenen Aquifertypen und den naturräumlichen Haupteinheiten. In Baden-Württemberg erwiesen sich die Georegs zur Typisierung und Beschreibung von Grundwasserzoozönosen als besonders gut geeignet (FUCHS et al. 2006, HAHN & FUCHS 2009). Biogeographische Faktoren und die hydraulische Leitfähigkeit des Grundwasserleiters beeinflussen beide die Besiedlungsstruktur der Fauna und sollten gemeinsam betrachtet werden. In Abb. 3-11 ist ersichtlich, dass die aggregierten Faunadaten für jedes Georeg erneut die geographische Lage der Naturraumgruppen reflektieren. Außerdem ist eine biogeographische Aufteilung zwischen Norddeutschem Tiefland und Mittelgebirge zu erkennen (Abb. 3-11A). Dabei ist auffällig, dass die aggregierten MST des Mittelgebirges sehr eng beieinander liegen und somit eine sehr ähnliche Faunengemeinschaft aufweisen.

Das Vorland des Erzgebirges, eigentlich der Norddeutschen Tiefebene zugehörig, wird nach der MDS eher dem Mittelgebirge zugeordnet. Gleichzeitig werden auch die Aquifertypen weitgehend aufgetrennt (Ausnahme: Lockergestein des Thüringer Beckens). Allerdings überlagern die biogeographischen Einflüsse die Effekte des Leitertyps. So weisen die Kluft- und die Lockergesteinsleiter des Thüringer Beckens sehr ähnliche Lebensgemeinschaften auf. Andererseits ordnen sich die Lockergesteinsgrundwasserleiter des Norddeutschen Tieflandes in der MDS eher oben/nördlich an, während die Kluftgrundwasserleiter weiter unten/südlich orientiert sind (Abb. 3-11).

Die Taxa-Georeg-Matrix verdeutlicht, warum sich die Lebensgemeinschaft biogeographisch auftrennen (Tab. 3-7). In den Lockergesteinsleitern der Norddeutschen Tiefebene treten vor allem Nematoden und Oligochaeten der Arten *Dorydrilus michaelsoni*, *Cernovsvitoviella atrata* und *Achaeta* spec. auf. Bei den Crustaceen dominiert die Sycaridenart *Bathynella natans* und die wumrförmigen Harpacticidenarten der Gattung *Parastenocaris*.

Die Fauna des Mittelgebirgsraumes (Thüringer Becken, Harz) ist deutlich diverser, allerdings ist der Anteil von Einzelfunden recht hoch. Im Kluftgrundwasser dominieren neben der Polychaetenart *Troglochaetus beranecki* größere Crustaceen wie *Niphargus fontanus*.

Das Georeg Erzgebirgevorland/Lockergestein liegt deutlich abgetrennt von den übrigen Georegs des Norddeutschen Tieflandes (Abb. 3-11). Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass lediglich eine Messstelle des Erzgebirgevorlandes eine Art aufwies und für die statistische Auswertung berücksichtigt wurde.



Die Bioregionen nach ILLIES (1978) wurden anhand von oberirdischen Gewässern abgeleitet und scheinen, wie schon mehrmals vermutet (HAHN & FUCHS 2009), nicht zwangsläufig für unterirdische Gewässer zu gelten (Abb. 3-11A). Daher entwickelte GIBERT et al. (2005) den Begriff Stygoregion, um großräumige Grundwassergebiete abgrenzen zu können. Diese Regionen dürfen aber nicht von geologischen Einheiten abgeleitet werden, da diese zu groß sind und verschiedene biogeographische Einheiten und verschiedene Einzugsgebiete bzw. Flusssysteme einschließen (HAHN & FUCHS 2009). Die in Abb. 3-11B vorgenommene Aufteilung der Georegs in die beiden Stygoregionen Mittelgebirge und Norddeutsches Tiefland orientiert sich nicht nur an den Bioregionen, sondern berücksichtigt auch die faunistische Besiedlung, so dass die beiden Georegs „Nördliches Harzvorland / Kluff“ und „Erzgebirgevorland / Lockergestein“ eher der Stygoregion Mittelgebirge zugeteilt werden.

### 3.2.5.6    KORRELATIONSANALYSEN

Die statistische Auswertung soll mit einem Rang-Korrelationstest nach Spearman abgeschlossen werden. Ziel des Tests ist es Signifikanzen zwischen dem Auftreten der Fauna und hydrochemischen Parametern zu identifizieren. Dazu wurden die gesamte Fauna (Tiere gesamt) bzw. die identifizierten Arten und Taxa (Anzahl Taxa) der Jahre 2008 und 2009 mit allen durch den LHW bereitgestellten hydrochemischen Parametern korreliert. Zusätzlich wurden die durch das IGÖ semiquantitativ ermittelten Parameter Detritus, Ocker, Aas und Bakterien in die Auswertung einbezogen. Alle hydrochemischen Parameter wurden vor der Auswertung über den Mittelwert aggregiert. Ausgeschlossen wurden die 7 Messstellen, für die keine hydrochemischen Daten zur Verfügung standen (siehe Tabelle 2-2). Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 3-8 zusammengefasst, wobei nur höchst signifikante Parameter ( $p < 0,01$ ) berücksichtigt wurden.

Das Auftreten der Grundwasserfauna, sowohl die Gesamtf fauna als auch die Anzahl der Arten war höchst signifikant mit den Parametern Detritus, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung korreliert. Zudem war die Anzahl der Arten positiv mit dem Parameter Feinsand korreliert, ebenso wie der Parameter Nitrat mit der Gesamtanzahl der Tiere.

Dagegen wirkt eine starke Verockerung der Messstellen offensichtlich besiedlungsfeindlich, was ihren Ausdruck in einer negativen Korrelation mit der Gesamtf fauna findet. Höchste negative Korrelationen wurden auch für die Parameter Ammonium, Eisen und Mangan gefunden.

Insgesamt korrespondiert das Ergebnis des Korrelationstests, zumindest bei den Parametern Detritus, Ocker, Sauerstoff und Ammonium, sehr gut mit den Ergebnissen der letztjährigen Untersuchung. Es bestätigt die Annahme, dass nur wenige hydrochemische Parameter Einfluss auf die Zusammensetzung von Grundwasserbiozönosen haben. Weiterführende Informationen dazu gibt der Diskussionsteil.

**TABELLE 3-8:** Korrelationsanalyse nach Spearman zwischen Fauna und Hydrochemie; N = 71. Berücksichtigt wurden nur Korrelationen mit  $r > 0,4$  und  $p = < 0,01$ .

		Feinsand	Detritus	Ocker	O <sub>2</sub>	Redox	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Fe	Mn
<b>Tiere gesamt</b>	Korrelationskoeffizient r = Signifikanzniveau p =		0,554 0,001	-0,436 0,10	0,549 0,001	0,454 0,001	-0,471 0,001	0,427 0,001	-0,455 0,001	-0,427 0,001
<b>Arten gesamt</b>	Korrelationskoeffizient r = Signifikanzniveau p =	0,482 0,004	0,533 0,001		0,543 0,001	0,468 0,001	-0,402 0,001		-0,464 0,001	-0,430 0,001

## 4      DISKUSSION

Die vorliegende Untersuchung führte zu interessanten und für die Zukunft viel versprechenden Ergebnissen. Trotz der Zunahme der MST sind Messstellen- und Probenumfang weiterhin sehr gering, so dass mit den gewonnenen Daten nur eine erste Übersicht gegeben werden kann und somit vorerst nur Tendenzen aufgezeigt werden können. Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass für das Bundesland Sachsen-Anhalt bisher kaum grundwasserfaunistische Untersuchungen vorliegen.

### 4.1      HYDROCHEMIE

Die Hauptkomponentenanalyse der physikochemischen Parameter zeigt keine deutliche Gruppentrennung der Messstellen. Lediglich einige Messstellen, die erhöhte Nitrat- (MST Loitsche, Cheine) bzw. Salzkonzentrationen (Memleben, Trebnitz, Maxdorf) aufwiesen, lassen sich anhand der PCA von den übrigen MST separieren. Aufgrund dieser erhöhten Werte sind Nitrat, Natrium und Chlorid auch die entscheidenden Parameter für die Ausprägung der PCA: Diese hohen Konzentrationen haben anthropogene Ursachen. So sind die extrem hohen Nitratwerte der MST Loitsche (Loi) Folge der sich in unmittelbarer Nähe befindlichen Abraumhalde des Kaliwerkes Zielitz. Die hohen Salzkonzentrationen der im nährstoffarmen Buntsandstein stehende Unterflurmessstelle Memleben sind vermutlich Folge des Straßensalzeinsatzes und der starken Beeinflussung von zulaufendem Oberflächenwasser. Schon 2008 wies MST Memleben eine völlig veränderte Hydrochemie auf (siehe auch MATZKE et al. 2008).

Eine Gruppentrennung der Pegel gemäß der Grundwasserleitertypen Kluft- und Porengrundwasser war nicht möglich. Zwar ist in der PCA eine Anordnung der Messstellen gemäß des Leitertyps sichtbar (Abb. 3-2), doch sind die Unterschiede nicht signifikant (ANOSIM:  $r = 0,087$ ,  $p = 0,1$ ;  $N = 164$ ). Untersuchungen von GRIEBLER et al. (in Druck) in der Ostalb zeigten, dass eine hydrochemische Separierung zwischen Karst- und Lockergesteinsgrundwasserleiter gleichfalls nicht möglich war. Grund hierfür war die hohe Konnektivität zwischen den beiden Leitertypen. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass sich ein spezifischer Grundwasserleitertyp in unterschiedlichen geologischen Ausgangsgesteinen ausbilden kann, wie z. B. Kluftgrundwasser in karbonatischem oder silikatischem Gestein. Dies führt zu unterschiedlichen physiko-chemischen Charakteristika des gleichen Aquifertyps.

Auch eine Trennung der Messstellen nach der BZE ist mit Hilfe der Wasserchemie nicht möglich. Zwar werden einige Messstellen gemäß ihrer BZE angeordnet, aber keine einzelne BZE wird deutlich von den anderen hydrogeologischen Bezugseinheiten abgetrennt (Abb. 3-1) (ANOSIM:  $r = 0,12$ ;  $p = 0,1$ ;  $N = 164$ ). Die anthropogene Überformung der natürlichen hydrogeologischen Charakteristika von Grundwässern könnte eine Folge der fehlenden Trennung sein. So werden Unterschiede, die sich u. a. aus den geologischen Begebenheiten ergeben, durch die landwirtschaftliche Nutzung und die Vielzahl diffuser Einträge nivelliert. Außerdem führen unterschiedliche Redoxverhältnisse innerhalb eines BZE zu entsprechend verschiedenartigen hydrochemischen Ausprägungen (u. a. Sauerstoff, Nitrat, Ammonium, Eisen, Mangan).

Insgesamt war der Chemiedatensatz für die Messstellen sehr lückenhaft. Ein umfangreicherer, homogenerer Datensatz könnte zu einer besseren Differenzierung der Hydrochemie entsprechend der BZE führen. Dies gilt aber nicht für die Grundwasserleitertypen, da diese weitgehend unabhängig von der Hydrochemie sind. So kann auch bei einer größeren Datenlage keine Trennung der Grundwasserleiter durch die Wasserchemie erwartet werden.

In kleinräumigen Untersuchungen konnte anhand der Hydrochemie die Herkunft des Wassers abgeleitet werden. So konnten BERKHOFF et al. (2009) und BORK et al. (2009a) mit Hilfe von chemischen Parametern klar zwischen tiefem, landseitigem Grundwasser und alluvialem Grundwasser unterscheiden. In diesen Studien konnte auch nachgewiesen werden, dass die Fauna eine feinere Auflösung hinsichtlich der hydrologischen Verhältnisse zeigt als die Hydrochemie. Dies gilt insbesondere für Oberflächenwassereinträge in das Grundwasser (BERKHOFF et al. 2009).

## **4.2            GRUNDWASSERFAUNA**

Insgesamt wurden in den Jahren 2008 und 2009 78 MST faunistisch untersucht. Dabei war der Anteil unbesiedelter Proben mit knapp 39 % etwas höher als bei vergleichbaren grundwasserfaunistischen Studien (FUCHS et al. 2006; Stein et al. 2010; GRIEBLER et al (in Druck)). Dies liegt vor allem daran, dass viele MST für eine Besiedlung mit Metazoen zu geringe Sauerstoffkonzentrationen aufwiesen. Ein Hauptproblem dieser Untersuchung war, dass die wenigen unbelasteten Pegeln mit Sauerstoffgehalten von mehr als 1 mg/l die Auswahlmöglichkeiten von geeigneten Messstellen stark eingeschränkt hat.

Auch die Verteilung der Großgruppen ist mit anderen Untersuchungen vergleichbar, wobei Massenfunde gerade von Nematoden bzw. Oligochaeten – typische Grundwasserbewohner für Feinsedimente (STEIN et al. 2008; HAHN & FUCHS 2009) - die Anteile verschieben können.

In beiden Beprobungsrunden wurden überwiegend echte Grundwasserbewohner vorgefunden. Durch die Erhöhung des Messstellenumfangs im Jahre 2009 konnte die Anzahl der gefundenen Arten verdoppelt werden. In anderen Studien konnte eine solche Zunahme ebenfalls nachgewiesen werden (HAHN & FUCHS 2009). Daraus ergibt sich, dass die Zahl der in einem Gebiet gefundenen Arten direkt mit der Anzahl der dort beprobten Messstellen korreliert. Dieser Zusammenhang wird auch durch Abbildung 3-3 bestätigt, welche eine weitere Zunahme der Artenzahl bei Erhöhung der Messstellenzahl erwarten lässt. Die Zahl der Grundwassertierarten in Sachsen-Anhalt dürfte daher erheblich über den im Rahmen dieser Untersuchung festgestellt Zahlen liegen.

### **4.2.1        KURZCHARAKTERISIERUNG DER FAUNA DER HYDROGEOLOGISCHEN               BEZUGSEINHEITEN**

Aufgrund der wenigen beprobten und insgesamt heterogenen Messstellen lassen sich noch keine Referenzbiozönosen für BZE beschreiben. Auch gibt es noch kaum Veröffentlichungen, die auf die Grundwasserfauna von BZE eingehen. Das bedeutet, dass Vergleichsdaten weitge-

hend fehlen. Daher bezieht sich die Diskussion lediglich auf allgemeine Muster der Fauna in den BZE.

### **BZE Quartärer Nordraum (QN1-QN3)**

Bei den Untersuchungen 2008 und 2009 wurden insgesamt 25 MST beprobt und 491 Tiere gefunden. Die gesamten Messstellen waren nicht oder sehr dünn besiedelt, lediglich die beiden MST MD-Otterleben/Amtsgericht und Menz GWBR wiesen mit insgesamt 396 Tieren höhere Abundanzen auf. Dabei wurden mit Ausnahme der MST MD-Otterleben/Amtsgericht keine Crustaceen erfasst. Die Artenarmut und die geringen Abundanzen von Krebstieren sind charakteristisch für große Teile des norddeutschen Tieflandes und ist Folge der Weichsel-Eiszeit (THIENEMANN 1950; HUSMANN 1956). Diese eiszeitlich bedingte Verarmung besteht noch rezent (DANIELOPOL et al. 2008), da die Wiederbesiedlung von Grundwassertieren häufig sehr langsam stattfindet (THIENEMANN 1950; RONNEBERGER 1975). Die in MST MD-Otterleben/Amtsgericht erfasste Cyclopoida-Art *Diacyclops bisetosus* ist eine Oberflächenwasserspezies, die sehr euryök ist und daher auch ins Grundwasser vordringen kann. Somit entspricht die vorgefundene crustaceenarme Fauna weitgehend den Erwartungen für die eiszeitlich geprägte BZE Quartärer Nordraum.

### **BZE Niederterrasse (NT)**

Die BZE Niederterrasse wurde nur im Jahre 2008 beprobt und wies eine typische flussbegleitende Grundwasserfauna auf (NOLL & STAMMER 1953; HUSMANN 1956, 1964) die durch die Syncaridenart *Bathynella natans* und durch *Chappuisius singeri* gekennzeichnet wird. Zusätzlich konnte *Diacyclops languidoides* gefunden werden, die in Deutschland häufigste und verbreitetste Grundwasserart. Die insgesamt geringen Abundanzen können zum Teil durch zeitweise sehr niedrige Sauerstoffkonzentrationen in den Messstellen Quedlinburg, Röpzig und Trebnitz erklärt werden. Solche hypoxischen Bedingungen sind in den Niederterrassen häufig zu finden, so z. B. am Rhein (GUTJAHR 2009, DREYER 2009).

### **BZE glazi-fluvatile Sande und Kiese (gfSK)**

Die Messstellen der BZE gfSK wiesen 2008 und 2009 die artenreichste Metazoenlebensgemeinschaft auf. Die höheren Artenzahlen und Abundanzen sind u. a. Folge der besseren Sauerstoffversorgung als in den MST der BZE NT. Ähnlich der Niederterrasse sind die vorgefundenen Arten typische Vertreter von Lockergesteinsleitern, so z.B. die dominierende Spezies *Bathynella natans*, die beiden Harpacticoida-Arten *Chappuisius singeri* und *Parastenocaris phyllura* sowie *Graeteriella unisetigera* (HUSMANN 1956, 1964). Die Faunenzusammensetzung dürfte daher weitgehend charakteristisch sein für die hydrogeologische Bezugseinheit. Auch FUCHS et al. (2006) und GUTJAHR et al. (2009) fanden in den Hochterrassen des Rheins ähnliche Arten. Und auch dort wiesen die Hochterrassen eine bessere O<sub>2</sub>-Versorgung auf als die Niederterrassen (FUCHS et al. 2006).

### **BZE Tertiär (TER)**

Die fünf Messstellen des BZE Tertiär waren 2008 und 2009 weitgehend unbesiedelt. Nur MST Friedrichsdorf wies 2008 134 Exemplare des Oligochaeten *Achaeta sp.* auf. Die schwache bis fehlende Besiedlung kann zum Teil durch die meist sehr niedrigen Sauerstoffwerte von < 1,0 mg/l erklärt werden.

Aufgrund der geringen Messstellenumfangs und der geringen Besiedlung können keine Arten als Referenz für die BZE TER abgeleitet werden. Hierfür bedarf es weiterer Untersuchungen.

### **BZE Muschelkalk (MK)**

Auch die BZE Muschelkalk zeigt sich nur schwach besiedelt. Allerdings wurden neben der Oligochaetenart *Achaeta sp.* auch echte Grundwasser-Crustaceen wie *Niphargus aquilex* und *Bogidiella albertimagna* gefunden werden. Klufftgrundwasserleiter weisen häufig eine gegenüber den Lockergesteins- und Karstgrundwasserleitern eigenständige Lebensgemeinschaft auf (HAHN & FUCHS 2009). So treten aufgrund der größeren Lücken im Klufftleiter häufig größere Arten wie Amphipoden oder Isopoden auf als in Gering- oder Porenleitern. Nach Untersuchungen von FUCHS et al. (2006) in Baden-Württemberg sind Klufftgrundwässer in Muschelkalk grundsätzlich gut besiedelt. Warum in den genommenen Proben der BZE MK nur wenige Individuen vorgefunden wurden ist derzeit noch nicht zu erklären. Ein Grund dürfte erneut die teilweise schlechte O<sub>2</sub>-Versorgung sein, da in einigen MST, wie Zeuchfeld und Neuflemmingen, sehr niedrige Sauerstoffkonzentrationen von < 1mg/l gemessen wurden.

### **BZE Buntsandstein (BST)**

Die fünf Messstellen des BZE Buntsandstein wurden nur im Jahre 2008 beprobt. Dabei wies die MST Memleben sehr hohe Salzgehalte, dementsprechend hohe elektrische Leitfähigkeitswerte und hohe Nitratkonzentrationen auf. Dies spricht für einen hohen anthropogen belasteten Oberflächenwassereinfluss. Die MST wies die höchsten Abundanzen auf und hatte mit *Diacyclops languidus* eine euryöke bzw. stygophile Art. Die Polychaeten-Art *Troglochaetus beranecki* als ehemaliger tertiärer Meeresbewohner gilt als tolerant gegenüber Verschmutzungen (STEENKEN 1998, FUCHS 2007).

