

> Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer

Makrozoobenthos – Stufe F (flächendeckend)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer

Makrozoobenthos – Stufe F (flächendeckend)

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Das BAFU veröffentlicht solche Vollzugshilfen (bisher oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Umwelt-Vollzug».

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autor

Pascal Stucki, Aquabug, Neuchâtel

Begleitung

Werner Göggel, Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Pius Niederhauser, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Kanton Zürich
Jean Perfetta, Service de l'écologie de l'eau, Kanton Genf
Brigitte Lods-Crozet, Service des eaux, sols et assainissement (SESA), Kanton Waadt
Arno Stöckli, Abteilung für Umwelt, Kanton Aargau
Robert Lovas, Umwelt und Energie, Kanton Luzern
Yves Gonseth, Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna CSCF
Simone Langhans, Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs

Zitierung

Stucki P. 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S.

Übersetzung

Claudia Zaugg, Aquarius, 3253 Schnottwil

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Titelbild

Notidobia ciliaris (LINNAEUS 1761), Pascal Stucki

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download

BBL, Vertrieb Bundespublikationen, CH-3003 Bern
Tel. +41 (0)31 325 50 50, Fax +41 (0)31 325 50 58
verkauf.zivil@bbl.admin.ch
Bestellnummer: 810.100.089d
www.umwelt-schweiz.ch/uv-1026-d

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2010

> Inhalt

Abstracts	5	3.5	Auswertung der Resultate	27
Vorwort	7	3.5.1	Berechnung des Indexes IBCH	27
		3.5.2	Qualitätsklassen und kartografische Darstellung	28
		3.6	Arbeits- und Zeitaufwand	29
1 Einleitung	8			
1.1	Das Modul-Stufen-Konzept	8		
1.2	Rechtliche Grundlagen	9		
1.3	Beurteilung von Fließgewässern anhand des Makrozoobenthos	10		
2 Ziel, Zweck und Anwendung der Methode	12	4 Interpretation der Resultate	30	
2.1	Allgemeine Zielsetzungen	12	4.1	Basisinformationen: Faunistische Liste, taxonomische Diversität, Indikatorgruppe
2.2	Zweck und Fragestellungen der Methode auf Stufe F (IBCH)	12	4.2	Interpretation und Zuverlässigkeit der Resultate
2.3	Anwendungsbereich und Grenzen der Methode	13	4.3	Beeinflussung der Resultate durch natürliche Faktoren
2.4	Weitere orientierende Gewässerbeurteilungen	14	4.3.1	Zonierung der Fließgewässer (Fischregion) und biogeografische Bedingungen
3 Beschreibung der Methode IBCH	15	4.3.2	Saisonale Einflüsse	31
3.1	Prinzip	15	4.3.3	Einflüsse durch Drift
3.1.1	Übereinstimmungen zwischen dem IBCH und dem IBGN	15	4.4	Beeinflussung der Resultate durch anthropogene Faktoren
3.1.2	Bedeutung des Substrates	16	4.4.1	Organische Belastung
3.2	Planung der Probenahmen	17	4.4.2	Belastung durch toxische Substanzen
3.2.1	Auswahl der Probenahmestandorte	17	4.4.3	Belastung durch Schwebstoffe
3.2.2	Definition günstiger Probenahmeperioden (Zeitfenster)	18	4.4.4	Veränderungen des pH-Wertes
3.2.3	Sicherheitsmassnahmen und -vorschriften	19	4.4.5	Thermische Belastungen
3.3	Probenahme der Makroinvertebraten im Feld	19	4.4.6	Veränderung des natürlichen Abflussregimes
3.3.1	Aufnahmefläche	19	4.4.7	Wasserbaumassnahmen in Fließgewässern
3.3.2	Aufnahmeraster (Anhang A1-1)	20		
3.3.3	Ausrüstung und Material für die Probenahmen	20	5 Künftige Weiterentwicklungen und Perspektiven	38
3.3.4	Technik des «Kick-Samplings»	21		
3.3.5	Aufbereiten der Proben	21		
3.3.6	Aufbewahrung der zu verarbeitenden Proben	22		
3.4	Laborprotokoll	23	Anhang	39
3.4.1	Laborausrüstung	23	A1	Feldprotokoll
3.4.2	Technik des Sortierens	23	A2	Beispiele
3.4.3	Bestimmung	24	A3	Klassifizierung der Substrate
3.4.4	Auszählen und Abundanzklassen	24	A4	Laborprotokoll
3.4.5	Archivieren und Aufbewahren des bestimmten Materials	25	A5	Ausrüstung und Material
3.4.6	Aufbewahren der Taxalisten	26	A6	Sicherheitshinweise
			A7	Berechnung des Qualitätsindex IBCH
			Verzeichnisse	57
			Literatur	59

> Abstracts

The Modular Stepwise Procedure for the analysis and assessment of watercourses includes survey methods at three different levels of intensity in the areas of hydrodynamics and morphology, biology, and chemical/toxic effects. The present report describes the method applicable at the regional (R) level whereby watercourses can be assessed on the basis of populations of bottom-dwelling creatures (benthic macroinvertebrates). This is designed to provide a rough indication of the biological condition of streams and rivers over a relatively wide area. The macroinvertebrate species recorded are those whose life cycle is largely dependent on the aquatic subhabitats that are typical of the watercourses. The procedure involves the use of simple collection methods such as “kick sampling” and hand-picking of organisms clinging to the coarse substrate. The assessment of samples at the regional level is based on the standardized calculation of a quality index. For this purpose, a simplified assumption is used, i.e. that anthropogenic damage to watercourses generally leads to a reduction in biological diversity, with insects being affected in particular. To assess the biological condition, the index points calculated are assigned to one of five quality classes. The numerical evaluation is supplemented by a verbal description of the biological condition of the watercourse.

Keywords:

Modular Stepwise Procedure,
regional level,
stream assessment,
macroinvertebrates,
standardized quality index

Das Modul-Stufen-Konzept zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer enthält Erhebungsverfahren in drei Intensitätsstufen für die Bereiche Hydrodynamik und Morphologie, Biologie sowie chemische und toxische Effekte. Der vorliegende Bericht beschreibt die Methode auf Stufe F (flächendeckend), mit welcher Fließgewässer anhand ihrer Besiedlung mit wirbellosen Kleinlebewesen am Gewässergrund (Makrozoobenthos) beurteilt werden können. Ziel ist die grobe Bestimmung des biologischen Gewässerzustandes der Fließgewässer eines grösseren Gebietes. Es werden diejenigen Makroinvertebraten erfasst, deren Lebenszyklus sich zu einem wesentlichen Teil in den für das Gewässer typischen Teillebensräumen im Wasser abspielt. Es gelangen dabei einfache Sammelmethode wie «Kick-Sampling» und Absammeln festsitzender Organismen von grobem Substrat zur Anwendung. Die Probenauswertung auf Stufe F basiert auf der standardisierten Berechnung eines Qualitätsindex. Es wird dabei von der vereinfachten Annahme ausgegangen, dass eine anthropogene Beeinträchtigung der Fließgewässer in der Regel zu einer Verringerung der biologischen Vielfalt führt, von der insbesondere bestimmte Insekten betroffen sind. Für die Beurteilung des biologischen Gewässerzustandes werden die berechneten Indexpunkte einer von fünf Qualitätsklassen zugeordnet. Die numerische Bewertung wird mit einer verbalen Charakterisierung des biologischen Gewässerzustandes ergänzt.

Stichwörter:

Modul-Stufen-Konzept, Stufe F,
Fließgewässerbewertung,
Makroinvertebraten,
standardisierter Index

Le système modulaire gradué d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse comprend des méthodes correspondant à trois niveaux d'intensité différents dans les domaines de l'hydrodynamique, de la morphologie, de la biologie, de la chimie et de la toxicologie. Le présent document décrit la méthode à employer au niveau R (région) pour évaluer l'état des cours d'eau sur la base de la faune invertébrée qui en colonise le fond (macrozoobenthos). L'objectif est ici d'estimer grossièrement l'état biologique des cours d'eau sur une aire géographique relativement étendue. Les macroinvertébrés pris en compte sont ceux dont le cycle de vie se déroule en majeure partie dans les sous-habitats aquatiques typiques du cours d'eau concerné. Les prélèvements seront effectués à l'aide de méthodes simples comme le «kick-sampling» ou la récolte d'organismes fixés sur le substrat grossier. Au niveau R, le dépouillement des relevés se base sur le calcul standardisé d'un indice de qualité qui suppose de manière simplifiée que les atteintes portées aux cours d'eau par les activités anthropiques se traduisent généralement par une baisse de diversité biologique affectant tout particulièrement les invertébrés polluo-sensibles. Pour la notation de l'état biologique des cours d'eau, les valeurs de l'indice sont réparties en cinq classes de qualité. Cette appréciation est complétée d'une interprétation de l'état biologique.

Il sistema basato su moduli e livelli per l'analisi e la valutazione dei corsi d'acqua prevede delle procedure di rilevamento con tre livelli d'intensità per i settori idrodinamica e morfologia, biologia ed effetti chimici e tossici. Il presente rapporto descrive il metodo relativo al livello F (concernente l'intero territorio), con il quale i corsi d'acqua possono essere valutati sulla base della loro colonizzazione da parte di piccoli invertebrati che si insediano sul fondo (macrozoobenthos). L'obiettivo è quello di determinare in modo approssimativo lo stato biologico dei corsi d'acqua presenti in un'area di grandi dimensioni. Vengono rilevati i macroinvertebrati il cui ciclo vitale si svolge principalmente in biotopi tipici del corso d'acqua di volta in volta esaminato. Si utilizzano a tal fine semplici metodi di campionamento, quali il «kick sampling» e la raccolta di organismi fissi che vivono nel substrato grossolano. L'analisi dei campioni relativa al livello F è basata sul calcolo standardizzato di un indice di qualità. Si parte dal presupposto, semplificato, che un danneggiamento dei corsi d'acqua dovuto ad attività antropiche comporta di norma una riduzione della diversità biologica, in particolare per quanto riguarda gli insetti. Ai fini della valutazione dello stato biologico delle acque, i punti di indice calcolati vengono attribuiti ad una delle cinque classi di qualità previste. La valutazione numerica è infine integrata da una descrizione verbale dello stato biologico delle acque.

Mots-clés:

Système modulaire gradué,
niveau région,
évaluation des cours d'eau,
macroinvertébrés,
indice de qualité standardisé

Parole chiave:

Sistema basato su moduli e
livelli,
valutazione dei corsi d'acqua,
macroinvertebrati,
indice di qualità standardizzato

> Vorwort

Der umfassende Schutz der Gewässer und ihrer vielfältigen Funktionen als Lebensräume für Pflanzen und Tiere sowie die nachhaltige Nutzung der Gewässer sind zentrale Ziele des Gewässerschutzgesetzes. Bei der Beurteilung des Zustandes der Fliessgewässer im Rahmen des Vollzuges steht neben der Bewertung der chemischen Wasserqualität und der morphologischen sowie hydrologischen Bedingungen die Untersuchung der Lebensgemeinschaften im Zentrum. Nur die Erfassung des biologischen Zustandes lässt schliesslich einen direkten Vergleich mit den ökologischen Zielen für die Gewässer zu. Die wirbellosen Kleinlebewesen der Fliessgewässersohle (Makroinvertebraten, Makrozoobenthos) sind dazu besonders geeignet, da sie den Zustand des Gewässers über ihre gesamte Lebensdauer im Wasser integrieren.

Die Beurteilung von Flüssen und Bächen anhand des Makrozoobenthos kann sich in Europa auf eine jahrzehntelange Tradition abstützen, dazu wurden eine Vielzahl von Indices entwickelt und auch in der Schweiz angewandt. Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzeptes wurde nun eine Methodenempfehlung zur Untersuchung und Beurteilung der Schweizer Fliessgewässer anhand des Makrozoobenthos erarbeitet. Die vorliegende Anleitung für die Stufe F (flächendeckend) legt den Grundstein für ein harmonisiertes Vorgehen bei der Beurteilung der Fliessgewässer der Schweiz anhand des Makrozoobenthos.

Die allgemeine Beschreibung des Modul-Stufen-Konzeptes und die Methoden «Ökomorphologie – Stufe F», «Fische – Stufe F», «Kieselalgen – Stufe F», «Äusserer Aspekt» sowie «Chemisch-physikalische Untersuchungen – Nährstoffe» sind bereits vom Bundesamt für Umwelt BAFU veröffentlicht worden. Weitere Methoden des Konzeptes werden in loser Folge im Rahmen der Schriftenreihe «Umwelt-Vollzug» erscheinen.

Stephan Müller
Abteilungsleiter Wasser
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 > Einleitung

1.1 Das Modul-Stufen-Konzept

Bäche und Flüsse der Schweiz sind Teil einer vielfältig und intensiv genutzten Landschaft. Sie sind von Siedlungen, Landwirtschaftsland und Strassen umgeben, sie werden zur Energiegewinnung gestaut, zur Sicherung gegen Hochwasser verbaut, und sie nehmen gereinigtes Abwasser aus Kläranlagen auf. Diese Nutzungen beeinflussen die vielfältigen Funktionen der Gewässer, den Lebensraum für eine reiche Tier- und Pflanzenwelt etwa, aber auch für den Menschen wichtige Ökosystemleistungen wie die Versorgung mit Trinkwasser oder den Hochwasserrückhalt.

Vielfältige Funktionen
von Fliessgewässern

Während sich der Gewässerschutz früher auf die Reduktion der chemischen Belastung konzentrierte, steht heute der ganzheitliche Schutz der Gewässer als Ökosysteme im Vordergrund. Ein umfassender Schutz der Gewässer bedingt genaue Kenntnisse über ihren Zustand. Dies macht die Untersuchung nicht nur der Wasserchemie sondern auch der Gewässerstruktur, der Abflussverhältnisse sowie der Lebensgemeinschaften von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen nötig. Das Modul-Stufen-Konzept (MSK) bildet die Grundlage für eine solche ganzheitliche Untersuchung und Bewertung der Fliessgewässer¹.

