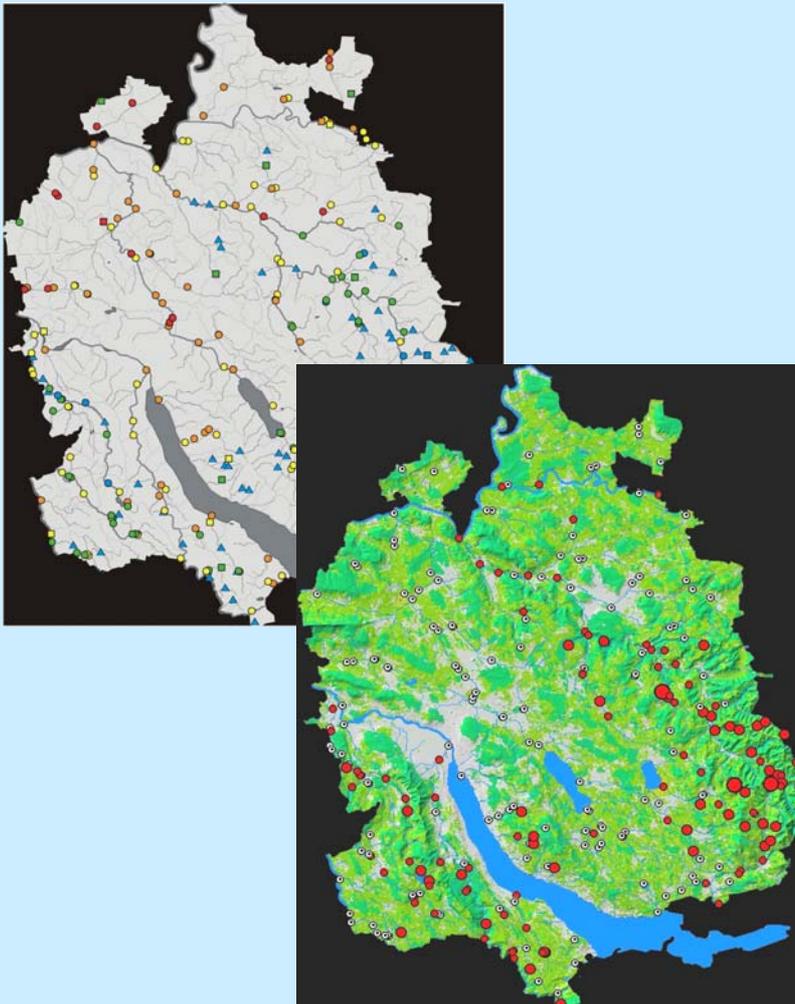




# Referenzsystem für den Kanton Zürich zur biologischen Beur- teilung der Fließgewässer mit Makroinvertebraten



Zürich, August 2004

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>2. VORGEHEN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Charakterisierung der Fließgewässer und Suche nach möglichen Referenzstellen.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Feldarbeit.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Laborarbeit .....</b>	<b>6</b>
<b>3. RESULTATE UND DISKUSSION .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Auswertung der Referenzstellen .....</b>	<b>7</b>
3.1.1 Vorabklärungen zur Festlegung eines geeigneten Auswertungsverfahrens.....	7
3.1.2 Ausschluss ungeeigneter Stellen.....	12
3.1.3 Suche der ähnlichsten Referenzstellen .....	12
3.1.4 Biologische Beurteilung einer Untersuchungsstelle aufgrund der Referenzstellen .....	15
3.1.5 Zusammenfassung des Vorgehens .....	17
<b>3.2 Anwendung des Referenzsystems auf alle Untersuchungsstellen und Vergleich mit     anderen Auswertungsmethoden .....</b>	<b>19</b>
3.2.1 Beurteilungsskala für das Referenzsystem.....	19
3.2.2 Vergleich mit anderen Indikatoren .....	20
3.2.3 Kartografische Darstellung der Beurteilung mittels Referenzsystem .....	23
<b>3.3. Verbreitung und Vorkommen einzelner Taxa.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen .....</b>	<b>31</b>
<b>LITERATUR .....</b>	<b>35</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>36</b>

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen:

- naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren;
- eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.

So lauten die ökologischen Ziele gemäss der Gewässerschutzverordnung vom Oktober 1998 (Anhang1 Art.1 Abs.1 GSchV). Die Beurteilung der tierischen Kleinlebewesen (Makroinvertebraten) erfolgt heute meist mit einfachen Indikatoren, die keine Differenzierung nach Gewässertypen erlauben. Für Makroinvertebraten gibt es auch keine Gewässertypisierung, wie sie beispielsweise für Fische seit langem gebräuchlich ist.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde für den Kanton Zürich ein System entwickelt, welches aufgrund von Referenzstellen eine Beurteilung von Untersuchungsstellen erlaubt. Anhand abiotischer Parameter ( $Q_{\text{mittel}}$ , Gefälle, Höhenlage) werden jeweils die fünf ähnlichsten Referenzstellen ermittelt. Nachfolgend wird aufgrund der Referenzstellen die an der Untersuchungsstelle erwartete Zusammensetzung der Makroinvertebraten bestimmt und damit der Befund an der Untersuchungsstelle verglichen und beurteilt.

Für viele Fliessgewässer mittlerer Grösse und insbesondere für die grossen Gewässer ist es schwierig auf dem Gebiet des Kantons Zürich Stellen zu finden, welche als Referenzen dienen können. Es wäre daher wünschenswert, wenn das vorliegende System auch in Gebieten ausserhalb des Kantons angewendet würde, um den Referenzdatensatz zu erweitern.

Die Verbreitungskarten vieler Stein-, Eintags- und Köcherfliegen zeigen ein stark regional geprägtes Vorkommen. So wurden viele dieser bezüglich Wasserqualität und Lebensraum anspruchsvollen Organismen beispielsweise im nordwestlichen Kantonsteil nicht nachgewiesen. Ausschlaggebend für dieses lückenhafte Vorkommen sind aber nicht biogeografische Gründe sondern die lokalen Verhältnisse.

## 1. EINLEITUNG

Im Kanton Zürich werden seit 1994 biologische Untersuchungen an Fließgewässern im Rahmen der Gewässerüberwachung durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurden bisher an ca. 200 Stellen die Zusammensetzung der tierischen Kleinlebewesen (Makroinvertebraten) sowie der Kieselalgen (Diatomeen) untersucht. Während Kieselalgen gute Indikatoren für die Wasserqualität darstellen, sind für die Artenzusammensetzung der Makroinvertebraten neben der Wasserqualität auch die Qualität des Lebensraumes (Ökomorphologie) und die Abflussverhältnisse entscheidend.

Die gesetzliche Basis für biologische Untersuchungen an Fließgewässern stützt sich auf die ökologischen Ziele gemäss Gewässerschutzverordnung vom Oktober 1998 (Anhang 1 Art. 1 Abs. 1 GSchV):

*Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen:*

- *naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren;*
- *eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.*

Aus diesem Wortlaut ergibt sich für die praktische Anwendung ein Definitionsbedarf für die Gewässertypen und für die Charakterisierung der zugehörigen Flora und Fauna.

Diesem Bedürfnis können die Methodenempfehlungen auf Stufe F (flächendeckend) nach dem Modulstufen-Konzept vom BUWAL (1998) nicht genügen, weil die Stellenbeurteilung aufgrund einfacher Indizes erfolgt. Die erarbeiteten Entwürfe für das Makrozoobenthos (BUWAL, 2000; 2004) und für die Kieselalgen (BUWAL, 2001) verwenden also für alle Fließgewässer die gleichen Beurteilungskriterien. Eine Betrachtung unter Berücksichtigung von Gewässertypen ist damit nicht möglich. Diese Methoden wurden bis anhin auch für die Auswertung der biologischen Untersuchungen im Kanton Zürich verwendet.

Spezifische Beurteilungen nach Gewässertypen sind gemäss BUWAL-Modul-Stufen-Konzept für die Stufe S (systembezogen) vorgesehen. Die Methodenempfehlungen für die biologischen Module auf dieser Stufe sind gegenwärtig aber noch nicht in Bearbeitung. Gemäss Konzept soll ein Vergleich der Artenzusammensetzung mit ähnlichen Untersuchungsstellen erfolgen. Als Referenzstellen werden dafür die jeweils noch im besten verfügbaren Zustand vorhandenen Stellen verwendet.

Im Kanton Zürich wurden im Jahr 2002 nach umfangreichen Vorarbeiten 99 mögliche Referenzstellen bezeichnet und biologisch untersucht. Der vorliegende Bericht wertet die erhobenen Daten über die Artenzusammensetzung der Makroinvertebraten aus und soll aufzeigen, ob auf Basis dieser Referenzen die Untersuchungsstellen des Überwachungsprogramms beurteilt werden können.

## 2. VORGEHEN

### 2.1 Charakterisierung der Fliessgewässer und Suche nach möglichen Referenzstellen

Damit nicht für jede Untersuchungsstelle gesondert die Suche nach möglichen Referenzstellen erfolgen muss, wurde in einer grundlegenden Arbeit definiert, was man unter "ähnlichen" Stellen zu verstehen hat und wo sich im Kanton noch die besten Stellen für verschiedene Gewässertypen finden lassen (Niederhauser, 2002). Basis dieser GIS-Analyse war eine Literaturübersicht über die damals aktuellen Ansätze zur Gewässertypisierung in Deutschland, Österreich und England. Unter Berücksichtigung dieser Ansätze wurden auf Grund der Kenntnisse über die zürcherischen Fliessgewässer die folgenden fünf Kriterien festgelegt, welche eine grobe Charakterisierung des Gewässernetzes erlauben:

- Geologie (Kalkgehalt des Wassers)
- Höhenlage über Meer
- Grösse des Gewässers (mittlerer Abfluss)
- Gefälle der Gewässerabschnitte
- Spezialtypen (Quellbäche, Seeabflüsse, .....

Das gesamte Gewässernetz des Kantons Zürich wurde mit Hilfe einer GIS-Analyse mit diesen fünf Kriterien charakterisiert. Um eine Anwendung des Referenzsystems über die Kantonsgrenzen hinaus zu ermöglichen, wurde darauf geachtet, dass Daten verwendet wurden, welche für die gesamte Schweiz zur Verfügung stehen. Eine Ausnahme sind die ökomorphologischen Erhebungen, welche sich auf den Kanton Zürich beschränken, in anderen Kantonen aber nach der gleichen Methode erhoben wurden (BUWAL, 1998b).

Mit Ausnahme der Geologie weisen die einzelnen Kriterien diskrete Skalen auf, welche aber für die Suche nach möglichen Referenzstellen in Klassen eingeteilt wurden (Bsp. Höhenlage < 700 m ü. M. / > 700 m ü. M.). Die verwendeten Klassengrenzen sind in Tabelle 1 abgedruckt. Dadurch ist eine Gewässertypisierung entstanden, welche im gleichen „Typ“ ähnliche Fliessgewässerabschnitte zusammenfasst und den Ausschluss von Gewässern erlaubt, welche für einen ersten Typisierungsansatz nicht von Interesse sind (Quellbäche, Seeabflüsse, eingedolte Abschnitte,.....).

Mit einer zweiten GIS-Analyse wurden die Abschnitte aufgrund der nachfolgenden Kriterien einer Bewertung unterzogen (Niederhauser, 2002):

- Ökomorphologie (Abschnittsbewertung)
- Durchgängigkeit (Anzahl Abstürze und Bauwerke pro 100 m)
- Siedlung / Verkehr (Strassen, Eisenbahn, Siedlung im Pendelband oder Umland)

Aus dem summierten Zahlencode gemäss Tabelle 1 ist für jeden Abschnitt sofort ersichtlich, welcher Höhenlage, Grössenklasse usw. er zugeordnet wurde. Der Zahlencode erlaubt aber auch alle Abschnitte vom gleichen Gewässertyp im GIS zu selektionieren und darzustellen. Auf diese Weise konnte zusammen mit der Bewertung für jeden Gewässertyp, die besten im Kanton Zürich noch vorkommenden Abschnitte gesucht werden. Die erhaltenen

Abschnitte wurden aufgrund vorhandener Informationen über Wasserqualität, Wasserentnahmen und Entlastungsbauwerke auf eine allfällige Tauglichkeit als Referenzstellen geprüft. Dabei war klar, dass insbesondere bei den grösseren Fließgewässern im Kanton Zürich keine natürlichen Referenzbedingungen mehr zu finden sind. Viel mehr ging es darum, die besten noch vorhanden Abschnitte zu suchen, welche mindestens die gesetzlichen Anforderungen klar erfüllen können.

Die in Frage kommenden Abschnitte wurden nachfolgend im Feld besichtigt und abschliessend auf ihre Verwendbarkeit als Referenzstellen beurteilt. Insgesamt wurden 99 Stellen verteilt auf 24 Typen festgelegt.

**Tabelle 1:** Übersicht der Kriterien für eine Gewässertypisierung zur Suche nach möglichen Referenzstellen. Kursiv gedruckte Kriterien kommen im Kanton Zürich nicht vor oder wurden nicht berücksichtigt.

<b>Kriterien</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Bemerkung</b>	<b>Code</b>
<b>Geologie</b>			
<i>kalkarm</i>	<i>Kristallin</i>	<i>nicht im Kanton ZH</i>	<i>10000</i>
kalkreich	Molasse / Moränen		<b>20000</b>
<i>sehr kalkreich</i>	<i>Jura</i>	<i>vernachlässigbar im Kt. ZH</i>	<i>30000</i>
<b>Höhenlage [m ü. M.]</b>			
< 700	kollin/submontan		<b>1000</b>
700 – 1500	montan		<b>2000</b>
> 1500	<i>subalpin</i>	<i>nicht im Kt. ZH</i>	<i>3000</i>
<b>Grösse des Gewässers (mittlerer Abfluss)</b>			
< 3 l/s	<i>Quellbäche</i>	<i>nicht berücksichtigt</i>	<i>100</i>
3 – 10 l/s	kleine Bäche		<b>200</b>
10 – 100 l/s	mittlere Bäche	berücksichtigte Typen	<b>300</b>
100 – 1000 l/s	grosse Bäche		<b>400</b>
1 – 10 m <sup>3</sup> /s	kleine Flüsse		<b>500</b>
10 – 100 m <sup>3</sup> /s	<i>grosse Flüsse</i>	<i>nicht berücksichtigt</i>	<i>600</i>
> 100 m <sup>3</sup> /s	<i>gr. Flüsse / Strom</i>	<i>nicht berücksichtigt</i>	<i>700</i>
<b>Gefälle der Abschnitte [%]</b>			
< 0.5			<b>10</b>
0.5 – 2			<b>20</b>
2 – 5			<b>30</b>
5 – 10			<b>40</b>
> 10			<b>50</b>
<b>Spezialtypen</b>			
kein Spezialtyp		berücksichtigt	<b>0</b>
<i>Seeabfluss</i>		<i>nicht berücksichtigt</i>	<i>1</i>
<i>eingedolt</i>		<i>nicht berücksichtigt</i>	<i>2</i>
<i>stehendes Gew.</i>		<i>nicht berücksichtigt</i>	<i>3</i>

## 2.2 Feldarbeit

Die Felduntersuchungen wurden an die Firma Limnex AG in Zürich Oerlikon vergeben. Es wurden zwei Probenahmen durchgeführt; eine im Frühjahr 2002 (Mitte Februar bis Mitte April) und eine im Herbst 2002 (September / Oktober). Dabei wurden folgende Daten erhoben und Proben genommen:

- Art und Häufigkeit der vorhandenen Choriotope (Teillebensräume: Sand, Kies, Fels, Laub, ...) innerhalb des beprobten Abschnittes (gemäss Entwurf Makrozoobenthos Stufe F; BUWAL, 2000). Erhebung bei der ersten Probenahme; Überprüfung bei der zweiten Probenahme.
- Äusserer Aspekt: Trübung und Verfärbung des Wassers, Geruch, Schaum, Verschlammung, Kolmation, heterotropher Bewuchs, Eisensulfidflecken, Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung (BUWAL, 2002).
- Quantitative und grobe qualitative Erfassung der Algen, Moose und Makrophyten: Bewuchsdichte-Schätzung gemäss der sechsstufigen Skala nach Thomas und Schanz (1976); Grobe Charakterisierung des Bewuchses und Bezeichnung der dominanten Taxa soweit im Feld möglich. Beprobung und Konservierung von auffälligem Bewuchs bei Ungewissheit des Materials (weitere Bearbeitung durch AWEL).
- Kieselalgenprobe: Für die Abschätzung der Wasserqualität mittels Kieselalgen wurden von mehreren Steinen (in der Regel 3-5) je eine gleich grosse Aufwuchsfläche abgekratzt, in ein Probenahmegefäss überführt und mit Formaldehyd fixiert (BUWAL, 2001).
- Makrozoobenthos (gemäss Entwurf Makrozoobenthos Stufe F; BUWAL, 2000): Beprobung der dominanten und häufigen Choriotope mit geeigneter Methode (Kicksampling, Lösen der Organismen von grossen Steinen, Abstreifen von Makrophyten...). Aussortieren von grobem Material (Steine, Laub...). Vereinigung des Materials und Fixierung. Planarien wurden lebend ins Labor gebracht. Die Bestimmung erfolgte am gleichen Tag. Anschliessend wurden sie zur Probe gegeben. Seltene Choriotope wurden separat erfasst und als zweite Probe fixiert. Für die Beprobung des Makrozoobenthos wurde bei kleinen Fliessgewässern ca. 45 Minuten und bei grossen ca. 60 Minuten aufgewendet.
- Abflussbestimmung mittels Salzstossmethode: Bei 75 Stellen, von denen keine Angaben über die Abflussverhältnisse verfügbar waren, wurde bei beiden Probenahmen mittels Salzstossmethode der Abfluss bestimmt und durch Vergleich mit den Messwerten an nahe gelegenen Abflussmessstellen (AWEL; Hydrometrie) auf den mittleren Abfluss geschlossen.
- Fotodokumentation: Die Untersuchungsstelle wurde bei jeder Probenahme fotografisch dokumentiert.

## 2.3 Laborarbeit

**Makroinvertebraten:** Bearbeitung durch Limnex AG (Peter Baumann; Titus Joosting).

- Bestimmung wo möglich auf Niveau der Taxaliste gemäss Makrozoobenthos Stufe F / Entwurf vom April 2000 (BUWAL, 2000). Die Taxaliste im Entwurf 2000 war wesentlich detaillierter als die Liste im Entwurf 2004!
- Häufigkeitsschätzung der unterschiedenen Taxa gemäss Tabelle 2:

**Tabelle 2:** Abundanzstufen zur Häufigkeitsschätzung.

Stufe	Bezeichnung	ungefähre Anzahl Individuen in der Probe	
1	Einzelfund	1	$4^0$
2	sehr spärlich	2 – 4	$4^{0.5} - 4^1$
3	spärlich	5 – 15	$4^1 - 4^2$
4	wenig zahlreich	16 – 63	$4^2 - 4^3$
5	zahlreich	64 – 255	$4^3 - 4^4$
6	sehr zahlreich	256 – 1023	$4^4 - 4^5$
7	massenhaft	> 1024	> $4^5$

- Übergabe der Daten in MSExcel-Tabellen. Import in MSAccess-Datenbank Biol\_dat.mdb durch AWEL.
- Archivierung von Proben und Belegexemplaren in Alkohol (70 %). Standort: AWEL, Carbahaus.

### **Kieselalgen:**

- Präparation und Herstellen der Dauerpräparate durch AWEL.
- Bestimmung der Taxa und Zählung von 500 Schalen gemäss BUWAL-Modul (BUWAL, 2001) durch AquaPlus (Dr. Joachim Hürlimann; Margrit Egloff).
- Übergabe der Daten in MSExcel-Tabellen. Import in MSAccess-Datenbank Biol\_dat.mdb und Auswertung gemäss BUWAL-Modul (BUWAL, 2001) durch AWEL.
- Archivierung des präparierten Rohmaterials und der Dauerpräparate durch AWEL: Standort: Carbahaus.

### 3. RESULTATE UND DISKUSSION

#### 3.1 Auswertung der Referenzstellen

##### 3.1.1 Vorabklärungen zur Festlegung eines geeigneten Auswertungsverfahrens

Ein praxistaugliches Verfahren zur Beurteilung von Untersuchungsstellen aufgrund von Referenzstellen oder Gewässertypen soll die nachfolgenden Kriterien erfüllen:

- Das Grundprinzip muss gut nachvollziehbar sein und soll daher möglichst einfachen Kriterien folgen.
- Die Bearbeitung soll durch erfahrene Gewässerbiologen oder -biologinnen ausgeführt werden. Für die taxonomische Bearbeitung der einzelnen Organismengruppen sollen aber keine vertieften Spezialkenntnisse erforderlich sein.
- Das System soll nach Möglichkeit auf bisherige Untersuchungsdaten angewendet werden können.

Nachfolgend werden die wichtigsten Schritte aufgeführt und erläutert, die zum Konzept führten, welches in Kapitel 3.1.3 und 3.1.4 beschrieben wird:

##### **Drucken von Tabellen:**

Im Jahr 2002 wurden 99 Stellen im Frühjahr und Herbst untersucht und zusätzlich von den seltenen Choriotope im Frühjahr 40 Proben und im Herbst 30 Proben genommen. Insgesamt wurden also 268 Proben untersucht, in denen total 6810 taxonomische Einheiten mit Abundanzschätzungen erfasst wurden.

Um eine erste Übersicht über die erhobenen Daten zu bekommen, wurden die Untersuchungsdaten der Frühjahrsproben aller Stellen für sämtliche taxonomisch erfassten Einheiten in Tabellenform ausgedruckt (2 Seiten im Format A0). Diese Übersichtstabelle beschränkte sich auf die Proben der dominanten und häufigen Choriotope (Probentyp 1). Die Frühjahrsproben wurden gewählt, weil sie in der Regel artenreicher sind als die Herbstproben und die Bestimmungstiefe meist besser ist. Zudem wurde für jede Stelle die Frühjahrs- und Herbstprobe sowie - falls vorhanden - die Proben der seltenen Choriotope als Tabelle ausgedruckt (pro Stelle 1 bis 2 Seiten A4).

Es zeigte sich, dass bei der Bestimmungstiefe die Anforderungen gemäss der Taxaliste der Stufe F aus der Version vom April 2000 mehrheitlich erfüllt werden konnte. Teilweise wurde sie sogar übertroffen. Teilweise und das gilt vor allem für die Herbstproben, bei denen viele Insektenlarven noch sehr klein sind, konnte die Bestimmungstiefe aber nicht erreicht werden. Auch durch die unterschiedlichen taxonomischen Kenntnisse der beiden Bearbeiter konnten die Proben verschiedene Bestimmungstiefen aufweisen. Eine Vereinfachung und Vereinheitlichung des taxonomischen Niveaus war also zwingend erforderlich. Das heisst, die Daten mussten auf ein weniger detailliertes taxonomisches Niveau überführt werden, wofür eine vereinfachte Taxaliste erforderlich war.

*Die Daten mussten auf ein weniger detailliertes taxonomisches Niveau überführt werden.*

*Eine separate Bearbeitung der seltenen Choriotope ist nicht gerechtfertigt.*

Einzelne Taxa, wie beispielsweise *Gammarus fossarum* oder *Baetis rhodani*, kamen praktisch in allen Proben vor, während andere Taxa nur in wenigen Proben vorhanden waren, welche aber nicht unbedingt zu Stellen gehören müssen, die bei der Auswahl dem gleichen Gewässertyp zugeordnet wurden.

Der Vergleich der Proben der seltenen Choriotope (Probentyp 2) mit den Proben der dominanten und häufigen Choriotope (Probentyp 1) zeigte, dass in den meisten Fällen die Taxa in den Proben der seltenen Choriotope auch in der Frühjahrs- oder Herbstprobe vom Probentyp 1 vorkamen. In Fällen wo dies nicht der Fall war, handelte es sich häufig um Taxa, welche im Probentyp 1 bei anderen Stellen mit ähnlichen abiotischen Parametern (Höhenlage, Abfluss, Gefälle) vorkamen. Die separate Behandlung der Proben der seltenen Choriotope führte also nicht zu einem nennenswerten Gewinn an Information.

### **Übereinstimmung der Taxa in Probenpaaren**

Für alle möglichen Kombinationen von Probenpaaren wurde für die Frühjahrsproben vom Typ 1 die Übereinstimmung der Zusammensetzung der Taxa berechnet. Als Kenngrösse wurde zu diesem Zweck das Verhältnis der Anzahl Taxa, welche in beiden Proben vorkamen zur Anzahl Taxa beider Proben gebildet. Das Resultat ist ein Wert zwischen 0 (keine Übereinstimmung) und 1 (vollständige Übereinstimmung). Die Matrix mit allen möglichen Kombinationen ist in Anhang A1 abgebildet.

Stellen mit einem Gefälle von weniger als 0.5 % zeigten grundsätzlich eine schlechte Übereinstimmung mit allen übrigen Stellen. Also auch mit Stellen, welche dem gleichen Gewässertyp zugeordnet wurden. Bei den übrigen Stellen gibt es teilweise eine recht gute Übereinstimmung innerhalb der Stellen des gleichen Gewässertyps. Auch hier gibt es aber Stellen, welche sich deutlich von allen übrigen Stellen des gleichen Typs unterscheiden. Andererseits sind auch Stellen zu finden, welche mit sehr vielen anderen Stellen eine hohe Übereinstimmung der Taxa aufweisen.

Aufgrund der Typenbildung können beispielsweise zwei Stellen mit einem mittleren Abfluss von 90 respektive 110 l/s in der Tabelle A1 weit entfernt platziert sein, da sie verschiedenen Gewässertypen zugeordnet wurden. Die Typen dienen aber nur zur Stellenauswahl (Niederhauser, 2002). Bei der Datenauswertung soll untersucht werden, ob sich Gradienten der Parameter „Grösse des Gewässers“, „Gefälle des Abschnittes“ oder „Höhenlage“ auf die Zusammensetzung der Makroinvertebraten auswirken und allenfalls eine Typisierung erlauben. In Anhang A2 ist eine Matrix abgebildet, welche nach Grösse der Gewässer und Gefälle der Abschnitte geordnet ist. Wenn einer der beiden Kenngrössen von so grosser Bedeutung wäre, dass sie alleine die Zusammensetzung der Makroinvertebraten dominieren würde, müssten sich in dieser Matrix Gruppen von Stellen mit hoher Übereinstimmung der Taxa bilden. Dies ist aber offensichtlich nicht der Fall.

### **Multivariate Statistik**

Mit Hilfe der Software CANOCO 4.5 (ter Braak & Smilauer, 2002) wurden multivariate statistische Analysen durchgeführt. Ein Beispiel für eine canonische Korrespondenz Analyse (CCA) ist im Anhang B abgedruckt. Es handelt sich dabei um ein Ordinationsverfahren, welches erlaubt in umfangreichen

biologischen Daten Gruppierungen von Stellen mit ähnlichen Organismen zu finden und die wichtigen Taxa, welche für diese Gruppierung verantwortlich sind zu bezeichnen. Die Kombination mit abiotischen oder anderen biotischen Parametern erlaubt zudem eine Beurteilung der Einflussgrössen, welche für die Gradientbildung verantwortlich sind.

Die Interpretation der Daten ist alles andere als trivial. Es wurde schnell klar, dass diese Art von Auswertung im Widerspruch steht mit der Forderung nach einer gut nachvollziehbaren Methode basierend auf einem einfachen Konzept. Die Analysenresultate ergaben keine Erkenntnisse, die nicht bereits mit einfacheren Methoden zum Vorschein gekommen waren. Es wurde daher auf eine Weiterführung der Auswertung mit multivariaten Methoden verzichtet.

### **Doppelt beprobte Stellen:**

Vier Stellen wurden im Winter/Frühjahr zweimal beprobt. Erstmals jeweils im Februar und dann nochmals im April. Die ersten Proben wurden von Titus Joosting und die zweiten von Peter Baumann ausgezählt. Die Daten der zwei Zählungen wurden auf ein gemeinsames Bestimmungsniveau reduziert. Die Anzahl der Taxa welche insgesamt an den einzelnen Stelle gefunden wurden und die Anzahl, welche in beiden Proben vorhanden waren, können Tabelle 3 entnommen werden. Bei zweimaliger Beprobung wurden also durchschnittlich nur knapp 60 % der Taxa in beiden Proben einer Untersuchungsstelle gefunden.

*Bei zweimaliger Beprobung stimmten nur ca. 60 % der Taxa in beiden Proben überein.*

**Tabelle 3:** Anzahl der gefunden Taxa und Anteil der übereinstimmenden Taxa bei zweimaliger Beprobung von vier Untersuchungsstellen.  
C\_Nr = Code für die Identifizierung der Untersuchungsstellen im Kt. ZH.

C_Nr	Datum Probenahme 1 / 2	Anzahl Taxa in beiden Proben	übereinstimmende Taxa	% Übereinstimmung
1023	12.2.02 / 17.4.02	30	19	63
1033	12.2.02 / 17.4.02	39	22	56
1055	12.2.02 / 17.4.02	41	26	53
1066	13.2.02 / 17.4.02	48	25	52

**Durchschnitt** 59

Im Kanton Aargau untersuchte man in 12 grösseren Bächen im Abstand von zwei Jahren jeweils im Frühjahr die Zusammensetzung der Makroinvertebraten (Lubini et al., 2000). Für die einzelnen Stellen fand man für die Übereinstimmung der Taxa Werte zwischen 40 und 58 %. Da es sich um verschiedene Untersuchungsjahre handelte ist plausibel, dass die Werte noch tiefer liegen als die gefundene Übereinstimmung bei den vier Stellen, welche im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zweimal untersucht wurden.

Da die Makroinvertebraten in einem untersuchten Fliessgewässer nicht homogen verteilt sind, ist die Wahrscheinlichkeit mindestens ein Individuum eines Taxons zu finden einerseits von der Besiedlungsdichte und andererseits von der Suchintensität abhängig. Für die Validierung einer Untersuchungsmethode für die Verwendung von Makroinvertebraten im Rahmen des Biodi-

versitätsmonitoring Schweiz wurden von Frutiger et al. (2001) Untersuchungen an sechs Fliessgewässern der Schweiz gemacht. Berücksichtigt wurden nur Stein-, Eintags- und Köcherfliegen. Die Stellen wurden zweimal (Juli und August) mit jeweils fünf Transekten beprobt. Jedes Transekt bestand aus 3 Kicksampling-Proben (links, Mitte, rechts).