Die relativ hohe Besiedlung von Memleben gegenüber den anderen Messstellen der BZE Buntsandstein zeigt, dass viele Tiere im Grundwasser gegenüber der Wasserchemie relativ unabhängig sind (vgl. HUSMANN 1964, DOLE-OLIVIER et al. 1993; DUMAS et al. 2001, HAHN 2006, BERKHOFF et al. 2009). Die Besiedlung der MST Memleben ist aber durch die anthropogene Belastung und der hohen Infiltration von Oberflächenwasser nicht typisch für Buntsandsteingrundwässer. Die anderen MST waren trotz einer guten Sauerstoffversorgung unbesiedelt oder wiesen einige Exemplare von *Troglochaetus beranecki* auf. Bei der landesweiten Untersuchung von Baden-Württemberg von Fuchs et al. (2006) war der Buntsandstein gleichfalls nur schwach besiedelt.

**BZE Silikatische Wechselfolge (sWF)**

Die drei im Jahre 2008 beprobten Messstellen wiesen eine relativ diverse, individuenreiche Fauna auf, die von der stygophilen Cyclopoidenart *Diacyclops languidus* dominiert wurde. Im Jahre 2009 konnten diese Befunde aber nicht bestätigt werden, da die neuen und auch die Wiederholungsmessstellen nicht oder nur schwach besiedelt waren. Für die MST Leiha, Sommerschenburg und Siegersleben konnten erneut nur sehr geringe Sauerstoffkonzentrationen von < 1mg/l festgestellt werden. Die ursprüngliche Annahme, die BZE sWF sei eine divers besiedelte BZE, ist nach den neuen Erhebungen von 2009 nicht haltbar. Die Befunde bestätigen nachdrücklich die extrem kleinräumige Heterogenität im Grundwasser (HAHN 2006, HAHN & FUCHS 2009).

**BZE Karbonatische Wechselfolge (kWF)**

Im Jahre 2008 wurde diese BZE nicht beprobt. Die Erhebung im Jahre 2009 zeigte eine stetige Besiedlung der vier Messstellen der BZE kWF. Vor allem die MST Roßla war mit 100 der insgesamt 128 gefangenen Organismen individuen- und artenreich besiedelt. Neben *Diacyclops crassicaudis* dominierte vor allem die Ostracodenart *Cryptocandona* sp., welche darauf hindeuten, dass die MST Roßla durch infiltrierendes Oberflächenwasser beeinflusst wird. Die hohen Sauerstoff- (10,1-11,1 mg/l) und Nitratkonzentrationen (76,1-80,1 mg/l) (Tab. Anhang 2) deuten ebenfalls auf einen starken Oberflächenwassereinfluss hin.

**BZE Sedimente/Grundgebirge silikatisch (SedGGsil)**

Wie die BZE kWF wurde auch die BZE SedGGsil 2009 neu in die Untersuchung mit einbezogen. Es fanden sich mit Ausnahme von zwei Exemplaren der Art *Troglochaetus beranecki* ausschließlich Crustacea-Arten. Wie in der BZE kWF wurden überwiegend Ostracoden der Art *Cryptocandona* sp. und der Ruderfußkrebs *Diacyclops languidus* erfasst.

Da es über diese Studie hinaus keine Untersuchungen zur Grundwasserfauna in Grundgebirgsaquiferen gibt, stellt sich erneut das grundsätzliche Problem, dass bei einer geringen MST-Zahl pro BZE, die Frage, ob eine solche Besiedlung die Regel ist, nicht geklärt werden kann.

**BZE Saure Magmatite (sMag)**

Die fünf Messstellen der BZE sMag wurden 2009 erstmalig beprobt. Unter den insgesamt 34 gesammelten Individuen dominierten *Bathynella natans* und der Oligochaet *Dorydrilus michaelsoni*, beides stygobionte Arten, die häufig in Hyporheal von Flüssen vorzufinden sind (HUSMANN 1956, 1964; GAVIRIA et al. 1998; WARD & UEHLINGER 2003). Auch für die BZE sMag gilt, dass aufgrund der geringen Probenanzahl keine spezifischen Aussagen hinsichtlich einer charakteristischen BZE-Grundwasserfauna gemacht werden können.

#### 4.2.2 VERTEILUNG DER FAUNA IN DEN AQUIFERTYPEN

Die faunistischen Lebensgemeinschaften zeigen hinsichtlich der Aquifertypen Kluft- und Lockergesteinsgrundwasserleiter keine deutlich erkennbare Trennung (Abb. 3-5). Zwar ordnen sich die meisten MST in der MDS entsprechend ihrer Zugehörigkeit zum Aquifertyp an, aber die Unterschiede sind nicht eindeutig und werden durch Ausreißer zusätzlich verwischt. So zeigt auch das Ergebnis der ANOSIM ( $r = 0,124$ ;  $p = 0,1$ ;  $N = 44$ ), dass keine klare Gruppentrennung vorhanden ist. Normalerweise hat der Leitertyp einen hohen Einfluss auf die Verteilung und Zusammensetzung der Fauna im Grundwasser (HAHN & FUCHS 2009) und ist auf Landschaftsebene ein entscheidender Faktor für die unterschiedlichen Ausprägungen der Grundwasserbiozöosen. Dies liegt vor allem an den unterschiedlich großen Porenräumen der Aquifere bzw. der damit verbundenen hydraulischen Leitfähigkeit. So konnte die landesweite Erfassung der Grundwasserfauna in Baden-Württemberg eine klare Trennung zwischen den Grundwasserlebensgemeinschaften der Leitertypen Kluft- und Lockergestein festgestellt werden (FUCHS et al. 2006, HAHN & FUCHS 2009). Da die ausgewählten Messstellen in Sachsen-Anhalt sehr heterogen sind, sie u.a. zwei unterschiedlichen Bioregionen angehören und die Anzahl der entnommenen Proben je BZE für grundwasserfaunistische Untersuchungen gering ist, kann durch einen größeren Probenumfang wohl eine bessere Trennung erreicht werden.

Die SIMPER-Analyse zeigt, dass die Faunenähnlichkeit innerhalb der beiden Leitertypen Kluftgrundwasser und Porengrundwasser sehr gering ist. Die Besiedlungsstruktur der Messstellen eines Leitertyps variiert sehr stark von MST zu MST. Allerdings lassen sich auch einige Gemeinsamkeiten in der Besiedlung der MST innerhalb der beiden Leitertypen erkennen: So dominieren in den Lockergesteinsaquiferen vor allem Nematoden und Oligochaeten, die meist Aquifere mit hohem Feinsubstratanteil besiedeln (GIERE 1993). Die Kluftgrundwasserleiter hingegen wiesen schwerpunktmäßig Crustaceen auf. Insbesondere die Gruppen mit einer größeren Körpergröße, wie Isopoda und Amphipoda, wurden überwiegend in den Proben des Kluftgrundwassers vorgefunden..

#### 4.2.3 VERTEILUNG DER FAUNA IN DEN HYDROGEOLOGISCHEN BEZUGSEINHEITEN (BZE)

Die Zuordnung einer MST anhand ihrer Fauna zu einer bestimmten BZE ist nur mit Einschränkungen möglich. Zwar werden einige, derselben BZE zugehörige MST von der MDS nahe beieinander angeordnet (Abb. 3-6), was auf eine ähnliche Besiedlungsstruktur innerhalb dieser BZE hinweist. Dies gilt vor allem für die BZE QN und gfSK. MST anderer BZE streuen dagegen ganz erheblich und lassen keine deutliche Gruppierung erkennen. Dies spiegelt sich auch in den SIMPER-Analysen wider, die für viele BZE eine geringe Faunenähnlichkeiten ihrer MST erkennen lassen.

Wie auch in Baden-Württemberg (HAHN & FUCHS 2009, STEIN et al. 2008) scheinen in Sachsen-Anhalt die BZE keinen nennenswerten Einfluss auf die Besiedlung der sehr heterogenen Einzelmessstellen zu haben.

#### 4.2.4        VERTEILUNG DER FAUNA IN DEN GRUNDWASSERKÖRPERN (GWK)

Eine Unterscheidung der GWK anhand der Fauna der Einzelmessstellen war nur sehr bedingt möglich. Eine gewisse Klumpung von Messstellen aus einem bzw. aus benachbarten GWK (Abb. 3-7) lassen auf einen biogeographischen Effekt schließen. Verstärkt wird dieser Eindruck dadurch, dass sich die GWK nach ihrer Zugehörigkeit zu den KOR „Mittlere Elbe“ und „Saale“ gruppieren (Abb. 3-8).

Hier könnte zunächst die Zugehörigkeit der GWK zu einem oberirdischen Einzugsgebiet als prägend für die Fauna angenommen werden. Tatsächlich aber ist das das KOR „Mittlere Elbe“ weitgehend identisch mit der BZE „Quartärer Nordraum und liegt in der Bioregion „Norddeutsches Tiefland“ (ILLIES 1978). Dies erklärt auch, warum die SIMPER-Analyse (Tab. 3-6) Nematoden und Oligochaeten als charakteristische Taxa der KOR „Mittlere Elbe“ identifiziert. Diese sind nämlich typisch für die feinkörnigen Sedimenten des Quartären Nordraums bzw. des Norddeutschen Tieflandes.

Die Gruppierung der GWK nach den KOR „Mittlere Elbe“ und „Saale“ ist daher wohl vor allem das Ergebnis ihrer Zugehörigkeit zu den beiden Bioregionen „Zentrale Mittelgebirge“ und „Norddeutsches Tiefland“ und nicht die Folge der Zugehörigkeit zu einem KOR oder einem oberirdischen Einzugsgebiet.

Auf die Fragen der biogeographischen Gliederung der Grundwasserfauna wird in den beiden folgenden Kapiteln näher eingegangen.

#### 4.2.5        VERTEILUNG DER FAUNA IN DEN NATURRÄUMLICHEN HAUPT EINHEITEN (NRHE)

Die Lebensgemeinschaften im Grundwasser werden auf höherer räumlicher Ebene durch biogeographische Aspekte beeinflusst (HAHN 2009). ILLIES (1978) erklärte die kontinentale Verteilung der Fauna von Oberflächengewässern über einen biogeographischen Ansatz. Demnach existieren geographisch bedingte natürliche Lebensgemeinschaften, die als Basis für eine ökologische Klassifikation in Europa genutzt wurden. Dieses Bioregion-Konzept wurde von BOTOSANEANU (1986) für das Grundwasser übernommen. Da viele Arten im Grundwasser nur geringe Ausbreitungstendenzen bzw. kleine Besiedlungsareale aufweisen (GIBERT & DEHARVANG 2002), ist die Bedeutung der Biogeographie für die Verteilungsmuster der Fauna auf kontinentalem Niveau sehr hoch (HAHN 2009). So fanden sich in Baden-Württemberg Grundwasserzönosen, welche die Grenzen der pliozänen und nicht nur der rezenten Einzugsgebiete von Rhein und Donau reflektieren (FUCHS et al. 2006).

Anhand ihrer faunistischen Lebensgemeinschaften werden die einzelnen MST in der MDS in etwa gemäß der geographischen Lage der naturräumlichen Haupteinheiten angeordnet. Dies wird besonders in der MDS (Abb. 3-10), wo die Messstellen über die NRHE zusammengefasst wurden, deutlich. Die Grundwasserzoozönosen spiegeln die naturräumlichen Haupteinheiten, vor allem aber deren geographische Lage zueinander wider. Dies entspricht auch den Ergebnissen von FUCHS et al. (2006) für Baden-Württemberg. Auch dort reflektierte die Zusammensetzung der Fauna die geographische Lage der betrachteten Naturraumgruppen.

Anders als in Baden-Württemberg, wo vor allem die Zugehörigkeit zu den pliozänen Flussgebieten großen Einfluss auf die Verbreitung der Grundwasserfauna hat, scheint in Sachsen-Anhalt eher der Gegensatz zwischen den vormals vereisten Gebieten der Norddeutschen Tiefebene und den nicht vereisten Regionen der Mittelgebirge ein wesentlicher Faktor zu sein.

Die Unterschiede zwischen den Lebensgemeinschaften der NRHE sind für Sachsen-Anhalt allerdings nicht eindeutig. Für die Einzelmessstellen (Abb. 3-9) kann die ANOSIM-Analyse ( $r = 0,218$ ;  $p = 0,1$ ;  $N = 44$ ) keine klare Gruppentrennung feststellen. Der Grund dafür dürfte vor allem in der faunistischen Heterogenität der untersuchten MST, und deren geringer Anzahl je BZE liegen.

#### 4.2.6    VERTEILUNG DER FAUNA IN DEN GEOREGS

Aufgrund der Tatsache, dass in Baden-Württemberg die Zoozönosen im Grundwasser großräumig offensichtlich durch biogeographische und auf Landschaftsebene durch die Struktur des Grundwasserleiters beeinflusst werden, haben FUCHS et al. (2006) die Grundwasserlandschaften in Baden-Württemberg nach so genannten Georegs aufgeteilt. Die Georegs sind räumliche Einheiten, die sowohl den Aquifertyp als auch die naturräumliche Haupteinheit berücksichtigen, und sich in Baden-Württemberg als wesentliche Gliederungsgröße für die Grundwasserfauna auf Landschaftsebene erwiesen haben.

Auch für die Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts lieferten die Georegs sehr gute Ergebnisse. Im Unterschied zu Baden-Württemberg überlagern in Sachsen-Anhalt jedoch die großräumigen, d. h. biogeographischen Effekte die Einflüsse des Grundwasserleitertyps auf Landschaftsebene. Dafür dürfte es vor allem einen Grund geben:

Baden-Württemberg liegt vollständig in der Bioregion „Zentrale Mittelgebirge“, während quer durch Sachsen-Anhalt die Grenze zwischen den Bioregionen „Zentrale Mittelgebirge“ und „Norddeutsches Tiefland“ verläuft (ILLIES 1978). Die biogeographischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Landesteilen sind deshalb in Sachsen-Anhalt sehr viel ausgeprägter als in Baden-Württemberg und überlagern deshalb die Effekte des Grundwasserleitertyps auf die Fauna. Dies wird vor allem an den drei Georegs der Mittelgebirge (Thüringer Becken/Kluft, Thüringer Becken/Locker und Harz/Kluft) deutlich, die trotz unterschiedlichen Grundwasserleitertyps eng geklumpt angeordnet sind (Abb. 3-11).

Die entsprechende MDS (Abb. 3-11) ähnelt sehr stark der NRHE-MDS (Abb. 3-10), löst jedoch, wie die Beispiele „östliches Harzvorland“ und „Thüringer Becken“ zeigen, deutlich feiner auf. Beide NRHE sind mit gut besiedelten MST, sowohl im Lockergestein als auch in der Kluft, vertreten, wobei die Unterschiede zwischen den beiden Aquifertypen innerhalb einer NRHE wesentlich geringer sind als zwischen den NRHE., was sich aus der NRHE-MDS (Abb. 3-10) nicht ablesen lässt.

Obwohl die MDS (Abb. 3-11) recht gut die geographische Lage der Georegs zueinander wiedergibt, lässt sie vor allem auch eine klare Zweiteilung erkennen, die die Einteilung nach den beiden Bioregionen „Zentrale Mittelgebirge“ und „Norddeutsches Tiefland“ (ILLIES 1978) aller-

dings nur ungenügend abbildet. Hier stellt sich die Frage, ob die für Oberflächengewässer vorgeschlagenen Bioregionen sich auch für Grundwasserzönosen eignen. Alternativ zum Begriff der „Bioregion“ schlug GIBERT (2005) deshalb für das Grundwasser die „Stygoregion“ vor. Wie sich solche Stygoregionen räumlich definieren lassen, ist aber bislang noch völlig unklar (HAHN & FUCHS 2009).

Bezogen auf Sachsen-Anhalt und die MDS (Abb. 3-11) würde dies bedeuten, dass es dort die beiden Stygoregionen „Zentrale Mittelgebirge“ und „Norddeutsches Tiefland“ gibt. Dabei wären den Zentralen Mittelgebirgen nicht nur die Georegs „Thüringer Becken/Kluft“, „Thüringer Becken/Locker“ und „Harz/Kluft“, sondern auch das Nördliche Harzvorland/Kluft zuzuordnen. Unklar ist die Beurteilung des Georegs „Erzgebirgevorlandes/Kluft“, wo es nur eine einzige besiedelte Messstelle mit nur einer, der weitverbreiteten Art *Diacyclops langoidoides*, gab. Laut MDS (Abb. 3-11) gehört dieses Georeg der Stygoregionen „Zentrale Mittelgebirge“ an, eine Zuordnung, die aufgrund der geringen Besiedlung und der niedrigen MST-Anzahl allerdings kaum belastbar ist.

#### 4.2.7    KORRELATIONSANALYSEN

Zwischen der Fauna und den abiotischen Parametern fanden sich kaum sinnvolle Korrelationen. Dies entspricht den Ergebnissen anderer grundwasserökologischer Untersuchungen (STRAYER 1994, PLÉNET et al. 1995, MÖSSLACHER 2000, HAHN 2006). Die vorgefundenen Korrelationen, u. a. mit Detritus und Sauerstoff (Tab. 3-8) spiegeln in erster Linie die Stärke des Oberflächenwassereinflusses wider. Sauerstoff und allochthon eingetragenes organisches Material sind genau die Faktoren, die auch bei anderen Untersuchungen immer wieder mit Abundanzen und Artenanzahl am stärksten positiv korrelieren (DANIELOPOL et al. 1994; POSPISIL 1994, PLÉNET et al. 1995; BRUNKE & GONSER 1999, HAHN 2006, BERKHOFF et al. 2009, BORK et al. 2009a). Dabei ist der Detritusgehalt von entscheidender Bedeutung für die Zusammensetzung und Abundanz der Metazoen im Grundwasser, da er direkt oder indirekt über den mikrobiellen Biofilm als Nahrungsgrundlage dient (HAHN 2006, GIBERT et al. 2008).

Der Sauerstoffgehalt hat eine bedeutende Funktion als Minimumfaktor für die faunistische Besiedlung des Grundwassers. Sinkt die Sauerstoffkonzentration unter die kritische Grenze von ca. 1 mg/l, geht die Besiedlung der Grundwässer stark zurück (HAHN 2006). Bei O<sub>2</sub>-Konzentrationen über 1 mg/l spielen die Sauerstoffgehalte hinsichtlich Abundanzen und Artenzahlen keine entscheidende Rolle mehr. Werden nur Messstellen mit Sauerstoffgehalten von mehr als 1 mg/l berücksichtigt kommt es zu keinen Korrelationen mehr mit der Fauna (HAHN 2006). Nur aufgrund der hohen Anzahl von Messstellen mit hypoxischen oder anoxischen Bedingungen ergibt sich in Sachsen-Anhalt eine positive Korrelation. Dies gilt im gleichen Maße für das Redoxpotential.

Positive Korrelationen zwischen Nitrat und den Abundanzen bzw. der Taxaanzahl werden auch in anderen Studien häufig gefunden (STEIN et al. 2010). Allerdings gibt es keine Studie, die direkte Korrelationen zwischen NO<sub>3</sub><sup>-</sup> und Fauna belegen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass es keine direkte Beeinflussung von Nitrat auf die Tiere im Grundwasser gibt. Vielmehr deuten

hohe Nitratkonzentrationen auf einen höheren Oberflächenwassereinfluss und auf eine intensiv genutzte Landwirtschaft hin (Stein et al. 2010).

Die Ammonium-, Eisen- und Mangankonzentrationen, die in dieser Untersuchung mit der Fauna negativ korreliert sind, wirken sich wohl ebenfalls nicht direkt negativ auf die Besiedlung von Metazoen aus. Vielmehr weisen alle drei Parameter auf geringe oder fehlende Sauerstoffgehalte hin. Ammonium ist die reduzierte Form von Stickstoff und ist Folge der Denitrifizierung von Nitrat bei Sauerstoffmangel (CANTER 1996; GRISCHEK et al. 2001). Und auch das zweiwertige Eisen und Mangan werden bei niedrigen Redoxpotentialen verstärkt gelöst (GOUNOT 1994; BAKER et al. 2000; KUNKEL et al. 2004). Das Fehlen der Tiere ist aber direkte Folge des Sauerstoffmangels.

Besiedlungsfeindlich ist das Vorkommen von Ocker im Grundwasser, der meist im Übergangsbereich von oxischen und anoxischen Bedingungen auftritt (FUCHS et al. 2006).