Ganzheitliche Bewertung
von Fliessgewässern

Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts erarbeitet das Bundesamt für Umwelt BAFU zusammen mit der Eawag und den kantonalen Fachstellen Methoden, mit denen der Zustand der Fliessgewässer in der Schweiz einheitlich untersucht und beurteilt werden kann. Die Methoden erfassen chemisch-physikalische, hydromorphologische, biologische sowie ökotoxikologische Aspekte der Gewässerqualität. Sie sind in verschiedene Stufen gegliedert, die sich in ihrer Bearbeitungsintensität und ihrem räumlichen Bezug unterscheiden:

Aufbau des
Modul-Stufen-Konzepts

- > *Flächendeckend*: Flächendeckende Untersuchungen mit geringer Untersuchungstiefe, Überblick über den Gewässerzustand anhand des Makrozoobenthos, Erkennen von Beeinträchtigungen mit deutlichen biologischen Auswirkungen, Erkennen der Notwendigkeit vertiefter Untersuchungen, grobe Orientierung über die Verbreitung der Organismen in einem grösseren Gebiet.
- > *Systembezogen*: Detailliertere Untersuchung ausgewählter Gewässersysteme, differenzierte Interpretation der Untersuchungsergebnisse im Vergleich mit dem unbeeinträchtigten Zustand (naturnahe Referenzbedingungen).
- > *Abschnittsbezogen*: Bearbeitung spezifischer Problemstellungen an einzelnen Gewässerabschnitten. Auf die Entwicklung von standardisierten Methoden auf Stufe A wird verzichtet; hier kommen projektspezifische Untersuchungsansätze zur Anwendung, beispielsweise zur kleinräumigen Erfolgskontrolle von Massnahmen².

Stufe F

Stufe S

Stufe A

¹ BUWAL 1998: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

² Woolsey et al. 2005: Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen.
www.rivermanagement.ch/erfolgskontrolle/welcome.php

1.2

Rechtliche Grundlagen

Das Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG, SR 814.20) beauftragt in Artikel 57 den Bund und in Artikel 58 die Kantone, Abklärungen über Gewässer vorzunehmen. Darunter fallen unter anderem Erhebungen darüber, ob die in Anhang 1 Ziffer 1 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201) definierten ökologischen Ziele für oberirdische Gewässer, welche gemäss Artikel 1 Absatz 2 GSchV beim Vollzug der Gewässerschutzgesetzgebung zu berücksichtigen sind, erreicht werden.

Anhang 1 Ziffer 1 Absatz 1 GSchV sagt:

- ¹ *Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen:*
- a. naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren;*
 - b. eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.*

Ökologische Ziele für
oberirdische Gewässer

Bund und Kantone führen auch Erhebungen darüber durch, ob die in Anhang 2 Ziffer 1 GSchV genannten Anforderungen an die Wasserqualität oberirdischer Gewässer erfüllt sind.

Die Ergebnisse der Erhebungen werden vom Kanton den Bundesstellen mitgeteilt (Art. 58 Abs. 1 GSchG)

Die vorliegende Publikation zeigt auf, wie solche Abklärungen mittels der Untersuchung des Makrozoobenthos vorgenommen werden können.

1.3 Beurteilung von Fließgewässern anhand des Makrozoobenthos

Methoden zur biologischen Zustandsbeschreibung der Fließgewässer sind ein wichtiger Bestandteil für die Erfolgskontrolle im Gewässerschutz. Die im Bach oder Fluss lebenden Tiere, insbesondere die wenig mobilen, aber oft empfindlichen Makroinvertebraten der Gewässersohle, widerspiegeln die Gesamtheit aller auf sie einwirkenden Umgebungsfaktoren. Dies gilt nicht nur für die Wasserqualität, sondern auch für die morphologischen und hydrologischen Bedingungen und für die Dynamik im Gewässer. Entsprechend stellt die Artengemeinschaft, welche ein Gewässer besiedelt, ein Abbild des Gesamtzustandes des Ökosystems Fließgewässer dar und kann als integrierendes Überwachungsinstrument für dessen ökologischen Zustand verwendet werden. Eine gute biologische Überwachung kann dazu beitragen, noch unbekannte Beeinträchtigungen zu erkennen, um nachfolgend geeignete Gegenmassnahmen ergreifen zu können.

Gewässerschutzmassnahmen werden zunehmend international diskutiert. Auch innerhalb der EU werden von allen Mitgliedstaaten verbindlich einheitliche ökologische Zielsetzungen sowie vergleichbare, standardisierte Gewässeruntersuchungen verlangt (EU-Wasserrahmenrichtlinie³). Die Mehrzahl unserer Nachbarländer verfügt bereits seit längerem über biologische Untersuchungsverfahren zur Zustandsbeurteilung der Fließgewässer anhand des Makrozoobenthos⁴. Bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie haben die EU-Länder ihre Bewertungsverfahren im Rahmen einer gemeinsamen Kalibrierung abzugleichen. Um die Situation der schweizerischen Fließgewässer im europäischen Rahmen einordnen zu können, wird es immer wichtiger, dass die Schweiz über eine vergleichbare biologische Methodik zur Gewässerbeurteilung verfügt.

Methoden zur Gewässer-
untersuchung in Europa

In der Schweiz wurden in den vergangenen Jahren für die Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer anhand des Makrozoobenthos verschiedene Indices eingesetzt, z. B. der Saprobienindex, der Indice biologique global normalisé IBGN oder der Makroindex. Bisher fehlte jedoch in der Schweiz ein einheitliches Vorgehen zur Probenahme und zur Auswertung der Proben. Aufgrund der Erfahrungen mit einer Entwurfsfassung des Moduls Makrozoobenthos Stufe F und einem Vergleich verschiedener Probenahmemethoden⁵ haben sich Makrozoobenthos-Fachleute in der Schweiz in einer breit abgestützten Diskussion auf ein einheitliches Vorgehen geeinigt. Die Methode basiert weitgehend auf dem Indice biologique global normalisé IBGN (1992) und wird als IBCH bezeichnet.

Neue, einheitliche Methode
für die Schweiz

Mit der vorliegenden Methode steht nun ein einheitliches Verfahren für die Probenahme und die Auswertung der Proben vor. Sie umfasst ein standardisiertes Erhebungsprotokoll sowie eine standardisierte Liste der Makroinvertebraten, welche das Bestimmungsniveau der Organismen auf Stufe F festlegt. Ein methodischer Anhang beinhaltet

³ Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Massnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.

⁴ Zum Beispiel: Deutschland: Saprobienindex, DIN 38410; Österreich: ÖNORM M 6231; Frankreich: Index Biologique Global Normalisé, AFNOR T 90–350; Belgien: Belgian Biotic Index, NBN T 92–402; England: BMWP (Biological Monitoring Working Party)-Score und ASPT (Average Score per Taxon); ISO TC 147 SC5 WG 6N40; Int. Standards: ISO/FDIS 8689-1, ISO/FDIS 8689-2.

⁵ Stucki P. et al. 2008: Vergleich von drei in der Schweiz angewandten Probenahmemethoden des Makrozoobenthos. CSCF, EAAG, OFEV, Hintermann & Weber.

alle technischen Details für die Probenahmen im Feld und für die Bearbeitung der Proben im Labor. Zusätzlich werden digitale Feld- und Laborprotokolle zur Verfügung gestellt, die unter www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm abgerufen werden können. Damit werden die Voraussetzungen geschaffen, eine einheitliche Datengrundlage für Makrozoobenthos-Untersuchungen in der Schweiz aufzubauen, eine entsprechende Datenbank (MIDAT) ist zur Zeit im Aufbau. Eine solche Datengrundlage bildet die Basis für die weitere Entwicklung und Verfeinerung des Beurteilungsverfahrens für die Schweiz, beispielsweise die Anpassung des Indexes IBCH an verschiedene Gewässertypen.

Eine Anleitung zur Berechnung des bisherigen Makroindex sowie die zugehörige Taxaliste stehen auf der Internetseite www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm noch zur Verfügung. Dadurch kann die Kontinuität der Untersuchungen und Überwachungsprogramme, welche mit dieser früheren Methode durchgeführt worden sind, gewährleistet werden.

Über die Beurteilung von Fliessgewässern hinaus kann anhand der wirbellosen Kleinlebewesen der Gewässersohle auch die Entwicklung der Biodiversität in Bächen und Flüssen dokumentiert werden. Ab dem Jahr 2010 werden im Rahmen des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM-CH) die Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen an ausgewählten Stellen erhoben. Die Probenahme ist mit dem in dieser Methode vorgestellten Vorgehen identisch.

2 > Ziel, Zweck und Anwendung der Methode

2.1 Allgemeine Zielsetzungen

Untersuchungen des Makrozoobenthos in Fließgewässern haben allgemein zum Ziel:

- > die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Fließgewässers zu beurteilen und im Hinblick auf den biologischen Gewässerzustand und die ökologischen Ziele gemäss Anhang 1 GSchV zu bewerten;
- > einen Beitrag zu liefern für die Dokumentation allfälligen Handlungsbedarfes im Hinblick auf die Verbesserung des Gewässerzustandes;
- > Kenntnisse zu gewinnen über die Organismenvielfalt der Lebensgemeinschaft auf und in der Gewässersohle.

Entsprechend dem Modul-Stufen-Konzept werden mit Hilfe dreier Stufen unterschiedlicher Bearbeitungsintensität verschiedene Teilziele angestrebt (siehe Kap. 1.1).

2.2 Zweck und Fragestellungen der Methode auf Stufe F (IBCH)

Das Verfahren der Stufe F ist so konzipiert, dass damit rasch und mit relativ wenig Aufwand ein grober Überblick über den Zustand des Makrozoobenthos in den Gewässern einer Region gewonnen werden kann. Die Methode verfolgt in erster Linie zwei Ziele:

Der Grad der Naturnähe der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft der Makroinvertebraten soll abgeschätzt und auf einer Skala mit wenigen Stufen bewertet werden können. Beeinträchtigungen mit deutlichen biologischen Auswirkungen sollen erkannt werden, zudem sollen Situationen ausgewiesen werden, bei denen ein Bedarf für weitere Abklärungen mit Hilfe von differenzierteren Methoden besteht. Eine vertiefte Analyse der Zusammensetzung des Makrozoobenthos nach Gewässertypen ist auf Stufe F nicht vorgesehen. Bei der Auswertung der Befunde wird auf dieser Stufe den qualitativen Aspekten eine höhere Bedeutung zugemessen als den quantitativen.

Bewertung des
Gewässerzustandes

Es sollen Kenntnisse gewonnen werden über das Vorkommen häufiger und auffälliger, für Fließgewässer typischer und leicht identifizierbarer Makroinvertebraten⁶.

Faunistik

In Kombination mit anderen Modulen können mit der vorliegenden Methode Hinweise auf die Ursache der Beeinträchtigung (z. B. akute oder chronische stoffliche, morphologische, hydraulische, toxische Ursachen) gewonnen werden.

⁶ Diese Kenntnisse können durch eine Archivierung und detaillierte Bearbeitung des Benthosmaterials zu einem späteren Zeitpunkt erweitert werden (s. Kap. 3.4.5).

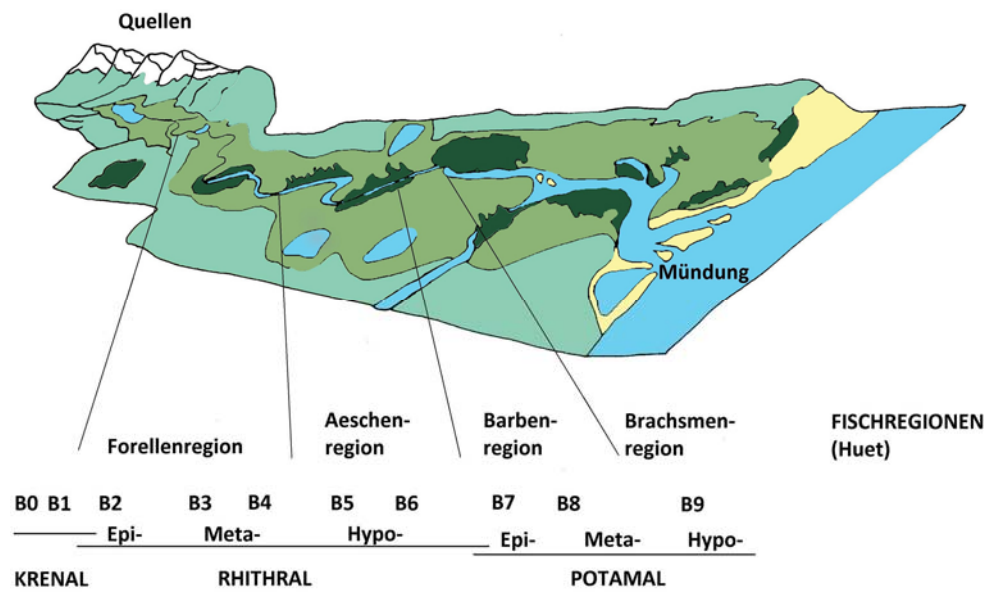
2.3

Anwendungsbereich und Grenzen der Methode

Die Methode Makrozoobenthos – Stufe F (IBCH) eignet sich für kleine und mittelgrosse Gewässer der Schweiz. Die Untersuchungsstandorte müssen gefahrenlos mit Watstiefeln begehbar sein. Die Methode kann in Fliessgewässern des Epirhithrals (obere Forellenregion, B3) bis zum Epipotamal (mittlere Cyprinidenregion, B8) angewandt werden. Ausserhalb dieser typologischen Bandbreite können die erreichbaren Maximalwerte nicht-beeinträchtigter Fliessgewässer natürlicherweise deutlich geringer sein (s. Abb. 1 und Kap. 4.3.1).

Abb. 1 > Zonierung der Fliessgewässer und Fischregionen

Die Methode kann in den Bereichen B0, B1 und B9 nicht angewandt werden.



Die Methode kann in zu tiefen oder schnell fliessenden Fliessgewässern (wie dem Rhein, der Aare, einem Teil der Reuss und der Limmat) nicht angewandt werden. Um in grossen Fliessgewässern Benthosproben entnehmen zu können, muss mindestens ein Drittel der untersuchten Fläche mit Watstiefeln begehbar sein.

Auf der anderen Seite eignet sich diese Methode nicht für Untersuchungen von Quellen und nur teilweise für direkt darunter gelegene Quellbäche. Kleine Fliessgewässer müssen genügend grosse Breiten, Wassertiefen und Abflüsse aufweisen, so dass die Methode des Kick-Sampling und das Aufnahmegeraster des IBCH angewandt werden können.