Mit dem ersten Transekt wurde im Mittel 2/3 und mit drei Transekten 85 bis 90 % der Taxa erfasst. Auch mit fünf Transekten, was einem grossen Aufwand für die Probenahme entspricht, konnten aber nicht alle Taxa erfasst werden. Die beiden Proben der untersuchten Stellen wiesen eine Übereinstimmung der Taxa von 33 bis 60 % auf.

Von einer unabhängigen Person wurde an drei der sechs Stellen ebenfalls Probenahmen durchgeführt, wobei der Aufwand nicht beschränkt war. Der Vergleich der Untersuchungsdaten ergab für die Zusammensetzung der Taxa (meist Artniveau) lediglich eine Übereinstimmung von 11 bis 30 %.

Für die EU wurde im Projekt AQEM eine Methodenempfehlung erarbeitet, für die Untersuchung von Makroinvertebraten im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie (AQEM, 2002). Wegen der inhomogenen Verteilung der Organismen wird darin vorgeschlagen, dass an einer Untersuchungsstelle jeweils 20 Subproben definierter Fläche (Surbersample) entnommen werden, welche gemäss dem Anteil der vorkommenden Substrate zu verteilen sind. Dieses Vorgehen ist ebenso sinnvoll wie aufwändig und übersteigt aber bei weitem die Möglichkeiten des Untersuchungsprogramms im Rahmen der Gewässerüberwachung im Kanton Zürich.

### **Theoretische Überlegungen:**

Nachfolgend eine theoretische Betrachtung zum Thema Bestimmungstiefe und Wiederfindung von Taxa, welche von folgendem Beispiel ausgeht.

An einer Untersuchungsstelle ist eine Familie mit zwei Gattungen vertreten. Bei beiden Gattungen kommen wiederum zwei verschiedene Arten vor. Die vier Arten kommen bei einer Probenahme jeweils mit 50 % Wahrscheinlichkeit im Untersuchungsmaterial vor. Die Frage ist nun, mit welcher Wahrscheinlichkeit die verschiedenen taxonomischen Einheiten in zwei Proben gefunden werden. Bei dieser Betrachtung spielt es keine Rolle, ob zwei Untersuchungsstellen je einmal beprobt wurden oder eine Stelle zweimal untersucht wurde.

Gemäss Tabelle 4 beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass die Familie in beiden Proben nachgewiesen wird 88%. Für die beiden Gattungen beträgt sie jeweils 56 % und für beide Gattungen gleichzeitig 32 %. Die einzelnen Arten kommen mit 25 % Wahrscheinlichkeit in beiden Proben vor. Alle vier Arten werden gleichzeitig aber mit weniger als 1 % Wahrscheinlichkeit in beiden Proben nachzuweisen sein.

**Tabelle 4:** Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung verschiedener taxonomischer Einheiten in zwei Proben.

$n$  = Anzahl taxonomischer Einheiten

$q$  = Wahrscheinlichkeit Taxon nicht in der Probe zu finden.

$p$  = Wahrscheinlichkeit mindestens ein Individuum des Taxons in der Probe zu finden.

$p^2$  = Wahrscheinlichkeit Taxa in beiden Proben zu finden.

$p^{2n}$  = Wahrscheinlichkeit alle Taxa in beiden Proben zu finden.

tax. Einheit	n	q	p = 1 - q	p <sup>2</sup>	(p <sup>2</sup> ) <sup>n</sup> = p <sup>2n</sup>
Familie	1	0.5 <sup>4</sup> = 0.0625	0.9375	0.88	0.88
Gattung	2	0.5 <sup>2</sup> = 0.25	0.75	0.56	0.32
Art	4	0.5	0.5	0.25	0.004

Bei ökologischen Untersuchungen wird meist probiert, die Daten möglichst detailliert zu erheben, was zweifellos richtig ist, weil die einzelnen Arten sich in ihren Ansprüchen an die Lebensbedingungen stark unterscheiden können. Das hier durchgerechnete Beispiel zeigt aber, dass für den Vergleich von Untersuchungsstellen detaillierte Bestimmungen problematisch werden können, falls die Taxa nicht mit 100 % Wahrscheinlichkeit nachgewiesen werden, wie dies beim Makrozoobenthos für viele Taxa der Fall ist. Erschwerend kommt hinzu, dass mit zunehmender Detaillierung die Wahrscheinlichkeit einer Falschbestimmung zunimmt. Oder das Niveau der angestrebten Bestimmungstiefe nicht erreicht werden kann.

#### Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen:

Aus den Vorabklärungen und den theoretischen Überlegungen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen:

- Die Taxaliste wird auf ein Niveau reduziert, welches auch bei den Herbstproben und den früheren Untersuchungen sicher angesprochen werden konnte. In der Regel handelt es sich hierbei um Gattungs- oder Familien-Niveau. Als Orientierung dient die Taxaliste aus dem überarbeiteten BUWAL-Modul (BUWAL, 2004). Die verwendete Liste für die weitere Auswertung findet sich in Anhang C.
- Die Proben vom Frühjahr und vom Herbst sowie die zusätzlichen Proben der seltenen Choriotope (Typ 2) werden für die Auswertung vereinigt. Entscheidend ist also, ob ein Taxon in mindestens einer Probe vorhanden war. Die Tabelle mit den entsprechenden Daten ist in Anhang D zu finden.
- Die Basis für eine Gewässertypisierung zur Beurteilung der Makroinvertebraten ist aufgrund der Vorabklärungen nicht vorhanden. Zu Prüfen ist aber, ob eine Beurteilung der einzelnen Stellen durch Vergleich mit den ähnlichsten Referenzstellen möglich ist. Die am besten vergleichbaren Referenzstellen sollen aufgrund der abiotischen Parameter „Grösse des Gewässers“, „Gefälle des Abschnittes“ und „Höhenlage“ definiert werden.

### 3.1.2 Ausschluss ungeeigneter Stellen

Von den insgesamt 99 untersuchten Stellen mussten 19 als ungeeignet eingestuft werden, um als Referenzstellen zu dienen. Kriterien waren die Beurteilung der Wasserqualität mittels Kieselalgen sowie Beeinträchtigungen, welche zum Zeitpunkt der Stellenauswahl noch nicht bekannt waren, wie Gewässerverschmutzungen, bauliche Tätigkeiten oder Störung der Abflussverhältnisse durch Wasserkraftnutzung. Hauptkriterium aber war die Zusammensetzung der Makroinvertebraten, welche mit dem Makroindex, dem IBGN sowie der Anzahl und der Zusammensetzung der Taxa beurteilt wurden. Insgesamt konnten also 80 Stellen bezeichnet werden, welche als Referenzstellen geeignet erschienen. Beurteilungskriterien und Bemerkungen zu den einzelnen Stellen finden sich in Anhang E.

### 3.1.3 Suche der ähnlichsten Referenzstellen

Die Suche nach ähnlichen Stellen soll aufgrund der abiotischen Parameter „Grösse des Gewässers“, „Gefälle des Abschnitts“ und „Höhenlage“ erfolgen. Die drei Messgrössen weisen sehr unterschiedliche Skalen auf und mussten daher transformiert werden. Ziel dieser Bearbeitung war es, die drei unterschiedlichen Skalen so zu normieren, dass nachfolgend eine Skaleneinheit jeweils einen vergleichbaren Einfluss auf die Ähnlichkeit der Stellen hat. Dieser Prozess ist zwingend, da für die Suche nach ähnlichen Stellen die drei Messgrössen als Koordinaten im dreidimensionalen Raum aufgefasst werden und die Ähnlichkeit als Distanz von zwei Punkten in diesem Raum berechnet wird (Gleichung 1). Die Distanzen werden als dimensionslose Grössen angegeben. Bei der Berechnung werden die Einheiten der Kenngrössen also nicht berücksichtigt. In Anhang F sind für alle Untersuchungsstellen die Werte der drei Kenngrössen, die transformierten Werte sowie die 5 Referenzstellen mit den kleinsten Distanzen zur Untersuchungsstelle abgedruckt.

#### Transformation der Daten

##### Grösse des Gewässers

Kenngrösse:  $Q_{\text{mittel } i}$  = mittlerer Abfluss [l/s]  
Transformation:  $x_i = \log(Q_{\text{mittel } i})$

##### Gefälle (in ‰)

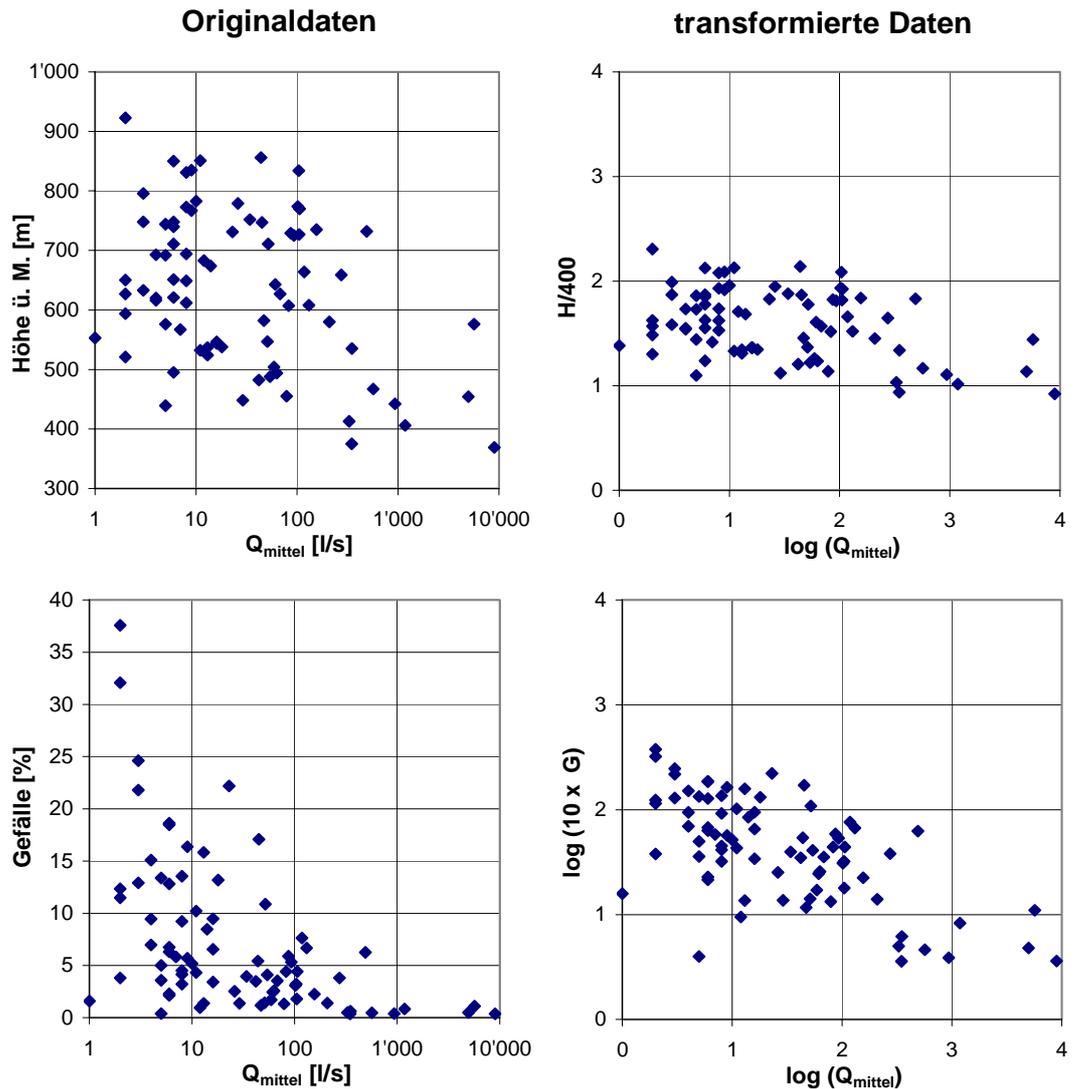
Kenngrösse:  $G_i$  = Gefälle des Abschnitts [%]  
Transformation:  $y_i = \log(10 \cdot G_i)$

##### Höhenlage

Kenngrösse:  $H_i$  = Höhe über Meer [m]  
Transformation:  $z_i = H_i / 400$

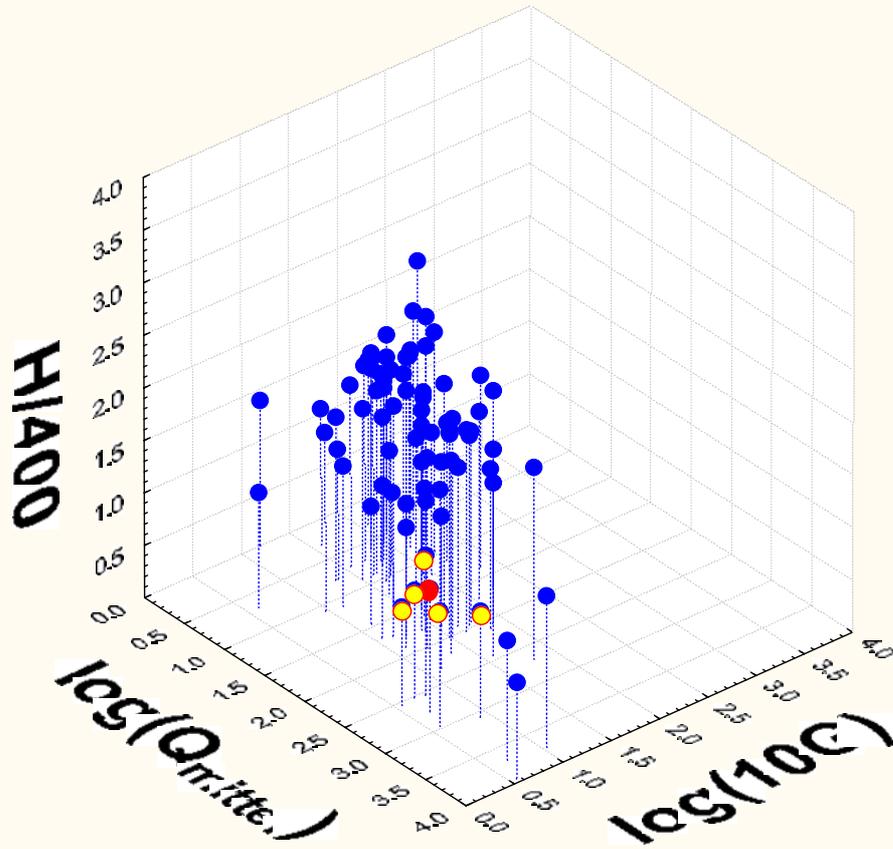
#### Berechnung der Distanz (Ähnlichkeit) zweier Stellen $i$ und $j$

Gleichung 1: 
$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$$



**Abb. 1:** Abiotische Parameter zur Charakterisierung der 80 Referenzstellen. Links Originaldaten und rechts transformierte Daten zur Suche ähnlicher Untersuchungsstellen.

Die vorgenommene Datentransformation bewirkt, dass bei der Suche nach ähnlichen Stellen 400 m Unterschied in der Höhenlage gleich gewichtet wird, wie zum Beispiel eine Grössenordnung Unterschied beim mittleren Abfluss (Abb. 1). Beim Gefälle bewirkt die Transformation, dass Unterschiede bei kleinem Gefälle viel stärker gewichtet werden, als Unterschiede bei grossem Gefälle, was ökologisch betrachtet sicherlich sinnvoll ist. Der Unterschied ist beispielsweise zwischen zwei Abschnitten mit 0.5 % und 1.0 % Gefälle bei den transformierten Daten gleich gross wie zwischen zwei Abschnitten mit 5 % und 10 % Gefälle. Er beträgt für beide Paare 0.3.



**Abb. 2:** Dreidimensionale Darstellung der transformierten Kenngrößen zur Charakterisierung der Untersuchungsstellen. Die Suche nach ähnlichen Stellen erfolgt durch Berechnung der räumlichen Distanzen (Beispiel roter Punkt mit den 5 nächstgelegenen Stellen (gelbe Punkte)).

### 3.1.4 Biologische Beurteilung einer Untersuchungsstelle aufgrund der Referenzstellen

Die Auswertung basiert auf Präsenz-/Absenzdaten. Die Abundanzwerte werden nicht berücksichtigt.

Zur Beurteilung einer Untersuchungsstelle werden in einem ersten Schritt die fünf Referenzstellen mit den ähnlichsten abiotischen Parametern gesucht, wie dies im vorangehenden Kapitel erläutert wurde. Die Taxalisten der fünf Referenzstellen und der Untersuchungsstelle werden in einer Tabelle zusammengefasst. Die Abundanzwerte spielen für die weitere Auswertung keine Rolle. Entscheidend ist lediglich die Präsenz oder Absenz eines Taxons.

**Tabelle 5:** Taxaliste von fünf Referenzstellen (Ref1 – Ref5) und einer Untersuchungsstelle (1050) geordnet nach der relativen Anzahl Vorkommen in den Ref.-proben ( $p_i = \text{Anz. Vorkommen} / \text{Anz. Ref-Proben}$ ).

Klasse	Ordnung	Familie	Gattung	Ref 1	Ref 2	Ref 3	Ref 4	Ref 5	$p_i$	1050
Insecta	Coleoptera	GYRINIDAE		1	1	3	3	3	1	
Insecta	Coleoptera	ELMIDAE	Limnius	5	6	6	5	4	1	
Insecta	Coleoptera	ELMIDAE	Elmis	4	6	4	5	5	1	4
Insecta	Diptera	SIMULIIDAE	Simulium	3	4	4	4	4	1	4
Insecta	Diptera	LIMONIIDAE		4	3	4	5	1	1	2
Insecta	Diptera	EMPIDIDAE		2	3	4	4	4	1	
Insecta	Diptera	CHIRONOMIDAE		6	7	5	7	6	1	5
Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	Baetis	5	5	4	6	3	1	4
Insecta	Trichoptera	RHYACOPHILIDAE		4	3	3	4	1	1	
Insecta	Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE		4	7	5	6	2	1	
Oligochaeta	Lumbriculida	LUMBRICULIDAE		4	3	5	5	4	1	4
Oligochaeta	Tubificida	NAIDIDAE		4	6	5	5	6	1	2
Arachnida	Acari (=Acarina)	(Hydracarina)		5	1	2	4		0.8	1
Crustacea	Amphipoda	GAMMARIDAE	Gammarus	2		6	5	5	0.8	5
Crustacea	Isopoda	ASELLIDAE	Asellus		3	2	2	4	0.8	
Insecta	Coleoptera	ELMIDAE	Riolus	4	5	3	5		0.8	
Insecta	Coleoptera	ELMIDAE	Esolus	4	4	4	4		0.8	
Insecta	Diptera	PEDICIIDAE		4	2	3	5		0.8	2
Insecta	Diptera	CERATOPOGONIDAE		3	4	3	4		0.8	
Insecta	Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE	Rhithrogena	5	3	1	3		0.8	
Insecta	Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE	Ecdyonurus	4	3	2	3		0.8	
Insecta	Plecoptera	LEUCTRIDAE		4	4		4	3	0.8	
Insecta	Trichoptera	POLYCENTROPODIDAE		1	3		2	1	0.8	
Insecta	Trichoptera	LIMNAPHILIDAE		2		2	2	2	0.8	1
Nematoda	Nematoda			1	3		4	3	0.8	
Bivalvia	Veneroida	SPHAERIIDAE		1		4		6	0.6	3
Gastropoda	Basommatophora	ANCYLIDAE			3	3		1	0.6	
Hirudinea	Arhynchobdellida	ERPOBDELLIDAE	Erbobdella		3	1		2	0.6	
Insecta	Ephemeroptera	LEPTOPHLEBIIDAE	Habroleptoides/P	3	1		4		0.6	
Insecta	Ephemeroptera	EPHEMERIDAE	Ephemera	1			3	4	0.6	
Insecta	Trichoptera	GOERIDAE		3		3		1	0.6	
Gastropoda	Basommatophora	LYMNAEIDAE			1			2	0.4	
Gastropoda	Caenogastropoda	HYDROBIIDAE				5		6	0.4	3
Insecta	Diptera	TIPULIDAE		1			1		0.4	
Insecta	Diptera	TABANIDAE		1			1		0.4	
Insecta	Diptera	SIMULIIDAE	Prosimulium	3	4				0.4	
Insecta	Diptera	PSYCHODIDAE		3				3	0.4	
Insecta	Ephemeroptera	EPHEMERELLIDAE			1		3		0.4	
Insecta	Plecoptera	TAENIOPTERYGIDAE		4			2		0.4	
Insecta	Plecoptera	PERLODIDAE		2			1		0.4	
Insecta	Plecoptera	NEMOURIDAE					4	4	0.4	
Insecta	Trichoptera	SERICOSTOMATIDAE			2		3		0.4	
Insecta	Trichoptera	PSYCHOMYIIDAE					3	1	0.4	
Insecta	Trichoptera	ODONTOCERIDAE		1		2			0.4	
Insecta	Trichoptera	HYDROPTILIDAE		2	3				0.4	
Insecta	Trichoptera	GLOSSOSOMATIDAE			1			2	0.4	
Oligochaeta	Tubificida	TUBIFICIDAE				4		4	0.4	4
Turbellaria	Acoela (Tricladida)	DUGESIIDAE	Dugesia	3			4		0.4	
Gastropoda	Basommatophora	PLANORBIDAE						5	0.2	
Gastropoda	Basommatophora	PHYSIDAE						1	0.2	
Hirudinea	Arhynchobdellida	ERPOBDELLIDAE	Dina		2				0.2	
Hirudinea	Rhynchobdellida	GLOSSIPHONIIDAE	Helobdella					1	0.2	
Hirudinea	Rhynchobdellida	GLOSSIPHONIIDAE	Glossiphonia					2	0.2	3
Insecta	Coleoptera	HELODIDAE					2		0.2	
Insecta	Coleoptera	ELMIDAE	Oulimnius					2	0.2	
Insecta	Coleoptera	DYTISCIDAE	Colymbetinae		2				0.2	
Insecta	Diptera	ATHERICIDAE		2					0.2	
Insecta	Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE	Epeorus	1					0.2	
Insecta	Heteroptera	CORIXIDAE				4			0.2	
Insecta	Odonata	LESTIDAE					1		0.2	
Insecta	Odonata	CALOPTERYGIDAE					3		0.2	
Insecta	Trichoptera	LEPTOCERIDAE					3		0.2	
Oligochaeta	Haplotaxida	HAPLOTAXIDAE					3		0.2	
Oligochaeta	Lumbricida	LUMBRICIDAE				3			0.2	1
Insecta	Megaloptera	SIALIDAE	Sialis						0	1
			<b>Anzahl Taxa</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>35</b>		<b>17</b>

Die Liste lässt sich nach der Anzahl Vorkommen in den fünf Referenzproben ordnen (Tab. 5). Zu oberst stehen die Taxa, welche in allen fünf Probe vorkamen, also in 100 % der ausgewählten Referenzproben auftraten. Nachfolgend erscheinen die Taxa, welche bei vier der fünf Referenzstellen gefunden wurden (80 %). Die Liste wird fortgesetzt mit den Taxa, welche in drei der fünf Proben (60%) respektive zwei der fünf Proben (40 %) präsent waren. Bis schliesslich die Organismen folgen, welche nur in einer Probe auftraten (20 %). Taxa, welche nur in der zu beurteilenden Untersuchungsstelle auftraten, bei den Referenzstellen aber nicht gefunden wurden, werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Aus Tabelle 5 kann eine Wahrscheinlichkeit  $p_i$  für das Auftreten eines Taxons  $i$  berechnet werden:

**Gleichung 2:**  $p_i = \frac{\text{Anzahl Vorkommen in den berücksichtigten Referenzproben}}{\text{Anzahl berücksichtigter Referenzproben}}$

Für eine beliebige Untersuchungsstelle kann nach Ermittlung der fünf Referenzstellen aufgrund der abiotischen Parameter auf diese Weise eine Liste der erwarteten Taxa mit der jeweiligen Wahrscheinlichkeit des Vorkommens definiert werden. Das heisst es werden alle Taxa mit einem  $p_i$  von 1.0 an einer Untersuchungsstelle erwartet. Hingegen wird bei einem  $p_i$  von 0.2 nur jedes fünfte Taxon in einer Probe mit vergleichbarer Zusammensetzung der Taxa erwartet.

Für das Beispiel aus Tabelle 5 ist die erwartete Anzahl Taxa für die verschiedenen  $p_i$  –Werte aus Tabelle 6 ersichtlich. Insgesamt werden 36 Taxa erwartet, was wiederum dem Mittelwert der Anzahl Taxa in den fünf Referenzproben entspricht.

**Tabelle 6:** Vergleich der taxonomischen Zusammensetzung einer Untersuchungsstelle mit den Referenzstellen.

$p_i$	Anzahl Taxa in Ref.-proben $n_y$	Erwartung $n_y \cdot p_i$	Anzahl Taxa in Probe $n_x$	Abweichung von Erwartung $n_y - n_x$	gewichtete Abweichung $(n_y - n_x) \cdot p_i$
1.0	12	12.0	7	5.0	5.0
0.8	13	10.4	4	6.4	5.1
0.6	6	3.6	1	2.6	1.6
0.4	17	6.8	2	4.8	1.9
0.2	16	3.2	2	1.2	0.2
$\Sigma$	64	36	16		13.8
<b>Gleichung 3:</b>		$REF\_ZH = \frac{\Sigma(n_y - n_x) \cdot p_i}{\Sigma(n_y \cdot p_i)} =$			<b>0.38</b>

Das Material einer Untersuchungsstelle kann nun mit dem Erwartungswert aufgrund der Referenzstellen verglichen und beurteilt werden.

Im vorliegenden Beispiel wurden nur sieben Taxa mit einem  $p_i$  von 1.0 gefunden, was verglichen mit den Referenzstellen eine Abweichung von fünf Taxa bedeutet. Dass diese fünf Taxa in der untersuchten Probe fehlen ist sicherlich stärker zu gewichten als beispielsweise die 1.2 Taxa, welche mit einem  $p_i$  von 0.2 vermisst werden. Als Kriterium für den Vergleich der Untersuchungsstelle mit den Referenzstellen wurde daher die mit dem  $p_i$  gewichtete

*Der berechnete Wert zur Beurteilung einer Probennamestelle aufgrund von Referenzstellen wird REF\_ZH genannt.*

Summe der Abweichungen gebildet und nachfolgend das Verhältnis zur erwarteten Anzahl Taxa berechnet. Es ist sinnvoll dieses Verhältnis zu bilden, da ansonsten eine artenarme Zusammensetzung grundsätzlich weniger streng bewertet würde, als ein artenreiches Vorkommen, was aus ökologischer Sicht sicherlich falsch wäre. Der berechnete Wert zur Beurteilung einer Untersuchungsstelle aufgrund der Referenzstellen des Kantons Zürich wird nachfolgend als REF\_ZH bezeichnet.

Beim Referenzsystem können auch Werte  $< 0$  auftreten. Es handelt sich dabei um Stellen, welche artenreicher sind als der berechnete Erwartungswert. Die Summe der Abweichungen vom Erwartungswert ( $\Sigma(n_y - n_x)$ ; vgl. Gleichung 3) wird dann negativ.

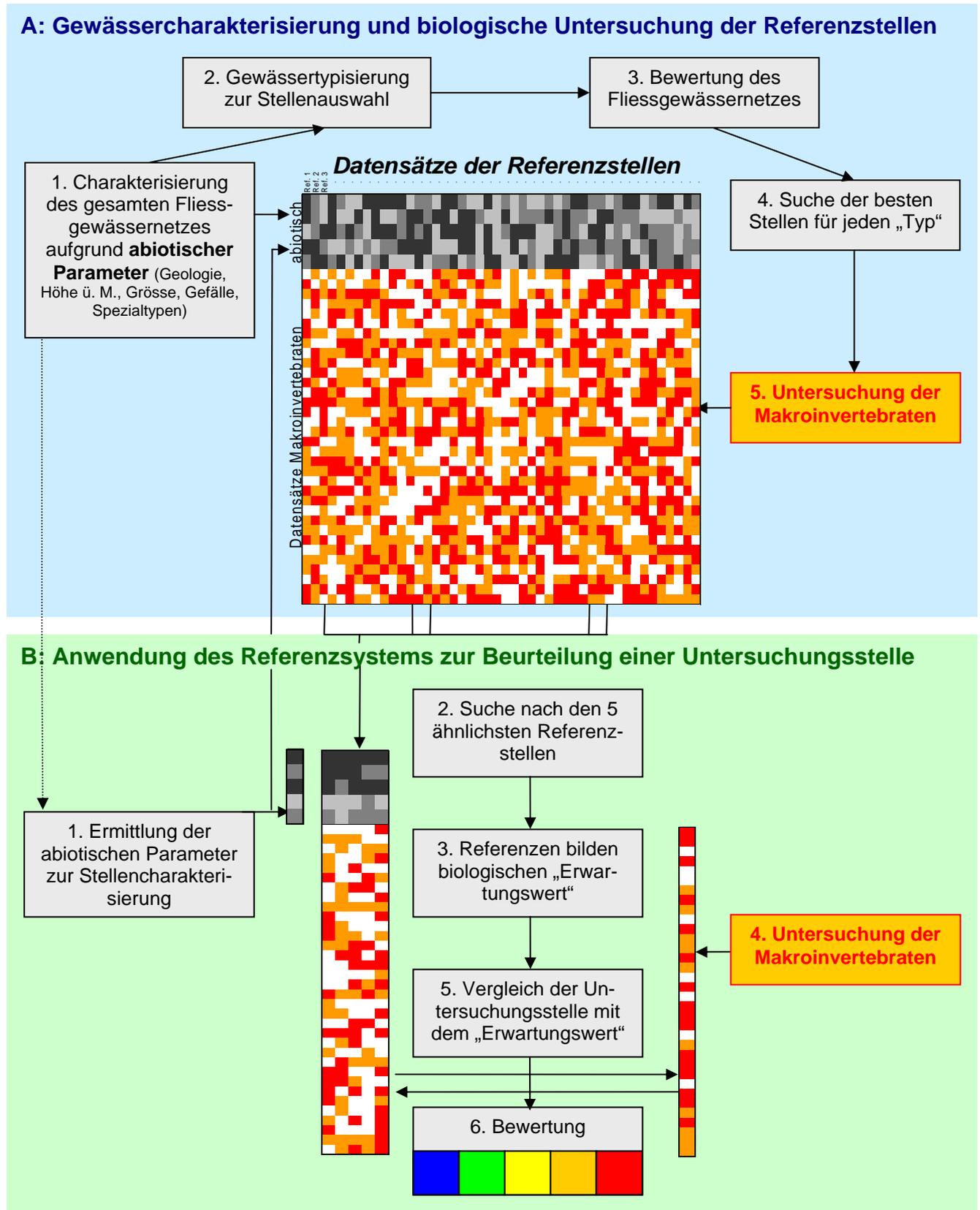
### 3.1.5 Zusammenfassung des Vorgehens

Das gesamte Konzept zur biologischen Beurteilung einer Untersuchungsstelle aufgrund von Referenzstellen ist zusammenfassend in Abbildung 3 dargestellt. Basierend auf der Charakterisierung des Gewässernetzes über die Gewässertypisierung und die Bewertung des Gewässernetzes wurden für jeden Gewässertyp die besten Abschnitte definiert. Die Charakterisierung des Gewässernetzes lieferte zudem die Angaben zu den abiotischen Parametern für die ausgewählten Referenzstellen, welche zusammen mit den eigentlichen Daten der biologischen Untersuchungen über die Makroinvertebraten die Basis für das Referenzsystem bilden.