Überraschend ist die positive Korrelation von Feinsand und Abundanzen der Tiere. Feinsand gilt wegen der Verstopfung von Poren und der damit verbundenen Lebensraumreduzierung eher als besiedlungsfeindlich (HAHN 1996). Grund für die festgestellten Korrelationen dürften vor allem die hohen Abundanzen von Nematoden und Oligochaeten in den feinkörnigen Sedimenten des Norddeutschen Tieflandes. Deshalb dürfte es sich mit größter Wahrscheinlichkeit um eine zu vernachlässigende Scheinkorrelation handeln.

Die wenigen festgestellten Korrelationen zwischen den faunistischen und abiotischen Parametern lassen sich vor allem auf die Abhängigkeit der Fauna vom Oberflächenwassereintrag zurückführen, während andere, v. a. hydrochemische Parameter, meist nachrangig sind. Zahlreiche Studien haben mittlerweile den hydrologischen Austausch mit Oberflächenwasser als entscheidende Steuergröße für die faunistische Besiedlung des Grundwassers ermittelt (DOLE-OLIVIER & MARMONIER 1992, WARD et al. 1998; HAHN & FRIEDRICH 1999; DUMAS et al. 2001; MALARD et al. 2003, HANCOCK et al. 2005; HAHN 2006; GIBERT et al. 2008; BERKHOFF et al. 2009, BORK et al. 2009a). Jüngste Ergebnisse des faunistischen Dauermonitorings Baden-Württembergs (FUCHS et al. 2009) zeigen, dass sich in hydrologisch stabilen Messstellen auch stabile Lebensgemeinschaften finden. Änderten sich aber einzelne abiotische Parameter als Folge von hydrologischen Veränderungen, so wurden auch die Metazoengemeinschaften instabil.

## 5 SCHLUßFOLGERUNGEN

Wie die Ergebnisse dieser Studie gezeigt haben, entsprechen die Verteilungsmuster der Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts auf großräumigem Skalenniveau weitgehend den von Baden-Württemberg bereits bekannten Verhältnissen. Auch in Sachsen-Anhalt hatte vor allem die Biogeographie einen starken Einfluss.

Die Verhältnisse auf Landschaftsebene waren in Sachsen-Anhalt unklar, zumindest hinsichtlich Aquifertyp und BZE, wo sich nur schwache Zusammenhänge mit der Fauna zeigten. Etwas besser wurden die GWK, insbesondere aber die NRHE, durch die Fauna reflektiert. Als die zentralen Einheiten zur Gliederung der Grundwasserfauna auf Landschaftsebene erwiesen sich jedoch, wie auch in Baden-Württemberg die Georegs. Georegs sind eine Kombination aus naturräumlicher Haupteinheit und Aquifertyp.

Auf lokaler Ebene spielte, wie auch schon in anderen Untersuchungen festgestellt wurde, der Oberflächenwassereinfluss auf das Grundwasser die entscheidende Rolle für die Zusammensetzung der Zoozöosen. Dabei sind neben dem Porenraum die ausreichende Sauerstoffversorgung und das Nahrungsangebot in Form von Detritus von entscheidender Bedeutung.

Der Mittelgebirgsraum weist eine deutlich artenreichere und dichtere Besiedlung auf, die mit der Besiedlung in Mittelgebirgslagen Süddeutschlands (Baden-Württemberg) vergleichbar ist. Dagegen zeigt sich die Norddeutsche Tiefebene deutlich artenärmer, wobei Oligochaeten und Nematoden als dominante Gruppen auftreten, die feinsandige und sauerstoffarme Bereiche kennzeichnen.

Aufgrund der Tatsache, dass die Tiere im Grundwasser meistens nicht direkt mit den chemischen Parametern korrelieren, erscheint die Möglichkeit, grundwasserchemische Untersuchungen durch grundwasserfaunistische Untersuchungen zu unterstützen, zunächst begrenzt. Allerdings reagieren die Organismen auf veränderte Einträge von organischem Material bzw. auf den Einfluss von Oberflächenwasser. Veränderungen in den Eintragsmengen des organischen Materials indizieren daher entweder eine Veränderung der hydrologischen Verhältnisse oder eine Veränderung in der Landnutzung. Allerdings werden auch Veränderungen des Wasserchemismus durch die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft im Grundwasser angezeigt. So konnte über das Dauermonitoring-Programm von Baden-Württemberg aufgezeigt werden, dass die Fauna nur bei stabilen chemischen Bedingungen konstant bleibt. Ändern sich einzelne chemische Faktoren nachhaltig, so ließ sich dies in der Regel auf veränderte hydrologische Verhältnisse zurückführen. Entsprechend veränderte sich auch die Besiedlungsstruktur der Grundwasserzoozönose (FUCHS et al. 2009).

Hydrologische Interaktionen zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser werden durch die Grundwasserfauna sehr gut wiedergespiegelt. Dies ergibt sich aus der Abhängigkeit der Lebensgemeinschaften von allochthon eingetragenen Sauerstoff und Nahrungspartikeln. Die Eintragsmengen wiederum werden direkt durch den hydrologischen Austausch zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser gesteuert. Die Bedeutung der Alimonie, das heißt die Verfügbarkeit organischen Materials, für die Zusammensetzung der Zoozöosen konnte in mehreren Studien nachgewiesen werden (HAHN 2006, BORK et al. 2009a; BERKHOFF et al. 2009). Ein Ansatz zur

Beschreibung des ökologisch relevanten Eintrags von Oberflächenwasser auf das Grundwasser ist der von HAHN (2006) publizierte Grundwasser-Fauna-Index.

Die Grundwasserzönosen bzw. deren Veränderungen zeigen folglich ganz generell Veränderungen ihrer abiotischen Umwelt an. Dabei treten in der Regel keine direkten Korrelationen mit einem bestimmten hydrochemischen Parameter auf, sondern dahinter stehen meist hydrologische Veränderungen. Genau hier liegt auch der Vorteil der Bioindikation: Organismen integrieren ihre Umwelt über ihre gesamte Lebensdauer. Veränderungen in den Zönosen weisen deshalb zunächst ganz unspezifisch auf Veränderungen der Umweltbedingungen hin, die dann mit geeigneten Analyseverfahren genau zu bestimmen sind. Bioindikation hat also u. a. die Aufgabe eines Frühwarnsystems. Das gilt auch für das Grundwasser.

Referenzbiozönosen für Grundwässer können derzeit kaum abgeleitet werden, da es fast keine naturnahen Flächen mehr gibt. Nur wenige Gebiete, hier sind vor allem Truppenübungsplätze zu nennen, kommen als potentielle Suchgebiete für Referenzhabitats und –biozönosen in Frage.

Was sich allerdings bereits erkennen lässt, zumindest ansatzweise, sind charakteristische Lebensgemeinschaften bzw. Artenkombinationen für bestimmte Stygoregionen, BZE und Georegs. Entscheidend ist die räumliche Skala der Betrachtung. Anders als gerade für die großräumige und landschaftliche Ebene angesprochen, ist auf standörtlicher Ebene die Definition charakteristischer Gemeinschaften sehr viel schwieriger. Auf lokaler bzw. standörtlicher Ebene spielen die Sauerstoffversorgung und die Alimonomie eine bedeutendere Rolle. Hinzu kommt lokal auch das kleinräumig sehr heterogene Lückensystem, das die Besiedlungsstruktur im Grundwasser stark beeinflusst (HAHN & FUCHS 2009, HAHN 2009). Entsprechende Untersuchungen finden derzeit im Rahmen des LAWA-/UBA-Vorhabens „Biologische Bewertung von Grundwasserökosystemen“ statt.

Ogleich die Datengrundlage dieser Studie mit 78 Messstellen für ein Flächenland wie Sachsen-Anhalt sehr knapp bemessen ist, ergeben sich dennoch ähnliche Muster und Zusammenhänge, wie bei anderen grundwasserökologischen Untersuchungen. Dies gilt gerade für die biogeographischen Aspekte auf großräumigem Skalenniveau, die Georegs auf der Landschaftsebene und den hydrologischen Austausch - als Steuergröße für die Sauerstoff- und Nährstoffversorgung - auf lokaler Ebene.

Damit sind auch für Sachsen-Anhalt die Voraussetzungen gegeben, grundwasserökologische Daten für die praktische Anwendung in Umweltbewertung und Biomonitoring einzusetzen. Im folgenden Kapitel werden deshalb beispielhaft konkrete Handlungsempfehlungen gemacht.

## 6      HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die hier vorgelegten grundwasserfaunistischen Untersuchungen geben erstmalig eine Gesamtübersicht über die Grundwasserfauna im Bundesland Sachsen-Anhalt.

Sie zeigen vor allem, dass sich die Verbreitungsmuster der Grundwasserfauna und ökologische Zusammenhänge im Grundwasser Sachsen-Anhalts weitgehend mit den Befunden aus anderen Bundesländern, aber auch anderen Regionen der Welt decken (z. B. Südkorea, Australien).

Vor allem aber zeigen sie, dass grundwasserökologisches Wissen auch in Sachsen-Anhalt, vor allem im Bereich der Mittelgebirge sowie der Hoch- und Niederterrasse der größeren Flüsse, ganz pragmatisch und anwendungsorientiert eingesetzt werden kann. Konkrete Beispiele dazu werden u.a. im Handbuch Angewandte Limnologie (BORK et al. 2009b: Bioindikation im Grundwasser: Metazoen) genannt.

Möglichkeiten zur Nutzung der Metazoen im Grundwasser sind zahlreich. Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich etwa

- bei der Bewertung von hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnissen oder von Oberflächenwasser-Grundwasser-Wechselwirkungen im Bereich von Trinkwassergewinnungsanlagen
- bei der Bewertung von Grundwasserentnahmen
- dem Screening und der Bewertung von Altlasten und anderen stofflichen Einträgen (z.B. Salz)
- dem Biotop- und Artenschutz
- sowie bei der Bekämpfung von Organismen in Trinkwassergewinnungsanlagen (DVGW 1997; HAHN & PREUß 2005).

In folgenden Zeilen seien deshalb einige Empfehlungen zu weitergehenden Maßnahmen und Untersuchungen aufgezeigt.

### 6.1      LANDESWEITE ERFASSUNG

Erfahrungen aus anderen flächenhaften grundwasserökologische Untersuchungen zeigen, dass eine hohe Anzahl von Messstellen notwendig ist, um die Biodiversität und die Verteilungsmuster der Fauna umfassend darzustellen. Die Anzahl der gefundenen Arten nimmt bekanntermaßen mit der Anzahl der Messstellen und Beprobungen zu (HAHN & FUCHS 2009).

Für die ökologische Bewertung von Grundwasserökosystemen ist die Charakterisierung von Grundwasserhabitaten und ihren Lebensgemeinschaften Voraussetzung.

**Empfehlung:** Wir empfehlen eine repräsentative, landesweite Erfassung der Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts als fachliche Grundlage für weitergehende, anwendungsbezogene, grund-

wasserökologische Untersuchungen. Erforderlich hierzu ist, im Vergleich zu der hier vorgelegten Studie, eine deutliche höhere Anzahl von Messstellen.

## 6.2            DAUERBEOBACHTUNG

Im Rahmen dieser Studie konnten einige Messstellen identifiziert werden, die artenreich und grundwassertypisch besiedelt sind, und die gleichzeitig auch bestimmte Naturräume, hydrologische Bezugseinheiten oder Georegions repräsentieren (Tab. 6-1).

**TABELLE 6-1:** Vorschlagsliste für Messstellen, die für eine Dauerbeobachtung geeignet sind.

MST	BZE	2008/09	2010
Gnölbzig	gfSK	XX	XX
Klosterrohrbach	gfSK	XX	XX
Wörbzig	gfSK	XX	
Klein Chüden	QN	XX	XX
Dedeleben	sWF	XX	XX
Vatterode	sWF	XX	XX
Tromsdorf	sWF	XX	XX
Haselbach	SedGGsil		XX
Roßla	kWF		XX
<b>gesamt</b>		<b>7</b>	<b>8</b>

Untersuchungen aus Baden-Württemberg, wo solche Untersuchungen seit dem Jahre 2001 von der LUBW durchgeführt werden, zeigen, dass sich Veränderungen in der Fauna in den meisten Fällen mit Veränderungen irgendeines der erfassten abiotischen Parameters in Verbindung bringen ließen, wobei die jeweils relevanten Parameter von Fall zu Fall unterschiedlich waren. Dabei wurde deutlich, dass diese Veränderungen letztendlich meist auf Änderungen in den Oberflächenwasser-Grundwasser-Wechselwirkungen oder auf Änderungen der Landnutzung zurückzuführen waren. Obwohl der Beobachtungszeitraum in Baden-Württemberg mit 5-7 Jahren noch verhältnismäßig kurz und der Datensatz mit maximal fünf Proben je MST eingeschränkt ist, erscheinen diese Befunde belastbar. Sie machen deutlich, dass die Berücksichtigung der Grundwasserfauna, insbesondere im Sinne eines Frühwarnsystems, zusätzliche Informationen zu grundwasserrelevanten Umweltveränderungen liefert (Fuchs & et al. 2009). Dadurch gewinnt dieser Ansatz, insbesondere auch bei der Überwachung der Grundwasserkörper im Sinne der WRRL, an Bedeutung.

**Empfehlung:** Wir empfehlen deshalb, die in Tabelle 6-1 exemplarisch aufgeführten Messstellen und mindestens einmal jährlich grundwasserfaunistisch, -mikrobiologisch und chemisch zu beproben und diese Daten zeitnah auszuwerten.

## 6.3            MANAGEMENT VON FEUCHTGEBIETEN

Feuchtgebiete sind in vielen Fällen direkt von der grundwasserbürtigen Wasserversorgung abhängig. Veränderungen im Wasserhaushalt haben meist Konsequenzen für ihre ökologische

Integrität und Funktionsfähigkeit. Solche Veränderungen frühzeitig zu erkennen, ist eine wesentliche Voraussetzung für das erfolgreiche Management von Feuchtgebieten. Benötigt werden gerade hier Frühwarnsysteme, die Veränderungen binnen weniger Tage oder höchstens Wochen anzeigen. Die bisherigen Verfahren, die auf dem Monitoring grundwasserabhängiger, oberirdischer Lebensräume und Arten beruhen, sind hierfür ungeeignet, da sie auf hydrologische Veränderungen erst mit starker Zeitverzögerung (ein bis mehrere Jahre) reagieren.

Die Lebensgemeinschaften im Grundwasser sind dagegen direkt durch die Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse betroffen, vor allem, wenn es dadurch zum Zustrom von Oberflächenwasser kommt. Damit eignen sie sich grundsätzlich als Frühwarn- und Bewertungssystem für Grundwasserabhängige Feuchtgebiete

**Empfehlung:** Wir empfehlen daher, an einem Pilot-Standort in Sachsen-Anhalt, an dem grundwasserabhängige Lebensgemeinschaften durch fluktuierende oder sinkende Grundwasserstände gefährdet sind, geeignete Untersuchungen durchzuführen.

Anzustreben ist hierbei für Sachsen-Anhalt die Entwicklung eines Frühwarnsystems zur Erfassung hydrologischer Veränderungen in grundwasserabhängigen terrestrischen Ökosystemen (GWDTE) auf grundwasserökologischer Basis.

Eine ausführliche Projektskizze kann bei Bedarf kurzfristig nachgereicht werden.

## 6.4            WASSERVERSORGUNG

Gerade Wasserversorgung und Wasserwirtschaft sind auf sensible Indikatoren zur Überwachung der Trinkwasserqualität angewiesen. Grundwasserlebensgemeinschaften sind rasch reagierende Indikatoren, da sie direkt durch hydrologische und hydraulische Veränderungen ihres Lebensraumes betroffen sind. Mit Hilfe der Grundwasserfauna können - z. B. für die Abschätzung der Vulnerabilität des Grundwassers - wichtige zusätzliche Informationen über die Herkunft des Wassers und die hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse gewonnen werden. Die Untersuchung der Grundwasserfauna stellt eine interessante Ergänzung zur hydrochemischen, mikrobiologischen und hydrologischen Bewertung dar.

Nachfolgend werden einige Einsatzmöglichkeiten für die Wasserversorgung aufgeführt:

### 6.4.1          UFERFILTRATION

Die Uferfiltration ist in Deutschland die zweitwichtigste Trinkwasserquelle und entsprechend weit verbreitet (BRAUCH et al. 2001). Vor allem in dicht besiedelten und industrialisierten Regionen sind die Uferfiltrationsanlagen die wichtigste Quelle für Trinkwasser (SCHUBERT 2002). Ein direkter Einfluss von Oberflächenwasser kann für die Qualität des Uferfiltrats eine potentielle Gefahr darstellen (KÜHN & MÜLLER 2000; RAY et al. 2002; WETT et al. 2002). Daher sind Monitoringkonzepte gefragt, die Oberflächenwasser-Grundwasser-Interaktionen und die Vulnerabilität

an Uferfiltrationsstandorten erfassen und bewerten können. (BERKHOFF et al. 2009, in Druck, BORK et al. 2009b)

**Empfehlung:** Für Uferfiltrationsanlagen in Sachsen-Anhalt wird ein ganzheitliches Monitoring empfohlen. Hierbei soll neben der Hydrologie, Hydrochemie und Mikrobiologie die Grundwasserfauna als Indikator für Oberflächenwasser-Grundwasser-Wechselwirkungen und zur Gefährdungsabschätzung, z. B. bei Hochwässern, gemeinsam eingesetzt werden.

#### 6.4.2        QUALITÄTSSICHERUNG IM BEREICH VON TRINKWASSERGEWINNUNGSANLAGEN

In Trinkwassergewinnungsanlagen kommt es immer wieder überraschend zu Verkeimungen, meist ein Indiz für den Kontakt mit Oberflächenwasser und ein Problem für die Qualitätssicherung. Häufigste Ursache dafür sind hydraulische Kurzschlüsse zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser im Bereich der Brunnen, die mit den gängigen Methoden zunächst oft nicht erkannt wurden.

Lebensgemeinschaften im Grundwasser spiegeln das örtliche Grundwassersystem wider und liefern - mit hoher raum-zeitlicher Auflösung - wichtige Informationen über hydrologische Bedingungen und ihre Veränderungen. Die Grundwassertiere können so wichtige Informationen über die Wasserherkunft und mögliche Gefahren für die Qualität des Trinkwassers liefern.

**Empfehlung:** Es wird empfohlen, die Grundwasserlebensgemeinschaften im Bereich der Brunnen zu erfassen und zu überwachen. Dies kann kostengünstig und schnell über die Messstellen erfolgen, die sich bereits im Bereich der Anlagen befinden.

#### 6.4.3        TIERE IN WASSERVERSORGUNGSSYSTEMEN

Das Vorkommen von Tieren, wie z.B. Ringelwürmer (Oligochaeta), Fadenwürmer (Nematoda) oder Krebstiere (z. B. Asseln) (Crustacea) in Trinkwassergewinnungsanlagen und in den Leitungsnetzen ist keine Seltenheit. Die Organismen können kaum von den Filteranlagen zurückgehalten werden. Bekämpfungsmaßnahmen versprechen meist nur kurzfristig Erfolge, da durch die Rohwasserförderung eine stetige Rekontamination der Anlagen erfolgt. Massenvorkommen stellen jedoch eine Ausnahme dar. Die Kenntnis über die Besiedlungsdichten und die Herkunft der Tiere liefert wichtige Informationen für die Qualitätssicherung hinsichtlich Zustand und Gefährdung des Trinkwassers (Stichwort: Verkeimung).

**Empfehlung:** Wir empfehlen allen Wasserversorgern in Sachsen-Anhalt zu überprüfen, ob in ihren Anlagen Tiere auftreten, wie hoch die Besiedlungsdichten sind und woher die Tiere stammen. Diese Untersuchungen sollten einmal im Jahr an repräsentativen Punkten des Netzes erfolgen.

## 6.5            GEOTHERMIE

Die Wirkung von Temperaturveränderungen im Bereich geothermischer Anlagen auf Grundwasserlebensgemeinschaften ist noch weitgehend unbekannt. Erste Untersuchungen weisen aber darauf hin, dass die Erwärmung des Grundwassers zu einer Veränderung in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften, insbesondere zu einem Rückgang der Artenvielfalt bei vielzelligen Tieren, führt (BRIELMANN et al. 2009).

**Empfehlung:** Für eine sichere und belastbare Einschätzung der ökologischen Folgen im Rahmen der Eingriffsregelung fehlen bislang nahezu alle fachlichen Grundlagen. Daher empfehlen wir grundwasserökologische Grundlagenstudien im Bereich von geothermischen Anlagen.