Die Probenahme muss ausserhalb von Hochwasserperioden oder ausgeprägten Trockenzeiten stattfinden. Es muss gewährleistet sein, dass sich aussergewöhnliche hydrologische Ereignisse nicht negativ auf die Resultate auswirken. Spezielle Abflüsse führen entweder zu einem Verschwinden eines Teils der Biozönose, zu einem Zurückziehen der Tiere in tiefe Substratbereiche (Trockenzeiten) oder zu einer Verschiebung

der Benthospopulationen durch Drift (Hochwässer mit starkem Geschiebetrieb). Bevor die vorgesehenen Untersuchungen durchgeführt werden, sollen hydrologische und biozönotische Normalverhältnisse abgewartet werden. Der Verantwortliche muss das Ausmass der Auswirkungen und die Dauer der Beeinträchtigung abschätzen. Letztere kann sehr unterschiedlich sein und steht im Zusammenhang mit der Art des Substrates sowie der Sohlmorphologie. Die theoretische mittlere Dauer der Wiederbesiedlung nach einem Hochwasser liegt zwischen 10 Tagen und 3 Wochen, kann aber auch deutlich länger dauern (1 bis 2 Monate in einem Gebirgsbach mit sehr grober Sohle).⁷

2.4 Weitere orientierende Gewässerbeurteilungen

Begleitend zur zoobenthologischen Erhebung wird empfohlen, das Fliessgewässer gleichzeitig gemäss den Modulen «Ökomorphologie»⁸ und «Äusserer Aspekt»⁹ (siehe www.modul-stufen-konzept.ch) zu beurteilen sowie die Parameter gemäss Anhang A1 aufzunehmen. Das Modul «Äusserer Aspekt» ist ein Instrument zur Beurteilung des makroskopischen Zustands der Fliessgewässer im Hinblick auf die Anforderungen von Anhang 2 GSchV an oberirdische Gewässer (z. B. Eisensulfidflecken, Trübung, Verfärbung des Wassers, Schaum, Geruch, unnatürliches Wuchern von Algen oder Wasserpflanzen, Schlamm, Abfälle oder von blossen Auge sichtbarer Bewuchs von Bakterien, Pilzen oder Protozoen).

⁷ C. GAY et al. 2000. Indice biologique global normalisé I.B.G.N. NF – T 90–350. Guide technique. Agences de l'eau.

⁸ BUWAL (Hrsg.) 1998: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Hütte M., Niederhauser P. (Autoren). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 49 S.

⁹ BAFU (Hrsg.) 2007a: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Binderheim E., Göggel W. (Autoren). Umwelt-Vollzug Nr. 0701, Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.

3 > Beschreibung der Methode IBCH

3.1 Prinzip

3.1.1 Übereinstimmungen zwischen dem IBCH und dem IBGN

Die nachfolgend beschriebene Methode basiert darauf, dass zwischen einer Biozönose und einem Fließgewässerhabitat stets ein Zusammenhang besteht. Ändern sich gewisse Parameter des Fließgewässerhabitats, hat dies mehr oder weniger starke Auswirkungen auf die dortige Benthospopulation. Wird somit ein einzelner Standort untersucht, gibt dies Auskunft über dessen Zustand. Werden dagegen mehrere Standorte untersucht (z. B. «oberhalb – unterhalb» oder «vorher – nachher»), kann bestimmt werden, wie sich veränderte Umweltbedingungen auf das Benthos auswirken.

Zusammenhang zwischen
Makrozoobenthos und
Fließgewässerhabitat

Der IBCH wird direkt vom IBGN abgeleitet und übernimmt einen Grossteil dieser Methode: Anhand einer Analyse der Wirbellosenbesiedlung des Substrates wird die Qualität eines Lebensraums beurteilt. Dabei wird die Diversität der erhobenen Organismen (Anzahl vorhandener systematischer Einheiten) und die Empfindlichkeit gewisser Taxa (Indikatororganismen) in Beziehung zu den abiotischen Einwirkungen gesetzt. Das Verzeichnis der Organismen (s. Anhang A7-1), auf der die Berechnung dieses Indexes beruht, enthält 142 Taxa. Mit Ausnahme einiger faunistischer Gruppen, die nur bis auf den Stamm oder die Klasse bestimmt werden, wird als taxonomische Einheit die Familie verwendet. Von den 142 berücksichtigten Taxa werden deren 38 in 9 Indikatorgruppen (IG) eingeteilt. Diese werden in der Tabelle zur Bestimmung des Indexes (s. Anhang A7-2) mit zunehmender Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen von 1–9 durchnummeriert. Eine automatische Berechnung des Indexes ergibt sich beim Ausfüllen der Taxaliste des Excel-Sheets «Labor-Protokoll» (s. Anhang A4), das unter www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm heruntergeladen werden kann.

IBCH direkt vom französischen
IBGN abgeleitet

Der grösste Unterschied zwischen dem IBCH und dem IBGN besteht in der Wahl des Probenahmegerätes. Ein Vergleich verschiedener gängiger Methoden¹⁰ hat die Vorteile der Technik des «Kicksamplings» im Vergleich zur Probenahme mittels Surber-Netz bei den in der Schweiz vorkommenden Fließgewässertypen klar aufgezeigt. Der Wechsel des Probenahmegerätes führt zu einer grösseren Diversität der erhobenen Taxa (zusätzlich wird auch die hyporheische Fauna erfasst), ohne dass dadurch die Variabilität der Resultate verändert wird.

Mit Ausnahme dieser veränderten Probenahmetechnik und ihren Auswirkungen auf das Feldprotokoll übernimmt der IBCH in extenso die Richtlinien der französischen Norm von 1992 (IBGN).

¹⁰ Stucki P. et al. 2008: Vergleich von drei in der Schweiz angewandten Probenahmemethoden des Makrozoobenthos. CSCF, EAWAG, OFEV, Hintermann & Weber.

Mit der Zeit wird eine analytische Auswertung der Faunenlisten, die gesamtschweizerisch archiviert werden (Datenbank MIDAT), es erlauben, den Index IBCH zu verfeinern und weiterzuentwickeln, so dass er an die Besonderheiten der Schweizer Fließgewässer angepasst werden kann.

3.1.2 Bedeutung des Substrates

Fließgewässer weisen natürlicherweise eine grosse strukturelle Diversität auf. Dies zeigt sich in einer grossen Varietät an Substraten wie sandigen Bereichen, Ansammlungen von Laub und anderem Detritus, Bereichen mit starker Strömung, einer steinigen Sohle, anstehendem Fels etc. Viele in Fließgewässern vorkommende Wirbellose weisen sehr spezielle Anpassungen an diese Habitate auf und besiedeln nur Bereiche, in denen für sie günstige Bedingungen herrschen. Reich strukturierte Fließgewässer werden somit von einer sehr diversen und artenreichen Wirbellosenfauna besiedelt. Eine Beschreibung der verschiedenen Substrattypen ist in Anhang A3-1 und A3-2 dargestellt.

Die Substratdiversität eines Standortes hat grosse Auswirkungen auf die Zusammensetzung der erhobenen Organismen. Es ist deshalb von grösster Wichtigkeit, diese bei den Probenahmen entsprechend zu berücksichtigen. Gleichzeitig ist festzuhalten, welche typischen Habitate vorkommen, welchen Prozentsatz der Probefläche sie ausmachen und wie häufig sie sind.

Zusammenhang zwischen der Wirbellosenfauna und dem Substrat des Gewässers

Probenahme berücksichtigt Zusammensetzung des Substrats

Tab. 1 > Einteilung der Substrate nach ihrer Häufigkeit

Vorkommen	Flächenmässiger Anteil
(4) sehr häufig (dominant)	Mehr als 50 % der Fläche des Gewässerabschnittes
(3) häufig	Zwischen 11 % und 50 % der Fläche des Gewässerabschnittes; prägen den Charakter eines Abschnittes
(2) selten	Zwischen 5 % und 10 % der Fläche des Gewässerabschnittes; sind aber trotzdem typisch für den Abschnitt
(1) sehr selten	Weniger als 5 % der Fläche des Gewässerabschnittes; marginale Habitate, die eine spezifische Fauna beherbergen

Das in Anhang A1 dargestellte Aufnahmeraster IBCH berücksichtigt diese Klassierung. Es erlaubt es, die Aufnahmen gemäss nachlassender Eignung des Substrates für Wirbellose durchzuführen. Diese präzise Erhebungsmethode hat zum Ziel, mit einem entsprechenden methodischen Vorgehen zu gewährleisten, dass Substrate mit grossem biogenem Potenzial auch wirklich beprobt werden, gleichzeitig aber auch Taxa erfasst werden, welche nur in speziellen Substraten vorkommen. Dadurch sollen die an einem Standort vorhandenen Taxa möglichst vollständig erfasst werden und dies mittels einer Technik, bei der die Abweichungen zwischen verschiedenen Bearbeitern minimiert werden (Verneaux 1982).

Bei der wiederholten Untersuchung eines bestimmten Standortes ist es wichtig, dass die Häufigkeit der verschiedenen Substrattypen bei jeder Feldkampagne überprüft und bei allfälligen grundlegenden Veränderungen ein neues Aufnahmeraster erstellt wird (z. B. nach Veränderung der Sohle und Geschiebetrieb bei Hochwasser).

3.2 Planung der Probenahmen

3.2.1 Auswahl der Probenahmestandorte

Es gibt keine Kriterien für die Auswahl der Probenahmestandorte, die einfach anzuwenden und für die gesamte Schweiz gültig sind. Generell müssen die ausgewählten Standorte repräsentativ für das Fließgewässer sein und den gesetzten Zielen angepasst werden. Extreme, für das Gewässer nicht typische Bereiche, sollen nicht erfasst werden.

Tab. 2 > Hauptsächliche Typen von Probenahmestandorten

Standorttyp	Prinzip	Ziel
Problemstellen bei Gewässerbeeinträchtigungen	Stellen oberhalb und unterhalb von Punkten, von denen eine Beeinträchtigung des Gewässers ausgeht (z. B. Abwassereinleitungen, Wasserentnahmen)	Effekte von Beeinträchtigungen und Sanierungsmassnahmen betreffend Wasserqualität, Hydrologie oder Morphologie erkennen
Repräsentative Stellen für Einzugsgebiete oder Geländekammern	Jedes wichtige Teileinzugsgebiet resp. jede grössere Geländekammer (Haupttal, Nebentäler) ist mit mindestens einer Probenahmestelle repräsentiert (möglichst im untersten Drittel des Hauptgewässers).	Kenntnisse über das Organismenspektrum des Makrozoobenthos in den jeweiligen Geländekammern oder Einzugsgebieten; Erkennen von Veränderungen; Monitoring über längere Zeiträume; Erfolgskontrolle grossflächig wirkender Massnahmen (ev. Beitrag zum Biodiversitätsmonitoring = BDM).
Referenzstellen mit möglichst geringer anthropogener Beeinträchtigung	Auswahl von bezüglich Wasserqualität, Hydrologie oder Ökomorphologie möglichst unbeeinflussten Stellen. Die Möglichkeit vertiefter taxonomischer Bearbeitung soll möglichst berücksichtigt werden.	Kenntnisse über das Organismenspektrum des Makrozoobenthos, welches natürlicherweise (d. h. ohne anthropogene Beeinträchtigung) die verschiedenen Gewässertypen auszeichnet (ev. Beitrag zum BDM).

Damit eine längerfristige Konstanz und Vergleichbarkeit der Ergebnisse sichergestellt wird, sind die Probenahmestellen mit Vorteil so auszuwählen, dass sie auf absehbare Zeit beibehalten werden können. Ausgenommen davon sind die Problemstellen, welche in der Regel aufgegeben werden, sobald das Gewässer saniert ist. Zudem sollen eventuell vorhandene frühere Untersuchungen bei der Festlegung der Stellen berücksichtigt werden. Bei der Stellenwahl empfiehlt es sich zudem darauf zu achten, dass die Zugänglichkeit zu allen Jahreszeiten gewährleistet ist. (s. Kap. 3.2.3).

Es ist wünschenswert, vorgängig Informationen über die Struktur und die Morphologie des vorgesehenen Untersuchungsgebietes einzuholen, z. B. anhand der Resultate des Moduls «Ökomorphologie – Stufe F». Diese Resultate können zusätzliche Angaben für die Auswahl der Untersuchungsstandorte liefern.

3.2.2 Definition günstiger Probenahmeperioden (Zeitfenster)

Der Zeitpunkt der Probenahme stellt einen wichtigen Faktor dar, der die erhaltenen Resultate signifikant beeinflusst¹¹. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, den Zeitpunkt der Probenahmen zu standardisieren, damit die Vergleichbarkeit der Daten im Rahmen eines Überwachungsprogramms der Wasserqualität und der Biodiversität gewährleistet ist. Ein Vorschlag der Verteilung solcher Zeitfenster in Abhängigkeit der Meereshöhe ist in Tabelle 3 aufgeführt.

Standardisierter Zeitpunkt
der Probenahme

Die Methode sieht für eine flächendeckende Erhebung auf Stufe F eine einzige Probenahme pro Jahr innerhalb des vorgeschlagenen Zeitfensters vor. Diese optimale theoretische Zeitspanne muss in Abhängigkeit der klimatischen und hydrologischen Verhältnisse des laufenden Jahres angepasst werden. Perioden mit Gletscher- und Schneeschmelze wie auch extreme Trockenperioden (z. B. im Süd-Tessin) sind zu vermeiden. Falls Gletscher- und Schneeschmelze die hydrologischen Verhältnisse im Gewässer massgeblich beeinflussen, ist die Probenahme auf die Periode Oktober bis März zu verschieben. Gleichzeitig sind bei der Planung der Probenahme tägliche und wöchentliche Abflussvariationen (Gletscherschmelze, Kraftwerksregime, Schwall/Sunk, Stauraum- und Entsanderspülungen) zu berücksichtigen, indem hydrologisch möglichst stabile Situationen ausgewählt werden.

Eine Probenahme pro Jahr
auf Stufe F

Kommen in einer Höhenstufenklasse mehrere Standorte vor, sollen die untersten als Erstes beprobt werden, während die obersten gegen Ende des Zeitfensters untersucht werden. Vor und nach dem eigentlichen Zeitfenster der Aufnahmen ist ein Puffer-Zeitfenster von 15 Tagen vorgesehen, um spezielle klimatische Ereignisse zu berücksichtigen (speziell warmer oder kalter Frühling, Perioden mit langanhaltenden Niederschlägen).

Tab. 3 > Empfohlene prioritäre Erhebungsfenster in Abhängigkeit der Meereshöhe

Monat	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August	
Zeitfenster/Meereshöhe	01.–15.	16.–31.	01.–15.	16.–28.	01.–15.	16.–31.	01.–15.	16.–30.	01.–15.	16.–31.	01.–15.	16.–30.	01.–15.	16.–31.	01.–15.	16.–31.
200–600 m				P	Z	Z	P									
601–1000 m						P	Z	Z	P							
1001–1400 m							P	Z	Z	P						
1401–1800 m								P	Z	Z	P					
> 1800 m										P	Z	Z	P			

Z = prioritäre Zeitfenster; P = Puffer für hydrologische Sonderfälle

Tab. 4 > Zeitfenster für fakultative Feldkampagnen

	200–600 m	601–1000 m	1001–1400 m	1401–1800 m	> 1800 m
Kampagne II (fakultativ)	16.05.–15.06.	16.06.–15.07.	01.07.–30.07.	16.09.–15.10.	16.09.–15.10.