Zur Beurteilung einer Untersuchungsstelle werden zuerst auf der Basis der abiotischen Parameter die fünf ähnlichsten Referenzstellen gesucht (vgl. Kapitel 3.1.3). Die Taxazusammensetzung der Makroinvertebraten dieser Referenzstellen bestimmt den biologischen Erwartungswert für die Untersuchungsstelle. Durch Vergleich der gefundenen Organismen an der Untersuchungsstelle mit dem Erwartungswert erfolgt nachfolgend die Berechnung des REF\_ZH-Wertes, wie dies im vorangehenden Kapitel erläutert wurde.

Damit die Untersuchungsstelle auf der Basis des Referenzsystems bewertet werden kann fehlt nun noch eine Beurteilungsskala, die gemäss den Kriterien im nachfolgenden Kapitel festgelegt wird.

Abb. 3: Schematische Darstellung der Entwicklung und Anwendung des Referenzsystems zur biologischen Beurteilung einer Untersuchungsstelle mit Makroinvertebraten.



## 3.2 Anwendung des Referenzsystems auf alle Untersuchungsstellen und Vergleich mit anderen Auswertungsmethoden

Das Referenzsystem wurde auf alle Untersuchungsstellen des Programms zur Überwachung der Fliessgewässer angewendet. Die entsprechenden Werte sind in Anhang G zu finden.

### 3.2.1 Beurteilungsskala für das Referenzsystem

Zur Klassifizierung von Untersuchungsstellen musste eine Beurteilungsskala für das Referenzsystem festgelegt werden, welche folgende Kriterien erfüllen sollte:

- Die 80 Referenzstellen sollen als *sehr gut* klassifiziert werden.
- Die Beurteilung der Untersuchungsstellen soll möglichst gut differenzieren.
- Die Grenze zwischen den Klassen *gut* und *mässig* soll so festgelegt werden, dass die Beurteilung ähnlich streng erfolgt, wie beim Makroindex (Perret, 1977) und beim IBGN (Index biologique global normalisé; AVNOR, 2003).

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien wurde für eine erste Erprobungsphase die Skala zur Beurteilung der Stellen mit dem Referenzsystem gemäss Tabelle 8 festgelegt.

**Tabelle 8:** Skala zur Beurteilung von Untersuchungsstellen mit dem Referenzsystem für den Kanton Zürich (REF\_ZH) im Vergleich zum Makroindex und IBGN.

ökologischer Zustand	REF_ZH	Makroindex	IBGN	Farbe
<b>sehr gut</b>	<b>&lt; 0.20</b>	<b>1 bis 2</b>	<b>17 bis 20</b>	<b>blau</b>
<b>gut</b>	<b>0.21 bis 0.30</b>	<b>3</b>	<b>13 bis 16</b>	<b>grün</b>
<b>mässig</b>	<b>0.31 bis 0.40</b>	<b>4</b>	<b>9 bis 12</b>	<b>gelb</b>
<b>unbefriedigend</b>	<b>0.41 bis 0.50</b>	<b>5 bis 6</b>	<b>5 bis 8</b>	<b>orange</b>
<b>schlecht</b>	<b>≥ 0.51</b>	<b>7 bis 8</b>	<b>0 bis 4</b>	<b>rot</b>

Aus Abbildung 4 ist die Verteilung der Klassen für die Beurteilung mit dem Referenzsystem ersichtlich. Alle 80 Referenzstellen wurden der Klasse *sehr gut* zugewiesen. Bei den schlechter beurteilten Stellen auf der linken Seite der Abbildung handelt es sich durchwegs um Stellen, welche für die Verwendung als Referenzstellen als ungeeignet eingestuft wurden.

Von den Untersuchungsstellen des Routineprogramms wurden nur sieben als sehr gut beurteilt. Es handelt sich dabei um drei Stellen im Oberlauf der Reppisch, um den Schwarzenbach im Einzugsgebiet der Jonen und um drei Seitenbäche im Oberlauf der Töss. Mit Beurteilung *mässig*, *unbefriedigend* oder *schlecht* kann die grosse Mehrheit der Untersuchungsstellen die Ansprüche an den ökologischen Zustand nicht erfüllen.

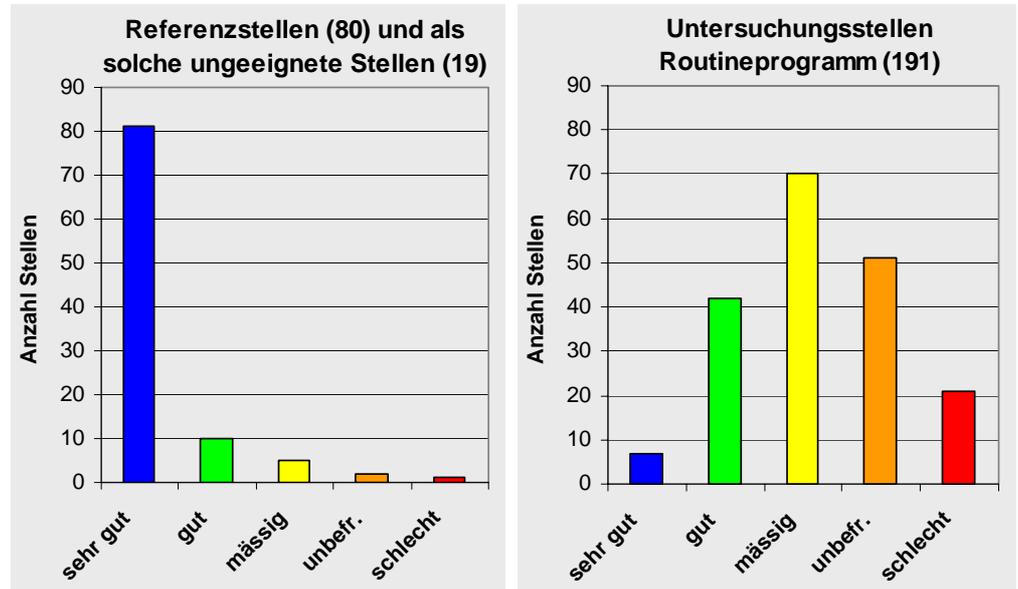


Abb. 4: Verteilung der Beurteilungsklassen.

### 3.2.2 Vergleich mit anderen Indikatoren

Ein Vergleich des Referenzsystems für den Kanton Zürich mit dem IBGN zeigt, dass auch unter den Referenzstellen nur wenige Untersuchungsstellen die Beurteilung *sehr gut* für den IBGN erreichen (Abb. 5). Für die beste Beurteilungsklasse muss beim IBGN eine Probe mindestens 29 verschiedene Familien enthalten, was eine sehr hohe Zahl darstellt und bei den Untersuchungsstellen des Routineprogramms nie gefunden wurde. Andererseits wurden auch keine Stellen mit dem IBGN als *schlecht* beurteilt. Der IBGN basiert auf dem taxonomischen Niveau der Familie und ist somit eine einfache und recht robuste Methode. Die Berücksichtigung der Taxazahl und der Indikatorgruppen führt trotzdem zu einer brauchbaren Beurteilung der Untersuchungsstellen. Leider führt die an französischen Gewässern geeichte Skala bei den Gewässern des Kantons Zürich nur zu einer mässig guten Differenzierung, da die beste Klasse kaum und die schlechteste Klasse gar nicht auftritt. Da es sich um eine normierte Methode handelt, kann die Skala nicht ohne weiteres angepasst werden. Es wird aber sicherlich interessant werden, welche Erfahrungen in anderen Kantonen bei der Anwendung des Modulstufenkonzeptes gemacht werden. Zu diesem Zweck sollte bei der Anwendung der Stufe F (BUWAL, 2004) neben dem Makroindex auch der IBGN berechnet werden.

Beim Makroindex muss für die Beurteilungsklasse *sehr gut* ein Verhältnis der Anzahl verschiedener Insekten zu den Nicht-Insekten von mindestens zwei vorliegen und es müssen mindesten drei Gattungen der Plecopteren vertreten sein. Die restliche taxonomische Zusammensetzung bleibt unberücksichtigt. Die meisten Referenzstellen und eine ansehnliche Anzahl Stellen des Routineprogramms erfüllen diese Kriterien. Die entsprechenden Stellen des

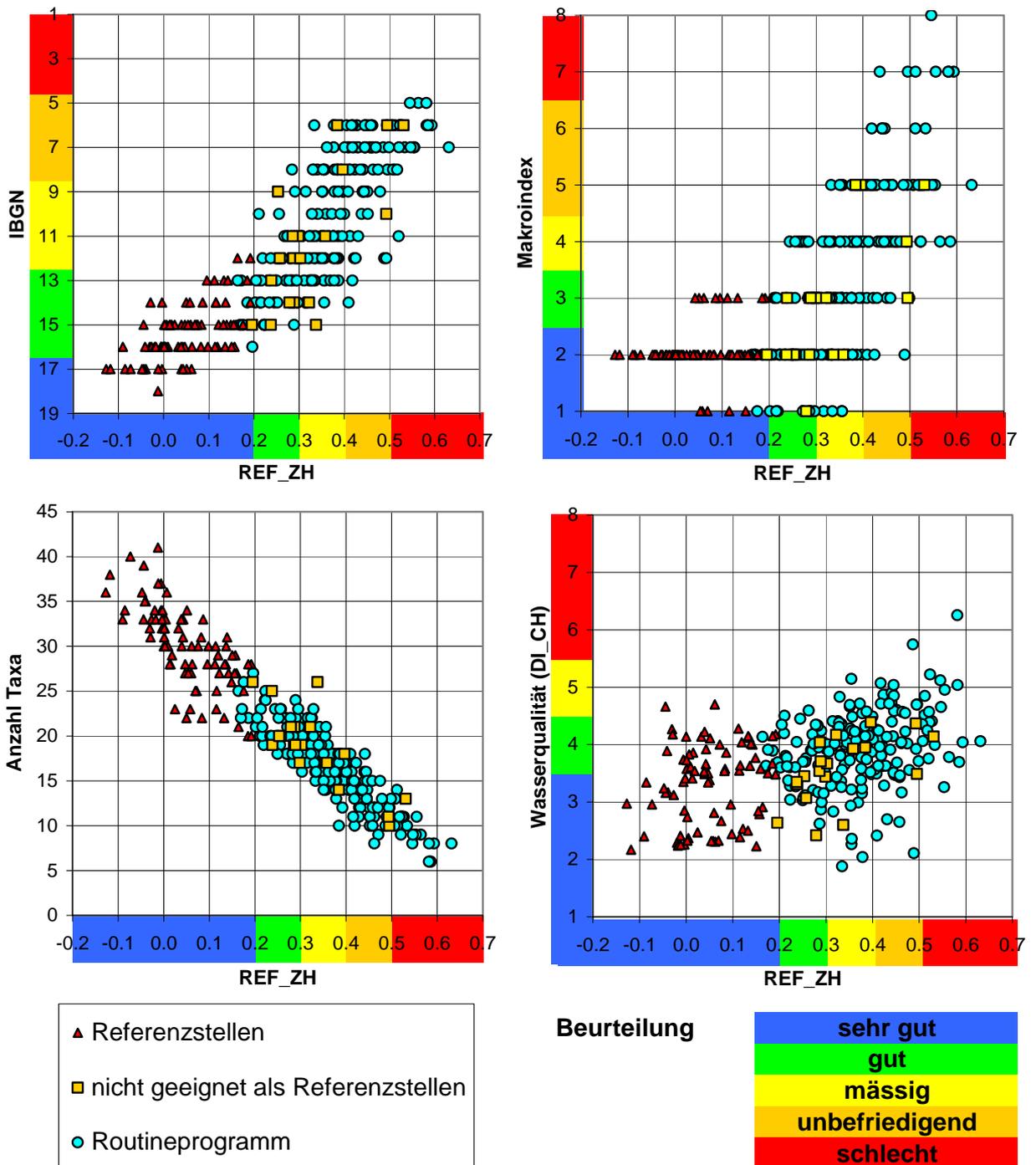
Routineprogramms werden mit dem Referenzsystem mehrheitlich deutlich strenger beurteilt als mit dem Makroindex. Auf der anderen Seite gibt es wenige Referenzstellen, welche nicht drei verschiedene Plecopteren aufwiesen und beim Makroindex nur als *gut* beurteilt werden (Index 3). Die Ursachen für die unterschiedlichen Beurteilungen sind darin zu sehen, dass beim Referenzsystem die Beurteilungsskala für jede Probe aufgrund der zugehörigen Referenzstellen festgelegt wird, während sie beim Makroindex immer gleich bleibt und zudem nur auf einzelne Kriterien, wie die Anzahl Plecopteren oder Trichopteren, abstützt. So beurteilt bei kleinen, langsam fliessenden Bächen das Referenzsystem klar weniger streng als der Makroindex während beispielsweise steile Tobelbäche mit ihrer artenreichen Zusammensetzung sehr viele Taxa der Stein-, Köcher- und Eintagsfliegen aufweisen müssen, um die Beurteilungsstufe *sehr gut* des Referenzsystems zu erhalten.

Betrachtet man alle Untersuchungsdaten, ist zwischen der Anzahl Taxa und der Beurteilung mit dem Referenzsystem eine lineare Beziehung ersichtlich. Bei den Referenzproben wurde mit Werten zwischen 20 und 41 Taxa eine grosse Bandbreite ermittelt. Bei den Ausführungen zum Makroindex wurde bereits erwähnt, dass natürlicherweise nicht alle Bäche gleich artenreich sind. Während 20 bis 25 Taxa in kleinen, langsam fliessenden Bächen als hochwertige Zusammensetzung der Makroinvertebraten gelten kann, stellt die gleiche Anzahl Taxa in steilen Tobelbächen meist eine deutliche Verarmung der Fauna dar. Auch hier kommt somit die Stärke des Referenzsystems gegenüber einfachen Indikatoren, wie es die Anzahl Taxa darstellt, zum Ausdruck.

Die Anzahl Taxa ist stark abhängig vom Gewässertyp.

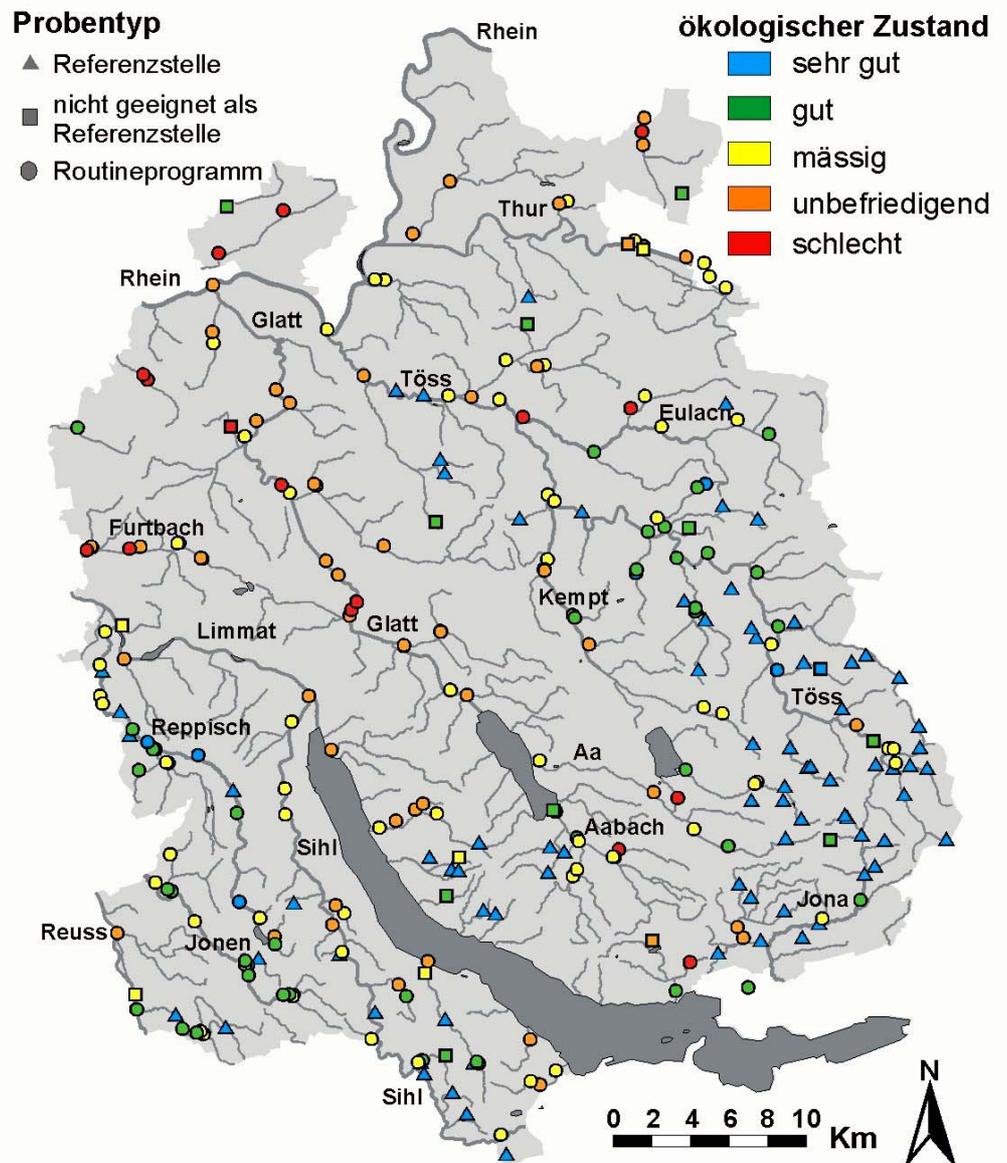
Die Wasserqualität wurde mittels Kieselalgen indiziert. Zur Eichung dieses Systems wurden die chemischen Parameter Ammonium, Nitrit, anorganischer Stickstoff, Gesamtposphat, Chlorid und DOC verwendet (BUWAL, 2001). Für empfindliche Makroinvertebraten können die Sauerstoffkonzentration, der Ammoniak- oder Nitritgehalt sowie Spurenstoffe wie gewisse Pestizide zum Problem werden. Lediglich beim Ammonium respektive Ammoniak und beim Nitrit handelt es sich also um die gleichen Parameter, welche auch die Zusammensetzung der Kieselalgen beeinflussen. Gerade diese Messgrössen sind aber im Kanton Zürich Dank der guten Leistung der Kläranlagen nur noch in wenigen Abschnitten problematisch. Es ist daher nicht verwunderlich, dass nur ein schwacher Zusammenhang zwischen der mit Kieselalgen indizierten Wasserqualität und den REF\_ZH-Werten besteht.

Die Wasserqualität von zwei Referenzstellen wurden durch die Kieselalgen der Beurteilungsstufe *mässig* zugeordnet, während alle übrigen Referenzstellen als *gut* oder *sehr gut* beurteilt wurden. Es handelt sich dabei mit dem Püntbach und dem Sagenbach um zwei kleine Bäche mit teilweise landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten. Die Beeinträchtigung der Wasserqualität dürfte daher vorwiegend auf hohe Nährstoffgehalte zurückzuführen sein, was für die Makroinvertebraten von untergeordneter Bedeutung ist. Die Zusammensetzung der Makroinvertebraten ist an diesen beiden Stellen als hochwertig einzustufen, weshalb sie trotz zweifelhafter Wasserqualität als Referenzstellen berücksichtigt wurden.



**Abb. 5:** Vergleich der Beurteilung mittels Referenzstellen mit dem IBGN und dem Makroindex sowie Beziehung zur Anzahl Taxa und zur Wasserqualität (Kieselalgenindex DI\_CH).

### 3.2.3 Kartografische Darstellung der Beurteilung mittels Referenzsystem



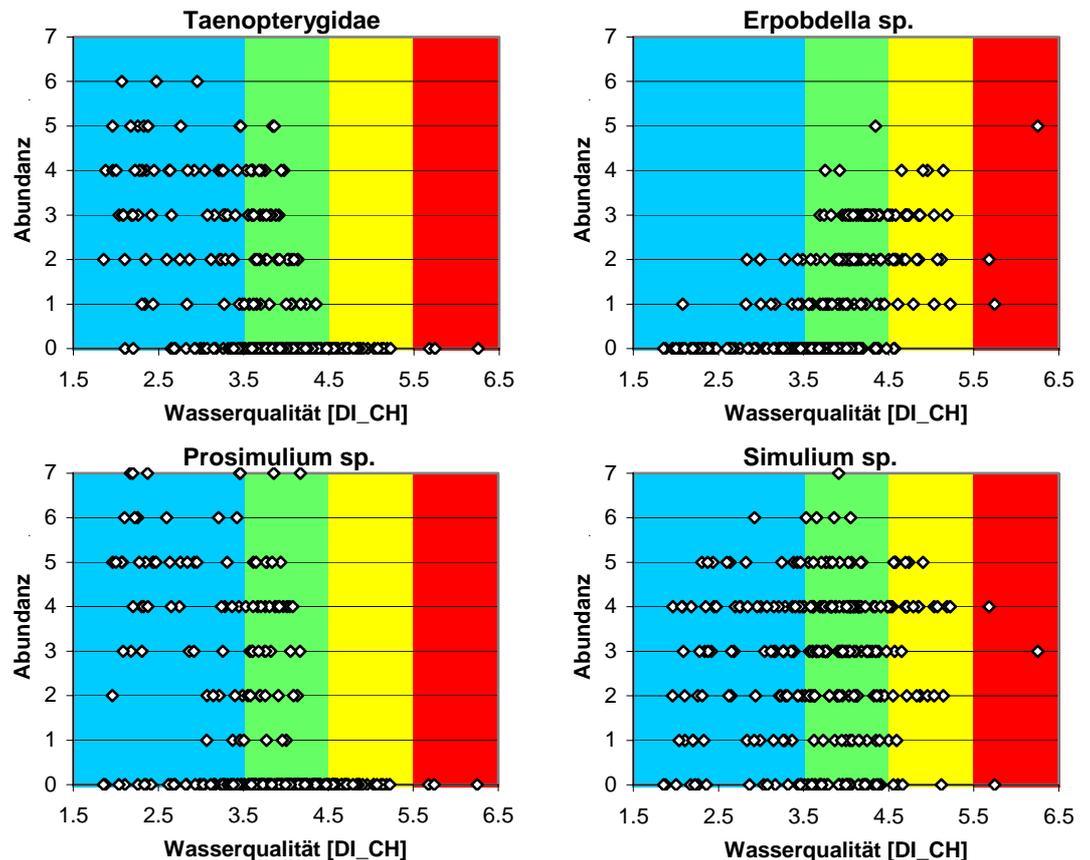
**Abb. 6:** Kartografische Darstellung der Beurteilung des Gewässerzustandes mit dem Referenzsystem für den Kanton Zürich.

Abschnitte an Fliessgewässern, welche als *gut* oder *sehr gut* beurteilt wurden, finden sich vor allem im oberen Tösstal, beim Pfannenstiel (zwischen Zürich- und Greifensee), entlang von Albis und Zimmerberg sowie den jeweils angrenzenden Gebieten (Abb. 6). Am Furtbach und im ganzen Glatttal wurde andererseits keine einzige Stelle mit einer zufrieden stellenden Beurteilung untersucht.

### 3.3. Verbreitung und Vorkommen einzelner Taxa

Im Rahmen der Untersuchung möglicher Referenzstellen wurden im Jahr 2002 99 Stellen beprobt. Vom Routineprogramm lagen aus den Jahren 1995 bis 2002 zudem Daten von 195 Untersuchungsstellen vor. Die insgesamt 294 Stellen können für die Verbreitung der einzelnen Taxa im Kanton Zürich und die bevorzugten Lebensbedingungen wertvolle Erkenntnisse liefern. In einem separaten Anhang wurden daher alle Taxa, welche an mindestens 20 Stellen gefunden wurden, mit den wichtigsten Grafiken zu den Themen Verbreitung und Vorkommen dokumentiert (Anhang H). Im nachfolgenden Abschnitt werden beispielhaft einige Grafiken erläutert.

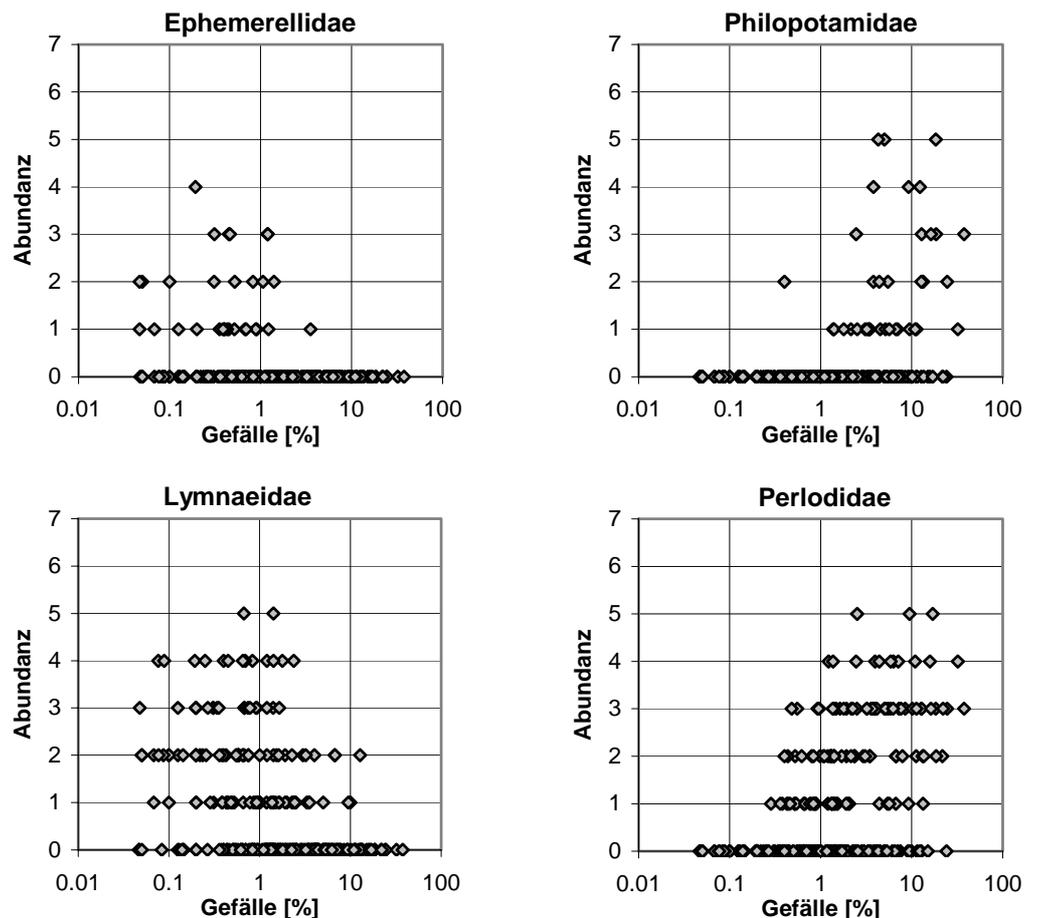
Der Makroindex basiert auf dem Vorkommen empfindlicher Organismen wie Stein- und Köcherfliegenlarven. Auch beim IGBN wird das Vorkommen der empfindlichsten Indikatorgruppe bei der Berechnung des Indices berücksichtigt. Ein Zusammenhang einzelner Taxa mit diesen Kenngrössen liegt daher auf der Hand und wird hier nicht weiter diskutiert, ist aber in entsprechenden Grafiken in Anhang H dokumentiert.