## 6.6            VERSALZUNG DES GRUNDWASSERS

Der Kalisalz-Bergbau gefährdet, nicht nur in Sachsen-Anhalt, das Grundwasser durch Versalzung, z. B. durch Rückstandshalden. Die Auswirkungen der Versalzungen auf die Grundwasserökosysteme des Binnenlandes sind bislang gänzlich unerforscht. Vor erheblichen Auswirkungen ist jedoch auszugehen, da viele Grundwassertiere empfindlich auf Salz reagieren (MÖSSLACHER 2000).

**Empfehlung:** Wir empfehlen ein erstes orientierendes Screening der Grundwasserfauna im Bereich von Anlagen des Kalibergbaus.

## 6.7            UMWELTINFORMATION

Am 19. Januar 2006 fand auf Einladung des Umweltbundesamtes (UBA) in Dessau ein Fachgespräch zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen biologischer Bewertungsansätze für das Grundwasser“ statt. Ein wichtiges Ergebnis dieser Veranstaltung war, dass eine zielgruppenorientierte und in die Breite wirksame Kommunikation stattfinden muss, als Voraussetzung für den dauerhaften Schutz und die nachhaltige Nutzung von Grundwasserökosystemen.

Umweltinformation und Kommunikation für das Grundwasser bedeutet zum einen die Information und Weiterbildung potentieller Anwender grundwasserökologischen Wissens. Zum anderen die Sensibilisierung der interessierten (Fach)-Öffentlichkeit.

### 6.7.1          WEITERBILDUNG

Weiterbildungsveranstaltungen für Vertreter der Wasserversorgungsunternehmen und der Wasserwirtschaft sollten praxisorientiert in die Welt der Grundwasserorganismen einführen und an konkreten Beispielen die Anwendungsmöglichkeiten grundwasserökologischer Forschung im Wasserwerk und der wasserwirtschaftlichen Praxis aufzeigen.

**6.7.2            DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE DIESER UNTERSUCHUNG IN EINER  
GEEIGNETEN SCHRIFTENREIHE DES LHW SACHSEN-ANHALT**

„Nur gesunde Grundwasserökosysteme liefern auch gesundes Trinkwasser“ - Diese Kernbotschaft zu transportieren und auf die biologische Vielfalt in unserem Grundwasser und deren Bedeutung für unsere Trinkwasserversorgung hinzuweisen, ist eine wichtige Aufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung.

Die Ergebnisse der hier vorgelegten Untersuchung lassen die Vielfalt des Ökosystems Grundwasser in Sachsen-Anhalt erahnen, und sind es wert und geeignet, in attraktivem Gewande einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht zu werden.

Ein gelungenes Beispiel dafür ist die Veröffentlichung der Ergebnisse der landesweiten grundwasserfaunistischen Kartierung in Baden-Württemberg durch die LUBW, die Landesanstalt für Messungen, Umwelt und Naturschutz Baden Württemberg (Fuchs et al. 2006).

## **DANKSAGUNG**

Wir bedanken uns beim LHW - Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt für die Finanzierung dieser Studie. Insbesondere den Herren Thomas Bach, Eike Barthel, Friedemann Gohr und Christian Schenkling sowie Frau Andrea Heuer und Frau Beate Laue danken wir für die umfassende Hilfe und ihre angenehme und konstruktive Zusammenarbeit. Allen nicht genannten Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des LHW sind wir für die tatkräftige Unterstützung bei der Geländearbeit zu Dank verpflichtet.

Für die Bestimmung der Oligochaeta und Ostracoda danken wir Herrn Dr. Santiago Gaviria von der Universität Wien.

Allen diejenigen die mit ihrer konstruktiven Kritik, ihren hilfreichen Kommentare und Ratschlägen zum Gelingen dieser Studie beigetragen haben, möchten wir ein großes Dankeschön aussprechen.

## 7        LITERATURVERZEICHNIS

- ANKEL, W.E. (1934): Bathynella, Troglochaetus und Fonticola bei Darmstadt. - Zoologischer Anzeiger **142** (7-8): 179-181
- ARGANO, R. (1979): 5. Isopodi (Crustacea Isopoda). In: Guide per il riconoscimento delle specie animale delle acque interne italiane. - Consiglio Nazionale delle Ricerche Verona: 1-64
- ARNSCHIEDT, J., HAHN, H.J. & A. FUCHS (2009): Aquatic subterranean Crustacea in Ireland. – Cave and Karst Science Vol. **35**, No. 1 & 2: 53-58
- BAKER, M. A., DAHM, C. N. & H. M. VALETT (2000): Anoxia, anaerobic metabolism and biogeochemistry of the stream-water-groundwater interface. – In: JONES, J. B. & P. J. MULHOLLAND (eds.): Streams and ground waters: 259-283, San Diego
- BERKHOFF, S. E., BORK, J. & H. J. HAHN (2009): Grundwasserfauna als Indikator für Oberflächenwasser-Grundwasser-Interaktionen im Bereich einer Uferfiltrationsanlage. – Grundwasser **14**: 3-20
- BERKHOFF, S. E., BORK, J., HAHN H. J. & C. K. SCHMIDT ( ): Grundwassertiere als ergänzendes Qualitätsmerkmal bei der Beurteilung von Uferfiltrat. IARW-Rhein-Themen (in Druck)
- BORK, J., BERKHOFF, S. E., BORK, S. & H. J. HAHN (2009a): Using subsurface metazoan fauna to indicate groundwater-surface interactions in the Nakdong River floodplain, South Korea. – Hydrogeology Journal **17**: 61-75
- BORK, J., BERKHOFF, S. E. & H. J. HAHN (2009b): Bioindikation im Grundwasser: Metazoen. In: HUPFER, M., CALMANO, W., KLAPPER, H. & R.-D. WILKEN (Hrsg.): Handbuch Angewandte Limnologie, 26 Erg.Lfg., VIII-7.5.2 (Bewertungen), S. 1-20, Wiley-VCH, Weinheim.
- BOTOSANEANU, L. (1986): Stygofauna Mundi. A faunistic, distributional and ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters (including the marine interstitial). Brill, Backhuys, Leiden
- BRAUCH, H. J., MÜLLER, U., & W. KÜHN (2001): Experiences with riverbank filtration in Germany. - Proceedings of the International Riverbank Filtration Conference, IAWR Rhein-Themen **4**: 33-39
- BRAY, J.R. & J.T. CURTIS (1957): An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. - Ecological Monographs **27** (3): 325-349
- BRIELMANN, H., GRIEBLER, C., SCHMIDT, S. I., MICHEL, R. & T. LUEDERS (2009): Effects of thermal energy discharge on shallow groundwater ecosystems. – FEMS Microbiology Ecology **68**: 273 - 286
- BRINKHURST, R. O. & B. G. M. JAMIESON (1971): Aquatic Oligochaeta of the world. - Oliver & Boyd, Edinburgh, 860 pp.
- BRUNKE, M. & T. GONSER (1999): Hyporheic invertebrates – the clinal nature of interstitial communities structured by hydrological exchange and environmental gradients. – J. N. Am. Benthol. Soc. **18**: 344-362
- CANTER, L. W. (1996): Nitrates in Groundwater. Boca Raton
- CASTELLARINI, F., DOLE-OLIVIER, M. J., MALARD, F. & J. GIBERT (2005): Improving the assessment of groundwater biodiversity by exploring environmental heterogeneity at a regional scale. - In Gibert, J. (Ed.) (2005): Proceedings of an International Symposium on World Subterranean Biodiversity., pp. 83-88, University of Lyon, Villeurbanne, 8-10 December 2004
- CHAPPUIS, P. A. (1927): Die Tierwelt der Unterirdischen Gewässer. (= Die Binnengewässer **3**), Stuttgart

- CHAPPUIS, P. A. (1936): Subterrane Harpacticoiden Aus Jugoslawien. - Bulletin de la Société des Sciences de Cluj **8**: 386-398
- CHAPPUIS, P. A. (1940): Die Harpacticoiden des Grundwassers des unteren Maintales. - Archiv für Hydrobiologie **36**: 286-305
- CHAPPUIS, P. A. (1948): Copépodes, Syncarides et Isopodes des eaux phréatiques de Suisse. - Revue Suisse Zoologie **55**: 549-566.
- CLARKE, K. R. & R. M. WARWICK (1994): Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation. – Natural Environment Research Council, UK, 144 pp.
- CLARKE, K. R. & R. N. GORLEY (2001): Primer v5: User manual / tutorial. – Plymouth, Primer-E., 91 pp.
- DANIELOPOL, D. L., CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, M., MÖSSLACHER, F., POSPISIL, P. & R. POPA (1994): Adaptation of Crustacea to interstitial habitats: a practical agenda for ecological studies. - In: GILBERT, J.; DANIELOPOL, D. L. & J. A. STANFORD (Hrsg.): Groundwater Ecology: 218-243; New York
- DANIELOPOL, D. L., GRIEBLER, C., GUNATILAKA, A., HAHN, H. J., GIBERT, J., MERMILLOD-BLONDIN, F., MESSANA, G., NOTENBOOM, J. & B. SKET (2008): Incorporation of Groundwater Ecology in Environmental Policy. – In: QUEVAUVILLER, P. (ed.): Groundwater Science and Policy – An International Overview: 671-689, Cambridge
- DATRY, T., MALARD, F. & J. GIBERT (2005): Response of invertebrate assemblages to increased groundwater recharge rates in a phreatic aquifer. - Journal of the North American Benthological Society **24** (3): 461-477
- DOLE-OLIVIER, M. J. & P. MARMONIER (1992): Patch distribution of interstitial communities: Prevailing factors. - Freshw. Biol. **27**: 177-191
- DOLE-OLIVIER, M. J., CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, M. & P. MARMONIER (1993): Repeated gradients in subterranean landscape - Example of stygofauna in the alluvial floodplain of the Rhone River (France). - Archiv für Hydrobiologie **127**: 451-471
- DREYER, I. (2009): Untersuchung zum Chemismus des Grundwassers im Bereich von Baggerseen der oberrheinischen Tiefebene. Examensarbeit, Universität Koblenz-Landau.
- DUMAS, P., BOU, C. & J. GIBERT (2001): Groundwater Macrocrustaceans as Natural Indicators of the Ariège Alluvial Aquifer. - Internat. Rev. Hydrobiol. **86**: 619-633
- DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.) (1997): Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen. (= Technische Mitteilung - Hinweis W271), Bonn
- DUMAS, P. & G. FONTANINI (2001): Sampling fauna in aquifers: a comparison of net-sampling and pumping. Archiv für Hydrobiologie **150**: 661-676
- EGERT, E. (1998): Untersuchungen zur Fauna in einem Langsandsfilter unter besonderer Berücksichtigung der Amphipoda und Nematoda. - Diplomarbeit. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg: IV S., 116 S.
- EINSLER, U. (1993): Süßwasserfauna von Mitteleuropa - Crustacea: Copepoda: Calanoida und Cyclopoida; (= Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8 [4-1]), Stuttgart
- FUCHS, A. (2007): Erhebung und Beschreibung der Grundwasserfauna in Baden-Württemberg. Diss. Univ. Koblenz-Landau

- FUCHS, A., HAHN H. J. & BARUFKE K.-P. (2006): Erhebung und Beschreibung der Grundwasserfauna in Baden-Württemberg. – Grundwasserschutz 32, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- FUCHS, A., HAHN, H. J. & A. THIEM (2009): Ökologisches Dauermonitoring an ausgewählten Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg. – Bericht der Beprobung vom Herbst 2008 im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden Württemberg (unveröffentl.)
- GAVIRIA, E., HAGER, U., SCHMALWIESER, M. & A. TIETZ (1998): Versuch einer Charakterisierung der Augewässer der Regelsbrunner Au (Niederösterreich) anhand ihrer Oligochaetenfauna. - Verh. Zool. Bot. Ges. Österreich **135**: 61-79
- GAVIRIA, S. (1998): Checklist and Distribution of the free-living copepods (Arthropoda: Crustacea) from Austria. - Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien: 539-594.
- GAVIRIA-MELO, S. & E. GAVIRIA (eingereicht): Oligochaeten aus dem Potamal ausgewählter Fließgewässer Luxemburgs. - Mus. Nat. Hist. Luxemburg (ed. K. Groh: Volume Invertebrates of the Potamal-Region Luxemburg)
- GIBERT, J. & L. DEHARVENG (2002): Subterranean Ecosystems: a truncated functional biodiversity. - BioScience **52**: 473-481
- GIBERT, J., BRANCELJ, A. & A. CAMACHON (2005): Groundwater Biodiversity, Protocols for the ASsessment and Conservation of Aquatic Life in the Subsurface (PASCALIS): overview and main results. – In: GIBERT, J. (Ed.): Proceedings of an International Symposium on World Subterranean Biodiversity University of Lyon, 8.-10. Dezember 2004: 39-52.
- GIBERT, J., CULVER, D. C., DANIELOPOL, D. L., GRIEBLER, C., GUNATILAKA, A., NOTENBOOM, J. & B. SKET (2008): Groundwater ecosystems: human impacts and future management. – In: POLUNIN, N. V. C. (ed.): Aquatic Ecosystems – Trends and Global Prospects: 30-44, Cambridge
- GIERE, O. (1993): Meiobenthology – The Microscopic Fauna in Aquatic Sediments. Berlin, Heidelberg, New York
- GLATZEL, T. (1989): Die Grundwasserfauna Nordwest-Niedersachsens sowie Untersuchungen zur Morphologie und Biologie an Vertretern der Chappuisiidae und Parastenocaridae (Copepoda, Harpacticoida). Diss. Univ. Oldenburg: 172 S.
- GLATZEL, T. (1990): A On the biology of *Parastenocaris phyllura* (Copepoda, Harpacticoida). - Stygologia **5 (3)**: 131-136
- GLEDHILL, T (1980): Designation and description of the lectotype of *Niphargus fontanus* BATE. - Crustaceana, Supplement **6**: 27-37
- GLEDHILL, T., SUTCLIFFE, D. W. & W. D. WILLIAMS (1993): British Freshwater Crustacea. - Freshwater Biological Association Scientific Publication **52**, Ambleside
- GOUNOT, A. M. (1994): Microbial oxidation and reduction of manganese: Consequences in groundwater an applications. – FEMS Microbiol. Rev. **14**: 339-350
- GRAETER, E. (1910): Die Copepoden der unterirdischen Gewässer. - Archiv für Hydrobiologie **6**: 1-152
- GRIEBLER, C., KELLERMANN, C., STEIN, H., BRIELMANN, H., SCHMIDT, S., SELES, D., STEUBE, C., BERKHOFF, S., FUCHS, A. & H. J. HAHN (2010): Ecological assessment of groundwater ecosystems – vision or illusion) - Ecological engineering (accepted)

- GRISCHEK, T., WORCH, E. & W. NESTLER (2001): Is bank filtration under anoxic conditions feasible? - In: Proceedings of the International Riverbank Filtration Conference: November 2-4, 2000, Düsseldorf, Germany. (= IAWR Rhein-Themen 4): 57-65 Amsterdam
- GRUNER, H. E. (1965): Krebstiere oder Crustacea. V. Isopoda. - In: DAHL, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und ihrer Lebensweise. (= 51. Teil) Jena
- GRUNEY, R. (1927): Some Forms of *Cyclops* allied to *C. languidoides*, SARS, with Notes on *C. minutus*, CLAUS. - Ann. Mag. Nat. Hist. 9: 497-509
- GÜSA (2008): Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt für die Untersuchung der Beschaffenheit der Fließgewässer, der Seen und des Grundwassers.- Bearbeitung: Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Geschäftsbereich 5.0, Magdeburg
- GUTJAHR, S., BORK, J., FUCHS, A. & H. J. HAHN (2009): Erfassung der Grundwasserfauna im Bereich von Baggerseen. 2. Zwischenbericht im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (unveröffentl.).
- HAHN, H.J. (1996): Die Ökologie der Sedimente eines Buntsandsteinbaches im Pfälzerwald unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden und Harpacticiden. (Diss. Univ. Gießen)
- HAHN, H. J. (2006): A first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats. The GW-Fauna-Index. – Limnologica 36 (2): 119-137
- HAHN, H.J. (2009): A proposal for an extended typology of groundwater habitats. – Hydrology Journal 17: 77-81
- HAHN, H.J. & E. Friedrich (1999): Brauchen wir ein faunistisch begründetes Grundwassermonitoring und was kann es leisten? – Grundwasser 4: 147-154
- HAHN, H.J. & A. FUCHS (2005): Mapping the stygofauna of the state of Baden-Württemberg, Southwest Germany. – In GIBERT, J. (Ed.) (2005): Proceedings of an International Symposium on World Subterranean Biodiversity., pp. 89-93, University of Lyon, Villeurbanne, 8-10 December 2004
- HAHN, H.J. & A. FUCHS (2009): Distribution patterns of groundwater communities across aquifer types in southwestern Germany. – Freshwater Biology 54: 848-860
- HAHN, H.J.; FUCHS, A.; BERKHOFF, S. & J. BORK (2006): Erste Untersuchungen zur Grundwasserfauna im Gebiet des Erftverbandes. – Unveröff. Auftragsarbeit für den Erftverband, Bergheim: 1-9
- HAHN, H. J., PREUß, G. (2005): Anwendungsmöglichkeiten grundwasserökologischer Forschung. - GWF Wasser Abwasser 146: 568-572
- HAINÉ, E. (1946): Die Fauna des Grundwassers von Bonn mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceen. – Diss. Univ. Bonn
- HANCOCK, P. J.; BOULTON, A. J. & W. F. HUMPHREYS (2005): Aquifers and hyporheic zones: Towards an ecological understanding of groundwater. – Hydrogeol. J. 13: 98-111
- HENRY, J. P. (1976): Recherches sur les Asellidae hypogés de la lignée cavaticus; Dijon.
- HENRY, J. P. & G. MAGNIEZ (1983): Crustacés Isopodes (Principalement Asellotes). Introduction pratique a la systematique des organismes des eaux continentales Francaises. - 4. Bulletin mensuel de la société Linnéenne de Lyon, 52(10): 319-357
- HERTZOG, L. (1930): Notes sur quelques Crustacés nouveaux pour la plaine d' Alsace (Bas-Rhin). - Bulletin de l' Association Philomatique d' Alsaceet et de Lorraine 7: 355-364

- HERTZOG, L. (1936): Crustaceen aus unterirdischen Biotopen des Rheintales bei Straßburg. 1. Mitteilung. - Zoologischer Anzeiger **114**: 271-279
- HEYNING, H. (1977): Organismen im Leitungswasser der Stadt Halle (Saale) unter besonderer Berücksichtigung von Testacea und Crustacea. Acta hydrochim. hydrobiol. **5** (2): 179-183
- HUSMANN, S. (1956 a): Untersuchungen über die Grundwasserfauna zwischen Harz und Weser. - Archiv für Hydrobiologie **52**: 1-184
- HUSMANN, S. (1956 b): Die Besiedlung des Grundwassers im südlichen Niedersachsen. – Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens **104**: 87-96
- HUSMANN, S. (1962 a): Ökologische und verbreitungsgeschichtliche Studien über den Archianneliden Troglachaetus beranecki DELACHAUX. - Mitteilungen über Neufunde aus den Grundwasserströmen von Donau, Ybbs, Ötz, Isar, Lahn, Ruhr, Niederrhein und Unterweser. - Zool. Anzeiger **168**: 312-325
- HUSMANN, S. (1962 b): Ökologische und verbreitungsgeschichtliche Studien über limnische Grundwassertiere aus dem künstlichen Mesopsammal der Helgoländer Düneninsel. - Archiv für Hydrobiologie **58**: 405-422
- HUSMANN, S. (1964): Studien zur Ökologie und Verbreitung der Gattung Chappuisius KIEFER 1938 (Copepoda, Harpacticoida); Mitteilung über Neufunde aus den Grundwasserströmen von Lahn, Niederrhein, Ruhr, Leine Und Unterweser. – Crustaceana **6**: 179-194
- HUSMANN, S. (1968): Ökologie, Systematik und Verbreitung zweier in Norddeutschland sympatrisch lebender Bathynella-Arten (Crustacea, Syncarida). - International Journal of Speleology **3**: 111-145
- HUSMANN, S. (1971): Ecological Studies on Freshwater Meiobenthon in Layers of Sand and Gravel. - Smithsonian Contributions to Zoology **76**: 161-169
- HUSMANN, S. (1976 a): Langsandsfilter als Lebensräume von Grundwassertieren mit Befunden aus Wiesbaden-Schierstein. - Forschung und Entwicklung in der Wasserwerkspraxis Stadtwerke Wiesbaden AG **3**: 83-92
- HUSMANN, S. (1976 b): Studies on Subterranean Drift of Stygobiont Crustaceans (*Niphargus*, *Crangonyx*, *Graeteriella*). - International Journal of Speleology **8** (1/2): 81-92
- HUSSON, R. & J. DAUM. (1955): Über Haltung, Zucht und Biologie von *Asellus cavaticus* LEYDIG. - Annales Universitatis Saraviensis / Scientia. Saarbrücken, **4**(1/2): 137-144
- HUSSON, R. & F. GRAF (1961): Existence de la glande androgène chez le crustacé troglobie *Niphargus*, coparaison avec celle du genre épigé *Gammarus*. - Annales de Spéléologie **16** (2), 223-228
- HUYS, R. & BOXSHALL G.A. (1991): Copepode Evolution. - Unwin Brothers Ltd. The Gresham Press, Oldwoking, Serrey.
- ILLIES, J. (1978): Limnofauna Europaea, 1st edn. Stuttgart
- JAKOBI, H. (1954): Biologie, Entwicklungsgeschichte und Systematik von *Bathynella natans* Vejd. - Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik **83**: 1-62
- JANETZKY, W., ENDERLE, R. & W. NOODT (1996): Crustacea: Copepoda: Gelyelloida und Harpacticoida. (= Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/4-2), Stuttgart