¹¹ Stucki P. et al. 2008: Vergleich von drei in der Schweiz angewandten Probenahmemethoden des Makrozoobenthos. CSCF, EAWAG, OFEV, Hintermann & Weber.

Die Methode IBCH begnügt sich mit einer einzigen Feldkampagne pro Jahr (prioritäre Kampagne). Es kann aus verschiedenen Gründen angezeigt sein, eine zweite oder noch weitere, fakultative Kampagnen durchzuführen, beispielsweise zur Weiterführung langjähriger Datenreihen mit mehr als einer Erhebung pro Jahr, zur Dokumentation von Beeinträchtigungen durch die Landwirtschaft im Sommer oder durch den Tourismus im Winter. Eine zweite (fakultative) Kampagne kann saisonale Schwankungen eines Fliessgewässers aufzeigen oder im Gegenteil die Stabilität der Standorte bekräftigen. Je nach Ziel der Untersuchung muss der Zeitpunkt der Probenahme angepasst werden. Die in Tabelle 4 aufgeführten Zeitfenster der fakultativen Feldkampagne stellen Richtwerte dar. Solche bei eventuellen Zusatzkampagnen erhaltenen Resultate werden niemals gemittelt oder kumuliert.

Weitere fakultative Erhebungen

3.2.3 Sicherheitsmassnahmen und -vorschriften

Die Probenahme von Makrozoobenthos in Fliessgewässern kann nur mit einer entsprechenden Vorbereitung und spezifischem Material durchgeführt werden. Je nach Kanton, Fliessgewässer oder Gewässerabschnitt muss teilweise eine Genehmigung eingeholt werden. In Anhang A6 werden die wichtigsten Sicherheitsregeln und Vorsichtsmassnahmen solcher Feldkampagnen dargestellt. Sie betreffen insbesondere Vorsichtsmassnahmen in folgenden Fällen/Bereichen:

- > Zugang und Fortbewegung im Fliessgewässer;
- > Zugang/Verhalten in Bereichen, die von Wasserkraftwerken genutzt werden;
- > Zugang zu speziell geschützten Abschnitten;
- > Hochwassergefahr;
- > Risiko des Verschleppens von Krankheitserregern.

3.3 Probenahme der Makroinvertebraten im Feld

3.3.1 Aufnahmefläche

Die Aufnahmefläche entspricht einem repräsentativen Abschnitt des untersuchten Gewässers, dessen Länge zehnmal grösser ist als die mittlere Breite der benetzten Fläche des Fliessgewässers. Innerhalb dieser Fläche werden mit Hilfe des Erhebungsrasters (s. Anhang A1-1) 8 Probestellen bestimmt. Mit dieser Methode wird das biogene Potenzial des Gewässers erfasst; die Abweichungen zwischen verschiedenen Bearbeitern werden reduziert.

Im Falle von speziell strukturreichen Fliessgewässern (z.B. Auenbereiche) ist es möglich, genau 4 zusätzliche Proben in speziellen Habitaten zu entnehmen. Diese 4 fakultativen Proben werden stets getrennt von den 8 Standard-Proben behandelt (von der Probenahme an bis zur Interpretation der Resultate).

Mit den Koordinaten XY (CH-1903) des Standorts wird der unterste Punkt des untersuchten Abschnitts angegeben. Dieser wird in der Mitte des Gewässers erhoben. Im oberen Bereich des Protokolls werden die obligatorischen Informationen aufgeführt;

der unterste Abschnitt kann in Abhängigkeit von kantonalen Standards oder sonstigen Besonderheiten entsprechend adaptiert werden.

3.3.2 **Aufnahmeraster (Anhang A1-1)**

Das Aufnahmeraster stellt eine Hilfe bei der Auswahl der genauen Probestellen dar. Es wird ausgefüllt, indem die 8 (bzw. 8+4) Stellen in einem Maximum der Zellen der Tabelle resp. in möglichst vielen Substrat-Fliessgeschwindigkeits-Kombinationen des Untersuchungsstandortes verteilt werden.

Das Ausfüllen des Rasters wird in Anhang A1-2 erklärt und geschieht folgendermassen:

- > Ausfüllen der Spalte «Deckungsgrad», indem pro Substrat die prozentuale Fläche abgeschätzt wird (s. «optische Hilfe zur Bestimmung des Deckungsgrades»);
- > Jede Probenahme wird in einer anderen Kombination Substrat-Fliessgeschwindigkeit vorgenommen. Begonnen wird mit dem Substrat mit der höchsten Bewohnbarkeit und der günstigsten Fliessgeschwindigkeit. Es wird versucht, alle vorhandenen Substrate zu berücksichtigen;
- > Die Bewohnbarkeit der Substrate und Fliessgeschwindigkeiten ist in der Spalte S = Substrat (abnehmende Bewohnbarkeit von 10 bis 0) resp. V = Fliessgeschwindigkeit (abnehmende Bewohnbarkeit von 5 bis 1) angegeben;
- > Sind weniger als 8 verschiedene Substrattypen vorhanden, wird eine zweite Probenahme in den Substraten mit der grössten Bewohnbarkeit vorgenommen. Diese müssen jedoch eine andere Fliessgeschwindigkeit aufweisen, wobei die zweitgünstigste Kombination Substrat-Fliessgeschwindigkeit berücksichtigt wird. Dabei wird jeweils nach abnehmender Bewohnbarkeit vorgegangen;
- > In jeder Zelle, die der berücksichtigten Kombination Substrat-Fliessgeschwindigkeit entspricht, wird jeweils die Nummer der Probenahme notiert (1 bis 8 resp. 9 bis 12); evtl. wird zudem der beprobte Substrattyp angegeben.

3.3.3 **Ausrüstung und Material für die Probenahmen**

Eine komplette Liste der benötigten Ausrüstung und des Materials für die Probenahmen ist in Anhang A5 aufgeführt. Benötigt werden insbesondere:

- > Adäquates Feldmaterial (Stiefel/Fischerstiefel/Watstiefel; Schwimmweste);
- > Desinfektionsmittel für die Stiefel und das Probenahmematerial, sofern Probenahmen am gleichen Tag in unterschiedlichen Einzugsgebieten durchgeführt werden, um bei der Feldkampagne keine Krankheitserreger zu verschleppen;
- > Material zum Markieren und Vermessen des Standortes;
- > Material für die Probeentnahme, darunter auch das normierte Kicknetz 25 x 25 cm, Konservierungsmittel und Behälter zum Aufbewahren der erhobenen Proben.

3.3.4 Technik des «Kick-Samplings»

Die Proben werden mit der Kicknet-Methode erhoben. Dabei wird die benthische Fauna durch Umwühlen der Sohle mit dem Fuss in das Netz gespült (bearbeitete Fläche = Quadrat der Fusslänge). Das Netz wird dabei direkt unterhalb der zu untersuchenden Fläche auf der Sohle positioniert. Dieses «Kick-Sampling» dauert maximal 30 Sekunden. Je nach Substrat muss das Vorgehen entsprechend angepasst werden (s. Anhang A1-2).

Falls unter einer grobkörnigen mineralischen oder organischen Substratschicht Sedimente vorhanden sind, muss am Ende des «Kick-Samplings» immer die gesamte Fläche noch einmal umgewühlt werden¹².

Es wird empfohlen, das Netz nach jedem «Kick-Sampling in ein Becken oder in einen Eimer mit Wasser zu entleeren, damit keine Organismen entkommen. Gleichzeitig erlaubt dies dem Bearbeiter zu überprüfen, ob alle Probenahmen erfolgreich sind¹³.

3.3.5 Aufbereiten der Proben

Nach der Probenahme wird das Material so aufbereitet, dass es in 95 %-igem Ethanol fixiert zur weiteren Bearbeitung ins Labor überführt werden kann. Diese Phase umfasst folgende Schritte:

- > Die Proben werden im Feld von Feinsedimenten, Sand und Steinen befreit. Dazu wird die Probe noch im Netz so lange gespült, bis keine Trübstoffe mehr ausgeschwemmt werden. Ein gründliches Reinigen der Proben im Feld erleichtert ihre weitere Bearbeitung und verhindert das Verstopfen von Rohren im Labor.
- > Jede derart gereinigte Probe wird anschliessend in einem Laborbecken, das einige Zentimeter hoch mit frischem Wasser gefüllt ist, ein paar Minuten ruhig stehen gelassen. Vorhandene Fische und Amphibien werden entfernt und ins Gewässer zurückgegeben. Allfällig vorhandene Flusskrebse werden bestimmt, im Feldprotokoll notiert und ebenfalls ins Gewässer zurückgegeben.
- > In einer nächsten Phase werden Pflanzenbestandteile, Äste und Steine aus dem Becken entfernt, wobei mit der Augenlupe kontrolliert wird, dass sich keine Benthosorganismen darauf befinden. Moose dürfen dabei nicht entfernt werden, da sie viele Organismen enthalten, die im Feld nicht mit der Pinzette entnommen werden können. Moose werden deshalb direkt in den Aufbewahrungsbehälter gegeben.
- > Danach werden mit der Pinzette möglichst rasch grosse und gefräßige, räuberische Insektenlarven wie *Rhyacophila* sp. (Trichoptera), *Sialis* sp. (Megaloptera), *Tabanus* sp. (Diptera), Larven von Libellen und Perlidae (Plecopteren), weit entwickelte Larven, Nymphen und Imagos sowie grosse Makroinvertebraten, die in geringer Zahl in

¹² Das Kicksampling stellt eine semi-quantitative Methode dar, bei der man mit der normierten Fläche des Netzes (25x25 cm) eine mit dem Fuss erzeugte Faunenwolke auffängt, deren Fläche dem Quadrat eines Fusses entspricht. Für quantitative Studien, bei der die Benthosbiomasse erhoben werden muss, kann das Kicknetz mit einem abnehmbaren Rahmen ausgerüstet werden, der auf die Sohle gestellt wird und mit Leitblechen versehen ist, damit die Organismen nicht seitwärts entkommen können.

¹³ Falls bei einer Probenahme keine Tiere erhoben werden, kann davon ausgegangen werden, dass die Probenahme in einer regelmässig trocken fallenden Fläche ausgeführt worden ist (z. B. ufernahe Bereiche in einem Abschnitt mit Schwall/Sunk). In solchen Fällen wird die Probenahme an einer Stelle mit identischer Kombination Substrat-Fließgeschwindigkeit wiederholt. Diese Kontrolle kann nur durchgeführt werden, wenn das Netz nach jedem «Kick-Sampling» geleert wird.

der Probe vorhanden sind, entnommen. All diese Larven werden in eine Dose mit 85 %-igem Alkohol überführt.

- > Danach wird das anorganische Material (Sand, Kies) durch mehrmaliges Dekantieren vom organischen Material getrennt. Dabei geht man ähnlich vor wie beim Goldwaschen, indem das Becken etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt und einige Male sanft hin und her geschwenkt wird. Sobald sich das anorganische Material mehrheitlich abgesetzt hat, das organische aber immer noch suspendiert ist, wird das Wasser zusammen mit den sich darin befindenden Tieren in das Netz oder in ein Sieb mit einer Maschenweite von 500 µm geleert. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis sich praktisch nur noch Sand und Steine im Becken befinden. Der Inhalt des Siebes wird darauf in den Aufbewahrungsbehälter entleert.
- > Nach dieser Etappe wird das Becken noch ein letztes Mal für einige Minuten ruhig stehen gelassen, um eine Endkontrolle durchzuführen, Trichopteren mit Köcher zu entnehmen, am Grund des Beckens haftende Tiere (Mollusken, Turbellarien, Blephariceriden) loszulösen und alles in den Aufbewahrungsbehälter überzuführen. Erst nach dieser Kontrolle werden Sand und Steine wieder in das Fließgewässer zurückgegeben.
- > Turbellarien müssen lebend bestimmt, separat mit einer Formol-/Essigsäure-Lösung fixiert und in Alkohol aufbewahrt werden.
- > Schliesslich werden die 8 Proben vereinigt und im gleichen Behälter aufbewahrt¹⁴. Ein zweiter Behälter enthält gegebenenfalls die 4 zusätzlich entnommen Proben, die separat behandelt werden. Alle verwendeten Behälter sind sofort mit normierten, vorgängig vorbereiteten Etiketten zu beschriften (s. Abb. 2). Diese werden direkt in die verwendeten Dosen und Becken gegeben.

3.3.6 Aufbewahrung der zu verarbeitenden Proben

Mit Ausnahme von größerem Material (Blätter, Äste), das im Feld überprüft werden kann, wird das organische Material ins Labor mitgenommen und dort aussortiert. Nach dem Abtropfen in einem Sieb mit einer Maschenweite von 500 µm werden die Proben zusammen in ein Gefäß geleert (z.B. Kübel mit einem hermetisch abschliessenden Deckel), mit 95 %-igem Ethanol fixiert und beschriftet (im Behälter mittels einer im Voraus per Laserdruck beschrifteten Etikette; auf dem Behälter mit einer Etikette, die mit einem weichen Bleistift beschriftet wird). Dabei werden die 8 Hauptproben (HD) immer von den allenfalls zusätzlich erhobenen 4 Proben (HM) getrennt aufbewahrt.

Die standardisierten Etiketten können vor der Felderhebung vorbereitet und mit einem Laserdrucker ausgedruckt werden. Die Beschriftung der Probe enthält folgende Informationen: «HELVETIA, Abkürzung des Kantons, Code des Standorts, Name des Fließgewässers, Ortsname des Standorts, ausgeführte Beprobung (HD: Hauptbeprobung in den dominanten Habitats, resp. 8 Probenahmen in verschiedenen Substrat-Fließgeschwindigkeits-Kombinationen; HM: Zusatzbeprobung in den marginalen Habitats, resp. 4 zusätzliche Proben in stark strukturierten Gewässern), CH-Koordinaten des Standorts, Meereshöhe des Standorts, Datum der Probenahme, Bearbeiter (leg.)».

¹⁴ In gewissen Fällen kann es sich als nützlich erweisen, jede Probe separat aufzubewahren, damit detaillierte Auswertungen vorgenommen werden können (z. B. Analyse pro Substrat/Habitat).

Abb. 2 > Beispiel einer zur Beschriftung der Proben verwendeten Etikette

HELVETIA	ID	ZH_585
Jonen nach Affoltern	HD	
675'912 / 238'013	472m	
Leg. H.Muster	30.3.2009	

Es wird empfohlen, die Proben bis zur weiteren Bearbeitung im Labor in genügend konzentriertem Ethanol (85 %) an einem kühlen Ort aufzubewahren.