**Abb. 7:** Vorkommen von Taenopterygidae (Steinfliegen), Erpobdella sp. (Egel), Prosimulium sp. und Simulium sp. (beide Zweiflügler) in Abhängigkeit der Wasserqualität (DI\_CH: < 3.5 unbelastet; 3.5 – 4.5 schwach belastet; 4.5 – 5.5 deutlich belastet; > 5.5 stark belastet). Abundanzziffer 0 bedeutet, dass das Taxon an der Untersuchungsstelle nicht gefunden wurde

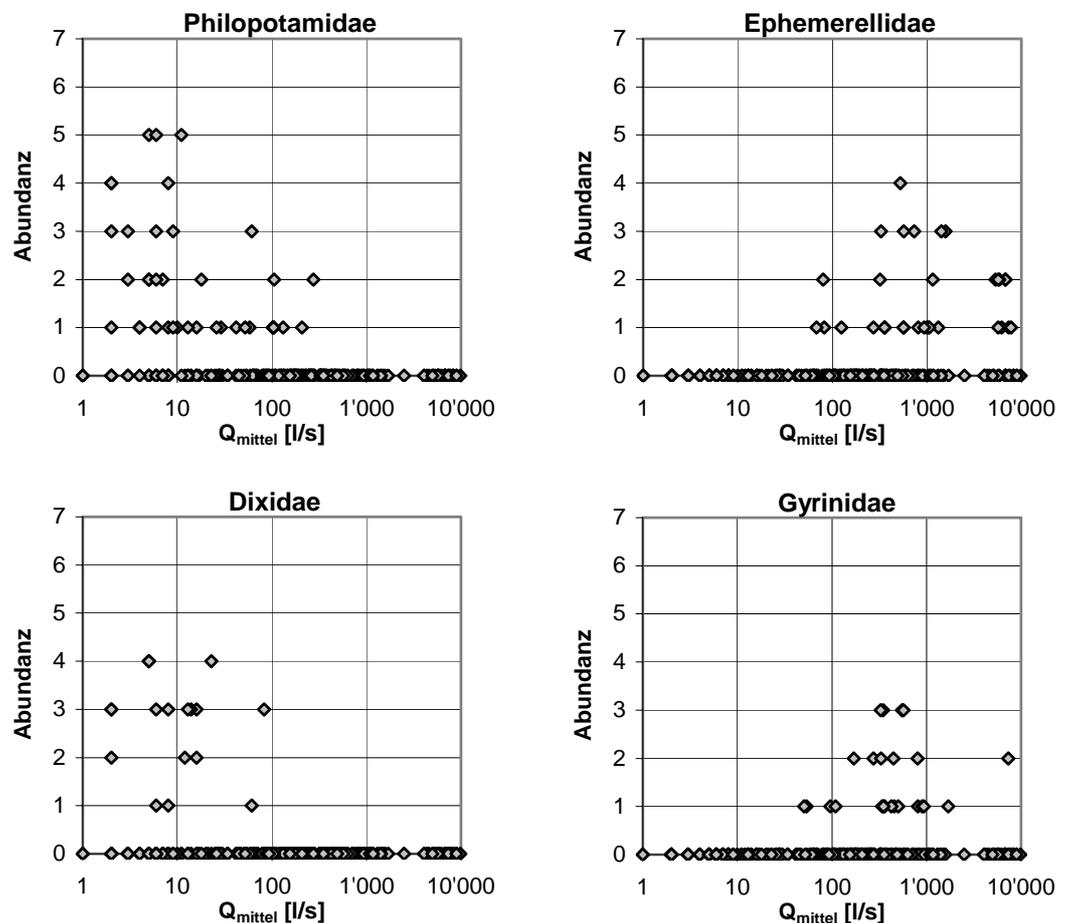
Bei den Taeniopterygidae handelt es sich meistens um die Art *Brachyptera risi*, welche auf sauberes Wasser angewiesen ist und daher nach dem deutschen Saprobien-system als oligosaprob eingestuft wird (Schmedtje & Kohmann, 1992). Bei der durch Kieselalgen indizierten Wasserqualität wurde eine schwache Belastung noch toleriert (grüner Bereich in Abb. 7). Bei stärkerer Belastung wurde aber kein Exemplar der Taeniopterygidae mehr nachgewiesen. Egel der Gattung *Erpobdella* (meist *E. octoculata*) tolerieren auch schlecht Wasserqualität, kommen hingegen bei sehr guter Wasserqualität nur vereinzelt vor. Bei den Zweiflüglern (Dipteren) toleriert die Gattung *Prosimulium* höchstens eine schwache Belastung, während die Gattung *Simulium* keine Einschränkung des Vorkommens durch die Wasserqualität erkennen lässt.

Die meisten Gewässer des Kantons Zürich können heute als schwach oder gering belastet eingestuft werden. Mit wenigen Ausnahmen dürfte daher die Wasserqualität für Makroinvertebraten in Fliessgewässern von untergeordneter Bedeutung sein. Diese Aussage bezieht sich nur auf die Parameter der organischen Belastung (DOC, BSB) und der Nährstoffbelastung. Bezüglich der Belastung mit Pestiziden, Arzneimitteln oder hormonaktiven Stoffen erlaubt die Datenlage gegenwärtig noch keine Aussagen.



**Abb. 8:** Vorkommen der Ephemereididae (Eintagsfliegen), Philopotamidae (Köcherfliegen), Lymnaeidae (Schnecken) und Perlodidae (Steinfliegen) in Abhängigkeit der Gefälle der Abschnitte.

Das Gefälle eines Abschnitts wirkt sich nicht direkt auf die Zusammensetzung der Makroinvertebraten aus, ist aber ein entscheidendes Kriterium für die Fließgeschwindigkeit des Wassers. Die am häufigsten gefundene Art in der Familie der Ephemerelellidae (Eintagsfliegen) ist *Ephemerella ignita* (Abb. 8). Von ihr ist bekannt, dass sie starke Strömung meidet (Schmedtje & Kohmann, 1992), also vorwiegend in Fließgewässern mit geringem Gefälle vorkommt. Die Lymnaeidae sind als Schnecken auf das Vorhandensein von Wasserpflanzen angewiesen, welche ihrerseits starke Strömung nicht tolerieren. Die Philopotamidae (Köcherfliegen) und die Perlodidae (Steinfliegen) sind typische Vertreter schnell fließender Bäche mit guter Wasserqualität. Philopotamidae werden regelmässig in kleinen steilen Waldbächen im Gebiet des oberen Tösstals, beim Pfannenstiel oder im Sihltal gefunden. Dass es sich dabei durchwegs um kleinere Bäche handelt, kann Abbildung 9 entnommen werden.



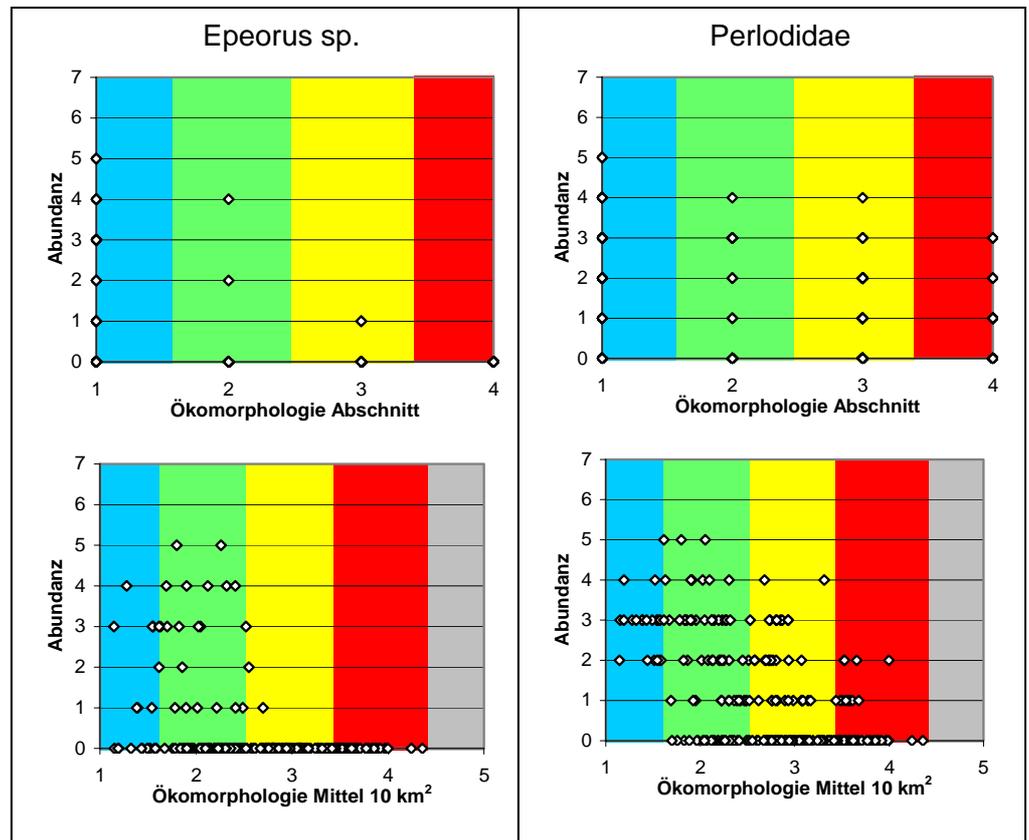
**Abb. 9:** Vorkommen der Philopotamidae (Köcherfliegen), Ephemerelellidae (Eintagsfliegen), Dixidae (Zweiflügler) und Gyrinidae (Käfer) in Abhängigkeit der Grösse des Gewässers ausgedrückt durch den mittleren Abfluss.

Wie oben besprochen, sind die Ephemerelellidae bevorzugt in langsam fließenden Gewässern zu finden. Es handelt sich dabei aber nicht um kleine Wiesenbäche sondern um Fließgewässer mittlerer Grösse (Abb. 9). Die

Larven der Tastermücken (Dixidae) leben im Ufersaum von Bächen beispielsweise auf überrieselten Steinen. Im Kanton Zürich wurden sie nur in kleinen Fließgewässern gefunden. Die Taumelkäfer (Gyrinidae) sind an stehenden und strömungsberuhigten Zonen fließender Gewässer zu finden. Dieser Habitatstyp ist offenbar an kleinsten Fließgewässern nicht vorhanden.

Gefälle und mittlerer Abfluss haben keine direkten Einfluss auf die Zusammensetzung der Makroinvertebraten, dienen aber indirekt zur Beschreibung der zu erwartenden Habitatstypen

Weder das Gefälle der Abschnitte noch der mittlere Abfluss als Grössenkriterium haben einen direkten Einfluss auf die Zusammensetzung der Makroinvertebraten an einer Untersuchungsstelle. Mit diesen Kenngrössen korreliert sind aber beispielsweise die vorherrschenden Substrate, die Strömungsgeschwindigkeit oder das Vorhandensein von Wasserpflanzen. Somit dienen Gefälle und Grösse des Gewässers indirekt zur Beschreibung, welche Habitatstypen an einer Untersuchungsstelle zu erwarten sind. Die direkte Erfassung der Habitate und die Charakterisierung der Gewässer über Habitatstypen führen zu einem komplexen System, welches beim gegenwärtigen Stand des Wissens nicht als Grundlage für ein einfaches Referenzsystem in Frage kommt.



**Abb. 10:** Vorkommen von Epeorus sp. (Eintagsfliegen) und Vorkommen der Perlodidae (Steinfliegen) in Abhängigkeit der ökomorphologischen Verhältnisse (Ökomorphologie: 1 = natürlich/naturnah; 2 = wenig beeinträchtigt; 3 = stark beeinträchtigt; 4 künstlich/naturfremd; 5 = eingedolt).

Epeorus wurde mit einer Ausnahme nur in Abschnitten gefunden, welche als natürlich/naturnah oder wenig beeinträchtigt beurteilt wurden (Abb. 10). Berücksichtigt man auch die umliegenden Gewässer auf einer Fläche von 10

km<sup>2</sup> wird ersichtlich, dass Epeorus nur dort vorkommt, wo die überwiegende Mehrheit der Gewässer noch gute ökomorphologische Bedingungen aufweist.

Steinfliegen der Familie Perlodidae werden im Kanton Zürich noch recht häufig gefunden. Steinfliegen haben allgemein hohe Ansprüche an die Wasserqualität und werden meist auch als Indikatoren für gute morphologische Verhältnisse genannt. Dichte Bestände der Perlodidae wurden tendenziell eher in Abschnitten und in Gebieten mit guten ökomorphologischen Verhältnissen gefunden. Erstaunlich ist aber, dass Vertreter der Perlodidae sogar in Abschnitten mit der Beurteilung *künstlich/naturfremd* vorkamen. Für diese schlechte Einstufung muss meist auch die Gewässersohle zu einem erheblichen Anteil verbaut sein. Die detaillierte Betrachtung der Daten zeigt, dass das Taxon dort in ökomorphologisch schlechten Abschnitten vorkommt, wo Seitenbäche und oben liegende Abschnitte mit guter Morphologie vorhanden sind. Das heisst, wenn das Taxon in der näheren Umgebung stark verbreitet ist, werden einzelne Vertreter infolge Drift auch in Abschnitten mit ungünstigen morphologischen Verhältnissen nachgewiesen, auch wenn sie sich dort über längere Zeit nicht halten können. Um den Einfluss der ökomorphologischen Verhältnisse aufzuzeigen, müssten die Daten zwingend als Bestandesdichten mit einem Flächenbezug (Surbersampling) erhoben werden. Es liegt aber auch die Vermutung nahe, dass die Region, in welcher sich ein Abschnitt befindet, einen Einfluss darauf haben kann, ob ein Taxon in einem Abschnitt nachgewiesen wird oder nicht. Aus diesem Grund wurden Verbreitungskarten für die einzelnen Taxa erstellt.

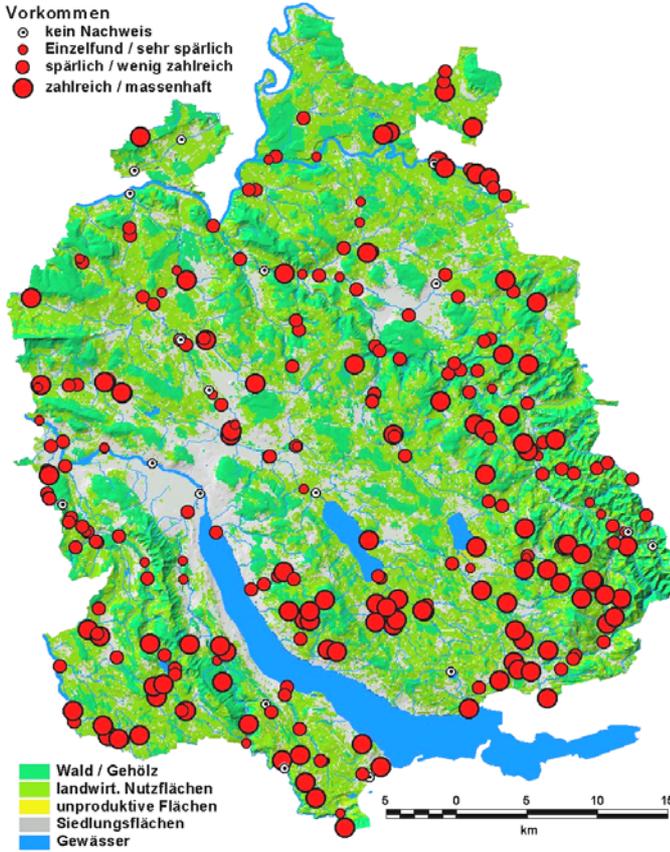
*Eine starke Verbreitung in der näheren Umgebung kann dazu führen, dass ein Taxon infolge Drift auch in Abschnitten mit ungünstigen morphologischen Verhältnissen vorkommt.*

In Abbildung 11 sind vier Beispiele für typische Verbreitungsmuster dargestellt. Es gibt Taxa mit einer sehr weiten Verbreitung im Kanton Zürich. Ein Beispiel für diesen Typ ist Gammarus (Bach- oder Flussflohkrebs). Fehlt Gammarus an einer Untersuchungsstelle ist die Ursache kritisch zu hinterfragen (stoffliche Beeinträchtigung, periodisches Austrocknen, Spülung, Schwallbetrieb, ....?). Weiter Beispiele von Taxa mit ausgeprägter Verbreitung sind Lumbriculidae und Lumbricidae (Würmer), Baetis sp. (Eintagsfliegen), Elmis sp. und Limnius sp. (Käfer), Hydropsychidae und Rhyacophilidae (Köcherfliegen) sowie Chironomidae und Simulium sp. (Zweiflügler).

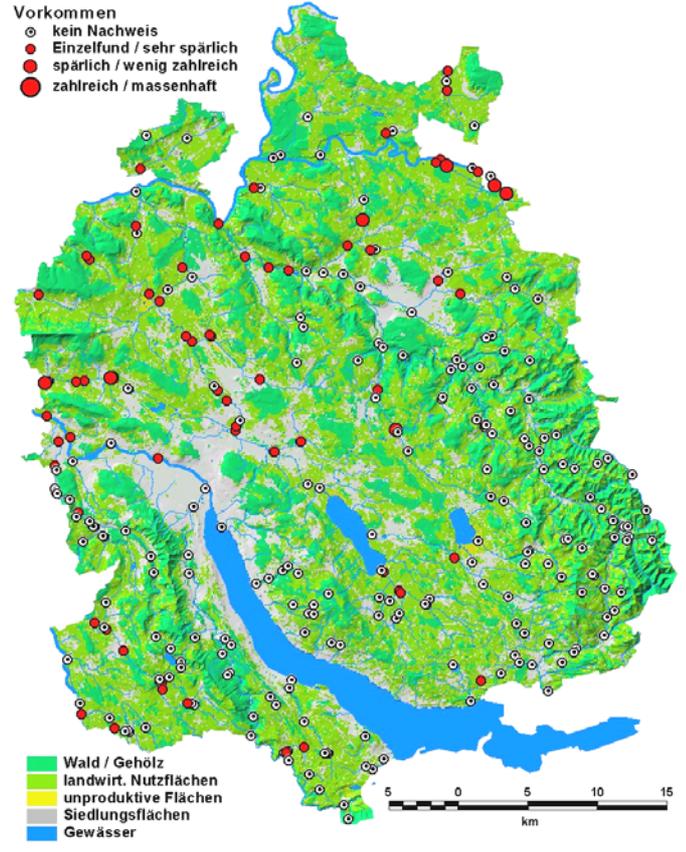
In Fliessgewässern mit geringer oder mittlerer Strömung, welche häufig mit Makrophyten bewachsen sind, findet man regelmässig den Egel der Gattung Glossiphonia. Einige dieser Gewässer weisen auch eine kritische Wasserqualität auf. In steilen Tobelbächen im Wald wird diese Gattung hingegen praktisch nie gefunden. Eine ähnliche Verbreitung haben Erpobdella sp. und Helobdella sp. (Egel), Ancylidae, Lymneidae, Physidae und Planorbidae (Schnecken), Asellus aquaticus (Wasserassel), Ephemerellidae (Eintagsfliegen), Calopterygidae (Libellen) Sialis sp. (Schlammfliegen) sowie die Colymbetinae (Käfer).

Schnell fliessende und kühle Gewässer mit guter Wasserqualität, welche von den vorgehend beschriebenen Taxa eher gemieden werden, bilden den bevorzugten Lebensraum der Perlodidae (Steinfliegen). Die entsprechenden Gewässer finden sich vor allem im Tösstal, im Einzugsgebiet der Jona, beim Pfannenstiel (zwischen Zürich- und Greifensee), entlang von Albis und Zimmerberg inklusive Reppischtal.

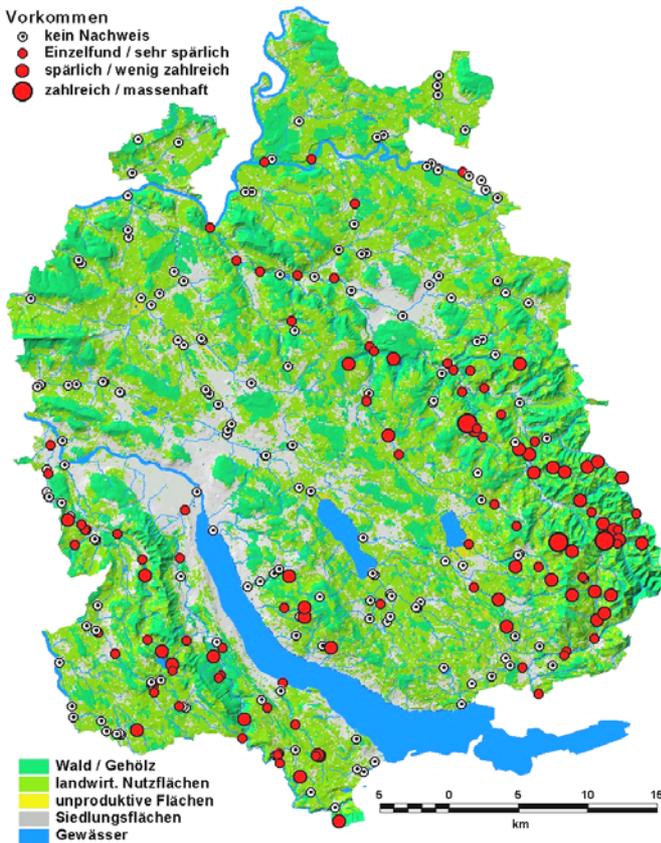
**Gammarus sp.**



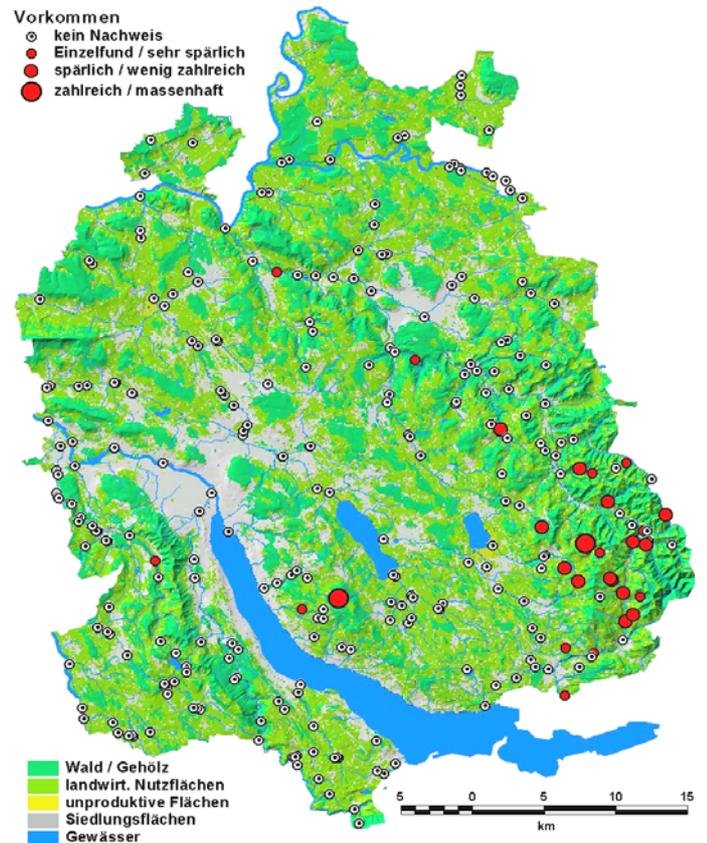
**Glossiphonia sp.**



**Perlodidae**



**Epeorus sp.**



**Abb. 11:** Verbreitungskarten.

Eine ähnliche Verbreitung wie die Perlodidae haben Naididae (Würmer), Ephemera sp., Ectyonurus, sp., Rhitrogena sp. und Habroleptoides/Paraleptophlebia sp. (Eintagsfliegen), Leuctridae, Nemouridae und Taeniopterygidae (Steinfliegen), Helodidae (Käfer), Odontoceridae, Psychomidae und Sericostomatidae (Köcherfliegen), Empididae, Pedicidae und Prosimulium sp. (Zweiflügler). In den gleichen Gebieten aber mit einer deutlich geringeren Verbreitung findet man Epeorus sp. (Eintagsfliegen), Chloroperlidae und Perlidae (Steinfliegen), Glossomadidae und Philopotamidae (Köcherfliegen).

Die Verbreitungsmuster, wie sie für Perlodidae und Epeorus sp. in Abbildung 11 dargestellt sind, können für die Stellenbeurteilung mit Makroinvertebraten von Bedeutung sein. Das Vorkommen der Steinfliegen, Eintagsfliegen (ohne Baetis) und Köcherfliegen (mit Köcher), welche diesen beiden Verbreitungstypen folgen, sind zum Beispiel beim Makroindex entscheidend für die Stellenbeurteilung. Im nordwestlichen Kantonsteil wurden viele dieser Organismen an keiner Untersuchungsstelle nachgewiesen. Eine Ausnahme bilden beispielsweise die Limnephilidae (Köcherfliegen), welche auch in der Glatt und im Furtbach gefunden werden.

Ein starker regionaler Einfluss bedeutet, dass ein Bach zwar gute Wasserqualität und ökomorphologische Verhältnisse aufweisen kann, aber möglicherweise die empfindlichen Stein-, Eintags- und viele Köcherfliegen trotzdem fehlen, da sie in der Gegend nur schwach verbreitet sind. Andererseits sind diese Organismen beispielsweise im oberen Tösstal noch so stark verbreitet, dass die Chance gross ist, sie auch in ökomorphologisch stark beeinträchtigten Abschnitten zu finden.

Bei der Gewässertypisierung zur Suche nach möglichen Referenzstellen wurden Seeabflüsse ausgeschieden, da sie sich bezüglich Temperatur, DOC-Gehalt und Nährstoffen deutlich von den übrigen Fliessgewässern unterscheiden. Bei der Verbreitung der Organismen andererseits kann festgestellt werden, dass die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*; Dreissenidae) und die Schwimmwanze *Aphelocheirus aestivalis* ausschliesslich in Seeabflüssen zu finden sind (siehe Anhang H).

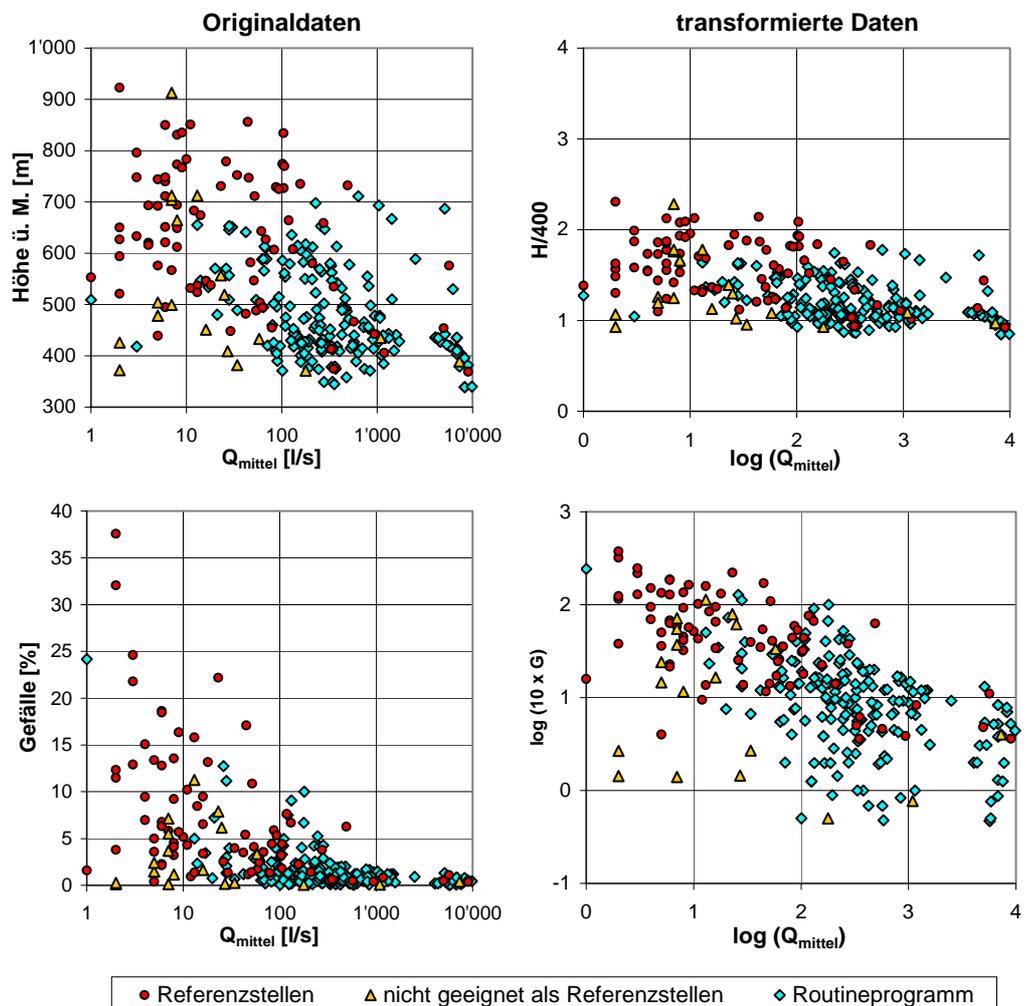
### 3.4 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

Die Referenzstellen können für den Kanton Zürich als hochwertig bezeichnet werden.

Das Referenzsystem differenziert besser als der Makroindex oder der IBGN, bei welchem zudem die Skalierung problematisch ist.

Mit dem gewählten Auswertungsverfahren indizieren die Referenzstellen stets *sehr gute* ökologische Verhältnisse (REF\_ZH-Werte < 0.2). Der Vergleich mit den Untersuchungsstellen des Programms zur Fließgewässerüberwachung zeigt, dass die Referenzstellen tatsächlich als hochwertige Stellen für den Kanton Zürich bezeichnet werden können, wie dies durch die Auswahl der Stellen beabsichtigt war.

Die Stellenbeurteilung aufgrund der Referenzstellen erfolgt wesentlich differenzierter als durch den Makroindex oder den IBGN. Während der Makroindex bei der Beurteilungsstufe *sehr gut* und *gut* unbefriedigend differenziert, ist beim IBGN vor allem die Skalierung problematisch. Die beste Beurteilungsstufe wird bei den zürcherischen Fließgewässern sehr selten erreicht und die schlechteste Stufe kommt gar nicht vor.



**Abb. 12:** Abiotische Parameter zur Charakterisierung der Untersuchungsstellen (vgl. Kapitel 3.1.3).

*Die Beurteilung der Untersuchungsstellen basiert auf wenigen Referenzstellen. Es wäre wünschenswert, wenn das System auch ausserhalb des Kantons angewendet würde.*

Bei der Auswahl der Referenzstellen wurden für alle „Typen“ von Fliessgewässern die besten im Kanton Zürich noch vorhandenen Stellen gesucht. Ausnahmen bildeten Quellbäche, Seeabflüsse und die grössten Fliessgewässer ( $Q_{\text{mittel}} > 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ), die nicht berücksichtigt wurden. Durch dieses Vorgehen wurden viele mögliche Referenzstellen mit einem mittleren Abfluss unter 100 l/s untersucht. Im Routineprogramm werden aber vor allem Stellen an Fliessgewässern mit einem mittleren Abfluss über 100 l/s untersucht (Abb. 12). Insbesondere bei den Gewässern mittlerer Grösse mit einem Abfluss um 1000 l/s und einem Gefälle unter 1 % basiert die Beurteilung auf wenigen Referenzstellen. Da im Kanton Zürich diese Gewässer zwangsläufig einen hohen Anteil Landwirtschaft und Siedlungsraum im Einzugsgebiet aufweisen, ist es sehr schwierig Stellen zu finden, welche als Referenzen dienen können. Einige Stellen, die im Rahmen des Referenzprojekts untersucht wurden, mussten denn auch wegen mangelnder Qualität ausgeschieden werden. Eine Verbesserung der Situation wäre durch Ergänzung des Systems mit Referenzstellen ausserhalb des Kantons Zürich denkbar.