- JERSCHE, G. (1963): Zur Artfrage und Variabilität von *Niphargus tatrensis* WRESNIEWSKI. (Ein Beitrag zur postembryonalen Veränderung taxonomischer Merkmale). - Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung **1**: 240-276
- JUGET, J. (1984): Oligochaeta of the epigean and underground fauna of the alluvial plain of the French upper Rhône (biotypological trial). - Hydrobiologia **115**: 175-182
- KARAMAN, S. L. (1955): *Asellus cavaticus* SCHIÖDTE und seine Nächstverwandten. - Acta Musei Macedonici Scientiarum Naturalium **2**(12/23): 40 S.
- KARAMAN, G. (1982): First discovery of *Niphargus aquilex* Schiödte in Italy. (Contribution to the knowledge of Amphipoda 114) - Polskie Archiwum Hydrobiologii **29** (2): 239-246
- KARAMAN, G. S. & S. RUFFO, (1986): Amphipoda: *Niphargus*-Group (Niphargidae sensu Bousfield, 1982). In BOTOSANEANU, L. (ed.): Stygofauna Mundi. A faunistic, distributional and ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters (including the Marine Interstitial). - Brill, E.J. und Backhuys, W. Leiden (Netherlands): 514-534.
- KIEFER, F. (1926): Über einige Krebse aus der Wasserleitung von Oefingen. - Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar **16**: 273-283
- KIEFER, F. (1931): Wenig bekannte und neue Süßwasser-Copepoden aus Italien. - Zoologische Jahrbücher, Syst. **61**: 697-712
- KIEFER, F. (1933): Die Entomostrakenfauna des Schluchseemoores und seiner Umgebung. - Beiträge zur naturwissenschaftlichen Erforschung Badens Vereins **11**: 173-188
- KIEFER, F. (1957): Ruderfußkrebse (Crustacea Copepoda) aus dem Grundwasser des südlichen Oberrheingrabens. - Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz N.F. **7** (1): 53-68.
- KIEFER, F. (1959): Unterirdisch lebende Ruderfußkrebse vom Hochrhein und Bodensee. - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland **18**: 42-52
- KIEFER, F. (1960 a): Ruderfußkrebse. (Copepoden). Stuttgart
- KIEFER, F. (1960 b): Subterrane Ruderfußkrebse (Crustacea Copepoda) aus dem Ruhrtal. - Zoologischer Anzeiger **165**: 323-329.
- KIEFER, F. (1963): Zwei neue Harpacticoidenformen aus dem Grundwasser. - Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie **25** (1): 49-55
- KLIE, W. (1950): Entomostraken aus Unterfranken. - Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Museums der Stadt Aschaffenburg, N.F. **4**: 15-28.
- KÜHN, W. & U. MÜLLER (2000): Riverbank filtration: an overview. J. AWWA **92**: 60-69
- KULHAVY, V. (1960): I. Beiträge zur Kenntnis der Crustaceenfauna tschechoslowakischer Grundgewässer. - Vest. csl. Spol. zool. **24** (4): 287-306
- KULHAVY, V. (1961): Über das Vorkommen der west- und osteuropäischen Elemente in der Crustaceenfauna der böhmischen unterirdischen Gewässer. - Vest. csl. Spol. zool. **25** (4): 297-301
- KUNKEL, R., VOIGT, H.-J., WENDLAND, F. & S. HANNAPPEL (2004): Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland. (= Schriftenreihe des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment **47**), Jülich

- LENCIONI, V., DUMNICKA, E. & B. MAIOLINI (2004): The oligochaete fauna in high mountain streams (Trentino, NE Italy): ecological and taxonomical remarks. - *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.* **81**: 167-176
- LESCHER-MOUTOUÉ, F. (1986): Copepoda Cyclopoida Cyclopidae des eaux douces souterraines continentales. In: BOTOSANEANU, L. (ed.): *Stygofauna mundi. A faunistic, distributional, and ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters (including the marine interstitial).* - E.J. Brill/Dr. W. Backhuys, Leiden: 299-311.
- LESCHER-MOUTOUÉ, F. (1973): Sur la biologie et l'écologie des copépodes cyclopidés hypogés (Crustacés). - *Annales de Spéléologie* **28** (3): 429-502.
- LOZÁN, J. L. & H. KAUSCH (1998): *Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler.* – Parey Buchverlag Berlin, 2. Aufl., 287 S.
- MALARD, F., FERREIRA, D., DOLÉDEC, S. & J. V. WARD (2003): Influence of groundwater upwelling on the distribution of the hyporheos in a headwater river flood plain. - *Arch. Hydrobiol.* **157**: 86-116
- MARTIN, P., DE BROYER, C., FIERS, F., MICHEL, G., SABLON, R. & K. WOUTERS (2008): Biodiversity of Belgian groundwater fauna in relation to environmental conditions. - *Freshwater Biology* (DOI: 10.1111/j.1365-2427.2008.01993.x.)
- MATZKE, D. (2006): Untersuchungen zum Verhalten von Grundwasserfauna in Altlastflächen mit vorangegangenem Vergleich unterschiedlicher Sammeltechniken. Diss. Univ. Koblenz-Landau
- MATZKE, D., & H.J HAHN (2003): Vergleich der Grundwasserfauna in Lockergesteins- und in Kluffgrundwasserleitern unter vergleichender Anwendung unterschiedlicher Sammeltechniken. Unveröffentlichter Bericht an die DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft): Abschlussbericht Projekt Az HA 3214 / 1-1
- MATZKE, D., FUCHS, A. & H. J. HAHN (2008): Erhebung und Bewertung der Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts. - Untersuchung im Auftrag des Landesbetriebs für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft SA, Projekt-Nr. 08/511/01; unveröffentl. Bericht
- MOOG, O. (ed.) (2002): *Fauna Aquatica Austriaca. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs.* - Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt u. Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster, Wien
- MÖSSLACHER, F. (2000): Advantages and disadvantages of groundwater organisms for biomonitoring. - *Verh. Internat. Verein Limnol.* **27**: 2725–2728
- MÖSSLACHER, F. & H. J. HAHN (2003): Die Fauna, 159 – 204 pp. – in: GRIEBLER, C. & F. MÖSSLACHER (eds.) *Grundwasser-Ökologie.* Wien
- MUEHLBERGER, C. (1954): Über die Verbreitung subterranean Amphipoden im Gebiete der Lausitzer Hauptverwerfung. – *Naturwissenschaften* **17**: 407-408
- NIELSEN, C. O. & B. CHRISTENSEN (1961): The Enchytraeidae. Critical revision and taxonomy of the European species. - *Nat. Jutland.* **10** Suppl. 1: 1-23
- NOLL, W. & H. J. STAMMER (1953): Die Grundwasserfauna des Unterraingebietes von Hanau bis Würzburg mit Einschluß des Spessarts
- NOLL, W. (1939): Die Grundwasserfauna des Maingebietes. - *Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Museums der Stadt Aschaffenburg*: 3-25.
- NOODT, W. (1952): Subterranean Copepoda aus Norddeutschland. - *Zoologischer Anzeiger* **148** (11/12): 331-343

- NOODT, W. (1956): Verzeichnis der im Eulitoral der schleswig-holsteinischen Küste angetroffenen Copepoda Harpacticoidea. Schr. naturw. Ver. Schlesw.-Holst. **28** (1): 42-64
- PENNAK; R.W. & J.V. WARD (1986): Interstitial faunal communities of the hyporheic and adjacent groundwater biotopes of Colorado mountain stream. Arch. Hydrobiol. Suppl. **74**: 356-396
- PESCE, G. & D. GALASSI (1985): Due nuovi Diacyclops del complesso "languidoidea" (Copepoda: Cyclopidae) di acque sotterranee di Sardegna e considerazioni sul significato evolutivo dell' antenna nei copepodi stigobionti. - Bolletino del Museo civico di Storia naturale di Verona **12**: 411-418
- PESCE, G. & D. GALASSI (1987): New or rare species of *Diacyclops* KIEFER, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) from different groundwater habitats in Italy. - Hydrobiologia **148** (5): 103-114
- PESCE, G. (1984): *Diacyclops languidoidea nagysalloensis* KIEFER - Cyclopoide nuovo per la Fauna Italiana, e note sullo status tassonomico del complesso "languidoidea" in Italia. - Bolletino del Museo civico di Storia naturale di Verona **2**: 333-337
- PESCE, G. (1992): Cyclopids from the ground waters of Turkey, a description of *Diacyclops languidoidea anatolicus* n. ssp. - Fragmenta entomologica, Roma **24** (1): 1-12.102
- PESCE, G. (1994): The genus *Diacyclops* KIEFER in Italy: a taxonomic, ecological and biogeographical up-to-date review (Crustacea Copepoda Cyclopidae). - Arthropoda Selecta **3**: 3-4
- PETOVSKI, T. (1957): Beitrag zur Kenntnis der jugoslawischen Cyclopiden. - Acta Musei Macedonici Scientarium Naturalium **2** (1/12): 1-31
- PETOVSKI, T. (1971): Einige neue und seltene subterrane Cyclopiden (Crustacea Copepoda) aus Jugoslawien. - Acta Musei Macedonici Scientarium Naturalium **12** (5): 77-114
- PLÉNET, S., GIBERT, J. & P. MARMONIER (1995): Biotic and abiotic interactions between surface and interstitial systems in rivers. - Ecography **18**: 296-309
- POSPISIL, P. (1993): Die Grundwassercyclopiden (Crustacea, Copepoda) der Lobau in Wien (Österreich) - faunistische, taxonomische und ökologische Untersuchungen. - Diss. Univ. Wien
- POSPISIL, P. (1994): The groundwater fauna of the Danube aquifer in the "Lobau" wetland in Vienna, Austria. - In: GIBERT, J. et al. (eds.): Groundwater Ecology, Acad. Press, San Diego: 347-366
- POSPISIL, P. (1999): *Acanthocyclops sensitivus* (GRAETER & CHAPPUIS 1914) (Copepoda: Cyclopoida) in Austria. - Annales de Limnologie **35** (1): 49-55
- PUST, J. (1990): Untersuchungen zur Systematik, Morphologie und Ökologie der in westfälischen Höhlen vorkommenden aquatischen Höhlentiere. - Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 52. Jahrgang 4: 188 S.
- RAY, C., SOONG, T.W., LIAN, Y.Q., ROADCAP, G. S. (2002): Effect of flood-induced chemical load on filtrate quality at bank filtration sites. - J. Hydrol. **266**: 235-258
- REID, J. (2001): A human challenge: discovering and understanding continental copepod habitats. - Hydrobiologia **453/454**: 201-226
- RONNEBERGER, D. (1975): Zur Kenntnis der Grundwasserfauna des Saale-Einzugsgebietes (Thüringen). - Limnologica **9** (3): 323-419
- ROUCH, R. (1986): Copepoda: Les harpacticoidea souterrains des eaux douces continentales. - In: BOTOSANEANU, L. (ed.): Stygofauna mundi. Leiden, S. 321-355

- RUMM, P. (1993) Untersuchungen zum Artenspektrum, zur Besiedlungsdichte und zur vertikalen Verteilung von Organismen in einem Langsandsfilter unter besonderer Berücksichtigung der Cyclopoida und Acari. Diplomarbeit. Univ. Oldenburg
- RUMM, P. (1999): Untersuchungen zum Abbau partikulärer organischer Substanzen in einem Langsandsfilter durch Metazoen am Beispiel von *Niphargus fontanus* BATE, 1859 (Amphipoda, Crustacea). – Diss. Univ. Oldenburg
- RUMM, P., SCHMIDT, H. & W. HOLLWEDEL (1998): Temporal and spatial distribution patterns of crustaceans inhabiting a slow sand filter. Pp. 135-139. In PETERS, J.H. (ed.): Artificial recharge of groundwater. A.A. Balkema. Rotterdam, Brookfield. 474 pp.
- SÄRKKÄ, J. & J. MÄKELÄ (1998): *Troglochaetus beranecki* DELACHAUX (Polychaeta, Archiannelida) in esker groundwaters of Finland: a new class of limnic animals for northern Europe. - Hydrobiologia **379**: 17-21
- SCELLENBERG, A. (1932 a): Bemerkungen über subterrane Amphipoden Großbritanniens. - Zoologischer Anzeiger **99** (3/4): 49-58
- SCELLENBERG, A. (1932 b): Deutsche subterrane Amphipoden. - Zoologischer Anzeiger **99** (11/12): 311-323
- SCELLENBERG, A. (1933): *Niphargus puteanus* am alten Fundort neu entdeckt. Revision der deutschen Niphargusarten. - Zoologischer Anzeiger **102** (9/10): 255-257
- SCELLENBERG, A. (1938 a): Tschechoslowakische Amphipoden. - Zoologischer Anzeiger **121** (9/10): 239-244
- SCELLENBERG, A. (1938 b): *Niphargellus*. Eine neue subterrane Amphipodengattung an der Ost- und Westgrenze des Reiches. - Zool. Anzeiger **122**: 245-248
- SCELLENBERG, A. (1939): Die subterranean Amphipoden des Unteren Maintales. - Archiv für Hydrobiologie **36**: 466-482
- SCELLENBERG, A. (1942): Die unterirdische Amphipodenfauna des Rheingebietes im Spiegel der geologischen Entwicklung. - Archiv für Hydrobiologie **40**: 1-7
- SCHMIDT, H. (1994): Untersuchungen zum Faunenspektrum, zur Besiedlungs- und Vertikalverteilung der Metazoen in einem Langsandsfilter unter besonderer Berücksichtigung der Harpacticoida, Ostracoda und Cladocera. - Diplomarbeit an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg., 153 S.
- SCHMIDT, S. I., HAHN, H. J., WATSON, G. D., WOODBURY, R. J. & T. J. HATTON (2004): Sampling fauna in stream sediments as well as groundwater using one net sampler. Acta hydrochim. hydrobiol. **32** (2004) 2
- SCHMINKE, H. K. & J. NOTENBOOM (1990): Parastenocarididae (Copepoda, Harpacticoida) from the Netherlands. Bijdr. Dierk **60** (3/4): 299-304
- SCHMINKE, H. K. (1988): Eine neue Gattung der grundwasserbewohnenden Bathynellacea aus Deutschland (Crustacea, Malacostraca, Bathynellidae). - Stygologia **4**: 17-25
- SCHMINKE, H. K. (2003): Grundwasserfauna Deutschland - Ein Bestimmungswerk. – DWA Hennef: 628 S.
- SCHMINKE, H. K. & G. GAD (Hrsg.) (2007): Grundwasserfauna Deutschland - Ein Bestimmungswerk. – DWA, Hennef
- SCHUBERT, J. (2002): Hydraulic aspects of riverbank filtration – field studies. - J. Hydrogeol. **266**: 145-161

- SERBAN, E. (1966 a): Contribution à l'étude de Bathynella d'Europe: *Bathynella natans* VEJDOVSKY, un dilemme à résoudre. - International Journal of Spelaeology **2**: 115-132
- SERBAN, E. (1966 b) : Nouvelles contributions à l'étude de *Bathynella (Bathynella) natans* VEJDOVSKY et *Bathynella (Antrobathynella) stammeri* JAKOBI. - International Journal of Spelaeology **2**: 207-221
- SERBAN, E. (1973): Sur les problèmes de la taxonomie des Bathynellidae (Podophallocarida Bathynellacea). - Livre du cinquantième de l'Institut de Spéologie "Emile Racovitza", Editura Academiei Republicii Socialiste Romania, Bukarest: 199-217
- SKALSKI, A. W. (1970): The hypogeous gammarids in Poland (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae). - Acta Hydrobiologica **12** (4): 431-437
- SKET, B. (1963): *Asellus slavus* REMY (Crust. Isopoda) v Jugoslaviji. - Dissertationes Classis IV: Historia naturalis et Medicina, Acad. Sci.Art. Slovenica **7**: 177-197
- SPANGENBERG, H. J. (1973 a): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Gewässern von Gipshöhlen und im Grundwasser des Südhazes und Kyffhäusers. - Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie **58**: 501-542
- SPANGENBERG, H. J. (1973 b): Beitrag zur Faunistik von Höhlengewässern im Zechstein des Südhazes und Kyffhäusers - Hercynia, NF. **10**, 143-160
- STAMMER, H. J. (1936): Die aquatile Fauna der Reyersdorfer Höhle. - Mitteilungen über Höhlen- und Karstforschung 1936: 199-214
- STAMMER, H. J. (1937): Der Höhlenarchannelidae *Troglochaetus beranecki* in Schlesien. - Zoologischer Anzeiger, **118**: 265-268
- STEENKEN, B. (1998): Die Grundwasserfauna: Ein Vergleich zweier Grundwasserlandschaften in Baden-Württemberg; Ecomed, Landsberg
- STEIN, H., FUCHS, A. & H. J. HAHN (2008): Biologische Bewertung von Grundwasserökosystemen – Faunistischer Teil. – In: Griebler, C.; Stein, H.; Steube, C.; Fuchs, A. & H. J. Hahn: Biologische Bewertung von Grundwasserökosystemen. Vorläufiger Endbericht für die 1. Projektphase im Auftrag des Umweltbundesamtes Dezember 2008 (unveröffentl.)
- STEIN, H., KELLERMANN, C., SCHMIDT, S. I., BRIELMANN, H., STEUBE, C., BERKHOFF, S. E., FUCHS, A., HAHN, H. J., THUIN, B. & C. GRIEBLER (2010): The potential use of fauna and bacteria as ecological indicators for the assessment of groundwater quality. – Journal of Environmental Monitoring; DOI: 10.1039/b913484k
- STERBA, O. (1955): Beitrag zur Kenntnis der Cyclopidenfauna der Umgebung von Brünn und aus Südmähren. - Vestnik Ceskoslovenske Spolecnosti Zoologicke **19**: 354-364
- STERBA, O. (1956): Einige seltene und neue Krustentiere in den Karstgewässern der Tschechoslowakei. - Biologia Bratislava **11**: 385-403
- STERBA, O. (1969): Über die geographische Verbreitung der Harpacticiden (Copepoda, Harpacticoida) in der Tschechoslowakei. - Vest. csl. Spol. zool. **33** (2): 162-173
- STOCH, F. & P. POSPISIL (2000 a): The *Diacyclops languidoides*-group (Copepoda: Cyclopoida) in Austria, with redescription of *Diacyclops cohabitatus* MOCHENKO 1980. - Annales de Limnologie **36**:21-29
- STOCH, F. & P. POSPISIL (2000 b): Redescription of *Diacyclops disjunctus* (Thalwitz, 1927) from Austria, with remarks on the *Diacyclops languidoides*-group in Europe (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopidae). - Crustaceana **73**: 469-478