3.4 Laborprotokoll

3.4.1 Laborausrüstung

Eine komplette Liste des nützlichen Labormaterials ist in Anhang A5 dargestellt. Es handelt sich insbesondere um:

- > optische Ausrüstung (Stereomikroskop) mit genügend grosser Vergrösserung für das Auslesen und Bestimmen des Materials.
- > Laborprotokolle (Anhang A4) und standardisierte Etiketten für die Archivierung des Materials.
- > Entomologisches Material für die Fixierung und die Aufbewahrung der Proben.

3.4.2 Technik des Sortierens

Ein der erhobenen Probe entsprechendes Sortieren muss gewährleisten, dass damit die Organismen der 142 Taxa umfassenden Liste (s. Kap. 3.1.1) vollständig erfasst werden. Zudem müssen für jedes Taxon Angaben über dessen Abundanz gemacht werden können (s. Laborprotokoll Anhang A4)

Prinzip

Das Sortieren der Proben geschieht mittels Stereomikroskop, indem sukzessiv ein Teil der Proben in einer gläsernen Petrischale ausgebreitet wird (bedeckt von 85 prozentigem Alkohol). Beim Sortieren werden die Organismen von Hand vom organischen und anorganischen Material getrennt, um sie anschliessend bis auf die von dieser Methode vorgesehene taxonomische Stufe bestimmen zu können. Dies geschieht mit weichen Pinzetten, damit die Tiere beim Sortieren nicht beschädigt werden.

Technik

Damit die Proben optimal aufbewahrt werden können, werden sie in der Regel nicht gesiebt. Zum Aussortieren der Tiere wird das Material (z. B. mit einem Plastiklöffel) in kleinen Portionen nacheinander in eine Petrischale gegeben. Dabei sollte das zu sortierende Material nicht mehr als die Hälfte des Bodens der Schale bedecken (die Hälfte der Fläche der Schale ist mit zu untersuchendem Material bedeckt). Ist sehr viel organisches oder anorganisches Material vorhanden, kann sich ein Sortieren mit Siebsätzen als unumgänglich erweisen. In diesem Fall werden die groben und feinen Bestandteile getrennt voneinander gemäss oben beschriebener Methode behandelt. Je nach Häufigkeit der in der Probe vorhandenen Organismen werden a) alle vorhandenen Tiere; b) alle in einer Teilprobe vorhandenen Tiere; c) alle Tiere jener Taxa, die in der Gesamt-

Details

probe nur mit geringer Häufigkeit vorkommen und zusätzlich alle häufig vorkommenden Taxa einer Teilprobe entnommen (für das Aufteilen des Materials ist ein zusätzlicher Behälter [Unterprobenschale] zu verwenden).

Welche Technik auch immer ausgeführt wird, Ziel ist es: 1) eine vollständige faunistische Liste mit einer Abundanzangabe für jedes der bestimmten Taxa zu erhalten; 2) eine Probe des Materials mit bis zu 20 Individuen von allen bestimmten Taxa zu archivieren.

3.4.3 Bestimmung

Beim IBCH werden die erhobenen Tiere mit Ausnahme einiger faunistischer Gruppen, bei denen aus praktischen Gründen eine Bestimmung bis auf Stufe Stamm oder Klasse ausreicht, bis auf die Stufe der Familie bestimmt. Die Stufe der Familie wurde deshalb herangezogen, weil es sich gezeigt hat, dass zahlreiche von «Nicht»-Spezialisten durchgeführte Bestimmungen bis auf Stufe der Gattung angezweifelt werden müssen, dass die Kenntnisse der Taxonomie verschiedener Stadien unterschiedlich gut sind, und dass eine detailliertere Auswertung einen zu hohen Zeitaufwand bedeuten würde. Vom typologischen Standpunkt aus gesehen stellt zudem die Familie eine stabilere taxonomische Einheit dar als die Gattung, was dem Index eine grössere Stabilität verleiht. Zudem haben die Resultate einer im Rahmen BDM-MSK¹⁵ durchgeführten methodischen Untersuchung eine sehr deutliche Korrelation der Diversität der Familien und Gattungen einer Probe aufgezeigt. Einige faunistische Gruppen werden nur bis auf die Stufe Stamm oder Klasse bestimmt, da der Bestimmungsaufwand im Verhältnis zu den Aussagen, die bei einer detaillierteren Bestimmung gemacht werden könnten, zu gross ist. Es wird empfohlen, für die Bestimmung des Materials das Standardwerk von Tachet et al.¹⁶ zu verwenden. Die Bestimmung des Makrozoobenthos erfordert keine spezielle Präparation der Tiere¹⁷. Eine Liste der verwendeten Taxa ist im Laborprotokoll (Anhang A4) aufgeführt.

Bestimmung bis auf Stufe Familie

3.4.4 Auszählen und Abundanzklassen

Für das Auszählen der aussortierten Fauna wird eine angepasste und vereinfachte Methode der Norm DIN38410-1 angewandt. Diese Werte werden wie folgt ins Laborprotokoll eingetragen:

¹⁵ Stucki P. et al. 2008: Vergleich von drei in der Schweiz angewandten Probenahmemethoden des Makrozoobenthos. CSCF, EAWAG, OFEV, Hintermann & Weber.

¹⁶ Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P. 2000: Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, Paris, 588 p.

¹⁷ Nur die Turbellarien müssen direkt im Feld bestimmt werden (Beobachtung, ob Tentakel vorhanden sind)

Tab. 5 > Skala zur Angabe der Häufigkeit der Taxa einer Probe

Die Zahlenwerte stellen eine exponentielle Reihe dar.

Abundanz- klasse	Abundanz	Gesamtschätzung	Makrozoobenthos [Ind./Probe]	Ins Laborprotokoll einzutragende Zahl (Anhang A4)
1	Einzelfund bis vereinzelt	Können übersehen werden, Wiederfund unsicher	1 bis 2	Genaue Anzahl
2	Mehrere vereinzelte Individuen	Nicht übersehbar	3 bis 10	Genaue Anzahl
3	Mittlere Dichte	Ansehnlicher Bestand	11–100	11 (oder tatsächliche Anzahl)
4	Zahlreich, dicht	Überall, bedeutendes Vorkommen	101–1000	101 (oder tatsächliche Anzahl)
5	Massenhaft	Extreme Entwicklung	> 1000	1001 (oder tatsächliche Anzahl)

3.4.5 Archivieren und Aufbewahren des bestimmten Materials

Die Wirbellosenproben sind so aufzubewahren, dass sie zumindest bis zum Ende der laufenden Untersuchungen noch verwendet werden können. Von jedem bestimmten Taxon werden bis zu 20 Individuen archiviert (möglichst gut entwickelte Larven), damit das Material nachträglich überprüft oder evtl. eine detailliertere taxonomische Analyse durchgeführt werden kann. Dabei sind insbesondere Proben aus Gebieten, in denen weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden, und deren Benthos deshalb detailliert bestimmt werden muss, komplett aufzubewahren.

Nachdem die Taxa voneinander getrennt und bestimmt worden sind, wird in jede Dose eine zweite Etikette mit dem Namen des Taxons gelegt (Beschriftung mit wasserfester Tusche, weichem Bleistift oder Laserdrucker, s. Abb. 3).

Abb. 3 > Beispiele von Etiketten zur Beschriftung von bestimmtem Material

Hydrobiidae (TROSCHIEL 1857) Det. H. Muster	oder	<i>Lithoglyphus naticoides</i> (C.PFEIFFER 1828) Det. H. Muster
--	------	--

Es wird geraten, möglichst viele Arten (verschiedene Formen) der Familien der «Roten Listen» MEPTOC (Mollusca, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata, Coleoptera) aufzubewahren. Durch eine spätere genauere Auswertung dieser Proben können die Kenntnisse über diese Gruppen erweitert und die Entwicklung gefährdeter aquatischer Wirbellosenbestände verfolgt werden.

Falls das Material detailliert (bis auf die Stufe der Art) ausgewertet werden soll, können die hierfür notwendigen Informationen beim Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF) in Neuchâtel eingeholt werden (www.cscf.ch).

Bei der Aufbewahrung des Materials muss gewährleistet sein, dass alle im Zusammenhang mit der Probe eingeholten Informationen wie das Feldprotokoll und die Taxaliste (Laborprotokoll) sowie alle Taxa (in Alkohol eingelegte Sammlung) ebenfalls entsprechend archiviert werden. Hierfür sollte für jede pro Gewässerabschnitt und Datum

ausgeführte Probenahme eine Identifikationsnummer (ID) festgelegt werden. Die ID-Nummer beginnt mit der Abkürzung des Kantons und schliesst mit der üblicherweise vom betreffenden Kanton benutzten Identifikationsnummer.

Abb. 4 > Beispiel einer Identifikationsnummer (ID) für die Archivierung der Daten und des bestimmten Materials

HELVETIA	ID	ZH_585	
Jonen nach Affoltern		HD	
675'912 / 238'013		472m	
Leg. H.Muster		30.3.2009	Beispiel ID: ZH_585 + Datum

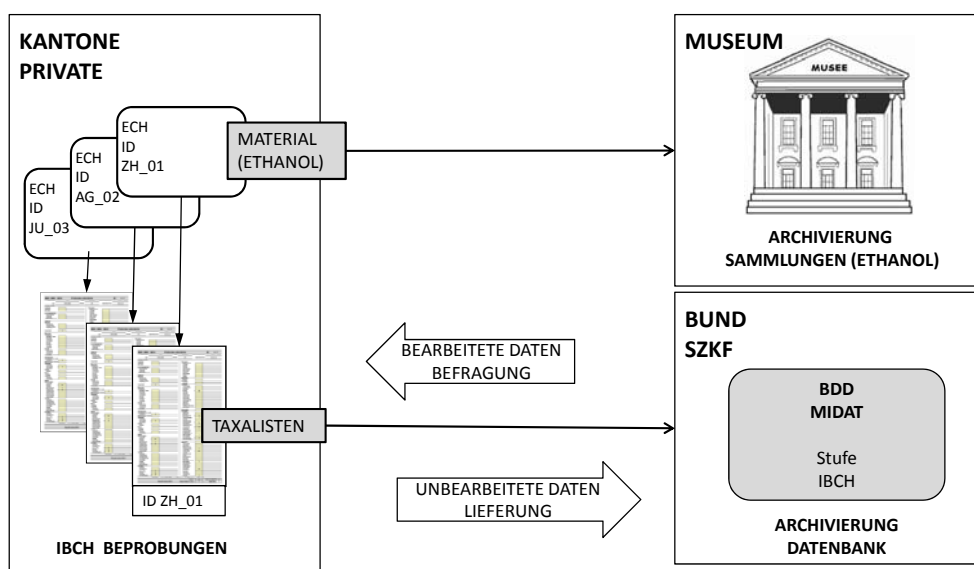
Eine ID-Nummer soll deshalb sowohl auf dem Feld- und Laborprotokoll wie auch auf den standardisierten Etiketten in den Referenzsammlungen im Alkohol figurieren.

3.4.6 Aufbewahren der Taxalisten

Bis ein spezifisches Informatik-Tool vorliegt werden die Taxalisten in der ersten Zeit gemäss dem Laborprotokoll (Anhang A4) in Excel-Format archiviert. Dieses Protokoll berechnet nach Eingabe der bestimmten Taxa automatisch den IBCH. Gleichzeitig dient es als Erhebungsformular für die Integration dieser Resultate in die zentrale Datenbank MIDAT. Dafür werden die ordnungsgemäss ausgefüllten Protokolle an das SZKF gesandt (www.cscf.ch). Das Laborprotokoll kann unter www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm heruntergeladen werden.

Abb. 5 > Austausch von Daten und Probenmaterial aus der Bestimmung des IBCH zwischen den Kantonen, dem Bund und Museen

Es besteht die Möglichkeit, das bestimmte Probenmaterial einem Museum zur Archivierung zu übergeben, Informationen dazu sind beim CSCF erhältlich (www.cscf.ch).



3.5 Auswertung der Resultate

3.5.1 Berechnung des Indexes IBCH

Der IBCH übernimmt für die Berechnung des Indexes in extenso die Richtlinien der französischen Norm von 1992 (IBGN). Sobald jedoch auf nationaler Ebene genügend Daten vorhanden sind, wird der IBCH zu einem Index weiterentwickelt, der an die Verhältnisse und hydrographischen Besonderheiten des schweizerischen Gewässersystems angepasst ist.

Der IBCH wird anhand der Tabelle in Anhang A7-2 bestimmt, in der auf der Ordinate die 9 Indikatorgruppen und auf der Abszisse die 14 Diversitätsklassen dargestellt sind. Die *Liste der verwendeten Taxa* ist in Anhang A7-1 aufgeführt. Daraus gehen gleichzeitig auch die zu erreichenden systematischen Stufen hervor. Man bestimmt schrittweise:

- > Die taxonomische Diversität der Probe (Σt), welche der totalen Anzahl der erhobenen Taxa entspricht, auch wenn diese nur mit einem einzigen Individuum vertreten sind. Aus dieser Zahl wird die Diversitätsklasse (DK) bestimmt, die in der Abszisse der Tabelle dargestellt ist.
- > Die Indikatorgruppe (IG), wobei nur Indikator taxa berücksichtigt werden, von denen mindestens 3 oder 10 Exemplare (je nach Taxa) in der Probe vorhanden sind. Für die Bestimmung der IG werden alle Gruppen der Tabelle konsequent von IG 9 bis IG 1 bis zum ersten signifikanten Vorkommen ($n \geq 3$ oder $n \geq 10$) eines Taxons durchgegangen. Der IBCH wird anhand der für die IG (Ordinate) und Σt (Abszisse) erhaltenen Werte ermittelt.

Taxonomische Diversität
der Probe

Indikatorgruppe

Der IBCH kann auch mit folgender Formel berechnet werden:

$$\boxed{\text{IBCH} = \text{IG} + \text{DK} - 1; \text{ mit IBCH} < 21}$$

NB: Der IBCH kann einen Maximalwert von 20 erreichen. Wenn keine Indikator taxa vorhanden sind (3 oder 10 Exemplare), ist der IBCH gleich Null.

Tab. 6 > Bestimmung der Diversitätsklasse

Σt	> 50	49–45	44–41	40–37	36–33	32–29	28–25	24–21	20–17	16–13	12–10	9–7	6–4	3–1
Diversitätsklasse	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tab. 7 > Bestimmung der Indikatorgruppe

Fettgedruckt dargestellt sind Taxa, die mit mindestens 10 Exemplaren vertreten sein müssen (die übrigen mit mindestens 3 Tieren).