Interessant sind die Verbreitungskarten der Stein-, Eintags- und Köcherfliegen, da viele dieser Organismen im nordwestlichen Kantonsteil nicht nachgewiesen wurden. Bei den untersuchten Gewässern in dieser Region handelt es sich jeweils um die Hauptgewässer der Talsohle, welche durch intensive Landwirtschaft und grossen Siedlungsdruck geprägt werden. Bei den weniger belasteten Fliessgewässern der Talflanken, wo sich auch grössere Waldflächen befinden, handelt es sich meist um kleine Quellbäche, die in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht wurden. Der fehlende Nachweis gewisser Organismen im nordwestlichen Kantonsteil wird also einerseits durch die Stellenauswahl verursacht. Andererseits fehlen gewisse Gewässertypen wie beispielsweise die steilen Tobelbäche in dieser Region oder kommen nur ganz vereinzelt vor.

*Das lückenhafte Vorkommen vieler Taxa im nordwestlichen Kantonsteil ist nicht auf die biogeografische Verbreitung sondern auf die lokalen Verhältnisse zurückzuführen.*

Als Beispiel sei hier Habroleptoides/Paraleptophlebia erwähnt. Es handelt sich um ein Taxon, welches im nordwestlichen Kantonsteil ebenfalls nur vereinzelt nachgewiesen wurde, im übrigen Kantonsgebiet aber sehr häufig gefunden wird (Abb. 13). Die häufigste Art hinter diesem Taxon ist Habroleptoides confusa. Aus Abbildung 13 ist ebenfalls ersichtlich, dass die Art über das ganze Mittelland, den Jura, die Voralpen und auch auf der Alpensüdseite weit verbreitet ist. Das lückenhafte Vorkommen im nordwestlichen Teil des Kantons Zürich ist also nicht auf die biogeografische Verbreitung sondern auf die lokalen Verhältnisse zurückzuführen.

*Bei Anwendung ausserhalb des Kantons Zürich sollten allenfalls die biogeografischen Regionen mitberücksichtigt werden.*

Im Rahmen des Biodiversitätsmonitoring Schweiz wird der Kanton Zürich grossmehrheitlich dem Mittelland zugeordnet (Abb. 14). Lediglich der Teil westlich des Bachtels gehört zur Alpennordflanke. Genau in dieser Region wurde auch in der vorliegenden Arbeit die Hauptverbreitung einiger anspruchsvoller Organismen wie beispielsweise Epeorus gefunden. Bei einer Erweiterung des Referenzsystems über die Kantonsgrenzen hinaus, wäre daher zu überlegen, ob auch die biogeografischen Regionen bei der Suche nach Referenzstellen mitberücksichtigt werden sollten.



*Die regionale Verbreitung eines Taxons kann die Wahrscheinlichkeit beeinflussen das Taxon in einem Abschnitt nachzuweisen.*

Bisher wurde angenommen, dass für die Zusammensetzung der Makroinvertebraten neben der Wasserqualität auch die Lebensraumbedingungen entscheidend sind. Dabei wurde an die Verhältnisse in der näheren Umgebung der Untersuchungsstelle gedacht. Obwohl der Kanton Zürich, wie vorangehend erwähnt, grossmehrheitlich der biogeografischen Region Mittelland zugeordnet wird, zeigen die Verbreitungskarten, dass die Region, in welcher sich ein Abschnitt befindet, einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Taxa an einer Untersuchungsstelle haben kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Taxon an einer Untersuchungsstelle nachweisen lässt, hängt davon ab, wie stark das Taxon in der Region verbreitet ist. Auch die Beurteilung einer Untersuchungsstelle mit Makroinvertebraten kann dadurch beeinflusst werden. Diese Überlegungen haben auch Konsequenzen bei allfälligen Erfolgskontrollen für Revitalisierungsprojekte an Fliessgewässern. Das vorhandene Artenpotenzial ist entscheidend für die Frage, welche Organismen bei erfolgreicher Revitalisierung überhaupt erwartet werden können.

Für Auswertungen im Rahmen des Routineprogramms für Fliessgewässer soll künftig neben dem Makroindex und dem IBGN, wie dies im Modul-Stufen-Konzept vom BUWAL vorgeschlagen wird, auch die Referenzmethode Anwendung finden. Dadurch können weitere Erfahrungen bezüglich der Tauglichkeit und der Aussagekraft für die praxisorientierte Anwendung gesammelt werden. Wünschenswert wäre zudem die Anwendung des Referenzsystems auf Gebiete ausserhalb des Kantons Zürich, da die Suche nach Referenzgewässern für mittlere und grössere Fliessgewässer durch die Beschränkung auf ein Kantonsgebiet zu stark limitiert wird. Das Gleiche gilt für Spezialtypen, wie beispielsweise Seeabflüsse, die naturgemäss nicht so zahlreich vorkommen.

## LITERATUR

- AQEM, 2002:** Manuel for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European stream using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002. <http://www.aqem.de>
- AVNOR, 2003:** Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Projet de Norme PR NF T90-350. Association Française de Normalisation. 16 S.
- BUWAL, 1998a:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26. BUWAL, Bern: 41 S.
- BUWAL, 1998b:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27. BUWAL, Bern: 50 S.
- BUWAL, 2000:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend). Entwurf vom April 2000.
- BUWAL, 2001:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Entwurf vom November 2001.
- BUWAL, 2002:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Äusserer Aspekt. Entwurf vom April 2002.
- BUWAL, 2004:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend). Entwurf für die Erprobung vom März 2004.
- Frutiger, A., Plattner P. & Zollhöfer J., 2001:** Monitoring the Biodiversity in Switzerland: How suitable are benthic macroinvertebrates? Tagungsbericht DGL 2001, Kiel. 1-6.
- Känel B., 2001:** Das Makrozoobenthos der naturnahen Fliessgewässer im Kanton Zürich. AWEL, Abteilung Gewässerschutz, internes Diskussionspapier.
- Lubini V., & Vincentini H., 2000:** Periodische Bestandesaufnahme an grösseren Bächen 1996-1999. Zusammenfassender Fachbericht. Baudepartement Kanton Aargau. Abteilung Umweltschutz, Aarau.
- Niederhauser P., 2002:** Referenzstellen für biologische Untersuchungen an Fliessgewässern des Kantons Zürich. GIS-Analyse zur Charakterisierung und Beurteilung der Fliessgewässer als Basis für die Festlegung von möglichen Referenzstellen. AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich.
- Perret P., 1977:** Zustand der schweizerischen Fliessgewässer in den Jahren 1974/1975. Eidg. Amt für Umweltschutz / Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz. 276 S.
- Schmedtje U. & Kohmann F., 1992:** Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen). Informationsbericht 2/88, 2. überarbeitete Auflage, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München: 274 S.
- ter Braak C. J. F. & Smilauer P., 2002:** CANOCO Reference manual and CanoDryw für Windows User's guide: Software für Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA. 500 S.

## **ANHANG**

- A1:** Matrix mit den Werten der Übereinstimmung der taxonomischen Zusammensetzung aller möglichen Paare von Proben.
- A2:** Matrix mit den Werten der Übereinstimmung der taxonomischen Zusammensetzung aller möglichen Paare von Proben. Tabelle geordnet nach Abfluss ( $Q_{\text{mittel}}$ ) und Gefälle des Abschnitts.
- B:** Beispiel einer multivariaten statistischen Analyse. Canonical Correspondence Analyses
- C:** Taxonomisches Niveau für die Auswertung der Referenzstellen (REF) im Vergleich mit dem IBGN (AVNOR, 2003) und den Makroindex (MI) (BUWAL, 2004).
- D:** Maximale Abundanz der gefundenen Taxa in den Frühjahrs- und Herbstproben vom Typ 1 und 2. Reduzierte Taxaliste gemäss Anhang C.
- E:** Begründung für den Ausschluss untersuchter Stellen, welche nicht als Referenzen dienen sollen.
- F:** Originaldaten und transformierte Daten zur Suche der fünf Referenzstellen mit den ähnlichsten abiotischen Parametern.
- G:** Auswertung der Makroinvertebraten der Referenzstellen und der Untersuchungsstellen für das Routineprogramm mit dem Referenzsystem für den Kanton Zürich (REF\_ZH), dem IBGN und dem Makroindex.
- H:** Verbreitung und Vorkommen der Taxa (separat gedruckter Anhang, 67 Seiten).





## Anhang B: Beispiel einer multivariaten statistischen Analyse. Canonical Correspondence Analyses

### Daten Frühjahr Proben Typ 1 und 2

**Transformation der Umweltdaten: Höhe = (x /300) – 1; Abfluss = Log(x); Gefälle = Log (x); DI\_CH nicht transformiert**

---

```
[Fri Oct 10 14:08:42 2003] Log file created
[Fri Oct 10 14:10:02 2003] Settings changed
[Fri Oct 10 14:10:11 2003] CON file [C:\Eigene Da-
teien\PN\Statistica_Data\Canoco\Analysen\Taxa_Fam_12_cca.con] saved
[Fri Oct 10 14:10:13 2003] Running CANOCO:
[Fri Oct 10 14:10:13 2003] CON file [C:\Eigene Da-
teien\PN\Statistica_Data\Canoco\Analysen\Taxa_Fam_12_cca.con] saved
Program CANOCO Version 4.5 February 2002 - written by Cajo J.F. Ter Braak
(C) 1988-2002 Biometris - quantitative methods in the life and earth sciences
Plant Research International, Wageningen University and Research Centre
Box 100, 6700 AC Wageningen, the Netherlands
CANOCO performs (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis,
principal components analysis and redundancy analysis.
CANOCO is an extension of Cornell Ecology program DECORANA (Hill,1979)
```

For explanation of the input/output see the manual or  
Ter Braak, C.J.F. (1995) Ordination. Chapter 5 in:  
Data Analysis in Community and Landscape Ecology  
(Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. and Van Tongeren, O.F.R., Eds)  
Cambridge University Press, Cambridge, UK, 91-173 pp.

\*\*\* Type of analysis \*\*\*

```
Model      Gradient analysis
           indirect direct hybrid
linear     1=PCA    2= RDA    3
unimodal  4= CA     5= CCA    6
,,         7=DCA    8=DCCA    9
           10=non-standard analysis
```

Type analysis number

Answer = 5

\*\*\* Data files \*\*\*

Species data : C:\Eigene Dateien\PN\Statistica\_Data\Canoco\Analysen\Taxa\_Fam\_F12.dta

Covariable data :

Environmental data : C:\Eigene Dateien\PN\Statistica\_Data\Canoco\Analysen\Taxa\_F\_env.dta

Initialization file:

Forward selection of envi. variables = 0

Scaling of ordination scores = 1

Diagnostics = 3

File : C:\Eigene Dateien\PN\Statistica\_Data\Canoco\Analysen\Taxa\_Fam\_F12.dta

Title : WCanolmp produced data file

Format : (I5,1X,24F3.0,3/(6X,(24F3.0)))

No. of couplets of species number and abundance per line : 0

No samples omitted

Number of samples 99

Number of species 78  
Number of occurrences 2205

File : C:\Eigene Dateien\PN\Statistica\_Data\Canoco\Analysen\Taxa\_F\_env.dta  
Title : WCanolmp produced data file  
Format : (I5,1X,4F8.2)  
No. of environmental variables : 4

No interaction terms defined

No transformation of species data  
No species-weights specified  
No sample-weights specified  
No downweighting of rare species

No. of active samples: 99  
No. of passive samples: 0  
No. of active species: 78

Total inertia in species data=  
Sum of all eigenvalues of CA = 2.06893

\*\*\*\*\* Check on influence in covariable/environment data \*\*\*\*\*

The following sample(s) have extreme values

Sample Environmental Covariable + Environment space  
variable Influence influence influence

64	2	6.0x	
65	2	5.9x	
67	2	5.9x	
67			3.9x

\*\*\*\*\* End of check \*\*\*\*\*

1

\*\*\*\* Weighted correlation matrix (weight = sample total) \*\*\*\*

SPEC AX1	1.0000						
SPEC AX2	0.0308	1.0000					
SPEC AX3	0.0486	-0.0528	1.0000				
SPEC AX4	0.0853	0.0379	0.0047	1.0000			
ENVI AX1	0.8058	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000		
ENVI AX2	0.0000	0.8086	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	
ENVI AX3	0.0000	0.0000	0.6851	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
	1.0000						
ENVI AX4	0.0000	0.0000	0.0000	0.6466	0.0000	0.0000	1.0000
	0.0000	1.0000					
H_u_M tr	-0.6635	-0.1558	0.1191	-0.3263	-0.8234	-0.1927	
	0.1739	-0.5046					
Q_Gis tr	0.2297	0.7716	-0.0427	-0.0417	0.2851	0.9543	
	-0.0624	-0.0645					
Gefället	-0.7132	-0.2786	-0.1861	0.1005	-0.8851	-0.3445	
	-0.2716	0.1555					
DI_CH	0.5550	-0.0896	-0.4480	-0.1893	0.6887	-0.1108	
	-0.6540	-0.2927					
	SPEC AX1	SPEC AX2	SPEC AX3	SPEC AX4	ENVI AX1	ENVI AX2	ENVI AX3
	ENVI AX4						

H_u_M tr	1.0000			
Q_Gis tr	-0.3970	1.0000		
Gefället	0.6695	-0.5742	1.0000	
DI_CH	-0.5118	0.1502	-0.4393	1.0000

	H_u_M tr	Q_Gis tr	Gefället	DI_CH	
N	name	(weighted) mean	stand. dev.	inflation factor	
1	SPEC AX1	0.0000	0.4454		
2	SPEC AX2	0.0000	0.3574		
3	SPEC AX3	0.0000	0.3037		
4	SPEC AX4	0.0000	0.2233		
5	ENVI AX1	0.0000	0.3589		
6	ENVI AX2	0.0000	0.2890		
7	ENVI AX3	0.0000	0.2080		
8	ENVI AX4	0.0000	0.1444		
1	H_u_M tr	1.0798	0.4591	2.0383	
2	Q_Gis tr	1.5567	0.8237	1.5286	
3	Gefället	0.5325	0.5588	2.3779	
4	DI_CH	3.2562	0.7535	1.4203	

\*\*\*\* Summary \*\*\*\*

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues	: 0.129	0.084	0.043	0.021	2.069
Species-environment correlations	:	0.806	0.809	0.685	0.647
Cumulative percentage variance					
of species data	: 6.2	10.3	12.4	13.4	
of species-environment relation:		46.6	76.8	92.5	100.0
Sum of all eigenvalues					2.069
Sum of all canonical eigenvalues					0.276

1

\*\*\* Unrestricted permutation \*\*\*

Seeds: 23239 945

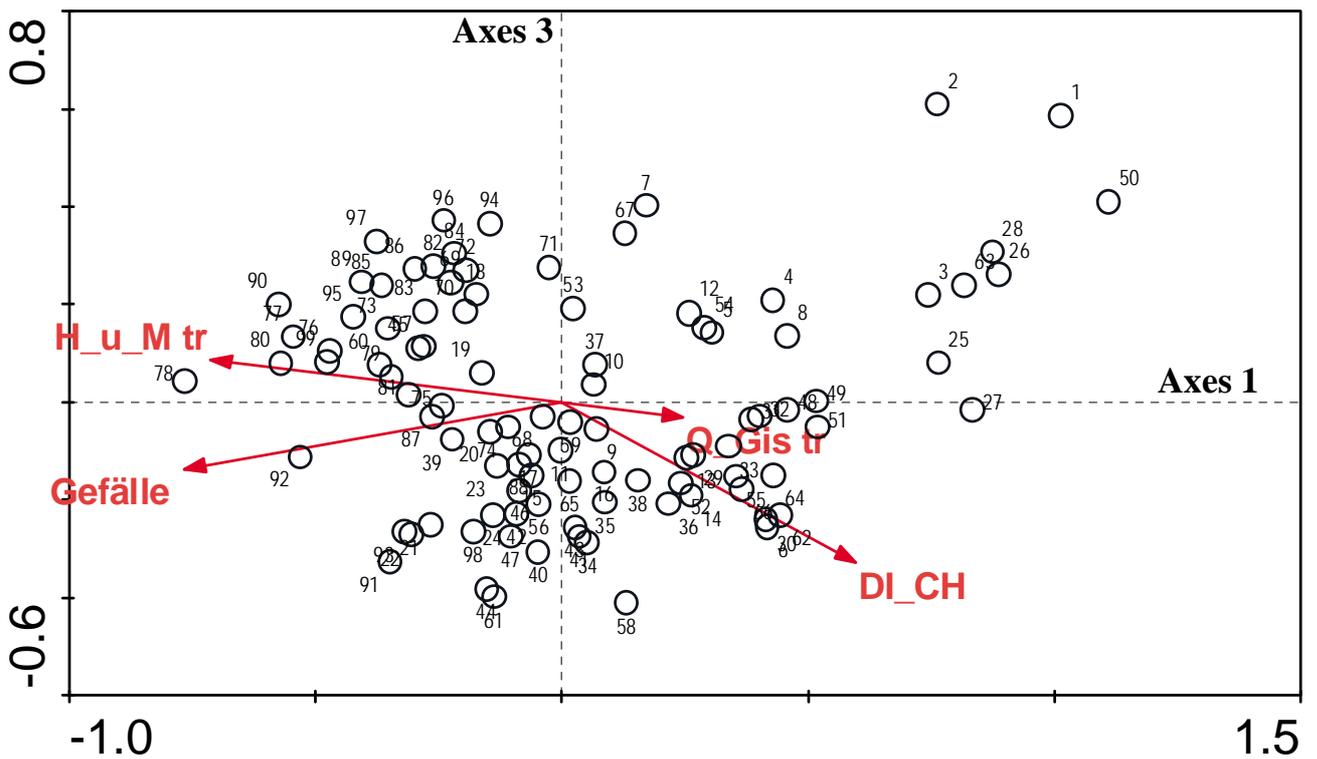
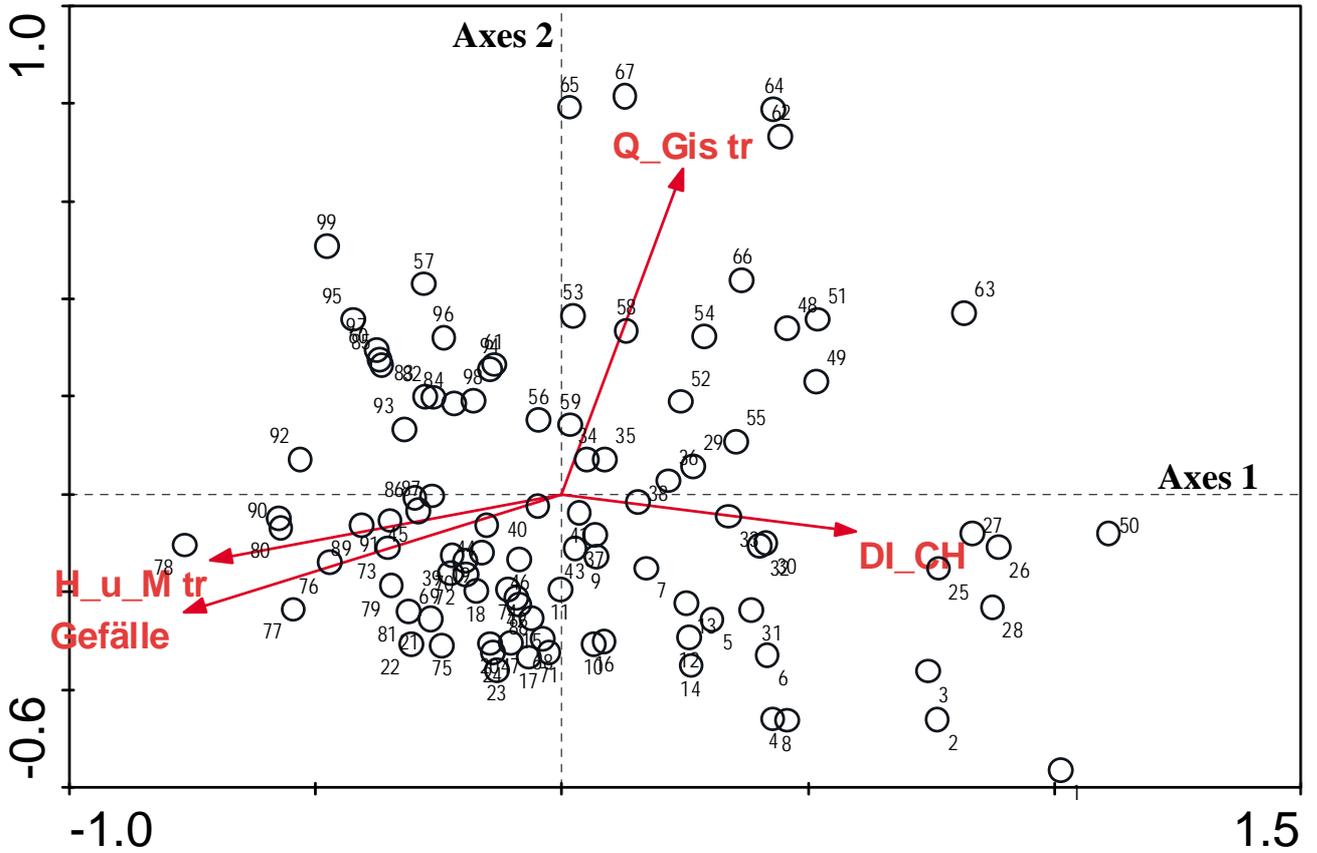
\*\*\*\* Summary of Monte Carlo test \*\*\*\*

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.129  
 F-ratio = 6.240  
 P-value = 0.0020

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.276  
 F-ratio = 3.624  
 P-value = 0.0020

( 499 permutations under reduced model)

[Fri Oct 10 14:10:21 2003] CANOCO call succeeded  
 [Fri Oct 10 14:11:22 2003] Running CanoDraw  
 [Fri Oct 10 14:11:23 2003] CanoDraw call succeeded



**Anhang C: Taxonomisches Niveau für die Auswertung der Referenzstellen (REF) im Vergleich mit dem IBGN (AVNOR, 2003) und den Makroindex (MI) (BUWAL, 2004).**

Legende: N=Neozoen; †=ausgestorben	IBGN	MI	REF
<b>PORIFERA</b>			
<b>HYDROZOA</b>			
<b>BRYOZOA</b>			
<b>PLATHELMINTHES</b>			
Dendrocoelidae	■		
<i>Dendrocoelum lacteum</i>		■	
<i>Dendrocoelum sp.</i>			■
Dugesiiidae	■		
<i>Dugesia gonocephala</i>		■	
<i>Dugesia sp.</i>		■	■
<i>Dugesia tigrina</i>		■	
Planariidae	■		
<i>Crenobia alpina</i>		■	
<i>Crenobia sp.</i>			■
<i>Planaria sp.</i>			■
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>		■	
<i>Polycelis felina</i>		■	
<i>Polycelis sp.</i>			■
<b>NEMATHELMINTHES</b>			
Nemathoda	■		
Nematomorpha		■	■
<b>ANNELIDA</b>			
<b>Hirudinea</b>			
Erpobdellidae	■		
<i>Dina sp.</i>		■	■
<i>Erpobdella sp.</i>		■	■
<i>Trocheta sp.</i>		■	■
Glossiphoniidae	■		
<i>Glossiphonia sp.</i>		■	■
<i>Helobdella stagnalis</i>		■	■
<i>Helobdella sp.</i>		■	■
<i>Hemicleipsis marginata</i>		■	■
<i>Hemicleipsis sp.</i>		■	■
<i>Theromyzon tessellatum</i>		■	■
<i>Theromyzon sp.</i>			■
Hirudidae	■		
(y.c. Haen <i>Haemopsis sanguisuga</i> )		■	■
<i>Haemopsis sp.</i>		■	■
<i>Hirudo medicinalis</i>		■	■
<i>Hirudo sp.</i>			■
Piscicolidae	■		
<i>Piscicola sp.</i>		■	■
<i>Cystobranchus sp.</i>		■	■
Salifidae <i>Barbronia sp. N</i>	■	■	
<b>Oligochaeta</b>			
Enchytraeidae		■	■
Haplotaxidae		■	■
Lumbricidae		■	■
Lumbriculidae		■	■
Naididae		■	■
Proppapidae		■	■
Tubificidae		■	■
<b>MOLLUSCA</b>			
<b>Gastropoda</b>			
Ancylidae	■	■	■
Bithyniidae	■	■	■
Bythinellidae	■	■	■
Hydrobiidae	■	■	■
Lymnaeidae	■	■	■
Neritidae	■	■	■
Physidae	■	■	■
Planorbidae	■	■	■
Valvatidae	■	■	■
Viviparidae	■	■	■
<b>Bivalvia</b>			
Corbiculidae	■		■
<i>Corbicula sp. N</i>		■	
Dreissenidae	■		■
<i>Dreissena polymorpha</i>		■	
Sphaeriidae	■		■
<i>Musculium lacustre</i>		■	
<i>Pisidium sp.</i>		■	
<i>Sphaerium sp.</i>		■	
Unionidae	■		■
<i>Anadonta sp.</i>		■	
<i>Unio sp.</i>		■	
<b>ARTHROPODA</b>			
<b>Acari</b>			
Hydracarina	■	■	■
<b>Crustacea</b>			
<b>Branchiopoda</b>			
<b>Amphipoda</b>			
Corophyid <i>Corophium sp. N</i>		■	■
Crangonyc <i>Synurella sp. N</i>		■	■
Gammaridae	■		
<i>Chaetogammarus sp. N</i>		■	■
<i>Dikerogammarus sp. N</i>		■	■
<i>Gammarus fossarum</i>		■	
<i>Gammarus pulex</i>		■	
<i>Gammarus roeselii</i>		■	
<i>Gammarus sp.</i>		■	■
<b>Isopoda</b>			
Asellidae	■		
<i>Jaera sp. N</i>		■	■
<i>Asellus/Proasellus sp.</i>		■	
<i>Asellus aquaticus</i>			■
<i>Proasellus sp.</i>			■
<b>Decapoda</b>			
Astacidae	■	■	■
Cambaridae	■	■	■
<b>Insecta</b>			
<b>Ephemeroptera</b>			
Baetidae	■		
<i>Acentrella sinaica</i>		■	
<i>Acentrella sp.</i>			■
<i>Baetis sp.</i>		■	■
<i>Centroptilum luteolum</i>		■	
<i>Centroptilum sp.</i>		■	■
<i>Cloeon sp.</i>		■	■
<i>Procloeon sp.</i>		■	■
<i>Pseudocentroptilum pennulatum</i>		■	
<i>Pseudocentroptilum sp.</i>			■
Caenidae	■		
<i>Caenis sp.</i>		■	■
Ephemerellidae	■		
<i>Ephemerella/Serratella sp.</i>		■	■
<i>Torleya major</i>		■	
<i>Torleya sp.</i>			■
Ephemeridae	■		
<i>Ephemera sp.</i>		■	■
Heptageniidae	■		
<i>Ecdyonurus sp.</i>		■	■
<i>Electrogena sp.</i>		■	■
<i>Epeorus sp.</i>		■	■
<i>Heptagenia sp.</i>		■	■
<i>Rhithrogena sp.</i>		■	■

**Fortsetzung Anhang C:**

Legende: N=Neozoen; †=ausgestorben	IBGN	MI	REF
<b>Ephemeroptera (Fortsetzung)</b>			
Leptophlebiidae			
<i>Choroterpes pictetii</i>			
<i>Choroterpes sp.</i>			
<i>Habroleptoides sp.</i>			
<i>Habroleptoides/Paraleptophlebia</i>			
<i>Habrophlebia sp.</i>			
<i>Leptophlebia sp.</i>			
<i>Paraleptophlebia sp.</i>			
Oligoneuriidae			
<i>Oligoneuriella rhenana</i>			
<i>Oligoneuriella sp.</i>			
Polymitarciidae			
<i>Ephoron virgo †</i>			
Potamanthidae			
<i>Potamanthus luteus</i>			
<i>Potamanthus sp.</i>			
Rallidentid Ameletus inopinatus			
<i>Ameletus sp.</i>			
Siphonuridae			
<i>Siphonurus sp.</i>			
<b>Odonata</b>			
Aeshnidae			
Calopterygidae			
Coenagrionidae			
Cordulegasteridae			
Corduliidae			
Gomphidae			
Lestidae			
Libellulidae			
Platycnemididae			
<b>Plecoptera</b>			
Capniidae			
<i>Capnia sp.</i>			
<i>Capnioneura nemurodes</i>			
Chloroperlidae			
<i>Chloroperla sp.</i>			
<i>Siphonoperla sp.</i>			
<i>Xanthoperla apicalis †</i>			
Leuctridae			
<i>Leuctra sp.</i>			
Nemouridae			
<i>Amphinemura sp.</i>			
<i>Nemoura sp.</i>			
<i>Nemurella pictetii</i>			
<i>Protonemura sp.</i>			
Perlidae			
<i>Dinocras sp.</i>			
<i>Perla sp.</i>			
Perlodidae			
<i>Besdolus sp.</i>			
<i>Dictyogenus sp.</i>			
<i>Isogenus nubecula †</i>			
<i>Isoperla sp.</i>			
<i>Perlodes sp.</i>			
Taeniopterygidae			
<i>Brachyptera sp.</i>			
<i>Rhabdiopteryx sp.</i>			
<i>Taeniopteryx sp.</i>			
<b>Heteroptera</b>			
Aphelocheiridae			
Corixidae			
Gerridae			
Hebridae			
Hydrometridae			
Mesoveliidae			
Naucoridae			
Nepidae			
Notonectidae			
Pleidae			
Veliidae			
<b>Megaloptera</b>			
Sialidae			
<i>Sialis sp.</i>			
<b>Planipennia</b>			
Osmyliidae			
Sysyridae			
<b>Coleoptera</b>			
Curculionidae			
Chrysomelidae			
Dryopidae			
Dytiscidae			
Elmidae			
<i>Elmis sp.</i>			
<i>Esolus sp.</i>			
<i>Limnius sp.</i>			
<i>Macronychus sp.</i>			
<i>Normandia sp.</i>			
<i>Oulimnius sp.</i>			
<i>Potamophilus sp.</i>			
<i>Riolus sp.</i>			
<i>Stenelmis sp.</i>			
Gyrinidae			
Halipidae			
Helophoridae			
Hydraenidae			
Hydrochidae			
Hydrophilidae			
Hydroscaphidae			
Hygrobiidae			
Limnebiidae			
Noteridae			
Psephenic (=Eubriidae)			
Scirtidae (=Helodidae)			
Spercheidae			
<b>Hymenoptera</b>			
<b>Trichoptera</b>			
Beraeidae			
<i>Beraeodes minutus</i>			
<i>Beraea sp.</i>			
<i>Beramyia squamata</i>			
<i>Ernodes sp.</i>			
Brachycentridae			
<i>Brachycentrus sp.</i>			
<i>Micrasema sp.</i>			
<i>Oligoplectrum maculatum</i>			
Ecnomidae			
<i>Ecnomus tenellus</i>			