- STRASKRABA, M. (1956): Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung der Amphipoden in der Tschechoslowakei aus zoogeographischen Gesichtspunkten. - Acta Universitatis Carolinae Biologica 1958 (2): 197-208
- STRAYER, D. L. (1994): Limits to biological distributions in groundwater. In: GIBERT, J., DANIELOPOL, D. L.; STANFORD, J. A. (eds): Groundwater Ecology: 287-310; New York
- THIENEMANN, A. (1950): Die Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Versuch einer historischen Tiergeographie. (= Die Binnengewässer **18**), Stuttgart
- THULIN, B. & H.J. HAHN (2008): Ecology and living conditions of groundwater fauna. – Technical Report TR-08-06, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Stockholm.
- THUST, R. (1965): Über Vorkommen und Variabilität einiger Peracariden aus dem Grundwasser von Thüringen, Sachsen und den angrenzenden Gebieten der CSSR - Limnologica **3**, 29 - 39
- TILZER, M. (1968): Zur Ökologie und Besiedlung des hochalpinen hyporheischen Interstitials im Arlberggebiet (Österreich). - Archiv für Hydrobiologie, **65**: 253-308
- TILZER, M. (1973): Zum Problem der Ausbreitungsfähigkeit von limnisch - interstitiellen Grundwassertieren, am Beispiel von *Troglochaetus beranecki* DELACHAUX (Polychaeta Archiannelida). - Archiv für Hydrobiologie **72**: 263-269
- WARD, J. V. & U. UEHLINGER (2003): Ecology of a glacial Flood Plain. - Aquatic Ecology Series, 285 pp.
- WARD, J. V.; BRETSCHKO, G.; BRUNKE, M.; DANIELOPOL, D.; GIBERT, J.; GONSER, T. & A. G. HILDREW (1998): The boundaries of river systems: the metazoan perspective. – Freshw. Biol. **40**: 531-569
- WEGELIN, R. (1966): Beitrag zur Kenntnis der Grundwasserfauna des Saale-Elbe-Einzugsgebietes - Zool. Jb. Syst. Bd. **93**: 1-117
- Wett, B., Jarosch, H. & K. Ingerle (2002): Flood induced infiltration effecting a bank filtrate well at the River Enns, Austria. - J. Hydrol. **266**: 222-234

## 8 ANHANG

## Anhang 1a: In die Untersuchungen einbezogene MST und deren Charakteristika.

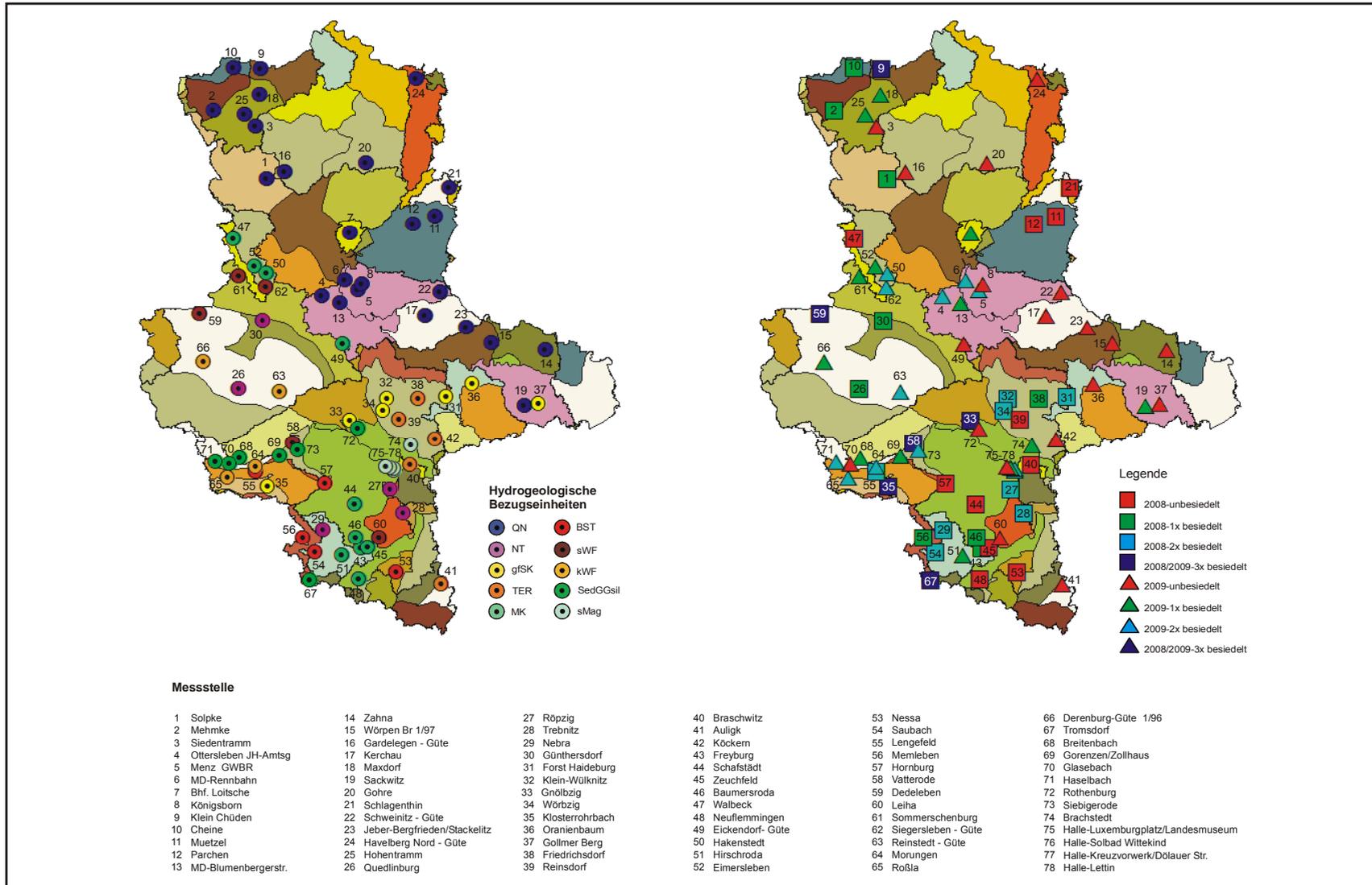
	Meßstelle	PN Zyklus	BZE	KOR	GWK	MKZ	GLH	MPH	FIOK	FIUK	SOHLE	AUFSCHLUSS	H_Wert	R_Wert	LK	NW
							m NN	m NN	m uG	m uG	m uG					mm
1	Solpke	3	QN-1	MEL	OT 1	35330007	61,14	62,01	5,17	9,17	9,50	Hy Sop 1/95	5818600	4449820	SAW	100
2	Mehmke	3	QN-1	MEL	NI10_04	32310009	52,60	53,01	4,09	6,09	7,50	Me 09/00	5844451	4429512	SAW	80
3	Siedentramm	4	QN-1	MEL	NI10_03	33330001	39,58	40,15	2,35	4,35	5,92	Hy Sit 1/95	5838345	4445613	SAW	50
4	Otterleben JH-Amtsg	6	QN-1	MEL	EN 3	39350010	84,92	85,92	2,00	4,00	5,98		5773750	4470399	MD	50
5	Menz GWBR	6	QN-1	MEL	EN 1	38360018	48,70	48,94	4,22	6,22	7,46		5775966	4483813	AJ	80
6	MD-Rennbahn	6	QN-1	MEL	EN 1	38360007	44,42	45,42	6,00	8,00	10,00		5779560	4478880	MD	50
7	Bhf. Loitsche	5	QN-1	MEL	OT 5	36360040	60,54	61,14	3,56	4,56	5,16	BP 1	5797982	4480768	BK	50
8	Königsborn	5	QN-1	MEL	EN 1	38360147	49,73	50,63	7,00	9,00	9,90	MEL32	5778109	4485425	AJ	125
9	Klein Chüden	3;7	QN-2	MEL	NI10_01	31330072	27,64	28,11	8,16	10,16	10,63	Hy Rie 1/93	5860192	4447374	SAW	125
10	Cheine	3	QN-2	MEL	NI10_05	31320063	33,19	33,89	14,00	16,00	16,70	Hy Chei GWM 1/92	5860590	4437275	SAW	100
11	Muetzel	1	QN-2	HAV	HAV_UH_7	36395880	36,10	36,98	10,10	14,10	14,80	Hy Mützel 1/95	5804120	4513130	AJ	100
12	Parchen	1	QN-2	HAV	HAV_UH_7	36385555	45,30	46,46	11,68	15,68	16,80	Hy Pcn 1/95	5801280	4504780	AJ	100
13	MD-Blumenbergerstr.	6	QN-2	MEL	EN 3	39350038	58,56	59,56	10,00	12,00	14,00		5770853	4477013	MD	50
14	Zahna	4	QN-2	MES	EL 3-3	40425497	85,50	86,55	10,00	12,00	14,05	54/97	5752912	4554491	WB	50
15	Wörpen Br 1/97	4	QN-2	MES	EL 3-4	40407015	136,05	136,35	8,00	12,00	14,30	Br 1/97	5755752	4533896	WB	300
16	Gardelegen - Güte	4	QN-2	MEL	MBA 1	34340005	54,85	55,85	20,00	24,00	25,00	Hy Gardel 1/97	5821230	4456418	SAW	125
17	Kerchau	5	QN-2	MEL	EN 2	39384008	79,85	80,83	16,00	18,00	18,98	MEL 35 Kerchau	5766219	4509048	ABI	124
18	Maxdorf	5	QN-2	MEL	NI10_03	32330026	37,70	38,22	7,00	17,00	17,50	Hy Maxdorf Pb 2/92	5850422	4447003	SAW	125
19	Sackwitz	5	QN-2	MES	EL 3-1	42422209	127,64	128,62	8,00	1,00	11,00	MES17	5732020	4546370	WB	125
20	Gohre	5	QN-2	MEL	MBA 3	34362608	44,95	45,90	11,40	17,40	18,35	MEL 9	5824385	4486800	SAW	125
21	Schlagenthin	1	QN-3	HAV	HAV_UH_6	35396735	30,59	31,43	23,00	25,00	25,84	Hy Sgt 1/96	5814981	4518370	AJ	125
22	Schweinitz - Güte	4	QN-3	MEL	EN 1	38390021	97,92	98,93	22,99	24,99	26,01	10/ 97 - Schweinitz	5775290	4514907	AJ	125
23	Jeber-Bergfrieden	4	QN-3	MEL	EN 2	40400997	105,00	106,11	24,00	26,00	26,96	Hy 9/97 - Jeber Bergfr	5761683	4524628	WB	125
24	Havelberg Nord - Güte	4	QN-3	HAV	HAV_UH_5	31380012	47,30	48,26	49,00	53,00	53,96	Hy Hv 1/96	5856760	4505865	SAW	125
25	Hohentramm	5	QN-3	MEL	NI10_03	32320061	37,14	38,02	26,00	28,00	28,88	MEL 15	5842929	4441333	SAW	125
26	Quedlinburg	3	NT	SAL	SAL_GW_065	42320049	127,93	128,85	5,0	7,0	7,92	Hy Qued 1/96	5738220	4438933	HZ	125
27	Röpzig	3	NT	SAL	SAL_GW_017	45371005	80,0	80,98	3,0	7,0	6,85	Hy RöpSk 1/94	5699827	4496106	SK	125
28	Trebnitz	3	NT	SAL	SAL_GW_017	46380196	85,4	86,15	4,4	6,3	6,29	Hy Trebnitz 101/96	5690799	4501008	SK	125
29	Nebra	3	NT	SAL	SAL_GW_034	47350402	114,0	115,19	3,0	5,0	6,0	Hy Ne 04/02	5684463	4470612	BLK	100
30	Günthersdorf	3	NT	SAL	SAL_GW_067	39330027	79,99	80,86	3,90	5,90	7,80	Hy OI BR 6a	5764381	4448181	BLK	125
31	Forst Haideburg	3	gfSK	SAL	SAL_GW_022	42390179	79,70	80,58	15,0	17,0	17,88	Hy Shi 1/94	5735321	4517240	ABI	125
32	Klein-Wülknitz	3	gfSK	SAL	SAL_GW_022	42371497	89,80	90,76	13,0	15,0	15,96	Hy 14/97	5734630	4494925	ABI	125
33	Gnölbzig	3;7	gfSK	SAL	SAL_GW_020	43360106	72,74	73,74	9,90	11,90	13,91	Neubohrung 2006	5726243	4480878	SLK	125
34	Wörbzig	3;7	gfSK	SAL	SAL_GW_022	42377002	82,8	83,5	2,55	12,55	13,3	P 1/97	5729932	4493511	ABI	50
35	Klosterrohrbach	3;7	gfSK	SAL	SAL_GW_041	45330101	129,69	130,79	6,0	8,0	9,0	Hy 101/01	5700891	4450196	MSH	125
36	Oranienbaum	5	gfSK	MES	VM 2-1	41401108	66,02	67,02	22,00	24,00	25,00	MES7 Oranienbaum	5740304	4526972	WB	125
37	Gollmer Berg	5	gfSK	MES	EL 3-1	42424597	96,10	97,06	17,00	19,00	21,17	45/97	5732632	4551924	WB	50
38	Friedrichsdorf	2	TER	SAL	SAL_GW_022	42380106	80,32	81,33	7,80	9,80	11,00		5734628	4506524	ABI	125
39	Reinsdorf	2	TER	SAL	SAL_GW_022	43370106	83,40	84,42	6,00	8,00	9,00		5726545	4499524	ABI	125
40	Braschwitz	2	TER	SAL	SAL_GW_061	44380027	99,61	100,56	11,00	16,00	14,51	Hy Bhw 1/94	5709319	4503631	SK	100
41	Auligk	4	TER	SAL	SAL_GW_059	48391010	139,8	140,67	13,0	21,0	22,6	Hy Auligk 101/00	5663580	4515070	BLK	125
42	Köckern	4	TER	SAL	SAL_GW_022	43392097	92,2	93,15	27,5	29,5	30,45	Hy 20/97	5718908	4512982	ABI	125

## Anhang 1a: In die Untersuchungen einbezogene MST und deren Charakteristika (Fortsetzung)

	Meßstelle	PN Zyklus	BZE	KOR	GWK	MKZ	GLH	MPH	FIOK	FIUK	SOHLE	AUFSCHLUSS	H_Wert	R_Wert	LK	NW
							m NN	m NN	m uG	m uG	m uG					
43	Freyburg	3	MK	SAL	SAL GW 042	47361197	157,2	158,03	47,5	61,5	62,47	Hy Qf 101/97	5677066	4485050	BLK	125
44	Schafstädt	1	MK	SAL	SAL GW 014	46360696	162,9	163,85	17,0	22,0	22,28	Hy Ssä 1/96	5694155	4482655	SK	125
45	Zeuchfeld	3	MK	SAL	SAL GW 014	47361701	146,02	146,77	48,4	52,4	53,7	Hy Zfld 1/01	5677474	4487701	BLK	115
46	Baumersroda	3	MK	SAL	SAL GW 014	47361198	202,0	202,3	39,0	54,0	57	Hy 1/98	5681363	4483076	BLK	125
47	Walbeck	2	MK	WES	4_2105	37320007	141,6	142,57	55,5	65,5	66,5	Hy Waib 1/92	5795587	4437029	BK	125
48	Neuflemmingen	2	MK	SAL	SAL GW 014	48361301	242,4	243,69	63,0	67,0	69,6	Hy FlmNb 1/01	5665504	4484238	BLK	115
49	Eickendorf- Güte	6	MK	SAL	SAL GW 066	40360013	83,00	83,88	26,00	30,00	30,88	Hy EkSbk 111/98	5755351	4478299	SLK	125
50	Hakenstedt	6	MK	WES	4_2105	38330010	135,52	136,54	38,00	42,00	43,02		5782479	4449461	BK	180
51	Hirschroda	6	MK	SAL	SAL GW 042	47361901	213,85	215,05	61,0	65,0	67,5	Hy HroJe 1/01	5674434	4477782	BLK	125
52	Eimersleben	5	MK	WES	4_2105	38330012	137,67	138,50	24,00	28,00	29,00	MEL 4	5785141	4445039	BK	125
53	Nessa	1	BST	SAL	SAL GW 015	48370401	201,67	203,27	54,0	58,0	61,0	Hy Nss 1/01	5668025	4498171	BLK	125
54	Saubach	3	BST	SAL	SAL GW 042	47350198	206,7	207,51	53,0	63,0	64,0	Hy Saubach 1/98	5675526	4467574	BLK	125
55	Lengefeld	3	BST	SAL	SAL GW 038	45330198	221,2	222,02	20,0	30,0	31,0	Hy Lengefeld 1/98	5706478	4445451	MSH	125
56	Memleben	2	BST	SAL	SAL GW 034	47340502	116,9	116,8	23,30	27,30	29,20	Hy Mlb 1/02	5681263	4463226	BLK	115
57	Hornburg	2	BST	SAL	SAL GW 014	45351028	189	189,82	10,0	13,0	12,9	Hy Hrb 1/94	5701956	4471372	MSH	125
58	Vatterode	3;7	sWF	SAL	SAL GW 019	44341596	210,4	211,4	25,0	30,0	30,0	Hy Vtd 1/96	5717667	4459464	MSH	125
59	Dedeleben	3;7	sWF	SAL	SAL GW 065	39310016	103,0	103,6	6,0	8,0	8,0		5766914	4424479	HZ	125
60	Leiha	6	sWF	SAL	SAL GW 014a	47370696	131,2	132	20,2	23,2	23,21	Hy Leiha 101/96	5681409	4491725	SK	125
61	Sommerschenburg	6	sWF	SAL	SAL GW 066	38320031	180,61	181,52	75,00	79,00	79,01	Hy SodOl 1/96	5781261	4439069	BK	125
62	Siegersleben - Güte	6	sWF	WES	4_2105	38330009	155,04	155,47	83,57	87,57	88,10	Hy Sie 1/94	5777203	4449274	BK	125
63	Reinstedt - Güte	6	kWF	SAL	SAL GW 065	42340003	132,18	133,2	7,4	9,4	10,42	Hy Reins 1/96	5737220	4454640	HZ	125
64	Morungen	6	kWF	SAL	SAL GW 038	44330402	231,00	230,94	11,0	15,0	17,0	Hy Mon 1/02	5708499	4445446	MSH	115
65	Roßla	6	kWF	SAL	SAL GW 038	45320602	172,41	172,37	16,0	20,0	21,95	Hy RBa 1/02	5704235	4434797	MSH	115
66	Derenburg-Güte 1/96	6	kWF	SAL	SAL GW 065	41310029	174,80	175,69	34,00	40,00	40,89	Hy Dr 1/96	5748399	4425708	HZ	125
67	Tromsdorf	3;7	SedGGsil	SAL	SAL GW 011	48350602	182	181	23,0	27,0	30,0	Hy Hgo 1/02	5665028	4465721	BLK	125
68	Breitenbach	6	SedGGsil	SAL	SAL GW 018	44320102	408,4	408,31	5,0	7,0	9,1	Hy BtbSh 1/02	5711956	4439280	MSH	115
69	Gorenzen/Zollhaus	6	SedGGsil	SAL	SAL GW 019	44341074	367,6	368,77	12,2	14,7	17,52	Hy Ht 10/74	5712632	4454460	MSH	125
70	Glasebach	6	SedGGsil	SAL	SAL GW 039	44320202	382,5	383,6	11,0	15,0	18,2	Hy DdSh 1/02	5709604	4435547	MSH	115
71	Haselbach	6	SedGGsil	SAL	SAL GW 039	44310302	248,9	249,93	11,5	15,5	18,6	Hy DdSh 2/02	5710189	4430292	MSH	115
72	Rothenburg	6	SedGGsil	SAL	SAL GW 020	43360021	155,6	156,72	39,5	49,5	50,33	Hy RotSk 1/94	5723331	4483953	SK	100
73	Siebigerode	6	SedGGsil	SAL	SAL GW 019	44340874	296,7	297,53			68,7		5714990	4461240	MSH	125
74	Brachstedt	6	sMag	SAL	SAL GW 020	44380708	97,53	98,62	13,00	15,00	15,00		5716659	4504030	SK	125
75	Halle-Landesmuseum	6	sMag	SAL	SAL GW 020	K372	99,36	99,25	6,0	16	17,15	Hy Hal 36/97	5707026	4497515	HAL	125
76	Halle-Solbad Wittekind	6	sMag	SAL	SAL GW 020	K47	89,36	89,13	20,0	23	24,1	STAU 610	5707741	4497591	HAL	125
77	Halle-Kreuzvorwerk	6	sMag	SAL	SAL GW 020	K389	108,07	108,07	14,0	22	22,7	Hy Hal 52/98	5708107	4496050	HAL	125
78	Halle-Lettin	4	sMag	SAL	SAL GW 020	K377	85,97	86,54	7,4	10,4	9,8	Hy Hal 34/98	5708523	4494324	HAL	125

PN Zyklus 2008:	1	Nur 1. PN
PN Zyklus 2008:	2	Nur 2. PN
PN Zyklus 2008:	3	1.+2. PN
PN Zyklus 2009:	4	Nur 1. PN
PN Zyklus 2009:	5	Nur 2. PN
PN Zyklus 2009:	6	1.+2. PN
PN Zyklus 2008/09:	7	Wiederholungsbeprobung

Anhang 1b: Verteilung und Besiedlungsstruktur der 78 in die Untersuchung einbezogenen Messstellen in den Grundwasserkörpern des Landes.