Taxa	Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae
IG	9	8	7	6	5
Taxa	Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	Limnephilidae Hydropsychidae Ephemerellidae Aphelocheiridae	Baetidae Caenidae Elmidae Gammaridae Mollusca	Chironomidae Asellidae Hirudinea Oligochaeta	
IG	4	3	2	1	

3.5.2 Qualitätsklassen und kartografische Darstellung

Um die Resultate kartografisch darstellen zu können, wird jedem untersuchten Gewässerabschnitt in Abhängigkeit des ermittelten IBCH eine Farbe zugeordnet, die einer Qualitätsklasse entspricht.

Tab. 8 > Zuordnung einer Gewässerstelle zu einer von fünf Qualitätsklassen anhand des Wertes des IBCH

Biologischer Gewässerzustand	IBCH	Farbe
Sehr gut	17–20	Blau
Gut	13–16	Grün
Mässig	9–12	Gelb
Unbefriedigend	5–8	Orange
Schlecht	0–4	Rot

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der IBCH in Zukunft an die regionalen Unterschiede des schweizerischen Gewässernetzes (Gewässertypen) angepasst werden soll. Diese Anpassung kann erst auf der Grundlage eines ausreichend grossen Datensatzes homogener Daten vorgenommen werden. Ein solcher Datensatz wird mit der Datenbank MIDAT aufgebaut.

3.6

Arbeits- und Zeitaufwand

Es wird geschätzt, dass pro Standort eine Stunde benötigt wird, um das Substrat zu erfassen und die eigentlichen Proben zu erheben. Für Standorte, in denen zusätzliche Parameter erhoben werden müssen, oder die sich in grösseren Fließgewässern befinden, ist entsprechend mehr Zeit einzuberechnen.

Neben der eigentlichen Probenahme muss eine gewisse Zeit für das Sortieren der Proben sowie für das Bestimmen der Tiere im Labor einberechnet werden. Wenn diese Bestimmungsarbeit von einem erfahrenen Spezialisten durchgeführt wird, wird hierfür je nach Probe maximal 4 Stunden benötigt. Es sei darauf hingewiesen, dass das Ausführen der hier beschriebene Methode keinesfalls an ungeübtes Personal übergeben werden kann.

4 > Interpretation der Resultate¹⁸

4.1

Basisinformationen:

Faunistische Liste, taxonomische Diversität, Indikatorgruppe

Die Basis für Berechnung des Indexes ist eine Taxaliste, anhand derer die Indikatorgruppe (IG) und die taxonomische Diversität (Σt) bestimmt werden. All diese Parameter müssen bei der Interpretation des IBCH und bei der abschliessenden Beurteilung einbezogen werden.

Die Indikatorgruppe (IG) weist gewöhnlich eine gute Korrelation mit der physikalisch-chemischen Wasserqualität auf, was klassische organische Belastungen betrifft (GREBE 1991).

Indikatorgruppe korreliert mit Wasserqualität

Die taxonomische Diversität [Σt] weist diesbezüglich geringere Zusammenhänge auf, da ja die Tiere nur bis auf die Stufe der Familie bestimmt werden, welche eine mehr oder weniger grosse Anzahl Gattungen enthalten kann. Die taxonomische Diversität ist jedoch meist gut korreliert mit der Art des Habitates, sofern die Wasserqualität nicht limitierend wirkt.

Taxonomische Diversität korreliert mit dem Habitat

Eine Analyse dieser zwei Parameter ist unabdingbar, um die Bedeutung des Indexwertes abzuschätzen. So kann der IBCH in zwei Fließgewässern aus unterschiedlichen Gründen denselben Wert aufweisen:

Gleiche IBCH-Werte aufgrund unterschiedlicher Ursachen

- > *Beispiel 1:* Ein Bergbach mit wenig biogenen Habitaten weist eine geringe Diversität ($\Sigma t = 20$), aber eine sehr gute Wasserqualität auf ($IG = 9$) → $IBCH = 14$.
- > *Beispiel 2:* Ein eutropher Tieflandfluss mit vielen Wasserpflanzen wird von einer diversen Fauna besiedelt ($\Sigma t = 37$), hat aber eine schlechte Wasserqualität ($IG = 4$) → $IBCH = 14$.

Anhand der Taxaliste können diese Resultate verfeinert werden. Deren Analyse verlangt eine gewisse Erfahrung über das Vorhandensein/Fehlen sowie das Verhältnis der verschiedenen Taxa. Beispielsweise kann eruiert werden, in welchen Habitaten die höchste Indikatorgruppe vorkommt und ob gegenüber Verschmutzungen empfindliche Gruppen selten oder zahlreich auftreten. In diese Diagnose werden alle bekannten Umweltparameter einbezogen (physikalisch-chemische Wasser- und Sedimentqualität, Art der Habitate, anthropogene Beeinflussungen, Charakteristik des Einzugsgebietes, Hydrologie, unbeeinträchtigter Vergleichsstandort ...). Solche Vergleiche erlauben eine Kontrolle der Aussagekraft der Resultate sowie eine zusätzliche Interpretation des Indexes. Diese grundlegenden Informationen werden gleichwertig wie der IBCH in die Auswertung der Resultate einbezogen. Dadurch kann vermieden werden, dass Phänomene, die durch externe Beeinträchtigungen zustande kommen, auf natürliche Bedingungen zurückgeführt werden.

Analyse der Taxaliste zur Interpretation des IBCH

¹⁸ Diese Interpretationshilfe der Resultate wurde in extenso dem «Guide technique de l'IBGN, Agences de l'Eau, 2ème Edition 2000, entnommen.

4.2 Interpretation und Zuverlässigkeit der Resultate

Gewisse gegenüber schlechter Wasserqualität empfindlich reagierende Familien können eine Gattung oder eine Art enthalten, die weniger empfindlich ist. Der IBCH weist in solchen Fällen einen zu hohen Wert auf. Die Zuverlässigkeit des Resultates (der Wert des IBCH) wird überprüft, indem die höchste Indikatorgruppe entfernt und der Index mit der nächsthöheren Indikatorgruppe bestimmt wird. Wenn der Unterschied der zwei Werte gross ist, wurde der IBCH höchstwahrscheinlich überschätzt. Dies muss bei der Interpretation berücksichtigt werden.

Zuverlässigkeit des IBCH-Wertes

Als Beispiel seien die Taeniopterygidae aufgeführt, die der Indikatorgruppe (IG) 9 angehören, obwohl deren vorherrschende Art *Brachyptera risi* weniger empfindlich auf schlechte Wasserqualität reagiert als andere Arten und Gattungen dieser Gruppe. Diese Familie wird trotzdem in einer hohen Indikatorgruppe belassen, da angestrebt wird, in Tieflandflüssen (Potamal), wo *Brachyptera risi* vorkommt, einen maximalen Wert des IBCH erhalten zu können. Dadurch wird aber gleichzeitig auch die Qualität des Rhithrals überschätzt. Bei der Interpretation der Resultate muss somit die Zuverlässigkeit des Wertes des IBCH berücksichtigt werden. Dies gilt auch für gewisse andere Arten der Odontoceridae, Ephemeridae, Sericostomatidae und Goeridae, deren Empfindlichkeit etwas weniger gross ist, als es ihre Zuteilung in die jeweilige Indikatorgruppe vermuten lässt.

Unterschiedliche Empfindlichkeit bestimmter Taxa in Indikatorgruppen

4.3 Beeinflussung der Resultate durch natürliche Faktoren

Der IBGN, von dem der IBCH direkt abgeleitet worden ist, wurde so konzipiert, dass ein nicht beeinträchtigter Standort eines Bereichs zwischen der oberen Forellenregion (B3, Epirhithral, vgl. Abb. 1) und der mittleren Cyprinidenregion (B8) einen Wert nahe 20 erhalten kann. Ausserhalb dieser Regionen oder bei speziellen geologischen, hydrologischen oder klimatischen Bedingungen kann dieser Wert auch in nicht beeinträchtigten Fließgewässern deutlich geringer sein.

4.3.1 Zonierung der Fließgewässer (Fischregion) und biogeografische Bedingungen

In Quellen und direkt darunter liegende Bereichen (B0–B2, Krenal) sowie in strömungsberuhigten Bereichen der Tieflandflüsse (B9) kann der Maximalwert von 20 kaum erreicht werden, da die faunistische Diversität zu gering ist (Quellbereiche) oder empfindliche Indikatorgruppen fehlen (unteres Potamal). Aufgrund dieser Tatsache ist ein Vergleich zwischen Standorten besonders aussagekräftig, wenn diese derselben Fließgewässerregion angehören.

IBCH-Werte unterhalb von 20 können auch in nicht beeinträchtigten Fließgewässern mit speziellen Bedingungen beobachtet werden, z. B. in Seeausflüssen, kalten Gebirgsflüssen, nährstoffarmen Gebieten, Bereichen unter starker Pflanzenbedeckung, Moor-gebieten oder in Flüssen mit einer homogenen Sohle aus Sand oder Feinsedimenten.

IBCH-Werte unter 20 auch in nicht beeinträchtigten Fließgewässern

Gewisse biogeografische Besonderheiten können sich ebenfalls auf den absoluten Wert des IBCH auswirken.

Somit erreicht ein nicht-beeinträchtigter Lebensraum nicht immer den Maximalwert von 20. Ein Wert unter 20 kann auf eine bescheidene Eignung eines Lebensraums für Makroinvertebraten hinweisen, ohne dass das Gewässer beeinträchtigt ist. Beispiel:

- > kalte und nährstoffarme Alpengewässer ohne jegliche Beeinträchtigungen zeigen häufig Indizes von etwa 15/20 (geringe faunistische Diversität);
- > gewisse Fliessgewässer in Molassegebieten der Voralpen mit viel Sand weisen – ebenfalls in nicht-beeinträchtigtem Zustand – maximale Indizes von 12/20 auf.

Um den erhaltenen Wert des IBCH interpretieren zu können und insbesondere um zu wissen, ob ein nicht-maximaler Wert auf natürlichen Bedingungen beruht oder auf eine anthropogene Beeinträchtigung zurückzuführen ist, muss nach vergleichbaren Fällen im gleichen Einzugsgebiet oder in nahen, ähnlichen Einzugsgebieten gesucht werden.

NB: Die Schweiz verfügt aktuell nicht über:

- > genügend homogene Benthos-Resultate, die aus standardisierten Probenahmen stammen;
- > eine gesamtschweizerische Typologie der Fliessgewässer unter Einbezug von Meereshöhe, Geologie und Gewässergrösse

Aufgrund dieser Situation können aktuell noch keine Fliessgewässertypen im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie der EU definiert werden. Das Verwenden eines standardisierten methodologischen Protokolls zusammen mit dem Aufbau einer Datenbank ist eine Voraussetzung für die Definition solcher Fliessgewässertypen. Dies wird die Interpretation der erhaltenen Resultate in Zukunft wesentlich erleichtern.

4.3.2 Saisonale Einflüsse

Der Wert des IBCH kann im Laufe eines Jahres temporäre Unterschiede aufweisen. Dies kann ohne äussere Einflussfaktoren auf folgenden Ursachen beruhen:

Veränderung des IBCH
im Jahresverlauf

- > biologischer Zyklus der benthischen Invertebraten (Schlüpfen adulter Insekten, Zurückziehen gewisser Larvenstadien in das Hyporheal ...).
- > Veränderung der Bewohnbarkeit eines Standorts im Laufe eines Jahres (Tieflandflüsse weisen häufig im Sommer maximale IBCH-Werte auf, wenn die Wasserpflanzen gut entwickelt sind).

Das Festlegen von standardisierten Probenahme-Zeitfenstern hat zum Ziel, solche Einflüsse zu minimieren (s. Kap. 3.2.2). Aufgrund der teilweise grossen klimatischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Jahren können sie jedoch nicht ganz ausgeschlossen werden. Falls die Probenahme aufgrund bestimmter Zielsetzungen der Untersuchungen ausserhalb der vorgeschlagenen Zeitfenster stattfindet, muss dies bei der Interpretation der Resultate berücksichtigt werden.

4.3.3 Einflüsse durch Drift

Entlang eines Fliessgewässers findet generell ein Transport der Organismen flussabwärts statt, ein Phänomen, das auch unter dem Namen «Drift» bekannt ist. Die aquatischen Wirbellosen werden entweder direkt in der Wassersäule oder aber zusammen mit dem Substrat (Geschiebetrieb) abgetrieben. Diese Drift kann zur Folge haben, dass gegenüber Gewässerverschmutzung besonders empfindliche Taxa aus dem Oberlauf in flussabwärts liegenden, belasteten Gebieten vorkommen. Dies wird in der Methode berücksichtigt, indem das Vorhandensein einer Indikatorgruppe nur dann berücksichtigt wird, wenn mindestens 3 resp. 10 Individuen dieser Familien vorkommen.

4.4 Beeinflussung der Resultate durch anthropogene Faktoren

Die Beeinträchtigung eines Fliessgewässers äussert sich generell darin, dass sich die ursprüngliche Biozönose mehr oder weniger plötzlich verändert, gewisse gegenüber dieser Beeinträchtigung empfindliche faunistische Gruppen verschwinden, evtl. an den veränderten Lebensraum besser adaptierte Organismen auftreten, und ubiquistische oder resistente Taxa massenhaft vorkommen, sofern die Lebensraumbedingungen dies noch zulassen (ansonsten können auch sie verschwinden). Im Prinzip muss der IBCH aufgrund seines Aufbaus jede Beeinträchtigung widerspiegeln, sowohl Beeinträchtigungen des Lebensraums wie auch solche der Wasserqualität – resp. beide zusammen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Methode je nach Art der Störung diese mehr oder weniger gut widerspiegelt. Dies kommt zustande, weil Makroinvertebraten je nach Art der Beeinträchtigung verschiedene Empfindlichkeitsstufen aufweisen und der Index eine qualitative Methode darstellt, gewisse Störungen aber hauptsächlich quantitative biozönotische Veränderungen bewirken, und weil aquatische Standorte je nach Zonierung und biogeografischen Charakteristiken unterschiedlich auf Beeinträchtigungen reagieren können. Es kann deshalb sein, dass bei der Untersuchung gewisser Beeinträchtigungen oder zum Feststellen erster Anzeichen von Schädigungen spezielle Techniken angewandt werden müssen, um die Diagnose verfeinern zu können.

Beim Vorhandensein von Beeinträchtigungen kann es nützlich sein, die faunistische Analyse getrennt nach den 8 Habitaten des Standorts durchzuführen, den genauen Prozentsatz dieser Habitate zu ermitteln und die Tiere detailliert auszuzählen sowie allenfalls genauer zu bestimmen.