Fortsetzung Anhang C:

Legende: N=Neozoen; †=ausgestorben

	IBGN	MI	REF
<b>Trichoptera (Fortsetzung)</b>			
Glossosomatidae			
<i>Agapetus sp.</i>			
<i>Catagapetus nigrans</i>			
<i>Glossosoma sp.</i>			
<i>Synagapetus sp.</i>			
Goeridae			
<i>Goera pilosa</i>			
<i>Lithax/Silo sp.</i>			
Helicopsychidae			
<i>Helicopsyche sperata</i>			
Hydropsychidae			
<i>Cheumatopsyche lepida</i>			
<i>Diplectrona felix</i>			
<i>Hydropsyche sp.</i>			
Hydroptilidae			
<i>Agraylea sp.</i>			
<i>Allotrichia pallicornis</i>			
<i>Hydroptila sp.</i>			
<i>Ithytrichia lamellaris</i>			
<i>Microptila sp. (Larve unbek.)</i>			
<i>Orthotrichia sp.</i>			
<i>Oxyethira sp.</i>			
<i>Ptilocolepus granulatus</i>			
<i>Stacobia sp.</i>			
<i>Stacobiella risi</i>			
<i>Tricholeiochiton fagesi</i>			
Lepidostomatidae			
<i>Crunoecia irrorata</i>			
<i>Lasiocephala basalis</i>			
<i>Lepidostoma hirtum</i>			
Leptoceridae			
<i>Adicella sp.</i>			
<i>Athripsodes sp.</i>			
<i>Ceraclea sp.</i>			
<i>Erotesis baltica</i>			
<i>Leptocerus sp.</i>			
<i>Mystacides sp.</i>			
<i>Oecetis sp.</i>			
<i>Setodes sp.</i>			
<i>Trianodes /Ylodes</i>			
Limnephilidae			
<i>Apataniinae</i>			
<i>Drusinae</i>			
<i>Limnephilini/Mesophylax sp.</i>			
<i>Stenophylacini/Chaetopterygini</i>			
Molannidae			
<i>Molanna sp.</i>			
<i>Molannodes tinctus</i>			
Odontoceridae			
<i>Odontocerum albicorne</i>			
Philopotamidae			
<i>Chimarra marginata</i>			
<i>Philopotamus sp.</i>			
<i>Wormaldia sp.</i>			
Phryganeidae			
<i>Agrypnia sp.</i>			
<i>Hagenella clathrata</i>			
<i>Oligostomis reticulata</i>			
<i>Oligotricha striata</i>			
<i>Phryganea sp.</i>			
<i>Trichostegia minor</i>			

	IBGN	MI	REF
<b>Lepidoptera</b>			
Polycentropodidae			
<i>Cymus sp.</i>			
<i>Holocentropus sp.</i>			
<i>Neureclipsis bimaculata</i>			
<i>Plectrocnemia sp.</i>			
<i>Polycentropus sp.</i>			
Psychomyiidae			
<i>Lype sp.</i>			
<i>Psychomyia/Metalype sp.</i>			
<i>Tinodes sp.</i>			
Rhyacophilidae			
<i>Rhyacophila sp.</i>			
Sericostomatidae			
<i>Notidobia sp.</i>			
<i>Oecismus monedula</i>			
<i>Sericostoma sp.</i>			
<b>Diptera</b>			
Pyrilidae			
Athericidae			
Blephariceridae			
Ceratopogonidae			
Chaoboridae			
Chironomidae			
Culicidae			
Cylindrotomidae			
Dixidae			
Dolichopodidae			
Empididae			
Ephyridae			
Limoniidae			
Pediciidae			
Anthomyiidae			
Psychodidae			
Ptychopteridae			
Rhagionidae			
Scatophagidae			
Sciomyzidae			
Simuliidae			
<i>Prosimulium sp.</i>			
<i>Simulium sp.</i>			
Stratiomyidae			
Syrphidae			
Tabanidae			
Thaumaleidae			
Tipulidae			



**Anhang E:** Begründung für den Ausschluss untersuchter Stellen, welche nicht als Referenzen dienen sollen (kursiv geschrieben = ungeeignet). Makroindex nach Perret (1977); Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) nach AFNOR (2003); Kieselalgen-Index (DI\_CH) nach BUWAL (2001). F = Frühjahr; H = Herbst; J = Jahresprobe (bei Makroinvertebraten vereinigte Probe; bei Kieselalgen Mittelwert).

C_Nr	Stellenname	Makroindex			IBGN			DI_CH			Bemerkungen
		F	H	J	F	H	J	F	H	J	
1001	Äuligraben	3	4	3	6	4	6	3.3	3.7	3.5	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1002	Massholzbächli	3	4	3	11	5	11	2.9	4.0	3.4	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1003	Witerigbach	2	2	2	15	13	16	4.0	4.1	4.0	
1004	Tüfbach	5	4	3	10	10	12	3.2	3.4	3.3	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1005	Rechbergmoosbach	4	3	3	9	13	13	3.7	4.4	4.1	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1006	Rüeggshuserbach	3	3	3	12	12	14	4.5	3.8	4.2	
1007	Laufenbach	3	3	3	12	10	13	2.3	3.6	3.0	
1008	Hardbach	2	2	2	11	11	11	3.5	3.6	3.5	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1009	Reinisbach	2	2	2	15	14	16	3.6	3.5	3.5	
1010	Chämpnerwaldbach	2	2	2	15	14	16	4.1	4.2	4.1	
1011	Töbelbach	2	2	2	17	12	17	3.9	3.6	3.8	
1012	Ritzlibach	3	3	2	11	10	12	2.9	3.2	3.1	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1013	Täglistschürbach	2	3	2	9	12	16	4.3	3.9	4.1	
1014	Püntbach	3	2	2	14	12	15	4.0	5.3	4.7	Wasserqualität Herbst kritisch, aber Makroinv. ok.
1015	Gschwendibach	2	3	2	13	12	14	3.7	3.6	3.6	
1016	Birchbach	2	2	2	12	14	16	3.7	3.6	3.7	
1017	Reitibach	1	2	2	16	16	17	3.4	3.3	3.3	
1018	Hurdbach	2	2	2	12	13	14	2.3	3.4	2.9	
1019	Zweienbach	2	3	2	14	11	15	2.5	3.2	2.8	
1020	li. Seitenarm von Hubbach	2	2	2	11	10	12	3.0	2.9	2.9	
1021	re. Seitenarm von Winzelenbach	1	2	2	14	11	15	3.3	3.8	3.6	
1022	Haldenbach	1	2	2	13	13	14	3.1	3.6	3.4	
1023	Fröschgüllenbach	3	3	2	13	12	13	3.6	4.1	3.9	
1024	Chäferbach	2	2	2	11	11	12	3.0	4.0	3.5	
1025	Rietlibach	4	3	3	11	13	15	4.1	4.3	4.2	Beeinträchtigung der Abflussverhältnisse
1026	Saubach	4	5	5	4	6	6	4.0	4.3	4.1	Kanal; Substrat; kaum fliessend
1027	Länggenbach	5	5	5	7	6	8	4.5	4.3	4.4	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1028	Schwarzbach	4	7	4	8	5	10	4.1	4.6	4.4	Taxazahl; Wasserqualität Herbst
1029	Dorfbach Egg	2	3	2	15	9	15	4.0	4.0	4.0	
1030	Schwarzenbach	3	3	3	13	11	13	4.8	3.8	4.3	
1031	Sagenbach	3	3	3	15	13	17	4.5	4.9	4.7	Wasserqualität kritisch, aber Makroinv. ok.
1032	Grünholzbach	2	5	3	15	12	17	3.9	4.3	4.1	
1033	Berenbach	3	3	3	16	11	17	4.1	3.6	3.8	
1034	Bäntalbach	2	3	2	13	10	15	4.3	4.1	4.2	
1035	Bluntschlibach	2	3	2	15	11	15	3.9	3.9	3.9	
1036	Moosbach	2	3	2	14	10	14	3.9	3.4	3.6	Gewässerverschnutzung 14.8.02, aber Makroinv. ok.
1037	Nauenbach	2	2	2	16	12	17	3.0	3.4	3.2	
1038	Wildbach	2	2	2	14	11	15	3.7	3.4	3.6	
1039	Goldbächli	2	2	2	16	12	17	2.1	3.8	3.0	
1040	Rutzenbach	4	3	2	8	2	9	3.6	3.4	3.5	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1041	Bünisbach	3	4	3	9	7	12	3.8	3.6	3.7	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1042	Chapfbach	1	3	2	14	11	15	4.0	3.5	3.8	
1043	Zünikerbach	2	2	2	15	12	16	4.2	4.3	4.3	
1044	Tobelbach vor Reppisch	2	2	2	14	14	15	3.7	3.3	3.5	
1045	Steinereggbach	2	2	2	15	9	16	1.9	2.7	2.3	
1046	Bezibüelbach	2	3	2	15	11	15	3.2	3.4	3.3	
1047	Müslibach	2	2	2	14	13	16	3.7	3.5	3.6	
1048	Schwarz vor Rüti	2	3	2	14	12	16	3.9	3.6	3.7	
1049	Haselbach	4	4	3	11	12	13	3.9	4.4	4.1	keine Plecopteren; ARA
1050	Alter Ellikerbach	5	6	5	5	5	6	4.1	3.8	3.9	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1051	Reppisch beim Waffenplatz	3	3	3	12	10	14	4.1	3.6	3.9	

**Fortsetzung Anhang E:**

C_Nr	Stellenname	Makroindex			IBGN			DI_CH			Bemerkungen
		F	H	J	F	H	J	F	H	J	
1052	Aabach bei Aamüli	2	2	2	14	11	16	4.1	4.2	4.1	Ablussverhältnisse beeinträchtigt, aber Makroinv. ok
1053	Tobelbach Bläsimüli	2	1	2	15	14	16	2.6	3.6	3.1	
1054	Reppisch nach Stallikon	1	2	2	15	14	17	3.2	3.1	3.2	
1055	Tüftalerbach	2	3	2	14	11	14	4.3	4.2	4.3	
1056	Mülibach	2	2	2	14	12	15	3.8	3.3	3.5	
1057	Jona bei Jonatal	2	2	2	15	16	17	2.3	3.6	3.0	
1058	Aabach vor Horgen	1	3	2	11	9	11	4.2	3.7	3.9	Anzahl Taxa; Referenzvergleich; Abluss beeinträchtigt
1059	Lochbach Choltobel	2	2	2	16	14	16	3.4	3.6	3.5	
1060	Tobelbach vor Töss	2	1	2	14	12	15	2.4	3.0	2.7	
1061	Mülibach vor ARA Hirzel	3	3	2	13	10	13	4.2	3.8	4.0	
1062	Lorze beim Reusspitz	4	5	3	12	7	14	4.3	4.0	4.2	Anzahl Taxa; Referenzvergleich; Seeabfluss
1063	Aabach vor Greifensee	2	4	3	12	7	14	4.1	3.3	3.7	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1064	Töss nach Dättlikon	2	3	2	14	8	15	3.8	4.3	4.0	
1065	Sihl beim Sihlsprung	3	3	2	15	13	16	3.6	3.5	3.5	
1066	Reppisch bei Baltenschwil	2	3	2	13	12	15	3.9	3.5	3.7	
1067	Töss Leisental	2	2	2	16	16	18	2.1	2.7	2.4	
1068	Küsnachter Dorfbach bei Goldene	2	2	2	16	15	17	3.5	2.9	3.2	
1069	Risiholzbach	2	2	2	16	11	16	2.7	4.0	3.4	
1070	Aabach bei Wappenswil	2	2	2	15	14	16	1.9	3.0	2.4	
1071	Hoferbach	2	3	2	13	12	15	2.7	2.5	2.6	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1072	Fülholzbach	1	2	2	15	13	15	2.2	3.1	2.6	Anzahl Taxa; Referenzvergleich; genügend Referenzen
1073	Luppen vor Luppen	2	2	2	15	14	16	2.5	2.1	2.3	
1074	Bäntalbach vor Oberschlatt	2	2	2	14	11	15	3.5	3.7	3.6	
1075	Weissenbach	2	2	2	14	12	15	3.4	3.3	3.3	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1076	Rotfluebach	2	2	2	15	14	16	2.2	2.6	2.4	
1077	Althusbach	1	2	2	15	12	16	2.1	2.3	2.2	
1078	Gripbach	1	2	2	13	14	16	2.2	3.4	2.8	
1079	Buechwaldbach	2	2	2	15	10	15	2.7	3.0	2.8	
1080	Lochbach bei Raad	1	2	2	16	15	17	2.3	2.2	2.3	
1081	Zapfenbach	1	2	2	16	15	16	2.2	2.6	2.4	
1082	Storcheneggbach	1	1	2	14	14	15	2.3	2.7	2.5	
1083	Jona bei Riet	1	2	2	14	14	15	2.5	2.6	2.5	
1084	Wissenbach	1	2	2	14	15	15	2.3	2.4	2.3	
1085	Brüttenbach	1	1	1	14	10	14	2.2	2.5	2.4	
1086	Steinenbach bei Gfell	1	1	1	15	15	16	2.0	2.4	2.2	
1087	Leebach	1	3	2	15	11	15	3.4	3.4	3.4	
1088	Schliedenbächli	2	2	2	16	13	16	3.8	4.0	3.9	
1089	Lenzertobelbach	1	1	1	13	12	14	1.8	3.0	2.4	Anzahl Taxa; Referenzvergleich
1090	Lusterenbach	2	2	2	16	15	17	1.8	2.7	2.3	
1091	Schmittenbach	2	2	2	16	15	16	3.4	3.4	3.4	
1092	Hirschwilerbach	2	2	2	14	15	16	2.2	3.3	2.7	
1093	Wildbach Falätschertobel	2	2	2	15	15	16	3.4	3.6	3.5	
1094	Brüttenbach	1	1	1	14	13	15	2.3	2.3	2.3	
1095	Wissenbach bei Hinterburg	2	2	2	16	15	17	2.1	2.2	2.2	
1096	Fuchslochbach bei Fuchsloch	1	2	2	13	14	15	2.2	2.8	2.5	Anzahl Taxa tief
1097	Hintertöss	1	1	1	12	12	14	2.2	2.5	2.3	Anzahl Taxa tief
1098	Aabach vor Bäretswil	2	2	2	15	12	16	3.7	3.8	3.7	
1099	Töss Tösswald	1	1	1	14	13	15	2.3	2.3	2.3	

**Anhang F:** Originaldaten und transformierte Daten zur Suche der fünf Referenzstellen mit den ähnlichsten abiotischen Parametern. R1 bis R5 bezeichnet jeweils den Stellencode (C\_Nr) der ähnlichsten Referenzstellen mit den Distanzen D1 bis D5 zur Untersuchungsstelle.

C_Nr	Originaldaten			transformierte Daten			Referenzstellen					Distanz				
	H_ü_M [m]	Q <sub>mittel</sub> [l/s]	Gefälle [%]	H	log(Q <sub>m</sub> )	log(10G)	R1	R2	R3	R4	R5	D1	D2	D3	D4	D5
<b>Referenzstellen</b>																
1003	439	5	0.4	1.1	0.7	0.6	1033	1006	1031	1013	1032	0.72	0.77	0.81	0.86	0.93
1006	495	6	2.3	1.2	0.8	1.4	1013	1033	1009	1016	1037	0.32	0.42	0.43	0.45	0.48
1007	553	1	1.6	1.4	0.0	1.2	1014	1006	1013	1010	1020	0.49	0.81	0.81	0.86	0.93
1009	649	8	3.2	1.6	0.9	1.5	1011	1013	1010	1016	1018	0.19	0.23	0.24	0.33	0.35
1010	692	5	3.6	1.7	0.7	1.6	1068	1011	1009	1074	1013	0.19	0.23	0.24	0.26	0.30
1011	694	8	4.5	1.7	0.9	1.7	1009	1074	1088	1010	1018	0.19	0.20	0.21	0.23	0.24
1013	621	6	2.1	1.6	0.8	1.3	1009	1010	1006	1011	1033	0.23	0.30	0.32	0.39	0.44
1014	521	2	3.8	1.3	0.3	1.6	1007	1006	1020	1017	1010	0.49	0.53	0.55	0.56	0.58
1015	693	4	7.0	1.7	0.6	1.8	1074	1018	1068	1017	1010	0.19	0.21	0.22	0.23	0.30
1016	567	7	5.8	1.4	0.8	1.8	1018	1046	1009	1011	1017	0.23	0.33	0.33	0.34	0.35
1017	620	4	9.5	1.6	0.6	2.0	1024	1039	1015	1018	1020	0.20	0.21	0.23	0.24	0.31
1018	651	6	6.8	1.6	0.8	1.8	1074	1015	1016	1011	1017	0.15	0.21	0.23	0.24	0.24
1019	544	16	9.5	1.4	1.2	2.0	1045	1043	1046	1044	1042	0.15	0.16	0.17	0.25	0.33
1020	627	2	11.5	1.6	0.3	2.1	1023	1017	1024	1021	1081	0.07	0.31	0.32	0.33	0.35
1021	633	3	21.8	1.6	0.5	2.3	1024	1022	1023	1020	1039	0.21	0.26	0.31	0.33	0.34
1022	594	2	32.1	1.5	0.3	2.5	1021	1023	1024	1020	1077	0.26	0.44	0.45	0.45	0.55
1023	650	2	12.3	1.6	0.3	2.1	1020	1081	1021	1024	1017	0.07	0.30	0.31	0.32	0.33
1024	616	4	15.1	1.5	0.6	2.2	1039	1017	1021	1047	1020	0.15	0.20	0.21	0.30	0.32
1025	375	348	0.4	0.9	2.5	0.6	1049	1048	1051	1054	1066	0.17	0.33	0.46	0.47	0.65
1029	504	59	1.7	1.3	1.8	1.2	1052	1036	1055	1030	1038	0.15	0.18	0.21	0.28	0.35
1030	582	47	1.2	1.5	1.7	1.1	1052	1029	1059	1055	1032	0.13	0.28	0.38	0.39	0.40
1031	683	12	0.9	1.7	1.1	1.0	1033	1013	1009	1084	1030	0.40	0.49	0.56	0.59	0.65
1032	448	29	1.4	1.1	1.5	1.1	1052	1029	1030	1033	1055	0.35	0.35	0.40	0.41	0.44
1033	537	13	1.4	1.3	1.1	1.1	1031	1037	1032	1006	1013	0.40	0.41	0.41	0.42	0.44
1034	627	68	3.5	1.6	1.8	1.5	1056	1059	1098	1095	1036	0.14	0.17	0.33	0.35	0.36
1035	488	54	4.1	1.2	1.7	1.6	1038	1036	1056	1034	1029	0.13	0.21	0.35	0.37	0.38
1036	494	63	2.6	1.2	1.8	1.4	1029	1035	1038	1052	1055	0.18	0.21	0.22	0.30	0.32
1037	546	16	3.4	1.4	1.2	1.5	1043	1009	1033	1016	1019	0.28	0.40	0.41	0.43	0.45
1038	482	42	3.5	1.2	1.6	1.5	1035	1036	1029	1034	1052	0.13	0.22	0.35	0.42	0.43
1039	576	5	13.4	1.4	0.7	2.1	1024	1017	1047	1021	1018	0.15	0.21	0.22	0.34	0.36
1042	674	14	8.5	1.7	1.1	1.9	1019	1043	1088	1073	1047	0.33	0.34	0.35	0.35	0.35
1043	546	16	6.5	1.4	1.2	1.8	1019	1046	1037	1045	1042	0.16	0.26	0.28	0.31	0.34
1044	524	13	15.8	1.3	1.1	2.2	1045	1046	1019	1047	1043	0.17	0.20	0.25	0.31	0.40
1045	538	18	13.2	1.3	1.3	2.1	1019	1044	1046	1043	1047	0.15	0.17	0.24	0.31	0.40
1046	532	11	10.2	1.3	1.0	2.0	1019	1044	1045	1043	1047	0.17	0.20	0.24	0.26	0.27
1047	612	8	13.6	1.5	0.9	2.1	1039	1046	1024	1044	1017	0.22	0.27	0.30	0.31	0.34
1048	467	569	0.5	1.2	2.8	0.7	1051	1049	1054	1025	1066	0.24	0.28	0.30	0.33	0.43
1049	413	328	0.5	1.0	2.5	0.7	1025	1048	1054	1051	1066	0.17	0.28	0.32	0.47	0.60
1051	442	936	0.4	1.1	3.0	0.6	1048	1066	1025	1049	1054	0.24	0.36	0.46	0.47	0.53
1052	547	51	1.4	1.4	1.7	1.2	1030	1029	1055	1036	1059	0.13	0.15	0.30	0.30	0.35
1053	580	209	1.4	1.5	2.3	1.1	1054	1096	1094	1057	1055	0.43	0.46	0.49	0.49	0.53
1054	535	350	0.6	1.3	2.5	0.8	1048	1049	1053	1025	1051	0.30	0.32	0.43	0.47	0.53
1055	455	79	1.3	1.1	1.9	1.1	1029	1052	1036	1030	1032	0.21	0.30	0.32	0.39	0.44
1056	607	83	4.4	1.5	1.9	1.6	1034	1061	1059	1098	1060	0.14	0.27	0.30	0.31	0.32
1057	659	274	3.8	1.6	2.4	1.6	1099	1096	1061	1060	1053	0.38	0.38	0.42	0.48	0.49
1059	643	61	2.5	1.6	1.8	1.4	1034	1056	1094	1052	1036	0.17	0.30	0.34	0.35	0.37
1060	664	118	7.6	1.7	2.1	1.9	1061	1095	1098	1056	1085	0.16	0.24	0.24	0.32	0.36
1061	608	131	6.7	1.5	2.1	1.8	1060	1056	1098	1095	1034	0.16	0.27	0.34	0.36	0.40
1064	369	8980	0.4	0.9	4.0	0.6	1067	1065	1066	1051	1048	0.35	0.74	0.96	1.00	1.23
1065	576	5680	1.1	1.4	3.8	1.0	1067	1064	1066	1051	1048	0.48	0.74	0.81	0.97	1.10

Fortsetzung Anhang F:

C_Nr	Originaldaten			transformierte Daten			Referenzstellen					Distanz				
	H_ü_M [m]	Q_mittel [l/s]	Gefälle [%]	H	log(Q_m)	log(10G)	R1	R2	R3	R4	R5	D1	D2	D3	D4	D5
<b>Fortsetzung Referenzstellen</b>																
1066	406	1180	0.8	1.0	3.1	0.9	1051	1048	1049	1054	1025	0.36	0.43	0.60	0.63	0.65
1067	454	4980	0.5	1.1	3.7	0.7	1064	1065	1066	1051	1048	0.35	0.48	0.68	0.73	0.94
1068	744	5	5.0	1.9	0.7	1.7	1074	1010	1015	1011	1088	0.15	0.19	0.22	0.24	0.27
1069	851	11	4.3	2.1	1.0	1.6	1070	1086	1088	1073	1011	0.15	0.19	0.26	0.41	0.42
1070	831	8	4.1	2.1	0.9	1.6	1069	1086	1088	1068	1011	0.15	0.18	0.22	0.31	0.34
1073	773	8	9.2	1.9	0.9	2.0	1079	1088	1074	1086	1090	0.20	0.22	0.26	0.27	0.30
1074	711	6	6.3	1.8	0.8	1.8	1068	1018	1015	1011	1088	0.15	0.15	0.19	0.20	0.23
1076	740	6	18.6	1.9	0.8	2.3	1079	1080	1090	1073	1081	0.16	0.28	0.30	0.34	0.34
1077	796	3	24.6	2.0	0.5	2.4	1081	1080	1076	1078	1021	0.30	0.35	0.35	0.41	0.41
1078	923	2	37.6	2.3	0.3	2.6	1077	1080	1081	1076	1090	0.41	0.60	0.66	0.73	0.78
1079	748	6	12.8	1.9	0.8	2.1	1076	1073	1090	1080	1081	0.16	0.20	0.30	0.30	0.30
1080	850	6	18.5	2.1	0.8	2.3	1090	1076	1079	1077	1073	0.19	0.28	0.30	0.35	0.38
1081	748	3	12.9	1.9	0.5	2.1	1079	1023	1077	1015	1076	0.30	0.30	0.30	0.33	0.34
1082	774	102	3.1	1.9	2.0	1.5	1097	1085	1096	1094	1098	0.15	0.16	0.25	0.26	0.27
1083	752	34	4.0	1.9	1.5	1.6	1084	1087	1059	1034	1095	0.24	0.31	0.43	0.44	0.45
1084	779	26	2.5	1.9	1.4	1.4	1083	1087	1069	1059	1086	0.24	0.45	0.47	0.50	0.52
1085	770	106	4.4	1.9	2.0	1.6	1098	1082	1095	1097	1096	0.15	0.16	0.18	0.21	0.35
1086	783	10	5.2	2.0	1.0	1.7	1088	1070	1069	1011	1073	0.07	0.18	0.19	0.25	0.27
1087	856	44	5.4	2.1	1.6	1.7	1083	1095	1097	1084	1085	0.31	0.44	0.44	0.45	0.45
1088	767	9	5.7	1.9	1.0	1.8	1086	1011	1073	1070	1074	0.07	0.21	0.22	0.22	0.23
1090	835	9	16.4	2.1	1.0	2.2	1080	1073	1079	1076	1088	0.19	0.30	0.30	0.30	0.49
1091	747	45	17.1	1.9	1.7	2.2	1093	1092	1095	1087	1060	0.22	0.32	0.55	0.57	0.58
1092	731	23	22.2	1.8	1.4	2.3	1091	1093	1042	1090	1045	0.32	0.47	0.49	0.50	0.54
1093	711	52	10.9	1.8	1.7	2.0	1091	1095	1098	1060	1092	0.22	0.35	0.40	0.41	0.47
1094	727	105	1.8	1.8	2.0	1.3	1096	1082	1059	1097	1085	0.20	0.26	0.34	0.37	0.41
1095	729	87	5.9	1.8	1.9	1.8	1098	1085	1060	1082	1056	0.05	0.18	0.24	0.31	0.33
1096	735	156	2.3	1.8	2.2	1.4	1094	1082	1097	1085	1057	0.20	0.25	0.34	0.35	0.38
1097	834	104	3.2	2.1	2.0	1.5	1082	1085	1096	1098	1094	0.15	0.21	0.34	0.35	0.37
1098	725	93	5.3	1.8	2.0	1.7	1095	1085	1060	1082	1056	0.05	0.15	0.24	0.27	0.31
1099	732	490	6.3	1.8	2.7	1.8	1057	1060	1061	1096	1085	0.38	0.65	0.65	0.67	0.69
<b>als Referenzstellen nicht geeignet</b>																
1001	372	2	0.1	0.9	0.3	0.2	1003	1007	1006	1033	1031	0.62	1.18	1.33	1.34	1.37
1002	426	2	0.3	1.1	0.3	0.4	1003	1007	1006	1033	1013	0.44	0.89	1.06	1.11	1.13
1004	504	5	1.5	1.3	0.7	1.2	1006	1013	1033	1009	1014	0.21	0.35	0.42	0.54	0.58
1005	664	8	1.2	1.7	0.9	1.1	1031	1013	1033	1009	1006	0.20	0.31	0.39	0.44	0.53
1008	451	16	1.6	1.1	1.2	1.2	1033	1032	1037	1006	1038	0.25	0.27	0.40	0.46	0.54
1012	478	5	2.4	1.2	0.7	1.4	1006	1013	1014	1016	1009	0.09	0.37	0.46	0.47	0.49
1026	409	27	0.1	1.0	1.4	0.2	1003	1032	1030	1033	1055	0.86	0.98	1.03	1.07	1.08
1027	382	34	0.3	1.0	1.5	0.4	1032	1055	1030	1052	1003	0.73	0.81	0.82	0.85	0.86
1028	499	7	0.1	1.2	0.8	0.1	1003	1031	1033	1032	1006	0.50	0.98	1.03	1.18	1.21
1040	557	23	7.9	1.4	1.4	1.9	1019	1043	1045	1046	1042	0.18	0.18	0.25	0.34	0.36
1041	519	25	6.2	1.3	1.4	1.8	1043	1019	1037	1038	1045	0.21	0.28	0.33	0.35	0.36
1050	371	178	0.1	0.9	2.3	-0.3	1025	1049	1048	1051	1054	0.90	1.04	1.12	1.16	1.20
1058	433	58	3.3	1.1	1.8	1.5	1035	1038	1036	1029	1055	0.17	0.19	0.19	0.34	0.43
1062	389	7300	0.4	1.0	3.9	0.6	1064	1067	1065	1066	1051	0.11	0.25	0.65	0.85	0.90
1063	435	1090	0.1	1.1	3.0	-0.1	1051	1048	1025	1049	1067	0.71	0.83	0.85	0.97	1.03
1071	704	7	3.7	1.8	0.8	1.6	1011	1010	1009	1068	1074	0.11	0.15	0.16	0.22	0.24
1072	712	7	5.5	1.8	0.8	1.7	1074	1011	1068	1088	1018	0.09	0.11	0.17	0.18	0.19
1075	913	7	7.1	2.3	0.8	1.9	1070	1069	1073	1086	1088	0.32	0.33	0.37	0.39	0.39
1089	712	13	11.3	1.8	1.1	2.1	1042	1073	1047	1079	1088	0.16	0.27	0.34	0.35	0.36

Fortsetzung Anhang F:

C_Nr	Originaldaten			transformierte Daten			Referenstellen					Distanz				
	H_ü_M [m]	Q_mittel [l/s]	Gefälle [%]	H	log(Q <sub>m</sub> )	log(10G)	R1	R2	R3	R4	R5	D1	D2	D3	D4	D5
<b>FG-Stellen Routineprogramm</b>																
101	519	3410	0.8	1.3	3.5	0.9	1065	1067	1066	1064	1051	0.30	0.32	0.54	0.66	0.67
102	382	8930	0.5	1.0	4.0	0.7	1064	1067	1065	1066	1051	0.16	0.31	0.61	0.90	1.00
103	340	9827	0.4	0.9	4.0	0.6	1064	1067	1065	1066	1051	0.12	0.41	0.75	0.97	1.05
104	498	854	1.7	1.2	2.9	1.2	1066	1054	1048	1051	1053	0.40	0.58	0.59	0.65	0.65
105	443	1314	1.2	1.1	3.1	1.1	1066	1051	1048	1054	1067	0.19	0.51	0.55	0.68	0.70
106	410	1501	1.2	1.0	3.2	1.1	1066	1051	1048	1067	1065	0.19	0.54	0.61	0.66	0.71
107	435	1324	0.5	1.1	3.1	0.7	1051	1066	1048	1067	1025	0.17	0.28	0.38	0.58	0.61
108	536	811	1.5	1.3	2.9	1.2	1066	1054	1048	1053	1051	0.45	0.53	0.56	0.60	0.64
109	441	1580	0.3	1.1	3.2	0.5	1051	1066	1048	1067	1025	0.25	0.45	0.48	0.53	0.68
110	436	4070	0.2	1.1	3.6	0.3	1067	1064	1051	1066	1065	0.39	0.46	0.70	0.82	0.83
111	404	7551	0.1	1.0	3.9	0.1	1064	1067	1051	1065	1066	0.48	0.62	1.04	1.05	1.15
112	339	8263	0.7	0.8	3.9	0.8	1064	1067	1065	1066	1051	0.30	0.40	0.65	0.86	1.01
113	428	1694	0.5	1.1	3.2	0.7	1066	1051	1067	1048	1049	0.28	0.28	0.47	0.48	0.71
115	687	5120	1.3	1.7	3.7	1.1	1065	1067	1066	1064	1051	0.29	0.73	0.97	1.00	1.10
116	410	6820	0.5	1.0	3.8	0.7	1067	1064	1065	1066	1051	0.18	0.22	0.53	0.79	0.88
117	460	454	0.9	1.2	2.7	0.9	1054	1048	1049	1066	1025	0.27	0.30	0.31	0.44	0.46
118	427	1039	1.2	1.1	3.0	1.1	1066	1051	1048	1054	1049	0.19	0.50	0.51	0.62	0.64
119	385	1165	0.7	1.0	3.1	0.8	1066	1051	1048	1049	1025	0.12	0.28	0.40	0.57	0.59
120	379	7300	0.4	0.9	3.9	0.6	1064	1067	1065	1066	1051	0.10	0.26	0.67	0.86	0.91
121	456	721	0.9	1.1	2.9	1.0	1066	1048	1051	1054	1049	0.25	0.32	0.40	0.41	0.45
122	542	379	1.3	1.4	2.6	1.1	1053	1054	1048	1049	1057	0.28	0.33	0.52	0.53	0.57
123	530	6200	0.5	1.3	3.8	0.7	1067	1065	1064	1066	1051	0.21	0.35	0.46	0.81	0.86
124	436	6820	0.8	1.1	3.8	0.9	1067	1065	1064	1066	1051	0.28	0.38	0.41	0.77	0.92
125	435	6820	0.4	1.1	3.8	0.6	1067	1064	1065	1066	1051	0.18	0.20	0.59	0.84	0.86
126	589	64	1.3	1.5	1.8	1.1	1030	1052	1029	1059	1055	0.14	0.15	0.25	0.32	0.35
127	589	69	0.6	1.5	1.8	0.8	1030	1052	1055	1029	1053	0.35	0.42	0.50	0.52	0.62
128	588	62	1.3	1.5	1.8	1.1	1030	1052	1029	1059	1055	0.13	0.14	0.24	0.30	0.35
129	587	201	0.3	1.5	2.3	0.5	1054	1049	1048	1025	1053	0.44	0.54	0.58	0.59	0.69
130	564	260	0.9	1.4	2.4	0.9	1054	1053	1049	1048	1055	0.21	0.23	0.46	0.50	0.61
131	566	65	3.4	1.4	1.8	1.5	1034	1056	1036	1035	1059	0.15	0.18	0.22	0.22	0.24
132	563	331	0.6	1.4	2.5	0.8	1054	1048	1049	1053	1025	0.08	0.37	0.39	0.39	0.53
133	496	435	2.0	1.2	2.6	1.3	1053	1054	1057	1066	1049	0.41	0.53	0.53	0.62	0.65
134	472	504	0.7	1.2	2.7	0.8	1048	1054	1049	1051	1025	0.16	0.22	0.27	0.36	0.39
135	615	146	2.4	1.5	2.2	1.4	1053	1096	1094	1057	1056	0.29	0.30	0.34	0.36	0.37
136	547	335	0.6	1.4	2.5	0.7	1054	1048	1049	1053	1025	0.06	0.32	0.34	0.46	0.47
137	460	255	1.5	1.2	2.4	1.2	1053	1054	1049	1055	1048	0.31	0.46	0.51	0.51	0.63
138	460	80	1.1	1.2	1.9	1.0	1055	1029	1052	1030	1036	0.10	0.27	0.32	0.38	0.40
139	457	806	0.4	1.1	2.9	0.6	1051	1048	1066	1049	1025	0.09	0.16	0.36	0.41	0.42
140	349	277	0.2	0.9	2.4	0.3	1025	1049	1048	1051	1054	0.28	0.44	0.56	0.64	0.68
142	404	6820	0.8	1.0	3.8	0.9	1067	1064	1065	1066	1051	0.30	0.39	0.45	0.76	0.93
143	359	46313	0.1	0.9	4.7	-0.3	1064	1067	1065	1051	1066	1.12	1.40	1.71	1.92	2.01
144	350	46375	0.4	0.9	4.7	0.6	1064	1067	1065	1066	1051	0.71	1.01	1.17	1.64	1.71
145	375	45040	0.4	0.9	4.7	0.6	1064	1067	1065	1066	1051	0.70	0.98	1.12	1.62	1.69
146	375	736	0.4	0.9	2.9	0.7	1051	1048	1025	1066	1049	0.21	0.26	0.34	0.35	0.37
148	390	95098	0.1	1.0	5.0	-0.3	1064	1067	1065	1051	1066	1.34	1.62	1.88	2.20	2.26
150	391	95098	0.1	1.0	5.0	-0.3	1064	1067	1065	1051	1066	1.34	1.62	1.87	2.20	2.26
151	380	96728	0.1	1.0	5.0	-0.1	1064	1067	1065	1051	1066	1.22	1.52	1.75	2.13	2.17
152	397	94904	0.6	1.0	5.0	0.7	1064	1067	1065	1066	1051	1.04	1.29	1.33	1.91	2.02
153	374	243	1.8	0.9	2.4	1.2	1053	1055	1049	1054	1036	0.53	0.54	0.57	0.63	0.68
155	453	815	0.9	1.1	2.9	1.0	1066	1048	1051	1054	1049	0.20	0.33	0.38	0.45	0.48

Fortsetzung Anhang F:

C_Nr	Originaldaten			transformierte Daten			Referenstellen					Distanz				
	H_ü_M [m]	Q_mittel [l/s]	Gefälle [%]	H	log(Q <sub>m</sub> )	log(10G)	R1	R2	R3	R4	R5	D1	D2	D3	D4	D5
Fortsetzung FG-Stellen Routineprogramm																
157	430	125	0.1	1.1	2.1	0.1	1025	1049	1054	1048	1051	0.65	0.73	0.87	0.87	1.00
159	430	125	0.1	1.1	2.1	0.1	1025	1049	1054	1048	1051	0.65	0.73	0.87	0.87	1.00
160	418	335	0.1	1.0	2.5	0.0	1025	1049	1048	1051	1054	0.57	0.70	0.71	0.74	0.85
161	418	380	0.1	1.0	2.6	0.0	1025	1048	1049	1051	1054	0.57	0.70	0.70	0.71	0.85
162	418	585	0.0	1.0	2.8	-0.3	1025	1051	1048	1049	1054	0.91	0.93	0.99	1.05	1.17
163	419	96	1.4	1.0	2.0	1.2	1055	1029	1036	1052	1030	0.13	0.31	0.37	0.42	0.52
164	418	597	0.2	1.0	2.8	0.4	1051	1025	1048	1049	1054	0.30	0.32	0.32	0.42	0.56
165	613	375	1.9	1.5	2.6	1.3	1053	1057	1096	1054	1099	0.30	0.35	0.49	0.53	0.61
166	555	788	1.7	1.4	2.9	1.2	1066	1054	1053	1048	1057	0.52	0.56	0.59	0.62	0.63
167	447	137	1.7	1.1	2.1	1.2	1055	1053	1029	1036	1052	0.26	0.39	0.39	0.40	0.50
168	440	142	1.4	1.1	2.2	1.1	1055	1053	1029	1036	1052	0.26	0.39	0.42	0.46	0.52
169	441	424	0.1	1.1	2.6	-0.2	1025	1051	1048	1049	1054	0.74	0.83	0.84	0.88	0.99
170	440	571	0.1	1.1	2.8	-0.2	1025	1051	1048	1049	1054	0.77	0.78	0.83	0.90	1.01
171	440	1152	0.1	1.1	3.1	0.0	1051	1048	1025	1049	1066	0.59	0.73	0.78	0.89	0.92
172	549	208	1.0	1.4	2.3	1.0	1053	1054	1049	1055	1048	0.18	0.30	0.49	0.50	0.58
173	532	425	0.4	1.3	2.6	0.6	1054	1048	1049	1025	1051	0.18	0.21	0.32	0.41	0.41
174	510	1425	1.2	1.3	3.2	1.1	1066	1051	1048	1065	1054	0.31	0.55	0.58	0.62	0.67
176	427	4593	0.3	1.1	3.7	0.5	1067	1064	1065	1051	1066	0.21	0.33	0.68	0.70	0.74
177	427	568	0.4	1.1	2.8	0.6	1048	1051	1049	1025	1054	0.11	0.22	0.25	0.26	0.38
178	422	5337	0.3	1.1	3.7	0.5	1067	1064	1065	1051	1066	0.21	0.27	0.67	0.76	0.79
179	418	5827	0.1	1.0	3.8	-0.3	1064	1067	1051	1065	1048	0.89	0.99	1.19	1.40	1.40
180	418	5850	0.1	1.0	3.8	-0.1	1064	1067	1051	1065	1066	0.71	0.81	1.06	1.22	1.25
181	415	6793	0.1	1.0	3.8	0.1	1064	1067	1051	1065	1066	0.47	0.59	0.98	1.01	1.11
182	397	7777	0.2	1.0	3.9	0.3	1064	1067	1065	1051	1066	0.28	0.45	0.88	0.97	1.03
183	440	999	0.9	1.1	3.0	0.9	1066	1051	1048	1054	1049	0.12	0.36	0.38	0.54	0.55
184	693	1034	1.5	1.7	3.0	1.2	1099	1057	1054	1053	1066	0.71	0.71	0.72	0.75	0.76
185	698	226	1.4	1.7	2.4	1.1	1096	1053	1094	1057	1082	0.28	0.30	0.36	0.46	0.53
186	667	1417	1.0	1.7	3.2	1.0	1065	1066	1051	1048	1054	0.65	0.66	0.72	0.72	0.72
187	589	2508	0.9	1.5	3.4	1.0	1065	1067	1066	1051	1048	0.36	0.53	0.56	0.68	0.77
188	442	5126	0.5	1.1	3.7	0.7	1067	1064	1065	1066	1051	0.06	0.35	0.46	0.67	0.75
189	612	211	1.4	1.5	2.3	1.1	1053	1096	1094	1057	1054	0.08	0.39	0.43	0.46	0.46
190	474	1065	0.7	1.2	3.0	0.8	1066	1051	1048	1054	1049	0.20	0.26	0.32	0.51	0.55
191	502	276	0.9	1.3	2.4	0.9	1054	1053	1049	1048	1025	0.19	0.31	0.33	0.42	0.50
192	491	449	0.5	1.2	2.7	0.7	1048	1054	1049	1025	1051	0.12	0.18	0.24	0.34	0.36
193	466	731	0.7	1.2	2.9	0.8	1048	1066	1051	1054	1049	0.20	0.27	0.27	0.37	0.40
194	454	218	0.1	1.1	2.3	0.2	1025	1049	1048	1054	1051	0.49	0.58	0.66	0.70	0.77
196	389	599	1.2	1.0	2.8	1.1	1066	1048	1049	1054	1051	0.34	0.46	0.47	0.52	0.55
197	636	127	1.3	1.6	2.1	1.1	1053	1094	1096	1059	1052	0.26	0.27	0.35	0.42	0.46
198	378	332	2.4	0.9	2.5	1.4	1053	1049	1055	1054	1066	0.59	0.68	0.70	0.70	0.72
199	396	8217	0.8	1.0	3.9	0.9	1067	1064	1065	1066	1051	0.34	0.34	0.50	0.84	1.00
200	478	1060	0.7	1.2	3.0	0.8	1066	1051	1048	1054	1049	0.21	0.26	0.32	0.50	0.55
201	410	86	0.7	1.0	1.9	0.9	1055	1029	1052	1030	1032	0.28	0.46	0.50	0.54	0.55
202	376	190	0.8	0.9	2.3	0.9	1049	1025	1055	1054	1053	0.32	0.43	0.49	0.49	0.57
204	415	527	0.2	1.0	2.7	0.3	1025	1051	1048	1049	1054	0.34	0.40	0.40	0.46	0.62
205	358	476	0.8	0.9	2.7	0.9	1049	1048	1025	1066	1054	0.31	0.38	0.39	0.41	0.48
206	425	161	0.4	1.1	2.2	0.6	1049	1025	1054	1048	1055	0.33	0.36	0.48	0.56	0.63
207	425	162	0.4	1.1	2.2	0.6	1049	1025	1054	1048	1055	0.33	0.36	0.48	0.56	0.63
208	346	46800	0.1	0.9	4.7	0.1	1064	1067	1065	1051	1066	0.86	1.18	1.45	1.79	1.81
209	371	101	0.1	0.9	2.0	-0.3	1025	1049	1048	1054	1051	1.01	1.13	1.25	1.29	1.33
210	371	842	0.1	0.9	2.9	-0.1	1051	1025	1048	1049	1066	0.69	0.74	0.80	0.89	1.01

Fortsetzung Anhang F:

C_Nr	Originaldaten			transformierte Daten			Referenstellen					Distanz				
	H_ü_M [m]	Q_mittel [l/s]	Gefälle [%]	H	log(Q <sub>m</sub> )	log(10G)	R1	R2	R3	R4	R5	D1	D2	D3	D4	D5
Fortsetzung FG-Stellen Routineprogramm																
211	377	360	0.1	0.9	2.6	-0.1	1025	1049	1051	1048	1054	0.65	0.80	0.82	0.82	0.97
212	379	359	0.6	0.9	2.6	0.8	1049	1025	1048	1054	1051	0.11	0.21	0.31	0.39	0.48
213	375	365	0.6	0.9	2.6	0.8	1049	1025	1048	1054	1051	0.12	0.21	0.32	0.40	0.48
214	420	323	0.3	1.1	2.5	0.4	1025	1049	1048	1054	1051	0.20	0.30	0.38	0.49	0.50
215	419	5716	0.0	1.0	3.8	-0.3	1064	1067	1051	1048	1066	0.92	1.02	1.21	1.42	1.42
216	419	5716	0.0	1.0	3.8	-0.3	1064	1067	1051	1048	1066	0.92	1.02	1.21	1.42	1.42
218	450	246	0.4	1.1	2.4	0.6	1049	1025	1054	1048	1051	0.16	0.26	0.30	0.37	0.58
219	427	190	0.6	1.1	2.3	0.8	1049	1025	1054	1048	1055	0.25	0.36	0.38	0.50	0.53
220	425	246	0.6	1.1	2.4	0.8	1049	1025	1054	1048	1053	0.15	0.29	0.32	0.39	0.55
221	458	109	0.6	1.1	2.0	0.8	1055	1049	1054	1029	1052	0.40	0.49	0.54	0.56	0.57
222	569	248	0.9	1.4	2.4	0.9	1053	1054	1049	1048	1055	0.22	0.23	0.47	0.52	0.60
223	562	332	0.8	1.4	2.5	0.9	1054	1053	1048	1049	1025	0.11	0.34	0.39	0.41	0.57
224	512	462	1.3	1.3	2.7	1.1	1054	1053	1048	1049	1066	0.35	0.39	0.48	0.51	0.53
226	412	341	2.3	1.0	2.5	1.4	1053	1054	1049	1057	1055	0.51	0.64	0.66	0.66	0.68
401	480	21	7.3	1.2	1.3	1.9	1043	1019	1045	1046	1037	0.21	0.23	0.30	0.34	0.39
402	509	28	11.2	1.3	1.4	2.0	1045	1019	1043	1044	1046	0.22	0.27	0.35	0.37	0.41
403	547	14	2.3	1.4	1.1	1.4	1037	1033	1009	1006	1013	0.18	0.24	0.38	0.39	0.41
404	534	17	3.5	1.3	1.2	1.5	1037	1043	1038	1033	1009	0.04	0.28	0.41	0.42	0.44
405	641	42	1.2	1.6	1.6	1.1	1030	1052	1059	1029	1094	0.16	0.26	0.35	0.40	0.48
406	653	28	2.1	1.6	1.4	1.3	1084	1059	1030	1083	1052	0.33	0.35	0.38	0.39	0.41
407	409	403	1.9	1.0	2.6	1.3	1053	1054	1049	1066	1048	0.53	0.58	0.59	0.59	0.65
408	475	110	5.0	1.2	2.0	1.7	1035	1056	1061	1036	1038	0.32	0.36	0.36	0.38	0.45
409	453	132	9.1	1.1	2.1	2.0	1061	1035	1060	1056	1036	0.41	0.53	0.54	0.54	0.64
410	579	121	7.5	1.4	2.1	1.9	1061	1060	1056	1098	1095	0.09	0.21	0.29	0.41	0.41
411	586	102	1.9	1.5	2.0	1.3	1059	1029	1036	1053	1034	0.29	0.32	0.34	0.34	0.34
412	613	66	1.9	1.5	1.8	1.3	1059	1052	1034	1030	1029	0.13	0.24	0.27	0.27	0.28
413	610	68	1.6	1.5	1.8	1.2	1059	1052	1030	1029	1034	0.20	0.21	0.23	0.27	0.34
414	618	178	6.7	1.5	2.3	1.8	1061	1060	1057	1056	1098	0.14	0.22	0.32	0.38	0.40
415	598	180	10.0	1.5	2.3	2.0	1061	1060	1057	1056	1098	0.22	0.27	0.48	0.49	0.51
416	655	13	5.0	1.6	1.1	1.7	1042	1011	1009	1043	1088	0.24	0.24	0.29	0.31	0.33
417	651	30	4.0	1.6	1.5	1.6	1083	1034	1059	1084	1037	0.26	0.36	0.37	0.38	0.38
418	646	28	1.3	1.6	1.4	1.1	1030	1052	1031	1033	1059	0.28	0.36	0.40	0.43	0.43
419	426	82	0.4	1.1	1.9	0.6	1055	1049	1025	1030	1052	0.53	0.61	0.64	0.65	0.66
420	427	175	1.0	1.1	2.2	1.0	1055	1049	1053	1054	1025	0.38	0.39	0.42	0.45	0.54
421	418	273	0.7	1.0	2.4	0.8	1049	1054	1025	1048	1053	0.16	0.32	0.32	0.39	0.52
422	389	208	1.2	1.0	2.3	1.1	1049	1055	1053	1054	1025	0.42	0.46	0.49	0.51	0.55
423	472	170	1.0	1.2	2.2	1.0	1053	1055	1054	1049	1029	0.32	0.36	0.41	0.44	0.52
424	388	158	1.3	1.0	2.2	1.1	1055	1053	1049	1029	1036	0.35	0.50	0.52	0.53	0.57
425	711	634	1.2	1.8	2.8	1.1	1053	1054	1057	1096	1099	0.59	0.59	0.63	0.67	0.72
426	606	156	2.2	1.5	2.2	1.3	1053	1096	1094	1057	1056	0.24	0.32	0.36	0.37	0.41
427	578	510	0.8	1.4	2.7	0.9	1054	1048	1053	1049	1051	0.23	0.38	0.45	0.51	0.54
428	550	175	1.6	1.4	2.2	1.2	1053	1055	1029	1096	1094	0.12	0.43	0.49	0.49	0.50
429	497	122	1.3	1.2	2.1	1.1	1055	1053	1029	1052	1036	0.22	0.31	0.34	0.40	0.42
430	490	232	2.5	1.2	2.4	1.4	1053	1057	1055	1036	1061	0.35	0.46	0.55	0.57	0.57
431	408	264	1.8	1.0	2.4	1.3	1053	1055	1049	1054	1036	0.46	0.55	0.57	0.58	0.68
432	422	283	2.9	1.1	2.5	1.5	1053	1057	1055	1061	1036	0.52	0.60	0.65	0.68	0.68
433	509	1	24.2	1.3	0.0	2.4	1022	1020	1023	1021	1024	0.39	0.53	0.55	0.57	0.69
434	523	226	4.2	1.3	2.4	1.6	1057	1061	1056	1053	1060	0.35	0.37	0.48	0.50	0.52
435	570	26	12.7	1.4	1.4	2.1	1045	1019	1044	1043	1046	0.18	0.26	0.34	0.36	0.40
436	583	169	4.0	1.5	2.2	1.6	1061	1057	1056	1060	1034	0.25	0.28	0.32	0.38	0.41

Fortsetzung Anhang F:

C_Nr	Originaldaten			transformierte Daten			Referenstellen					Distanz				
	H_ü_M [m]	Q_mittel [l/s]	Gefälle [%]	H	log(Q <sub>m</sub> )	log(10G)	R1	R2	R3	R4	R5	D1	D2	D3	D4	D5
Fortsetzung FG-Stellen Routineprogramm																
437	459	226	2.3	1.1	2.4	1.4	1053	1055	1057	1036	1029	0.38	0.52	0.55	0.56	0.61
438	452	321	1.0	1.1	2.5	1.0	1054	1049	1053	1048	1025	0.30	0.32	0.40	0.42	0.49
439	489	34	0.7	1.2	1.5	0.8	1032	1030	1052	1029	1055	0.34	0.36	0.40	0.48	0.48
440	493	469	0.6	1.2	2.7	0.8	1054	1048	1049	1051	1025	0.17	0.18	0.28	0.39	0.41
441	487	479	2.0	1.2	2.7	1.3	1053	1054	1057	1066	1048	0.46	0.54	0.57	0.58	0.64
442	653	257	4.1	1.6	2.4	1.6	1057	1061	1099	1096	1060	0.05	0.38	0.39	0.40	0.43
443	647	282	4.3	1.6	2.5	1.6	1057	1099	1061	1096	1060	0.06	0.36	0.40	0.44	0.46
445	415	697	0.7	1.0	2.8	0.8	1048	1066	1051	1049	1025	0.22	0.25	0.27	0.35	0.41
446	406	631	0.2	1.0	2.8	0.3	1051	1025	1048	1049	1054	0.31	0.34	0.36	0.46	0.61
447	401	157	0.6	1.0	2.2	0.8	1049	1025	1055	1054	1053	0.33	0.42	0.47	0.48	0.58
448	420	550	0.2	1.1	2.7	0.3	1025	1051	1048	1049	1054	0.34	0.37	0.38	0.46	0.60
449	420	71	0.2	1.1	1.9	0.3	1025	1049	1055	1030	1054	0.74	0.77	0.83	0.88	0.90
450	438	318	0.4	1.1	2.5	0.6	1049	1025	1048	1054	1051	0.09	0.18	0.26	0.29	0.47
451	432	269	0.3	1.1	2.4	0.4	1025	1049	1048	1054	1051	0.23	0.31	0.42	0.48	0.57
452	432	195	0.1	1.1	2.3	-0.1	1025	1049	1048	1054	1051	0.67	0.78	0.86	0.92	0.93
453	515	93	1.4	1.3	2.0	1.1	1055	1029	1052	1036	1030	0.17	0.22	0.27	0.32	0.35
454	502	82	2.5	1.3	1.9	1.4	1036	1029	1035	1055	1038	0.12	0.22	0.28	0.30	0.33
455	478	944	1.4	1.2	3.0	1.1	1066	1048	1051	1054	1049	0.31	0.53	0.57	0.58	0.66
456	580	321	1.4	1.5	2.5	1.1	1053	1054	1057	1096	1048	0.19	0.37	0.48	0.54	0.61
457	576	329	1.2	1.4	2.5	1.1	1053	1054	1057	1048	1049	0.21	0.31	0.55	0.55	0.56
458	496	89	0.8	1.2	1.9	0.9	1055	1052	1029	1030	1053	0.27	0.38	0.39	0.40	0.50
459	413	259	0.7	1.0	2.4	0.8	1049	1025	1054	1048	1053	0.15	0.30	0.33	0.40	0.54
460	443	133	1.6	1.1	2.1	1.2	1055	1029	1053	1036	1052	0.24	0.39	0.40	0.40	0.49
461	437	148	1.6	1.1	2.2	1.2	1055	1053	1029	1036	1052	0.29	0.39	0.43	0.44	0.54
462	405	172	1.4	1.0	2.2	1.2	1055	1053	1049	1029	1036	0.36	0.45	0.53	0.53	0.55
463	400	183	1.4	1.0	2.3	1.2	1055	1053	1049	1029	1054	0.39	0.45	0.52	0.56	0.57
464	349	338	0.3	0.9	2.5	0.5	1025	1049	1048	1051	1054	0.07	0.23	0.40	0.50	0.53
465	345	356	0.4	0.9	2.6	0.5	1025	1049	1048	1051	1054	0.08	0.23	0.38	0.49	0.53
466	418	133	0.2	1.0	2.1	0.3	1025	1049	1054	1048	1055	0.50	0.56	0.71	0.74	0.87
467	416	166	0.2	1.0	2.2	0.3	1025	1049	1048	1054	1051	0.43	0.50	0.66	0.67	0.81
468	416	188	0.2	1.0	2.3	0.3	1025	1049	1048	1054	1051	0.39	0.47	0.62	0.64	0.76
469	495	64	0.6	1.2	1.8	0.7	1055	1030	1052	1029	1032	0.41	0.41	0.44	0.50	0.54
470	489	426	1.5	1.2	2.6	1.2	1053	1054	1049	1048	1066	0.39	0.41	0.53	0.53	0.55
471	476	182	2.8	1.2	2.3	1.4	1053	1036	1055	1057	1056	0.40	0.46	0.49	0.51	0.51
472	474	247	5.2	1.2	2.4	1.7	1061	1057	1056	1060	1053	0.45	0.49	0.58	0.60	0.64
473	509	54	2.9	1.3	1.7	1.5	1036	1038	1035	1029	1034	0.09	0.15	0.16	0.23	0.32
474	432	896	0.9	1.1	3.0	1.0	1066	1048	1051	1054	1049	0.14	0.37	0.38	0.51	0.51
475	401	1104	1.2	1.0	3.0	1.1	1066	1051	1048	1049	1054	0.15	0.49	0.52	0.64	0.66
476	425	261	1.0	1.1	2.4	1.0	1049	1054	1053	1025	1048	0.32	0.37	0.43	0.48	0.49
477	405	88	2.4	1.0	1.9	1.4	1036	1055	1029	1035	1038	0.27	0.29	0.34	0.37	0.41
478	390	90	4.0	1.0	2.0	1.6	1035	1036	1038	1029	1055	0.33	0.36	0.41	0.50	0.51
480	561	106	3.3	1.4	2.0	1.5	1056	1034	1036	1059	1061	0.20	0.26	0.30	0.34	0.34
481	554	109	4.2	1.4	2.0	1.6	1056	1061	1034	1035	1036	0.18	0.25	0.28	0.35	0.35
482	435	4373	0.2	1.1	3.6	0.3	1067	1064	1051	1065	1066	0.39	0.44	0.73	0.83	0.84
483	570	20	0.8	1.4	1.3	0.9	1033	1031	1030	1032	1052	0.33	0.37	0.42	0.43	0.49
484	557	28	3.0	1.4	1.4	1.5	1037	1038	1035	1036	1059	0.25	0.27	0.36	0.39	0.41
905	436	4070	0.2	1.1	3.6	0.3	1067	1064	1051	1066	1065	0.39	0.46	0.70	0.82	0.83
906	415	6793	0.1	1.0	3.8	-0.1	1064	1067	1051	1065	1066	0.64	0.76	1.08	1.18	1.24
907	339	8263	0.7	0.8	3.9	0.8	1064	1067	1065	1066	1051	0.30	0.40	0.65	0.86	1.01

**Anhang G:** Auswertung der Makroinvertebraten der Referenzstellen und der Untersuchungsstellen für das Routineprogramm mit dem Referenzsystem für den Kanton Zürich (REF\_ZH), dem IBGN und dem Makroindex. VT (variété taxonomique) = Anzahl taxonomischer Einheiten für IBGN; GI (groupe faunistique indicateur) = Indikationsgruppe für IBGN; SE = systematische Einheiten für Makroindex.