Anhang 2: Hydrochemische Daten der Jahre 2007-2009. – BZE Quartärer Nordraum

NR	MST	BZE	MKZ	DATUM	WS m	T-Luft °C	T °C	Lf mg/l	pH	UH mg/l	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	o-PO4-P mg/l	P ges. mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe(II) gel. µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	KB-8.2 mmol/l	KS-4.3 mmol/l	DOC mg/l	AOX µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	As µg/l
1	Solpke	QN-1		18.09.2006	5.25	15.0	10.1	296	6.6	0.95	100	0.03	0.04	0.84	0.0025	0.031	18	75	1	11	36	4	25	25	56	0.2	0.7	1.4	5	5	0.5	0.34	1	1	0.025	0.025
1	Solpke	QN-1	35330007	09.05.2007	5.10	11.0	10.1	310	6.4	1.4	350	0.005	0.02	1.2	0.0025	0.031	17	80	1	12	38	4	25	54	0.3	0.7	1.6	17	5	0.5	0.34	1	1	0.025	0.025	
1	Solpke	QN-1		17.06.2008	4.87	18.0	9.9	300	6.3	1.2	329	0.015	0.015	0.93	0.005	0.03	17.5	84	1.1	12	39	3.9	25	60	0.28	0.62	2.1	5	5	0.5	0.38	1	1	0.025	0.025	
2	Mehmke	QN-1	32310008	10.07.2007	3.30	19.0	11.4	730	7.0	1.1	290	0.005	0.03	15.9	1.49	1.53	41	180	18	24	120	10	250	22	0.43	3.3	4.2	21	12	1.8	0.1	2.4	1	2.3	0.025	3.2
2	Mehmke	QN-1		04.12.2007	3.10	5.0	12.4	790	7.1	2.7	353	0.01	0.07	28.7	1.6	1.6	37	170	16	22	110	9	25	21	0.5	3	3.7	5	5	0.5	0.1	1	1	2.3	0.025	3.3
3	Siedentrarm	QN-1		29.03.2007	1.75	10.0	8.9	910	7.6	0.2	100	10.9	0.02	0.53	0.027	0.16	41.0	130	54	21	97	9.0	1520	440	0.34	5.0	5.5	18								
3	Siedentrarm	QN-1	33330001	05.11.2007	2.40	1.0	13.0	310	7.95	2.15	199	0.53	0.02	0.22	0.077	0.19	17.0	35.0	2.0	10	47	3.0	740	130	0.06	2.1	2.1	12								
3	Siedentrarm	QN-1		02.12.2008	2.25	3.5	11.6	320	7.80	0.4	329	0.53	0.015	0.22	0.140	0.190	17.3	33.5	2.9	10	52	3.0	380	130	0.04	2.1	2.2	5								
4	Otterleben JH-Amtsg	QN-1		06.03.2007	1.54	7.0	10.5	1470	7.13	0.91	273	0.01	0.01	35.6	0.009	0.012	76.0	390	6.0	31	180	67	25	5	0.83	5.9	1.8	12								
4	Otterleben JH-Amtsg	QN-1	39350010	03.03.2008	1.90	8.1	10.2	1480	7.1	2.1	324	0.015	0.02	42.0	0.05	0.02	76.2	379	7.7	34	190	67	25	5	0.75	6.0	2.1	5								
4	Otterleben JH-Amtsg	QN-1		28.05.2008	1.90	21.0	11.6	1350	7.1	3.8	334	0.015	0.015	39.7	0.009	0.01	80.8	394	14	32	190	73	25	20.0	0.78	6.0	2.0	13								
5	Menz GWBR	QN-1		19.03.2007	5.35	0.0	12.3	520	7.5	9.1	387	0.08	0.01	4.16	2.40	2.40	14.0	61.0	29	15	66	4.0	170	5	0.30	3.3	2.4	11								
5	Menz GWBR	QN-1	38360018	06.12.2007	5.00	7.5	13.8	492	7.21	8.1	302	0.015	0.035	7.70	3.76	3.51	18.4	65.9	23	20	68	3.6	25	5	0.24	3.4	2.1	18								
5	Menz GWBR	QN-1		10.04.2008	5.06	4.0	11.4	454	7.11	7.6	500	0.015	0.07	9.03	3.08	3.35	19.0	63.2	26	18	60	3.0	25	5	0.30	3.0	1.7	13								
6	MD-Rennbahn	QN-1		19.03.2007	4.20	6.0	11.4	1210	6.0	0.2	317	0.03	0.01	9.96	0.044	0.046	73.0	410	4.0	100	110	20	420	490	2.2	1.0	2.9	5								
6	MD-Rennbahn	QN-1	38360007	06.12.2007	4.05	8.5	11.8	1010	5.81	0.3	420	0.04	0.035	24.5	0.04	0.09	72.5	351	5.2	79	99	19	400	492	1.1	0.93	2.9	17								
6	MD-Rennbahn	QN-1		28.05.2008	3.38	25.0	10.3	990	5.8	0.7	473	0.03	0.015	30.8	0.02	0.05	79.0	347	2.3	92	110	21	300	300	1.7	0.93	2.5	5								
7	Bhf. Lötische (neu)	QN-1		28.02.2007	3.92	6.0	9.2	938	7.17	5.56	297	0.005	0.02	217	0.025	0.080	68.0	49.0	9.0	15	130	9.0	25	5	0.30	2.2	2.7	13								
7	Bhf. Lötische (neu)	QN-1		06.11.2007	3.60	8.0	13.3	1160	6.55	0.5	260	0.005	0.03	294	0.016	0.113	72.0	65.0	37	18	150	12	25	5	0.71	2.5	3.8	14								
7	Bhf. Lötische (neu)	QN-1	36360040	12.03.2008	3.25	6.0	8.4	1680	6.5	2.6	327	0.015	0.02	465	0.03	0.092	64.7	88.1	78	29	220	20	25	5	1.6	4.0	5.6	17								
7	Bhf. Lötische (neu)	QN-1		01.12.2008	3.74	0.0	11.8	1270	7.00	2.40	395	0.015	0.015	293	0.04	0.153	63.6	89.0	36	21	210	15	25	5	0.16	4.4	2.1	10								
7	Bhf. Lötische (neu)	QN-1		11.03.2009	3.61	4.5	8.0	1510	7.10	0.9	487	0.015	0.015	373	0.03	0.153	89.5	91.3	13	23	240	17				4.7	2.6	14								
8	Königsborn	QN-1		29.10.2008	2.56	11.0	8.20	657	2.60	320	0.08	0.07	0.22	0.03	0.258	105.5	434	5.7	33	240	27	2570	3110	500	0.42	4.1	1.8	5								
8	Königsborn	QN-2	38360147	01.04.2009	2.64	2.0	12.2	1420	7.24	0.1	250	0.08	0.35	0.22	0.01		119	458	5.7	40	240	29				0.43	4.4	1.6	5							
9	Klein Chüden	QN-1		18.10.2007	5.62	8.0	11.1	440	5.4	6.8	450	0.005	0.02	47.4	0.007	0.013	35	100	8	18	42	9	25	170	0.3	0.1	2.4	15								
9	Klein Chüden	QN-2	31330072	16.06.2008	5.50	20.0	10.4	400	5.2	4.9	455	0.015	0.015	46.5	0.005	0.005	26.7	98.2	7.9	17	39	8.5	25	100	0.39	0.1	1.8	12								
10	Cheine	QN-2		10.10.2007	10.55	12.0	10.6	744	7.3	1.5	307	0.005	0.02	126	0.017	0.023	19	89	2	20	110	7	25	5	0.2	3	1.8	5								
10	Cheine	QN-2	31320063	18.06.2008	10.40	25.0	11	700	7.2	1.8	275	0.015	0.015	118	0.02	0.03	19.5	84.7	4.5	22	110	6.9	25	5	0.25	3	1.9	12								
11	Muetzel	QN-2		11.10.2006	3.35	12	10.3	700	7.4	0.1	40	0.13	0.08	0.22	0.031		45	140	4	22	110	8	290	1340	290	0.2	3.3	9.8	5							
11	Muetzel	QN-2	36395880	21.11.2007	3.00	1.5	10.9	655	7.19	0.4	160	0.1	0.035	0.22	0.06	0.08	41.8	129	6.9	23	110	7.2				3.1	8.4	5								
12	Parchen	QN-2		04.10.2006	11.03	13	9.7	610	7.3	0.1	150	0.01	0.02	0.22	0.012		31	120	1	12	97	9	1290	1290	97	0.3	3	1.3	5							
12	Parchen	QN-2	36385558	21.11.2007	10.61	2	9.8	592	7.09	0.4	170	0.03	0.035	0.22	0.03	0.08	30.4	122	1.2	14	98	9.5	1740	101	0.5	3.1	1.0	5								
13	MD-Blumenbergerstr.	QN-2		06.03.2007	8.20	6.2	12.2	2300	6.85	1.37	289	0.03	0.01	183	0.029	0.030	130	510	12	85	340	51	25	620	2.1	8.9	2.8	13								
13	MD-Blumenbergerstr.	QN-2	39350038	12.12.2007	7.80	3.0	11.9	2210	6.78	1.1	450	0.015	0.07	204	0.03	0.08	140	521	15	86	380	55	25	317	1.7	8.9	3.1	16								
13	MD-Blumenbergerstr.	QN-2		28.05.2008	7.47	21.0	12.4	2040	6.8	1.3	413	0.015	0.015	152	0.03	0.03	128	494	11	88	370	52	25	600	1.9	8.8	2.7	14								
14	Zahna	QN-2		05.02.2007	3.87	1	10.0	353	6.62	0.9	210	0.14	0.035	0.22	0.08	0.13	6.1	21.0	1.9	4.4	5.5	5.5	2930	114	0.40	3.2	1.6	5								
14	Zahna	QN-2	40425497	20.09.2007	3.89	7.0	10.1	368	6.79	2.00	0.14	0.035	0.22	0.08	0.13	13.8																				

Anhang 2: Hydrochemische Daten der Jahre 2007-2009 (Fortsetzung). – BZE Niederterrasse, glazi-fluviale Sande und Kiese, Tertiär

NR	MST	BZE	MKZ	DATUM	WS m	T-Luft °C	T °C	Lf µS/cm	pH	O2 mg/l	UH mV	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	o-PO4-P mg/l	P ges. mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe(II) gel. µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	KB-8.2 mmol/l	KS-4.3 mg/l	DOC mg/l	AOX µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	As µg/l		
26	Quedlinburg	NT		15.11.2007	2,13	2,0	12	375	6,97	0,16	182	0,03	0,02	0,22	0,007	0,46	6	53	1	6	57	8		14800	35	0,41	2,7	2,3	5	5	1,4	0,1	1	1	1	0,025	11		
26	Quedlinburg	NT	42320049	11.06.2008	2,42			11,5	387	7,2	2,1																												
26	Quedlinburg	NT		25.06.2008	2,44	19,0	12,2	370	6,8	0,2	160	0,04	0,015	0,22	0,01	0,06	6,1	55,1	1,3	5,8	58	8		4080	40	0,52	2,7	1,0	5	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	2,9		
27	Röbzig	NT		27.02.2007	2,58	4,2	10,5	2160	7,1	0,2	353	2,7	0,005	2,04	0,089	0,11	271	433	17	150	240	44																	
27	Röbzig	NT		11.06.2008	2,61			10,5	2013	7,2	3,1																												
27	Röbzig	NT	45371005	11.09.2008	3,03	20,0	12,7	1580	7,2	2,69	355	4	0,005	4,29	0,1	0,13	258	419	21	150	220	45				0,8	6,2	2,3	5										
27	Röbzig	NT		16.09.2008	3,06			11,9	2136	7,2	0,1																												
28	Trebnitz	NT		26.03.2007	3,92	15,0	9,3	4480	7,1	2,1	350	0,89	0,005	3,23	0,02	0,03	972	378	23	600	250	60		25	131	0,68	5,4	2,4		5	2,5	0,1	2,5	1	1	0,025	0,025		
28	Trebnitz	NT		22.11.2007	3,57	7,0	11,5	4400	7,1	0,3	343	0,85	0,005	2,35	0,02	0,03	1010	433	23	570	240	59		25	116	0,74	5,8	2,7	10	5	2,5	0,1	5	1	1	0,025	0,025		
28	Trebnitz	NT	46380196	10.06.2008	4,23			9	4010	7,3	2,6																												
28	Trebnitz	NT		16.09.2008	4,33	10,0	11,1	3090	7,2	0,16	367																												
29	Nebra	NT		27.03.2007	3,60	5,0	9,6	1120	7,36	9,1	430	0,015	0,065	44,1	0,14	0,16	58,4	175	51	34	130	34		80	5	0,3	5,7	1,5	17	5	0,5	0,1	1	1	5,5	0,025	3,7		
29	Nebra	NT		26.11.2007	2,97	1,0	11,4	1460	7,14	8,5	560	0,04	0,065	89,4	0,16	0,22	96,8	219	26	46	190	48		60	5	0,62	8,2	2,5	22	5	0,5	0,1	2,5	1	6,7	0,025	3,7		
29	Nebra	NT	47350402	10.06.2008	3,34			10	1628	7,4	9,25																												
29	Nebra	NT		19.06.2008	3,42	19,5	10,4	1470	7,24	9,3	340	0,015	0,065	111	0,15	0,17	89,8	295	21	50	210	55		25	5	0,85	7,2	2,9	12	13	1	0,1	2	1	5	0,025	3,5		
29	Nebra	NT		16.09.2008	3,75			12,6	1541	7,4	6,6																												
30	Günthersdorf	NT		26.03.2007	4,00	3,0	10,7	1350	7,3	4,8	271	0,03	0,03	13,9	0,01	0,21	120	310	0,5	80	150	37		750	190	0,46	4,1	1,3	25	18	4,2	0,1	3	1	5,3	0,025	1,2		
30	Günthersdorf	NT	39330027	23.10.2007	3,65	1,0	13,5	1520	7,2	3,3	280	0,005	0,02	13,9	0,01	0,29	190	260	1	92	150	38		550	82	0,4	4,2	1,6	39	5	1,6	0,1	2,7	1	1	0,025	0,6		
30	Günthersdorf	NT		17.09.2008								0,015	0,015	33,6	0,01	0,67	175	290	0,8	100	160	40																	
31	Forst Haideburg	gFSK	42390179	23.10.2006	9,35	15,0	9,5	572	5,75	0,9	310	0,01	0,005	0,1	0,02	0,07	19,4	236	2	11	86	11		1620	2150	21	0,7	0,6	1,5	31	11	0,5	0,1	4	1	1	0,025	0,6	
31	Forst Haideburg	gFSK		08.11.2007	9,38	7,0	9,5	561	5,92	0,3	320	0,015	0,035	0,22	0,02	0,1	18,8	213	1,8	11	82	10		2030	21	0,3	0,6	1,9	5	5	0,5	0,1	2,9	1	1	0,025	0,6		
32	Klein-Wulkwitz	gFSK		11.09.2008	10,82	15,0	10,8	2260	7,16	4,5	370	0,01	0,13	68,5	0,02	0,07	254	489	5,8	200	220	56		25	5	0,4	6,2	3,1	23	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,7		
32	Klein-Wulkwitz	gFSK	42371497	22.02.2007	10,92	6,0	10,7	2120	7,11	4,1	300	0,015	0,065	69,9	0,02	0,1	204	480	6,6	200	210	51		25	5	0,7	6	2,6	18	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,7		
32	Klein-Wulkwitz	gFSK		08.11.2007	11,00	7,0	10,5	2120	7,13	4,0	420																												
33	Gnoblzig	gFSK		15.05.2007	8,98	12,0	11,2	1630	7,7	6,8	540	0,015	0,035	5,8	0,02	0,03	128	339	11	88	190	64		25	5	8,1	6,3	1,0	10	10	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025		
33	Gnoblzig	gFSK		01.10.2007	8,75	14,0	11,1	1730	7,15	6,9	450	0,015	0,065	63,3	0,02	0,06	139	360	8,8	84	190	64		25	5	0,5	6,3	1,3	20	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025		
33	Gnoblzig	gFSK	43360106	05.03.2008	8,29	1,5	11,2	1650	7,12	6,2	450	0,015	0,065	66,4	0,02	0,08	142	377	12	84	180	62		25	5	0,5	6,4	1,2	11	12	1	0,1	2	1	1	0,025	0,025		
33	Gnoblzig	gFSK		06.10.2008	8,68	10,5	11,1	1570	7,06	6,1	370	0,035	0,08	60,0	0,02	0,08	147	391	10	89	200	60		25	5	0,65	6,7	1,3	5	17	1	0,1	2	1	1	0,025	0,025		
33	Gnoblzig	gFSK		19.03.2009	8,50	3,0	11,1	1690	7,12	5,5	510	0,07	0,06	6,2	0,02	0,07	145	370	11	91	190	58		25	5	0,67	6,6	1,3	5										
34	Wörbzig	gFSK		15.02.2007	5,48	3,5	10,5	1660	6,98	0,9	310	0,015	0,13	57,5	0,005	0,09	93,2	527	3,9	38	270	56		25	1820	0,7	4,9	2,6	19	5	0,5	0,24	6	1	1	0,025	0,025		
34	Wörbzig	gFSK		01.10.2007	5,45	9,0	11,2	1690	7,03	3,4	410	0,015	0,035	41,1	0,005	0,06	103	516	4,1	0,005	0,06	103	516		20	1940	0,6	4,9	2,4	18	5	0,5	0,23	6,8	1	1	0,025	0,025	
34	Wörbzig	gFSK	42377002	08.11.2007	5,40	10,0	11,2	1690	7,03	0,8	440																												
34	Wörbzig	gFSK		19.03.2008	5,15	3,0	10,1	1560	7,1	0,9	300	0,015	0,13	41,6	0,01	0,07	104	545	3,7	42	260	51		25	2050	0,5	4,9	2,2	5	5	1	0,28	7,8	1	1	0,025	0,025		
34	Wörbzig	gFSK		06.10.2008	5,26	11,0	10,9	1540	6,99	1,5	360	0,01	0,07	70,4	0,005	0,07	100	584	4,1	39	270	50		50,0	1720	0,56	4,9	2,7	5	10	1	0,28	7,5	1	1	0,025	0,025		
34	Wörbzig	gFSK		18.03.2009	5,14	3,0	9,9	1610	7,15	0,5	500	0,01	0,07	49,1	0,005	0,06	89,8	525	3,8	37	250	52				0,56	5,0	2,3	11										
35	Klosterrohnbach	gFSK		14.06.2007	3,53	21,6	10,4	1470	7,3	2,72	417	0,015	0,005	41,7	0,02	0,03	134	423	4,5	60	220	49		25	5	0,45	4,8	1,0	12	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025		
35	Klosterrohnbach	gFSK		25.10.2007	3,15	7,0	11,3	1500	7,3	2,7	372	0,015	0,005	28,8	0,02	0,03																							

Anhang 2: Hydrochemische Daten der Jahre 2007-2009 (Fortsetzung). – BZE Muschelkalk, Buntsandstein, silikatische Wechselfolgen