4.4.1 Organische Belastung

Bereits der IBG¹⁹ (Vorläufer des IBGN) wies eine gute Korrelation mit den Parametern organischer Verschmutzung auf. Diese Korrelation wurde bei der Neueinschätzung der verschiedenen Taxa, die im Rahmen der Erarbeitung des IBGN vorgenommen worden ist, nochmals verbessert. Diese Methode liefert somit aussagekräftige Resultate für

¹⁹ G.R.E.B.E. 1992: L'indice biologique global (AFNOR T 90 350) – Bilan d'application au réseau national de bassin – Ordonnancement des taxons indicateurs – Etude Inter-Agences, hors série

diese Art der Belastung. Organische Belastungen können unterschiedliche Auswirkungen auf das Gewässerökosystem haben:

- > Sofern der Eintrag organischer Substanzen vom System assimiliert werden kann (je nach Abfluss, den morphodynamischen und thermischen Charakteristiken und seiner Typologie), kommt es zu einer Eutrophierung des Lebensraums. Dies führt in Tieflandfließgewässern zu einer Entwicklung von Algen oder Wasserpflanzen, begleitet von einer Zunahme der benthischen Biozönose bezüglich Anzahl Individuen oder auch bezüglich Diversität (in Pflanzenhabitaten oder in verwesendem Material vorkommende Taxa), insbesondere durch das Schaffen neuer Lebensräume: Pflanzensubstrate, organische Ablagerungen, mehr oder weniger organische Feinsedimente. Dadurch kann der Index erhöht werden.
- > Sofern der Eintrag organischer Substanzen eine gewisse Schwelle übertrifft und nur ein Teil davon assimiliert werden kann, kommt es zu einer Verarmung der Biozönosen: Algen oder Wasserpflanzen bedecken massenhaft die Sohle, wodurch die Habitatvielfalt abnimmt. Organische und andere Schwebepartikel werden abgelagert, die Sohle und die verschiedenen Substrate kolmatieren. Die empfindlichsten Makroinvertebraten verschwinden, neue Arten, die in organischem Material vorkommen, treten auf, der Index nimmt ab.

Erhöhung des Indexwertes durch
mässige organische Belastung

Abnahme des Indexwertes bei
starker organischer Belastung

An dieser Stelle sei erwähnt, dass lotische Systeme (rasch fließende Oberläufe) weniger empfindlich sind als lentische Systeme (langsam fließende Unterläufe), da sie organisches Material nur geringfügig assimilieren. Dieses Material gelangt flussabwärts, wo es sich ablagert und umgewandelt wird. Aus diesem Grund ist der Unterschied des Index zwischen einem beeinträchtigten und einem unbeeinträchtigten Standort bei gleicher Belastung in Gebirgsflüssen oft geringer als in der Talebene. Dieses Phänomen kann auch innerhalb eines einzelnen Standortes auftreten, in dem lotische Bereiche weniger beeinträchtigt sind als lentische Habitate. Dies führt für gegenüber Verschmutzung empfindliche Organismen zu einer «aufgezwungenen Verschiebung des Habitats» (Verneaux 1980)²⁰, da sie gering fließende Bereiche vermeiden und sich auf lotische Abschnitte konzentrieren.

4.4.2 Belastung durch toxische Substanzen

Beeinträchtigungen durch toxische Substanzen haben meist sowohl qualitative (Verschwinden von faunistischen Gruppen) wie auch quantitative Auswirkungen (Abnahme der Anzahl Tiere aller Taxa). Im Gegensatz zu «klassischen» organischen Belastungen führt eine toxische Beeinträchtigung meist zu keiner Zunahme resistenter Taxa. Eine solche Verschmutzung (Pestizide, Säuren, Detergentien, gewisse Metalle ...) kann zu einem mehr oder weniger schnellen und mehr oder weniger totalen Verschwinden des biologischen Gefüges führen. Die Reaktion auf solche Substanzen ist weniger präzise und progressiv als bei einer organischen Verschmutzung. In solchen Fällen ist eine Analyse der Taxaliste unerlässlich, um den Index korrekt interpretieren zu können. Bei

²⁰ Verneaux et al. 1982: Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un indice biologique de qualité générale (I.B.G.) – Ann. Sci. Fr. Comté, Besançon, Biol. Anim., 4 (3), 11–21

Studien über Beeinträchtigungen durch Metalle sollten die Standorte so ausgewählt werden, dass deren Index kaum von den Parametern des Habitates beeinflusst wird. Die Tiere müssen ausgezählt werden. Für andere toxische Beeinträchtigungen (organische Mikroverunreinigungen) liegen nur wenige Untersuchungen mittels IBGN vor. Zudem kommen solche Verschmutzungen häufig zusammen mit anderen Beeinträchtigungen vor, so dass ihre eigentlichen Auswirkungen schwer abschätzbar sind.

Bei toxischen Belastungen kann ein Auszählen der Organismen sowie eine detaillierte Analyse der Taxaliste hilfreich sein.

4.4.3 Belastung durch Schwebstoffe

Inerte Schwebstoffe natürlicher (Einzugsgebiet) oder anthropogener Herkunft (Abwässer aus Kieswerken, aus Staurationentleerungen, Landwirtschaft...) verändern die Habitate, insbesondere lentische Bereiche, indem die Sohle kolmatiert. Zudem haben Schwebstoffe direkte Auswirkungen auf empfindliche Organismen. Solche Beeinträchtigungen können analoge Auswirkungen wie gewisse Fließgewässerverbauungen haben, da sie das vielfältige Mosaik der Habitate reduzieren. Solche Störungen haben sowohl quantitative (Verringerung der Individuenzahl eines Grossteils der Taxa) wie auch qualitative Auswirkungen (Verschwinden von faunistischen Gruppen). Es sind jedoch nicht immer die empfindlichsten Taxa, die am stärksten auf diese Art Belastung reagieren. Alles hängt vom betroffenen Habitattyp ab: So werden beispielsweise während einer Staurationentleerung in einem Fließgewässer mit grossem Gefälle hauptsächlich die lentischen Habitate zerstört. In lotischen Habitaten kann in gewissen Fällen die rheophile Fauna erhalten bleiben, insbesondere Organismen von Indikatorgruppen mit hohen Werten.

4.4.4 Veränderungen des pH-Wertes

Zahlreiche Arbeiten haben aufgezeigt, dass es mit dem Sinken des pH-Wertes zu einer Reduktion der Invertebraten-Biozönose kommt (sowohl Abundanz wie auch Diversität). Die Ursachen sind noch kaum bekannt. Die Empfindlichkeit aquatischer Insekten gegenüber den Bedingungen in saurem Wasser variiert je nach Taxon, wobei drei unterschiedliche Reaktionen unterschieden werden können: 1) Extreme Empfindlichkeit von rheophilen Ephemeropteren (mit Ausnahme der Leptophlebiidae) sowie den Plekopteren Perlloidea; 2) Grosse Empfindlichkeit gewisser Trichopteren (Hydropsychidae, Philopotamidae, Glossosomatidae) sowie der Coleopteren; 3) Toleranz der filipalpen Plekopteren, den Trichopteren Rhyacophilidae, Polycentropodidae und Limnephilidae, den Dipteren Chironomidae und Simuliidae. Somit gibt der Index gute Auskunft über diese Art der Gewässerbelastung, da gewisse, sehr empfindliche Indikatortaxa in saurem Wasser ($\text{pH} < 6$) verschwinden und gleichzeitig ein Rückgang der faunistischen Diversität verzeichnet wird. Die Auswirkungen von stark basischen pH-Werten sind hingegen kaum bekannt.

4.4.5 Thermische Belastungen

Die Auswirkungen thermischer Belastungen sind kaum bekannt, da diese v. a. grössere Fließgewässer betreffen, die auch andere Belastungen erfahren und in denen Temperaturabweichungen abgepuffert werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass der Index auf thermische Belastungen reagiert, da die empfindlichsten faunistischen Indikatorgruppen dieses Indexes in der Regel grössere Temperaturschwankungen schlecht ertragen (insbesondere Plecopteren). Gemäss Verneaux (1977)²¹ bestimmt der thermische Faktor etwa zur Hälfte die biotypologische Struktur der Fließgewässerökosysteme. Statistische Auswertungen vorhandener Daten zeigen, dass eine Erhöhung der mittleren Maximaltemperatur der 30 heisstesten Tage des Jahres um 1,8 °C einer Veränderung der Fließgewässerregion um eine Stufe entspricht (vgl. Abb. 1). Somit bewirken Temperaturerhöhungen von lediglich einigen Graden eine Veränderung der Biozönose, was sich evtl. auch im Index widerspiegelt. Da dieser Index jedoch auf der Stufe der Familie basiert, wird die Reaktion des Index gegenüber solchen Belastungen abgeschwächt, insbesondere für nur geringe Temperaturabweichungen. Zudem reagieren in den Unterläufen vorkommende Taxa weniger stark auf Temperaturveränderungen, weshalb der Index dort wenig aussagekräftige Resultate bezüglich thermischen Belastungen liefern kann.

4.4.6 Veränderung des natürlichen Abflussregimes

Veränderungen der Fließgeschwindigkeiten haben starke Auswirkungen auf die Wirbellosenfauna; dieser Parameter spielt eine entscheidende Rolle für die Verbreitung dieser Organismen. Wie Erfahrungen gezeigt haben, reagiert der Index relativ schlecht auf eine Abnahme des Abflusses, wenn alle anderen Lebensraumparameter (insbesondere Temperatur und Wasserqualität) dadurch nicht verändert werden, da auch in Restwasserstrecken meist schnell fließende Bereiche vorhanden sind, in denen sich die ursprüngliche Fauna zurückziehen kann, insbesondere in Fließgewässern mit grossem Gefälle. In langsam fließenden Unterläufen fallen Veränderungen durch Abflussreduktion manchmal deutlicher aus (Beispiel Rhone, wo potamale rheophile Arten in den Restwasserstrecken stark abgenommen haben), da die Fließgeschwindigkeiten auf der gesamten Gewässersohle reduziert sein können und die Abnahme der benetzten Breite zu einem Verschwinden spezieller Uferhabitate führen kann (verzweigte Seitenarme, Altarme ...).

Restwasser

Die Auswirkungen von Schwall-Sunk-Betrieb (rasches Ansteigen und Absinken des Wasserpegels in Folge des Betriebs von Wasserkraftwerken) sind noch wenig bekannt. Die Analyse der diesbezüglichen Untersuchungen zeigt auf, dass solche künstlichen Abflussschwankungen durch eine Verstärkung der Drift zu einer quantitativen und qualitativen Verarmung des Benthos führen, wobei gewisse Taxa stärker reagieren als andere. In Bereichen mit Schwall/Sunk ist die Fauna generell weniger artenreich (tieferer Indexwert) und weniger dicht als an unbeeinflussten Vergleichsstandorten. Häufig dominieren rheophile Taxa. Die Veränderung des Index hängt von verschiede-

Schwall-Sunk

²¹ Verneaux 1977: Biotypologie de l'écosystème eau courante – Déterminisme approché de la structure biotypologique – C.R. Acad. Sci. Paris, t. 284, Série D: 77–79

nen Faktoren ab wie dem Ausmass der Abflussschwankungen, den Wiederbesiedlungsmöglichkeiten aus darüber liegenden Gebieten oder aus Zuflüssen und der Art der Habitate. Im Extremfall führen Abflussschwankungen durch Schwall – Sunk zu einem praktisch vollständigen Verschwinden des Benthos in den betroffenen Abschnitten.

4.4.7 Wasserbaumassnahmen in Fliessgewässern

Jede Wasserbaumassnahme bewirkt Veränderungen der hydromorphologischen Gegebenheiten eines Gewässers (Fliessgeschwindigkeit, Wassertiefe, Substratzusammensetzung). Die dadurch entstehenden Auswirkungen sind sehr unterschiedlich und hängen von der Massnahme sowie den betroffenen Fliessgewässern ab: Die faunistische Diversität weist in der Regel eine hohe Korrelation mit der Art der Habitate auf, weshalb der Index signifikant auf solche Beeinträchtigungen reagieren kann. So führen Begradigungen oder starke Ausbaggerungen gewöhnlich zu einer Abnahme der faunistischen Diversität, während das Schaffen von kleinen Schwellen und Buhnen, eine Lockerung des Substrates (Dekolmation) oder ein angepasster Unterhalt der Ufervegetation und der Wasserpflanzen meist eine Zunahme der Artenvielfalt bewirken, da dadurch neue Habitate geschaffen werden. Die Veränderung des Index ist jedoch nicht immer sehr deutlich, da die Indikatororganismen durch solche Massnahmen nicht zwingend beeinflusst werden. Die Auswirkungen wasserbaulicher Massnahmen zur Aufwertung und Revitalisierung von Fliessgewässern auf das Makrozoobenthos sind von verschiedenen anderen Faktoren abhängig, z. B. der Wasserqualität, dem Abfluss oder der Vernetzung des Standortes mit naturnahen Gewässerstrecken, von denen eine Wiederbesiedlung ausgehen kann. Diese sind bei der Interpretation des IBCH an einer solchen Stelle zu berücksichtigen. Für die Erfolgskontrolle von Revitalisierungen sei auf entsprechende Literatur verwiesen²².

²² Woolsey et al. 2005: Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen.
www.rivermanagement.ch/erfolgskontrolle/welcome.php

5 > Künftige Weiterentwicklungen und Perspektiven

Um langfristig vergleichbare Ergebnisse und Beurteilungen für die gesamte Schweiz zu erhalten, müssen die Erhebungen mit hoher und gleichbleibender Qualität durchgeführt werden und müssen reproduzierbare Resultate liefern. Um diese Ziele zu erreichen, sind folgende Massnahmen vorgesehen resp. bereits realisiert worden:

- > Es wird ein *Feldprotokoll* zur Verfügung gestellt. Darin sind alle Abläufe und Angaben für eine präzise und standardisierte Probenahme enthalten (herunterzuladen unter: www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm).
- > Es wird ein *Laborprotokoll* zur Verfügung gestellt, mit dem die Resultate erfasst und in die Datenbank MIDAT übertragen werden können. Automatische Berechnung des Qualitätsindex IBCH anhand der Taxaliste (herunterzuladen unter: www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm).
- > Zentralisation aller Daten des Bundes und der Kantone in einer Datenbank (MIDAT), welche registrierten Benutzern offensteht.
- > Schliesslich bilden die auf nationaler Ebene in der Datenbank MIDAT archivierten Faunenlisten die Grundlage für die Verfeinerung und Weiterentwicklung des IBCH, um diesen an die regionalen Unterschiede des schweizerischen Gewässernetzes anzupassen.
- > Es sollen regelmässig Fortbildungs- und Bestimmungskurse organisiert werden (Weiterbildung).
- > Möglichkeit der weiteren Auswertung von Benthosproben, die im Rahmen von Überwachungsprogrammen erhoben und mit der Methode IBCH ausgewertet wurden. Dies würde es erlauben, das für die Berechnung des Indexes verwendete Material zu einem späteren Zeitpunkt detaillierter auszuwerten und dadurch den Wissensstand über die Wirbellosenfauna zu erweitern sowie die Entwicklung gefährdeter Arten in Zusammenarbeit mit Projekten der Re-Aktualisierung von Roten Listen zu verfolgen.
- > Entwicklung von vergleichbaren Methoden, die in grossen Fließgewässern und in Quellbereichen angewandt werden können.