C_Nr	Stellenname	Ost	Nord	Jahr	REF_ZH	Anzahl Taxa	VT	GI	IBGN	MI	Anzahl SE
<b>Referenzstellen</b>											
1003	Witerigbach	694'393	269'111	2002	0.12	29	25	9	16	2	40
1006	Rüeggshuserbach	704'226	234'800	2002	0.19	28	26	7	14	3	40
1007	Laufenbach	708'608	235'598	2002	0.10	28	23	7	13	3	36
1009	Reinisbach	706'219	251'271	2002	0.11	30	27	9	16	2	44
1010	Chämpfnerwaldbach	705'959	242'772	2002	0.03	32	27	9	16	2	43
1011	Töbelibach	703'216	249'601	2002	0.04	33	31	9	17	2	46
1013	Täglisschürbach	691'558	229'038	2002	0.14	28	25	9	16	2	35
1014	Püntbach	705'941	237'714	2002	-0.04	33	27	8	15	2	47
1015	Gschwendibach	691'190	226'387	2002	0.14	30	25	7	14	2	39
1016	Birchbach	693'949	257'494	2002	0.04	31	25	9	16	2	36
1017	Reitibach	702'470	253'201	2002	-0.09	34	30	9	17	2	47
1018	Hurdbach	704'928	253'840	2002	0.00	32	28	7	14	2	50
1019	Zweienbach	692'055	237'023	2002	0.06	27	29	7	15	2	39
1020	linker Seitenarm von Hubbach	705'947	251'790	2002	0.16	21	20	7	12	2	30
1021	rechter Seitenarm von Winzelenbach	682'239	237'405	2002	0.08	22	21	9	15	2	30
1022	Haldenbach	686'444	231'693	2002	0.05	22	20	9	14	2	30
1023	Fröschgüllenbach	690'424	239'154	2002	0.19	20	19	8	13	2	27
1024	Chäferbach	708'201	252'095	2002	0.19	20	17	7	12	2	25
1025	Rietlibach	688'967	263'967	2002	0.19	28	31	7	15	3	41
1029	Dorfbach Egg	695'428	239'016	2002	0.07	25	22	9	15	2	30
1030	Schwarzenbach	680'403	234'521	2002	0.11	28	22	7	13	3	42
1031	Sagenbach	690'470	227'487	2002	0.06	30	31	9	17	3	50
1032	Grünholzbach	678'703	230'902	2002	0.05	34	31	9	17	3	44
1033	Berenbach	705'335	238'405	2002	0.04	33	30	9	17	3	46
1034	Bäntalbach	704'471	258'158	2002	0.04	30	31	7	15	2	45
1035	Bluntschlibach	695'509	240'329	2002	0.01	28	23	9	15	2	38
1036	Moosbach	690'048	259'887	2002	0.12	25	19	9	14	2	31
1037	Nauenbach	707'652	237'004	2002	-0.04	35	31	9	17	2	46
1038	Wildbach	689'831	260'606	2002	0.00	31	23	9	15	2	37
1039	Goldbächli	709'465	236'342	2002	-0.07	40	30	9	17	2	39
1042	Chapfbach	690'761	239'107	2002	0.15	26	22	9	15	2	33
1043	Zünikerbach	704'638	263'526	2002	-0.03	32	26	9	16	2	42
1044	Tobelbach vor Reppisch	673'735	246'165	2002	0.18	25	23	9	15	2	33
1045	Steinereggbach	684'594	234'716	2002	0.06	28	25	9	16	2	37
1046	Bezibüelbach	692'691	236'857	2002	0.05	27	24	9	15	2	35
1047	Müslibach	689'276	239'795	2002	0.01	30	27	9	16	2	42
1048	Schwarz vor Rüti	706'443	235'455	2002	-0.01	37	34	7	16	2	51
1049	Haselbach	676'113	231'563	2002	0.13	28	24	7	13	3	40
1051	Reppisch beim Waffenplatz	673'237	247'414	2002	0.09	33	26	7	14	3	37
1052	Aabach bei Aamüli	690'087	231'337	2002	0.00	30	27	9	16	2	44
1053	Tobelbach Bläsimüli	703'145	252'808	2002	-0.03	33	25	9	16	2	47
1054	Reppisch nach Stallikon	679'092	243'290	2002	-0.04	39	31	9	17	2	47
1055	Tüftalerbach	696'247	240'073	2002	-0.03	31	27	7	14	2	42
1056	Mülibach	703'571	252'202	2002	0.02	29	26	8	15	2	41
1057	Jona bei Jonatal	711'833	238'892	2002	-0.13	36	29	9	17	2	51
1059	Lochbach Choltoebel	708'687	249'978	2002	0.05	28	26	9	16	2	42
1060	Tobelbach vor Töss	710'661	247'566	2002	0.08	30	24	9	15	2	37
1061	Mülibach vor ARA Hirzel	688'805	229'081	2002	0.14	27	24	7	13	2	39
1064	Töss nach Dättlikon	687'542	264'202	2002	0.14	31	29	7	15	2	37
1065	Sihl beim Sihlsprung	688'980	228'489	2002	0.04	33	26	9	16	2	39
1066	Reppisch bei Baltenschwil	672'312	249'528	2002	0.01	36	30	7	15	2	42
1067	Töss Leisental	697'166	257'861	2002	-0.01	41	33	9	18	2	53
1068	Küsnachter Dorfbach bei Guldenen	691'831	240'561	2002	-0.05	36	33	8	17	2	52
1069	Risiholzbach	710'926	241'881	2002	-0.01	34	27	9	16	2	44
1070	Aabach bei Wappenswil	708'562	241'788	2002	0.10	30	25	9	16	2	43
1073	Luppen vor Luppen	706'025	245'731	2002	-0.02	34	27	9	16	2	44

**Fortsetzung Anhang G:**

C_Nr	Stellenname	Ost	Nord	Jahr	REF_ZH	Anzahl Taxa	VT	GI	IBGN	MI	Anzahl SE
1074	Bäntalbach vor Oberschlatt	706'279	257'473	2002	0.16	27	22	9	15	2	40
1076	Rotfluebach	713'302	244'431	2002	0.00	33	27	9	16	2	43
1077	Althusbach	708'845	244'491	2002	-0.02	33	26	9	16	2	41
1078	Gripbach	693'271	224'273	2002	0.16	29	26	9	16	2	37
1079	Buechwaldbach	711'171	250'004	2002	0.16	27	23	9	15	2	35
1080	Lochbach bei Raad	712'875	240'680	2002	0.00	33	30	9	17	2	49
1081	Zapfenbach	711'911	250'358	2002	-0.09	33	28	9	16	2	42
1082	Storcheneggbach	714'637	246'644	2002	0.02	23	21	9	15	2	33
1083	Jona bei Riet	711'679	240'961	2002	0.12	27	22	9	15	2	37
1084	Wissenbach	709'045	244'542	2002	0.00	30	24	9	15	2	42
1085	Brüttenbach	715'065	244'430	2002	0.12	23	19	9	14	1	30
1086	Steinenbach bei Gfell	713'634	249'201	2002	0.15	29	25	9	16	1	38
1087	Leebach	710'808	241'997	2002	0.01	28	24	9	15	2	39
1088	Schliedenbächli	707'611	242'764	2002	-0.04	35	28	9	16	2	48
1090	Lusterenbach	710'036	243'860	2002	-0.01	37	30	9	17	2	51
1091	Schmittenbach	712'405	244'651	2002	0.00	34	28	9	16	2	49
1092	Hirschwilerbach	712'360	239'346	2002	0.00	32	25	9	16	2	46
1093	Wildbach Falätschertobel	707'746	240'795	2002	0.08	31	25	9	16	2	46
1094	Brüttenbach	714'182	244'600	2002	0.07	25	22	9	15	1	34
1095	Wissenbach bei Hinterburg	707'963	245'546	2002	-0.12	38	31	9	17	2	55
1096	Fuchslochbach bei Fuchsloch	714'707	245'535	2002	0.13	22	21	9	15	2	33
1097	Hinteröss	716'075	240'739	2002	0.06	23	20	9	14	1	29
1098	Aabach vor Bäretswil	707'695	243'490	2002	0.00	32	27	9	16	2	42
1099	Töss Tösswald	713'889	243'073	2002	0.05	27	23	9	15	1	37
<b>als Referenzstellen nicht geeignet</b>											
1026	Saumbach	678'960	262'299	2002	0.53	13	12	3	6	5	18
1001	Auligraben	699'555	271'847	2002	0.50	10	12	3	6	3	21
1028	Schwarzbach	700'811	235'440	2002	0.49	11	15	6	10	4	19
1027	Länggenbach	673'317	251'917	2002	0.40	18	22	2	8	5	34
1050	Alter Ellikerbach	700'340	271'557	2002	0.38	14	13	2	6	5	20
1058	Aabach vor Horgen	689'018	233'758	2002	0.36	17	16	7	11	2	24
1071	Hoferbach	690'791	239'787	2002	0.34	26	24	9	15	2	33
1062	Lorze beim Reusspitz	674'000	232'641	2002	0.32	21	27	7	14	3	37
1041	Bünisbach	690'140	237'785	2002	0.30	19	17	7	12	3	23
1002	Massholzbächli	694'318	267'654	2002	0.30	17	20	6	11	3	28
1063	Aabach vor Greifensee	695'667	242'264	2002	0.29	19	26	7	14	3	37
1004	Tüfbach	689'580	257'315	2002	0.29	21	21	6	12	3	32
1008	Hardbach	702'342	274'495	2002	0.29	19	16	7	11	2	25
1089	Lenzertobelbach	712'295	245'857	2002	0.28	21	20	9	14	1	31
1012	Ritzlibach	678'752	273'807	2002	0.26	20	18	7	12	2	31
1040	Rutzenbach	702'719	257'019	2002	0.25	20	18	4	9	2	22
1005	Rechbergmoosbach	690'110	229'437	2002	0.24	19	19	8	13	3	28
1075	Weissenbach	710'060	240'712	2002	0.24	25	22	9	15	2	37
1072	Fühholzbach	709'546	249'637	2002	0.20	26	22	9	15	2	34
<b>FG-Stellen Routineprogramm</b>											
101	Töss bei Rämismühle (Zell)	703'700	255'703	1998	0.29	24	23	9	15	1	28
102	Töss Brücke Neupfungen	690'268	263'918	1998	0.36	19	19	5	10	2	21
103	Töss vor Rhein (Tössegg)	683'951	267'382	1998	0.39	18	21	7	13	4	26
104	Kempt Pegel Illnau	696'706	252'450	1998	0.39	18	17	7	12	4	20
105	Kempt vor Töss	695'426	258'743	1998	0.34	21	18	5	10	3	26
106	Eulach vor Töss	694'129	262'811	1998	0.56	9	11	2	5	4	12
107	Aabach Silberweid	695'832	242'182	2002	0.34	19	19	7	12	4	27
108	Aa Abfluss Pfäffikersee	702'145	242'884	2002	0.59	8	8	4	6	7	15
109	Aa bei Niederuster	694'978	244'852	2002	0.35	18	18	4	9	4	27
110	Glatt Abfluss Greifensee	691'224	248'269	1995	0.63	8	11	4	7	5	11
111	Glatt bei Niederhöri	680'295	262'605	2000	0.50	12	13	4	8	7	18
112	Glatt vor Rhein	678'040	269'711	1996	0.53	10	11	4	7	6	15
113	Jona nach ARA Rüti	705'817	232'990	2001	0.30	22	19	7	12	2	28
115	Sihl bei Hütten	692'975	225'300	1996	0.38	16	13	7	11	3	15
116	Sihl beim Sihlhölzli (Zürich)	682'142	246'886	1996	0.40	17	16	5	9	3	19

**Fortsetzung Anhang G:**

C_Nr	Stellenname	Ost	Nord	Jahr	REF_ZH	Anzahl Taxa	VT	GI	IBGN	MI	Anzahl SE
117	Reppisch nach Birmensdorf	675'055	245'447	1999	0.22	25	21	9	15	2	29
118	Reppisch nach Rummelbach	672'213	248'223	1999	0.38	17	18	4	9	4	25
119	Reppisch bei Dietikon	672'444	251'572	1999	0.39	15	13	4	8	4	20
120	Lorze bei Maschwanden	674'083	231'846	2000	0.51	14	18	3	8	6	27
121	Jonen nach ARA Zwillikon	675'074	238'460	2001	0.37	18	19	5	10	4	29
122	Chämpfnerbach vor Pfäffikersee	702'567	244'373	2002	0.26	23	19	7	12	2	30
123	Sihl bei Sihlbrugg	686'284	230'301	1996	0.38	18	16	8	12	3	19
124	Sihl vor ARA Adliswil	681'805	242'040	1996	0.35	20	16	7	11	3	19
125	Sihl nach ARA Adliswil	681'777	243'387	1996	0.40	16	15	5	9	2	17
126	Jonen vor ARA Hausen	682'204	232'595	1999	0.21	21	22	7	13	2	29
127	Mülibach vor Jonen	682'182	232'538	1999	0.32	20	17	6	11	3	23
128	Haischerbach vor Jonen	682'003	232'631	1999	0.26	19	18	7	12	3	23
129	Jonen nach ARA Hausen	681'700	232'615	1999	0.21	20	19	5	10	3	28
130	Jonen vor ARA Rifferswil	679'829	234'110	1995	0.47	9	9	5	7	4	14
131	Schwarzenbach vor Jonen	679'861	234'142	1999	0.19	22	22	8	14	2	30
132	Jonen nach ARA Rifferswil	679'727	234'203	1995	0.38	10	11	5	8	4	16
133	Jonen vor Affoltern	677'103	236'443	1999	0.33	22	24	7	13	2	31
134	Jonen nach Affoltern	675'912	238'013	2001	0.29	22	22	7	13	2	29
135	Reppisch Abfluss Türlensee	679'425	237'450	1999	0.17	22	21	9	15	2	31
136	Reppisch bei Stallikon	679'287	242'105	1999	0.22	24	21	9	15	2	27
137	Wüeribach vor Reppisch	675'071	245'429	1996	0.29	19	18	4	9	3	22
138	Lunnerenbach vor Reppisch	674'957	245'438	1999	0.22	19	19	7	12	1	26
139	Reppisch vor ARA Birmensdorf	674'664	245'810	1999	0.20	27	25	9	16	2	31
140	Mederbach vor Thur	688'395	272'378	1998	0.45	12	12	6	9	3	14
142	Sihl vor Limmat (Zürich HB)	683'013	248'214	1996	0.41	14	13	5	9	3	14
146	Binnenkanal bei Altikon	702'580	271'150	1998	0.41	16	16	3	7	4	18
153	Niederwiesenbach vor ARA Marthalen	690'350	275'127	1998	0.42	13	13	3	7	5	16
155	Reppisch nach ARA Birmensdorf	673'867	246'465	1999	0.30	23	21	7	13	3	32
157	Furtbach vor Trockenloo-Kanal	677'475	255'398	2001	0.36	17	17	3	8	5	25
159	Furtbach nach Trockenloo-Kanal	677'423	255'451	2001	0.41	14	17	3	8	5	24
160	Furtbach vor ARA Buchs	674'290	256'015	2001	0.43	12	14	3	7	5	18
161	Furtbach nach ARA Buchs	673'720	255'929	2001	0.51	10	13	2	6	7	16
162	Furtbach vor ARA Otelfingen	671'767	256'011	2001	0.42	13	18	3	8	5	27
163	Hulligerbach vor Furtbach	671'734	256'018	2001	0.43	12	15	3	7	4	23
164	Furtbach nach ARA Otelfingen	671'506	255'845	2001	0.56	11	13	3	7	7	19
165	Jona vor ARA Wald	711'631	237'567	2001	0.27	18	16	9	13	1	20
166	Jona nach ARA Wald	709'650	236'588	2001	0.31	21	18	9	14	2	27
167	Gossauerbach vor ARA Gossau	699'090	240'197	2002	0.55	9	11	4	7	5	15
168	Gossauerbach nach ARA Gossau	698'854	239'822	2002	0.53	11	15	2	6	5	21
169	Aabach vor Gossauerbach	698'869	239'782	2002	0.36	18	17	8	13	3	24
170	Aabach nach Gossauerbach	698'801	239'827	2002	0.33	18	16	7	11	4	23
171	Aabach bei Mönchaltorf	696'928	240'805	2002	0.28	21	20	7	12	4	28
172	Wildbach vor KEZO	704'761	240'387	2002	0.22	24	22	9	15	2	27
173	Wildbach nach ARA Hinwil	702'980	241'254	2002	0.35	19	19	7	12	3	25
174	Aa nach ARA Wetzikon	700'900	243'191	2002	0.44	18	19	4	9	4	26
176	Glatt vor Chriesbach	687'938	250'850	2000	0.51	13	17	3	8	5	24
177	Chriesbach vor Glatt	687'955	250'869	2000	0.46	11	15	3	7	5	23
178	Glatt ZSZ Hagenholz	685'142	252'407	2000	0.41	17	16	3	7	5	28
179	Glatt vor ARA Opfikon	684'546	254'562	2000	0.44	16	18	4	9	6	29
180	Glatt nach ARA Opfikon	683'909	255'297	2000	0.45	14	15	3	7	6	24
181	Glatt bei Oberglatt	681'592	259'240	1996	0.58	8	10	3	6	7	12
182	Glatt bei Hochfelden	681'331	264'226	2000	0.44	15	14	4	8	6	26
183	Mettlenbach vor Aabach	697'027	240'629	2002	0.40	17	17	5	10	4	23
184	Töss bei Steg	713'070	245'476	1998	0.36	17	14	9	13	1	18
185	Fuchslochbach vor Töss	713'361	245'466	1998	0.36	14	17	9	14	1	19
186	Töss nach ARA Fischenthal	711'423	246'707	1998	0.41	18	17	9	14	2	20
187	Töss nach ARA Bauma	707'003	250'915	1998	0.37	18	16	9	13	2	18
188	Töss vor Winterthur	695'743	258'424	1998	0.32	22	22	8	14	1	27
189	Luppmen nach ARA Hittnau	703'496	247'643	1998	0.32	19	21	7	13	4	25

**Fortsetzung Anhang G:**

C_Nr	Stellenname	Ost	Nord	Jahr	REF_ZH	Anzahl Taxa	VT	GI	IBGN	MI	Anzahl SE
190	Kempt nach ARA Illnau-Effretikon	695'399	255'358	1998	0.36	21	20	7	12	3	27
191	Eulach vor ARA Elgg	706'864	261'926	1998	0.28	21	21	7	13	3	23
192	Eulach nach ARA Elgg	705'248	262'664	1998	0.32	22	20	7	12	3	22
193	Eulach nach Rümikon	701'317	262'292	1998	0.38	18	18	7	12	4	21
194	Wiesenbach Oberwinterthur	699'713	263'273	1998	0.55	8	10	2	5	8	12
196	Näfbach vor Töss	691'448	263'851	1998	0.44	16	17	4	9	4	20
197	Luppmen vor ARA Hittnau	704'466	247'323	1998	0.33	15	17	7	12	2	19
198	Haselbach vor Lorze	674'097	231'835	2000	0.27	21	21	5	11	4	27
199	Töss vor ARA Winterthur	692'894	263'725	1998	0.39	18	16	7	11	2	20
200	Kempt vor ARA Illnau-Effretikon	695'226	254'856	1998	0.42	17	16	8	12	3	29
201	Landbach nach ARA Rafz	681'691	273'593	1998	0.52	11	15	2	6	4	15
202	Landbach Wasterkingen	678'337	271'376	1998	0.59	6	14	2	6	4	15
204	Näfbach vor Neftenbach	693'224	265'771	1998	0.38	15	15	4	8	4	22
205	Wildbach Rorbas	685'869	264'972	1998	0.45	15	16	2	6	4	18
206	Furtbach vor ARA Regensdorf	676'296	256'225	2001	0.33	17	19	3	8	5	25
207	Furtbach nach ARA Regensdorf	676'211	256'205	2001	0.35	17	18	3	8	5	22
209	Alter Ellikerbach vor Binnenkanal	700'345	271'746	1998	0.41	16	20	6	11	4	20
210	Binnenkanal vor Thur	699'903	272'020	1998	0.38	15	15	3	7	4	18
211	Binnenkanal vor Ellikerbach	703'511	270'847	1998	0.40	16	14	3	7	4	17
212	Ellikerbach vor ARA Ellikon	704'632	269'570	1998	0.34	19	20	3	8	3	25
213	Ellikerbach nach ARA Ellikon	703'801	270'139	1998	0.35	18	21	3	9	4	26
214	Leutschenbach vor Glatt	685'220	252'727	2000	0.51	10	13	2	6	5	17
215	Glatt nach ARA Zürich-Glatt links	685'490	253'145	1998	0.49	12	11	3	6	5	12
216	Glatt nach ARA Zürich-Glatt rechts	685'508	253'140	1998	0.52	11	13	3	7	5	13
218	Surb bei Niederweningen	671'039	262'250	2000	0.27	22	21	5	11	4	28
219	Chrebsbach vor ARA Seuzach	695'251	265'529	1998	0.38	14	16	7	11	5	21
220	Chrebsbach nach ARA Seuzach	694'848	265'458	1998	0.45	13	14	3	7	4	17
221	Wiesenbach vor ARA Wiesendangen	700'441	263'905	1998	0.40	14	15	2	6	5	18
222	Jonen vor ARA Rifferswil (neu)	679'905	233'623	1999	0.26	22	23	6	12	4	26
223	Jonen nach ARA Rifferswil (neu)	679'715	234'394	1999	0.24	23	23	8	14	4	26
224	Tobelbach bei Rikon	702'086	255'439	2000	0.30	21	19	9	14	1	22
226	Feldbach vor Zürichsee	702'042	232'802	2000	0.30	20	19	7	12	3	23
401	Rosspaltibach bei Sihlwald	684'230	236'251	1996	0.49	11	12	9	12	2	12
402	Eichbach bei Sihlhalden	684'755	234'846	1996	0.38	13	12	9	12	2	13
403	Zufluss Waldweiher Gattikon	684'851	236'860	1996	0.38	14	13	2	6	3	14
404	Abfluss Waldweiher Gattikon	684'411	237'286	1996	0.46	15	15	3	7	4	17
405	Abfluss Bergweiher Horgen	687'660	233'139	1996	0.43	11	12	3	6	5	15
406	Zufluss Bergweiher Horgen	688'065	232'539	1996	0.28	17	16	7	11	3	19
407	Aabach Horgen vor Zürichsee	689'197	234'358	1996	0.41	15	14	7	11	4	18
408	Reidbach Wädenswil vor Weiher	694'501	230'261	1996	0.44	13	11	7	10	4	15
409	Mülibach Richterswil	695'817	228'635	1996	0.39	12	12	7	10	3	14
410	Abfluss Bergweiher Horgen	695'012	227'896	1996	0.46	12	14	4	8	4	17
411	Zufluss Sternenweiher Richterswil	694'538	228'080	1996	0.34	16	13	7	11	3	17
412	Aabach vor ARA Schönenberg	691'829	229'017	1996	0.27	18	16	9	13	2	20
413	Aabach nach ARA Schönenberg	691'738	229'112	1996	0.28	18	15	9	13	2	20
414	Mülibach vor ARA Hirzel	688'925	229'170	1996	0.21	23	25	7	14	3	29
415	Mülibach nach ARA Hirzel	688'683	229'066	1996	0.33	18	21	7	13	3	22
416	Habersaaterbach vor Türlerseer	680'480	236'609	1996	0.38	16	14	9	13	2	16
417	Felibach vor Türlerseer	681'235	235'665	1996	0.43	13	12	9	12	2	14
418	Chrebsbach vor Türlerseer	681'270	235'251	1996	0.30	16	15	7	11	3	19
419	Wattbach vor Haselbach	677'555	230'555	1996	0.32	18	19	7	12	4	25
420	Haselbach vor ARA Knonau	677'410	230'688	1996	0.35	16	16	4	8	3	20
421	Haselbach nach ARA Knonau	676'478	230'825	2000	0.28	22	21	7	13	4	27
422	Lindenbach Obfelden	673'101	235'826	1996	0.45	10	8	4	6	5	11
423	Hofibach nach Hedingen	675'711	238'129	1999	0.24	20	22	7	13	2	31
424	Schäflibach Dietikon	673'447	250'151	1996	0.42	10	9	4	6	6	12
425	Töss bei Schwändi	713'445	244'714	1998	0.34	17	15	9	13	1	19
426	Lochbach vor Töss	707'313	249'573	1998	0.20	21	18	9	14	1	23
427	Steinenbach vor Töss	707'351	251'857	1998	0.29	21	17	9	14	1	23
428	Chatzenbach bei Turbenthal	706'261	254'687	1998	0.25	18	19	8	13	2	24

**Fortsetzung Anhang G:**

C_Nr	Stellenname	Ost	Nord	Jahr	REF_ZH	Anzahl Taxa	VT	GI	IBGN	MI	Anzahl SE
429	Bäntalbach vor Töss	701'469	257'068	1998	0.22	20	17	9	14	1	23
430	Wissenbach vor Töss	700'605	256'806	1998	0.25	20	19	7	12	2	23
431	Hornbach beim Zürichhorn	684'181	245'404	1997	0.45	11	11	7	10	4	12
432	Dorfbach Küsnacht vor Zürichsee	686'668	241'333	1997	0.36	15	16	7	11	3	17
433	Schübelbach nach Schübelweiher	687'555	241'707	1997	0.46	8	9	4	6	5	9
434	Db. Küsnacht nach Chliweidlibach	688'530	242'295	1997	0.43	14	13	7	11	3	15
435	Chliweidlibach nach ARA Zumikon	688'930	242'598	1997	0.49	10	13	3	7	5	15
436	Db. Küsnacht vor Chliweidlibach	689'651	242'076	1997	0.31	18	16	9	13	2	20
437	Lieburgerbach vor ARA Egg-Oetwil	696'718	238'799	1997	0.35	16	15	7	11	3	20
438	Lieburgerbach nach ARA Egg-Oetwil	696'919	239'152	1997	0.36	16	14	3	7	4	18
439	Klausbach nach ARA Bubikon-W.	702'775	234'304	2000	0.58	6	10	2	5	7	16
440	Possengraben vor ARA Dürnten-B.	705'239	236'130	1997	0.41	14	12	5	8	4	15
441	Possengraben nach ARA Dürnten-B.	705'542	235'588	1997	0.47	15	15	4	8	4	17
442	Aabach vor ARA Bäretswil	706'257	243'726	1997	0.33	16	13	9	13	3	17
443	Aabach nach ARA Bäretswil	706'148	243'626	1997	0.31	18	16	7	11	3	20
445	Himmelbach vor Glatt	682'028	258'834	2000	0.31	17	17	4	9	4	25
446	Fischbach vor Glatt	679'691	261'783	2000	0.35	15	17	4	9	5	23
447	Furtbach Bülach vor Glatt	682'033	263'535	1997	0.46	10	12	4	7	5	15
448	Himmelbach vor Flughafenareal	683'393	259'231	1997	0.28	20	19	3	8	4	23
449	Saumgraben vor Flughafenareal	683'290	259'305	1997	0.42	11	14	2	6	5	18
450	Altbach bei Kloten	686'900	256'085	1997	0.45	13	12	3	6	4	15
451	Altbach Dietlikon vor Chriesbach	689'844	251'610	2000	0.46	12	14	3	7	5	19
452	Chriesbach vor Altbach	689'862	251'589	2000	0.45	13	14	3	7	5	21
453	Brandbach vor Kempt	697'556	250'910	1997	0.46	12	13	2	6	3	13
454	Hüenerbach vor Kempt	696'822	252'304	1997	0.30	18	16	9	13	2	20
455	Grendelbach vor Kempt	695'232	254'780	1997	0.50	13	11	4	7	3	13
456	Tobelbach vor ARA Wildberg	703'070	252'650	1998	0.25	22	19	9	14	2	28
457	Tobelbach nach ARA Wildberg	703'067	252'829	1998	0.27	20	16	7	11	2	25
458	Bolsterenbach vor Kollbrunn	701'076	257'529	1998	0.33	16	16	2	6	2	20
459	Mattenbach bei Winterthur	697'804	260'988	1998	0.26	23	22	4	10	4	27
460	Fisibach vor ARA Bachs	674'678	264'771	1998	0.52	9	15	7	11	5	16
461	Fisibach nach ARA Bachs	674'448	265'025	1998	0.55	9	13	3	7	5	14
462	Dorfbach Windlach vor ARA Stadel	678'067	266'668	1998	0.35	14	18	7	12	4	20
463	Dorfbach Windlach nach ARA Stadel	678'013	267'239	1998	0.42	13	19	2	7	5	21
464	Flaacherbach vor ARA Flaach	686'957	269'979	1998	0.40	17	18	6	11	5	21
465	Flaacherbach nach ARA Flaach	686'462	269'993	1998	0.38	17	17	3	8	5	20
466	Mülibach vor ARA Stammheim	700'353	277'031	1998	0.49	11	13	8	12	4	13
467	Mülibach nach ARA Stammheim	700'291	277'725	1998	0.52	11	14	2	6	4	14
468	Mülibach bei Furtmüli	700'423	278'422	1998	0.42	15	17	8	13	5	18
469	Hofibach vor Hedigen	675'822	239'935	1999	0.33	17	18	3	8	4	19
470	Reppisch bei Landikon	677'293	245'134	1999	0.18	26	23	9	15	1	29
471	Wüeribach vor Birmensdorf	675'745	244'731	1999	0.33	16	14	7	11	2	17
472	Aescherbach vor Birmensdorf	675'642	244'753	1999	0.38	16	16	7	11	3	17
473	Lunnerenbach bei Altenberg	674'208	244'344	1999	0.23	20	20	9	14	2	25
474	Reppisch vor Rummelbach	672'327	247'816	1999	0.33	23	22	7	13	3	23
475	Reppisch bei Baltenschwil	672'172	249'853	1999	0.33	20	19	5	10	4	21
476	Haselbach vor ARA Knonau (neu)	677'212	230'628	2000	0.22	21	22	7	13	3	27
477	Lattenbach vor ARA Ossingen	696'430	274'081	2000	0.32	18	18	6	11	3	22
478	Lattenbach nach ARA Ossingen	695'993	273'953	2000	0.47	12	16	3	7	4	18
480	Wissenbach vor ARA Weisslingen	699'997	254'654	2000	0.17	23	21	7	13	2	26
481	Wissenbach nach ARA Weisslingen	700'024	254'824	2000	0.24	20	18	7	12	3	23
482	Glatt nach ARA Fällanden VSFM	690'363	248'543	2000	0.39	18	18	4	9	4	21
483	Bolsterenbach vor ARA Schlatt-W.	703'588	259'301	2000	0.16	25	23	7	13	2	28
484	Bolsterenbach nach ARA Schlatt-W.	703'159	259'120	2000	0.21	22	21	7	13	2	24
905	Glatt Abfluss Greifensee	691'224	248'269	2000	0.48	13	18	4	9	4	19
906	Glatt bei Oberglatt	681'592	259'240	2000	0.52	11	13	4	8	5	16
907	Glatt vor Rhein	678'040	269'711	2000	0.44	14	13	4	8	7	16