NR	MST	BZE	MKZ	DATUM	WS m	T-Luft °C	T °C	Lf µS/cm	pH	O2 mg/l	UV mV	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	o-PO4-P mg/l	P ges. mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe(II) gel. µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	KB-8.2 mmol/l	KS-4.3 mmol/l	DOC mg/l	AOX µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	As µg/l	
43	Freyburg	MK	47361197	27.03.2007	48,61	14,0	11,6	875	7,2	3,9	435	0,015	0,005	13,6	0,02	0,02	30,2	125	2	14	120	37		25	5	0,72	6,1	0,25	5	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025	
43	Freyburg	MK		10.06.2008	48,36			10,5	855	7,4	4,8																											
44	Freyburg	MK		16.09.2008	48,67			10,5	852	7,4	3,4																											
44	Schafstädt	MK	46360696	22.03.2007	9,79	3,0	10,3	1810	7,1	1,6	205	0,09	0,005	0,58	0,005	0,01	146	565	6,8	29	220	110		1440	17	0,69	5,3	2,0	5	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025	
44	Schafstädt	MK		11.06.2008	8,63			10,6	1835	7,1	4,7																											
44	Schafstädt	MK		09.09.2008	8,76	20,0	10,6	1250	7	0,89	239	0,12	0,005	0,62	0,005	0,01	133	550	6,6	29	210	100				0,65	5,3	1,9	5									
45	Zeuchfeld	MK	47361701	19.07.2007	25,86	24,0	11,9	2530	7	1,0	62	0,42	0,005	0,44	0,01	0,01	27,1	1390	14	58	380	150		1070	36	0,88	5,8	0,8	5	11	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,5	
45	Zeuchfeld	MK		08.10.2007	25,86	8,0	11,2	2560	7	0,2	85	0,42	0,005	0,22	0,005	0,01	27,1	1380	13	59	390	150		1070	38	1	5,9	1,1	5	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025	
45	Zeuchfeld	MK		10.06.2008	25,29			10,2	1737	7,4	2,3																											
45	Zeuchfeld	MK	47361198	26.06.2008	25,28	16,5	11,3	2290	6,9	0,4	170	0,46	0,015	0,45	0,005	0,08	30,3	1400	13	61	390	140		1120	40	1	5,7	1	5	13	1	0,1	2	1	1	0,025	0,7	
45	Zeuchfeld	MK		16.09.2008	25,34			10,7	2730	7,3	0,1																											
46	Baumersroda	MK		27.03.2007		7,5	10,7	1890	6,9	6,9	480	0,015	0,065	116	0,005	0,25	113	415	32	47	260	77		25	5	0,9	6,7	1,7	11	15	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025	
46	Baumersroda	MK	26.11.2007	43,43	0,0	10,6	1820	6,87	6,5	530	0,04	0,065	132	0,005	0,07	131	453	31	50	260	76		25	5	0,9	6,9	1,7	14	14	0,5	0,1	2,5	1	1	1	0,025	0,025	
46	Baumersroda	MK	10.06.2008	42,62			10,2	1954	7,1	6,2																												
46	Baumersroda	MK	19.06.2008		19,0	11	1770	6,93	6,5	370	0,015	0,065	134	0,005	0,07	131	449	30	46	250	73		25	5	1,3	6,7	1,7	5	18	1	0,1	2	1	1	0,025	0,025		
46	Baumersroda	MK	16.09.2008	42,76			10,1	1932	7,1	5,4																												
47	Walbeck	MK	37320007	22.11.2007	28,60	6,0	8,3	966	7,12	0,7	287	0,015	0,02	24,3	0,005	0,018	16,2	127	4,7	7,8	130	45		25	5	1	7,6	0,8	17	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025	
48	Neuffernmingen	MK	48361301	21.05.2007	39,64	24,0	11,3	1510	7,1	7,5	385	0,015	0,005	62,9	0,006	0,008	97,7	340	1,9	14	240	54		25	14	0,79	6,5	1,1	12	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,6	
48	Neuffernmingen	MK		18.09.2007	40,05	9,7	10,7	1500	7	7,2	352	0,015	0,005	57,5	0,005	0,02	97,3	333	1,8	14	230	53		25	5	0,84	6,2	1,3	11	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	0,025	
48	Neuffernmingen	MK		28.06.2008	36,90	17,0	10,8	1310	6,99	0,4	290	0,015	0,015	53,1	0,01	0,07	94,3	367	2,5	15	230	53		25	20	1,1	6,1	1,4	19	13	1	0,1	2	1	1	0,025	0,5	
49	Eickendorf- Güte	MK	40360013	16.09.2008	36,55			1459	7,3	0,1																												
49	Eickendorf- Güte	MK		13.12.2007	12,00	2,0	10,4	1580	7,05	0,5	440	0,03	0,07	1,81	0,05	0,07	102	539	6,5	63	230	59		100	79,0	0,40	4,7	1,7	13									
49	Eickendorf- Güte	MK		22.09.2008	10,87	12,5	10,5	1730	7,10	0,4	272	0,015	0,015	15,2	0,05	0,01	110	561	5,7	63	250	63																
50	Hakenstedt	MK	38330010	14.11.2007	42,48	1,0	9,0	1940	7,0	2,84	395	0,12	0,05	43,8	0,05	0,01	55,9	984	5,3	27	430	57		25	60,0	28,0	0,60	5,5	1,4	5								
50	Hakenstedt	MK		24.11.2008	12,79	1,0	10,4	1510	7,00	0,300	328	0,08	0,015	0,22	0,05	0,02	24,4	584	4,7	20	320	39		25	20,0	0,94	6,0	0,8	5									
50	Hakenstedt	MK		08.11.2007		8,0	11,1	2470	7,25	0,4	220	0,22	0,02	0,22	0,008	0,30	99,0	1080	7,0	170	330	51		4150	71,0	0,54	5,2	1,4	23									
51	Hirschroda	MK	47361901	keine Daten verfügbar																																		
52	Eimersleben	MK	38330012	26.05.2009		22,0	10,8	1200	7,4	5,8	340	0,015	0,005	126	0,05	0,05	56,4	222	7,2	15	110	93		25	5	0,56	5,8	0,7	5									
53	Nessa	BST	48370401	29.05.2007	31,45	13,0	10,9	681	7,2	4,5	264	0,015	0,005	6,15	0,014	0,029	9,7	79,6	11	8,1	100	20		110	5	0,45	5,4	0,9	5	12	0,5	0,1	4,5	1	1	0,025	0,025	
53	Nessa	BST		09.10.2007	31,28	14,4	10,7	691	7,1	5,5	270	0,015	0,005	6,29	0,02	0,02	10,2	80,9	11	7,9	100	21		140	5	0,7	5,6	1,1	5	14	1,9	0,1	5,3	1	1	0,025	0,025	
53	Nessa	BST		07.04.2008	31,25	1,0	10,7	710	7,3	4,58	360	0,015	0,005	6,55	0,01	0,02	11	88,7	13	7,9	110	21		25	5	0,54	5,5	0,9	10	18	1	0,1	5,7	1	1	0,025	0,025	
54	Nessa	BST	10.06.2008	31,18			10,2	345	7,4	5,5																												
54	Saubach	BST	47350198	29.03.2007	4,32	13,0	10,7	892	7,3	5,0	390	0,015	0,005	40,4	0,01	0,02	49,6	70,1	2,5	16	110	40		25	5	0,53	6,1	0,3	5	5	0,5	0,2	1	1	1	0,025	0,6	
54	Saubach	BST		27.05.2008	0,55	18,5	10,8	912	7,38	6,0	413	0,015	0,005	43,6	0,02	0,03	49,5	76,3	2,3	12	120	41		25	5	0,47	6,1	0,6	5	5	1	0,1	2	1	1	0,025	0,6	
54	Saubach	BST		10.06.2008	0,76			10,3	958	7,5	6,9																											
54	Saubach	BST	16.09.2008	1,41			10,4	815	7,6	3,1																												
55	Lengfeld	BST	45330198	25.09.2006	9,76	19,0	9,0	880	7,3	8	407	0,02	0,005	50,9	0,018	0,02	29,6	89,1	3,2	12	130	32		25	5	0,59	6	0,7	5	5	0,5	0,1	1	1	1	0,025	1,1	
55	Lengfeld	BST		11.06.2008	7,86			8,7	862	7,5	8,6																											
56	Memleben	BST		26.04.2007	6,86	21,0	11,3	10000	7,4	17,3	323	0,015	0,005	122	0,023	0,034	2710	492	29	1800	240	66																

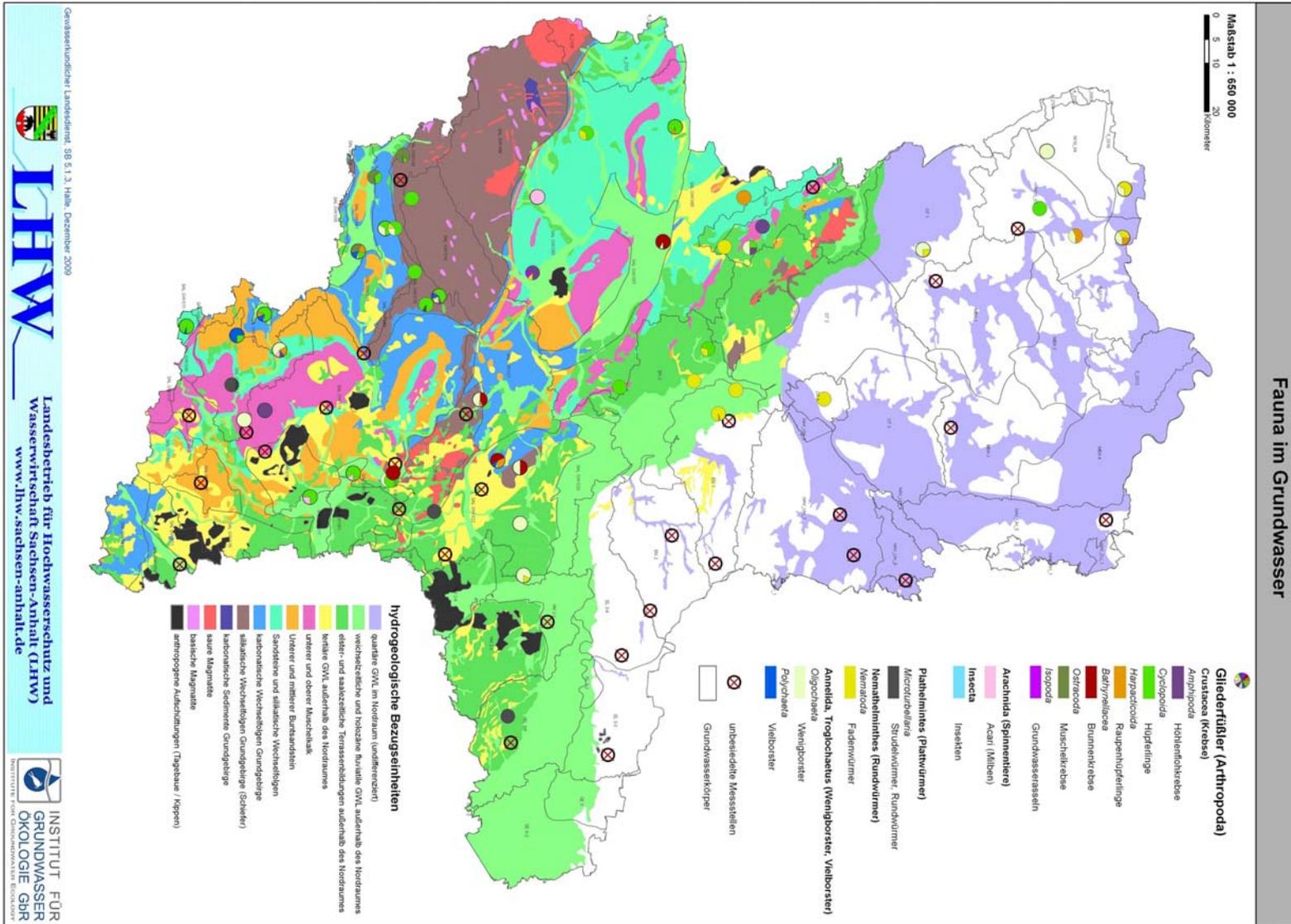
Anhang 2: Hydrochemische Daten der Jahre 2007-2009 (Fortsetzung). – BZE karbonatische Wechselfolgen, Sedimente/Grundgebirge silikatisch, saure Magmatite

NR	MST	BZE	MKZ	DATUM	WS	T-Luft	T	Lf	pH	O2	UH	NH4	NO2	NO3	o-PO4-P	P ges.	Cl	SO4	K	Na	Ca	Mg	Fe-II) gel.	Fe	Mn	KB-8.2	KS-4.3	DOC	AOX	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Cu	Hg	As					
					m	°C	°C	µS/cm		mg/l	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mmol/l	mmol/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l											
63	Reinstedt UP (neu)	KWF		07.11.2007	3,30	8,0	10,7	665	7,46	2,26	260	0,005	0,02	12,1	0,043	0,048	40,0	99,0	4,0	23	88	14	25	5	0,15	3,5	1,3	5														
63	Reinstedt UP (neu)	KWF	42340003	22.10.2008	3,45	8,0	10,4	730	7,30	2,10	294	0,015	0,015	9,69	0,04	0,07	48,4	122	4,0	26	100	17	25	5	0,25	3,8	1,0	5														
63	Reinstedt UP (neu)	KWF		08.12.2008	3,30	1,5	10,5	690	7,30	2,60	294																															
64	Morungen	KWF	44330402		keine Daten verfügbar																																					
65	Roßla	KWF		13.06.2007	3,16	21,0	10,1	1040	7,3	8,2	373	0,015	0,05	76,1	0,04	0,05	41,3	127	6,7	17	130	44	25	5,0	0,72	6,5	0,9	5														
65	Roßla	KWF	45320602	01.10.2007	2,80	12,2	11,1	1040	7,11	7,5	390	0,015	0,05	80,1	0,04	0,04	40,3	122	6,6	17	130	43	25	5,0	0,80	6,4	0,8	5														
65	Roßla	KWF		26.05.2008	1,41	19,0	10,2	1060	7,3	11,1	451	0,015	0,05	76,1	0,04	0,04	38,7	126	6,7	18	140	46	25	5,0	0,60	6,6	1,1	14														
66	Derenburg	KWF	41310029	15.11.2007	14,80	0,0	10,3	212	6,91	0,18	173	0,03	0,03	0,22	0,015	0,18	13,0	21,0	1,0	6,0	25	4,0	6480	46	0,36	1,3	1,4	5														
66	Derenburg	KWF		25.06.2008	14,55	21,0	10,3	210	6,7	0,2	165	0,04	0,07	0,22	0,02	0,06	13,4	23,3	1,6	6,1	26	3,7	4670	40	0,52	1,2	0,9	5														
67	Tromsdorf	SedGGsil		14.05.2007	5,90	20,0	10,3	2980	7,2	4,2	373	0,015	0,005	78,8	0,005	0,005	82,6	1460	5,1	39	610	80	25	5	1,1	5,6	2,0	5	5	0,5	0,1	2,5	1	1	0,025	0,025						
67	Tromsdorf	SedGGsil		08.11.2007	4,25	8,0	10,8	2950	7,1	5,9	426	0,015	0,005	86,3	0,005	0,01	64	1490	5	36	610	80	25	5	0,77	5,4	2,2	18	5	0,5	0,1	2,5	1	2	0,025	0,025						
67	Tromsdorf	SedGGsil		02.06.2008	4,64	26,0	10,7	2880	7,2	8,1	378	0,015	0,005	101	0,005	0,01	51,5	1430	4,7	32	590	78	25	5	0,71	5,1	2,5	5	10	1	0,1	5	1	1	0,025	0,025						
67	Tromsdorf	SedGGsil	48350602	10.06.2008	4,59		10,5	3069	7,2	2,3																																
67	Tromsdorf	SedGGsil		16.09.2008	5,86		10,4	3062	7,3	0,8																																
67	Tromsdorf	SedGGsil		22.10.2008	5,92	9,0	10,4	2050	7,8	2,80	406	0,01	0,05	87,6	0,005	0,02	58,9	1490	5,4	35	600	78	25	5	0,70	5,4	2,2		5	1	0,1	2	1	1	0,025	0,025						
67	Tromsdorf	SedGGsil		03.06.2009	4,15	13,0	10,3	2440	7,2	4,80	363	0,01	0,05	96,9	0,005	0,005	56,5	1490	5,1	35	620	81				1,3	5,4	2,3														
68	Breitenbach	SedGGsil		17.04.2007	2,70	20,8	8,8	417	5,8	0,6	323	0,04	0,05	2,52	0,007	0,025	16,1	146	1,4	12	42	13	6080	2160	1,3	0,54	0,6	5														
68	Breitenbach	SedGGsil		19.09.2007	3,10	14,0	9,8	379	5,9	0,4	262	0,015	0,05	0,66	0,005	0,11	16,4	123	1,3	11	36	11	11500	2180	1,5	0,62	0,6	5														
68	Breitenbach	SedGGsil	44320102	04.06.2008	2,34	23,0	9,7	431	5,7	1,5	95	0,015	0,05	3,10	0,005	0,02	13,9	153	1,3	12	43	14	2220	1920	1,2	0,49	0,7	5														
68	Breitenbach	SedGGsil		11.12.2008	3,10		9,4	256	5,8	0,760	265	0,015	0,05	0,71	0,005	0,03	14,2	126	1,4	11	36	11	6280	2150	1,9	0,57	0,6	5														
69	Gorenzen/Zollhaus	SedGGsil	44341074		keine Daten verfügbar																																					
70	Glasebach	SedGGsil		17.04.2007	4,50	21,0	9,8	344	7,6	9,8	148	0,08	0,05	0,22	0,009	0,016	5,0	26,8	0,5	8,5	52	7,0	320	566	0,16	3,0	0,03	5														
70	Glasebach	SedGGsil	44320202	25.10.2007	4,97	4,0	9,0	351	7,6	0,20	117	0,03	0,05	0,22	0,005	0,02	5,0	28,9	0,6	8,6	52	6,6	420	571	0,14	3,0	0,03	5														
70	Glasebach	SedGGsil		28.05.2008	5,30	20,5	9,8	350	7,68	1,0	215	0,04	0,05	0,22	0,005	0,05	5,2	28,2	0,5	9,1	53	6,6	220	660	0,11	3,0	0,03	5														
71	Haselbach	SedGGsil		13.06.2007	3,99	19,4	8,5	458	7,4	5,5	375	0,015	0,05	15,3	0,01	0,03	11,3	64,2	1,2	7,3	62	15	25	5	0,28	2,9	0,03	5														
71	Haselbach	SedGGsil	44310302	01.10.2007	3,63	11,3	8,6	428	7,2	5,8	398	0,015	0,05	21,3	0,01	0,01	10,7	53,3	1,3	7,4	56	13	25	5	0,30	2,6	2,0	5														
71	Haselbach	SedGGsil		28.05.2008	3,92	19,0	8,8	489	7,46	10,2	400	0,015	0,05	17,4	0,005	0,04	9,4	62,8	0,5	7,2	68	17	25	5	0,21	3,3	0,5	5														
72	Rottenburg	SedGGsil	43360021	21.02.2007	7,21	10,0	11,1	2030	7,2	0,40	322	0,015	0,05	213	0,012	0,019	110	446	30	66	260	73	25	27,0	1,1	6,7	3,0	19														
72	Rottenburg	SedGGsil		12.03.2008	5,49	10,0	10,4	1990	7,16	0,68	412	0,015	0,05	163	0,01	0,02	111	443	23	53	250	75	25	60,0	0,82	7,0	2,2	23														
73	Siebigrode	SedGGsil	44340874		keine Daten verfügbar																																					
74	Halle - Brachstedt	sMag	44380708	13.10.2008			10,4	1980	7,8	4	389	0,015	0,005	98,7	0,01	0,07	132	655	19	48	300	62	50	10	0,48	4,1	1,7	12														
75	Halle - Landesmuseum	sMag		20.04.2007				12,0	2720	6,76	2,20	217	0,28	44			400	410					80	73																		
75	Halle - Landesmuseum	sMag		16.10.2007				13,1	2700	6,84	0,90	317	0,005	32			420	460					20	110																		
75	Halle - Landesmuseum	sMag	44380708	21.04.2008				12,7	3080	6,91	1,52	383	0,005	68			470	440					140	37																		
75	Halle - Landesmuseum	sMag		05.11.2008				11,9	3020	6,72	2,01	100	0,005	36			460	340					130	73																		
76	Halle - Solbad Wittekind	sMag	K47		keine Daten verfügbar																																					
77	Halle - Kreuzvorwerk	sMag		12.04.2007				14,2	632	4,70	2,50	317	0,005	13			53	200					350	250																		
77	Halle - Kreuzvorwerk	sMag		11.10.2007				12,4	527	5,08	2,10	388	0,07	3,8			50	210					770	290																		
77	Halle - Kreuzvorwerk	sMag	K389	06.05.2008				13,0	409	4,37	4,08	547	0,005	14																												





Anhang 4a: Darstellung der Faunenverteilung in den MST der BZE auf Niveau faunistischer Großgruppen.



Anhang 4b: Darstellung der Faunenverteilung in den MST der GWK auf Niveau faunistischer Großgruppen.