Feldprotokoll

Laborprotokoll

> Anhang

A1 **Feldprotokoll**

A1-1 Protokoll MSK «Ökomorphologie» und «Äusserer Aspekt»

MSK_BDM: IBCH		Feld-Protokollblatt-Kopfdaten		ID:
Gewässer:	Datum:	Startpunkt unten (X/Y):		
Ortsname:	Höhe:	BearbeiterIn:		
Allgemeine Infos		Angaben in [m]		
Mittlere Breite [m]	x 10 ▶	Gewässerabschnitt [m]		
Mittlere Gewassertiefe [m]		gefangene Adulttiere		
		Ephemeroptera <input type="checkbox"/> Plecoptera <input type="checkbox"/> Trichoptera <input type="checkbox"/>		
Bewertung: Ökomorphologie		Bewertung: Äusserer Aspekt		
Gewässerabschnitt:		Schlamm		
Eindolung	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	Präsenz Ursache Bemerkungen		
Variabilität der Wasserspiegels	ausgeprägt <input type="checkbox"/> eingeschränkt <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/>	kein <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> starker Laubfall <input type="checkbox"/> Gülle <input type="checkbox"/> wenig/mittel <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> Abwassereinleitung <input type="checkbox"/> Drainage <input type="checkbox"/> viel <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Sohlenverbauung	keine <input type="checkbox"/> grössere 30-60% <input type="checkbox"/> vereinzelt <10% <input type="checkbox"/> überwiegend >60% <input type="checkbox"/> mässig 10-30% <input type="checkbox"/> vollständig 100% <input type="checkbox"/>	Trübung Präsenz Ursache Bemerkungen		
Viele natürliche Abstürze	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> Abwassereinleitung <input type="checkbox"/> Moorausfluss <input type="checkbox"/> leicht/mittel <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Seeausfluss <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> Wasserkraftwerk <input type="checkbox"/> Gletscher <input type="checkbox"/> Ufererrutschung <input type="checkbox"/> Bergbach <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Variabilität der Wassertiefe	ausgeprägt <input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/>	Verfärbung Präsenz Ursache Bemerkungen		
Material der Sohlenverbauung	Natursteine <input type="checkbox"/> undurchlässig <input type="checkbox"/> Holz <input type="checkbox"/> andere (dicht) <input type="checkbox"/> Betongittersteine <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> Farbe gelöst <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> leicht/mittel <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> Farbe partikulär <input type="checkbox"/> Moorausfluss <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> Seeausfluss <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Verbauung des Böschungsfusses	links rechts	Schaum Präsenz Ursache Bemerkungen		
	keine <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	kein <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> starker Laubfall <input type="checkbox"/> Drainage <input type="checkbox"/> wenig/mittel <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> Abwassereinleitung <input type="checkbox"/> Moorausfluss <input type="checkbox"/> viel <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> Gülle <input type="checkbox"/> Seeausfluss <input type="checkbox"/> Ranunculus <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Durchlässigkeit des Verbauungsmaterials	links rechts	Geruch Präsenz Ursache Bemerkungen		
	durchlässig <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> undurchlässig <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	kein <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> Abwassereinleitung <input type="checkbox"/> Gülle <input type="checkbox"/> leicht/mittel <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> Waschmittel <input type="checkbox"/> faulig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Breite Uferbereich	links rechts	Eisensulfid Präsenz Ursache Bemerkungen		
	Angabe in [m] <input type="text"/> <input type="text"/>	kein 0% <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> starker Laubfall <input type="checkbox"/> Gülle <input type="checkbox"/> mittel <25% <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> Abwassereinleitung <input type="checkbox"/> Drainage <input type="checkbox"/> viel >25% <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Beschaffenheit Uferbereich	links rechts	Kolmation Präsenz Ursache Bemerkungen		
	gewässergerecht <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gewässerfremd <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> künstlich <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> leicht/mittel <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/>		
Abstürze:	vorhanden <input type="checkbox"/> nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	Feststoffe* Präsenz Abfälle Präsenz Bemerkungen		
Absturz-Typ	unbekannt <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> künstlich <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> Hygieneartikel <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> vereinzelte <input type="checkbox"/> WC-Papier <input type="checkbox"/> viele <input type="checkbox"/> viele <input type="checkbox"/> Kehrriechsäcke <input type="checkbox"/> * (aus Siedlungsentwässerung) Verpackungen <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Material	natürlich <input type="checkbox"/> Fels/Steinblöcke <input type="checkbox"/> Holz <input type="checkbox"/> Beton/Steinpflasterung <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>	Heterotroph. Präsenz 3/5 Klassen Ursache Bemerkungen		
Höhe	Angabe in [cm] <input type="text"/>	Bewuchs		
Bauwerke:	vorhanden <input type="checkbox"/> nicht vorhanden <input type="checkbox"/>	kein / <input type="checkbox"/> natürlich <input type="checkbox"/> Gülle <input type="checkbox"/> vereinzelt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> anthropogen <input type="checkbox"/> Drainage <input type="checkbox"/> wenig <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> starker Laubfall <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Abwassereinleitung <input type="checkbox"/> viel / <input type="checkbox"/> ◀ Andere <input type="checkbox"/>		
Material	unbekannt <input type="checkbox"/> Fischpass <input type="checkbox"/> Sohlrampe sehr rau / aufgegliedert <input type="checkbox"/> Geschiebesperre <input type="checkbox"/> Sohlrampe glatt / wenig rau <input type="checkbox"/> Schleuse <input type="checkbox"/> Stauwehr <input type="checkbox"/> Durchlass <input type="checkbox"/> Streichwehr <input type="checkbox"/> Brücke <input type="checkbox"/> Tirolerwehr <input type="checkbox"/> Ausleitung ohne Wehr <input type="checkbox"/> Talsperre <input type="checkbox"/> Furt <input type="checkbox"/>	Pflanzenbewuchs		
Höhe	Angabe in [cm] <input type="text"/>	keine / wenig <10% mittel viel >50%		
Verschiebung der Aufnahmeffläche	<input type="checkbox"/>	Algen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Abbruch	<input type="checkbox"/>	Moose <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
		Makrophyten <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
		◀ Bemerkungen <input type="checkbox"/>		
Verschiebung der Aufnahmeffläche		Grund:		
Abbruch		Grund:		

A1-2 Feldprotokoll (Raster IBCH)

IBCH: Aufnahme raster		ID-Nummer:				
Gewässer:		Datum:		Startpunkt unten (X/Y):		
Ortname Aufnahme fläche:		Höhe:		BearbeiterIn:		
Fließgeschwindigkeit (Klassen in ~ cm/s)		V > 150	150 > V > 75	75 > V > 25	25 > V > 5	V < 5
Substrate		2	4	5	3	1
Deckungsgrad ↓	Bewohnbarkeit V*					
mobile Blöcke > 250 mm	10					
Moose (Bryophyten)	9					
untergetauchte Samenpflanzen (Hydrophyten)	8					
grobes organisches Material (Laub, Holz, Wurzeln)	7					
grössere mineralische Sedimente (Steine, Kieselsteine) 250 mm > Ø > 25 mm	6					
Kies	5					
25 mm > Ø > 2,5 mm						
Amphibische Samenpflanzen	4					
Helophyten						
feine Sedimente +/- organisch "Schlamm" Ø < 0,1 mm Randflützen	3					
Sand und Schluff Ø < 2,5 mm	2					
Natürliche und künstliche Oberflächen (Fels, Steinplatten, Boden, Wand) Block > Ø 250 mm	1					
Algen oder (falls fehlend) Mergel und Ton	0					

↑ Substrate nach abnehmender Bewohnbarkeit von 10 (sehr gut) bis 0 (minimal) geordnet

↑ Deckungsgrad: (1) wenig (1-5%) / (2) mittel (6-10%) / (3) häufig (11-50%) / (4) sehr häufig (>50%)

*Fließgeschwindigkeit, S**Substrate dominantes Substrat:

Erklärungen (Raster IBCH)

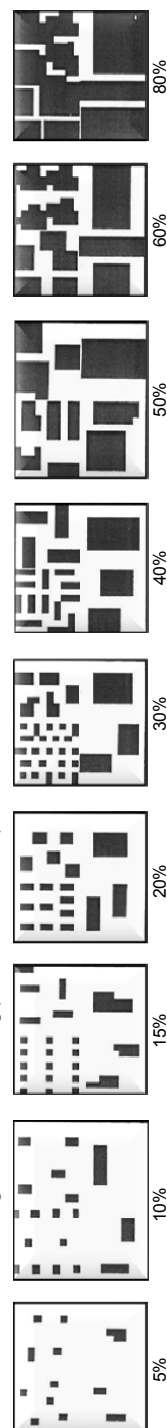
IBCH: AUFNAHMERASTER: ERLÄUTERUNGEN

- Prinzip: Für das Ausfüllen des Probenrasters IBCH werden 8 (8+4)* Stellen für das Kickenetz-sampling ausgesucht und in die Kästchen eingetragen. Es sind die Kombinationen von Substrat und Fließgeschwindigkeit, welche im untersuchten Problemahme-Abschnitt gefunden werden.
- Methode: mit der Kicksampling-Methode (KSM) wird mit einem genormten Netz (25x25cm) die benthische Fauna aufgefangen, welche durch Fussbewegungen auf der Gewässersohle (auf einer Quadratfuss Fläche) aufgewirbelt wird. Das Netz wird unmittelbar (in Fließrichtung) unterhalb der probierten Fläche aufgestellt. Das Aufwühlen der Sohle dauert maximal 30 Sekunden (beachten Sie die weiter unten angegebenen methodischen Anpassungen je nach untersuchtem Substrattyp). Wenn grössere organische oder anorganische Elemente (z.B. Holz, grosse Steine) beprobt werden, muss immer auch das darunterliegende Sediment der Probenstelle beprobt werden.
- Untersucher Abschnitt: die Länge des untersuchten Abschnittes entspricht der be-netzten Gewässerbreite x 10. Dieses Vorgehen erlaubt, die untersuchte Gesamtfläche grob zu berechnen und die prozentualen Anteile der Substrattypen abzuschätzen.
- Ausfüllen des Protokolls: Die Koordinaten XY (CH-1903) der Stelle geben das untere Ende des untersuchten Abschnittes an, und zwar in der Mitte des Gewässers. Die Angaben ganz oben im Protokoll sind obligatorisch und diejenigen am unteren Ende richten sich nach den kantonalen Vorgaben.

Methodische Anpassungen bezüglich der Substrat-Fließgeschwindigkeit Kombinationen:

Mobile Blöcke >250 mm	Seitlich den Stein anheben, ihn mit den Händen abreiben und mit dem Netz das abdriftende MZB auffangen. Festsitzende Fauna absammeln. Das unter dem Stein befindliche Substrat mit der KSM beproben.
Moose	Moose mit der Hand durchkämmen und schütteln ohne sie auszurreissen (Tiere mit Netz auffangen). Maximal 5cm ² Moose abreissen und sie ins Netz befördern. Evtl. darunterliegendes Substrat mit KSM beproben.
grobes organisches Material (Laub, Holz, Wurzeln)	Die groben Teile abreiben, Wurzeln ausschütten (und jeweils Tiere mit Netz auffangen). Nachher gröbste Teile aus dem Netz entfernen, evtl. vorher im Netz abreiben. Darunterliegendes Substrat mit KSM beproben.
grössere mineralische Sedimente (Steine, Kieselsteine) 250 mm > Ø > 25 mm	Grosse Steine vor der Netzöffnung umdrehen und wenn nötig festsitzendes MZB abreiben. Die Fläche weiter mit KSM beproben.
Kies 25 mm > Ø > 2.5 mm	Mit rotierenden, vorsichtigen Grabbewegungen des Fusses das Feinsediment bewegen und die Sedimentwolke mit dem Netz auffangen (brauchbare Technik für alle Feinsedimente).

Optische Hilfen zur Bestimmung der Substratdeckung (nach Northcote 1979):



- Festlegung der Probenflächen: um die 8 (8+4)* Probenstellen im Raster des Protokolls einzutragen, müssen folgende Prioritäten beachtet werden:

=> die Kolonne der prozentualen Anteile der Sohlensubstrate ausfüllen. Beachten Sie dazu die unten angegebene optische Hilfe für die Flächenabschätzung;

=> wählen Sie Kombinationen von Substrat-Fließgeschwindigkeit aus, beginnend mit dem am besten besiedelbaren Substrat mit der für die Besiedlung günstigsten Fließgeschwindigkeit. Dann fahren Sie in diesem Sinne weiter (das nächst-günstige etc.), bis alle Substrate ausgeschöpft sind.

=> Die Eignung der Substrate und Fließgeschwindigkeiten sind in den Kolonnen S=Substrat (0 minimal bis 10 sehr gut) und V=Geschwindigkeit (1 minimal bis 5 sehr gut) angegeben;

=> Wenn weniger als 8 Substrattypen zu finden sind, wiederholt man die Auswahl mit dem besten Substrat, aber mit einer anderen Fließgeschwindigkeit, wobei wieder die günstigeren Kombinationen zuerst gewählt werden; also immer in der Reihenfolge der abnehmenden Bewohnbarkeit der Substrate vorgehen.

=> Bei jeder Probenflächen-Wahl soll die laufende Nummer der Probe (1 bis 8, 9 bis 12) ins entsprechende Feld des Rasters eingetragen werden, evtl. mit Angabe des Substrattyps.

*NB: Die Anzahl Proben wird dann um 4 (9 bis 12) erhöht, wenn es sich um ein reich strukturiertes Gewässer handelt, z.B. ein Fließgewässer in einer Aue.

Samenpflanzen, untergetaucht (Hydrophyten) und amphibisch (Helophyten)

Kämmen und Schütteln der Pflanzen im Netz, ohne sie auszurreissen, Stängel der Helophyten abreiben, MZB mit Netz auffangen. Darunterliegendes Substrat mit KSM beproben.

Feinsedimente mit organischem Anteil
"Schlamm" Ø < 0.1 mm
ulnähne Pflanze

Sediment aufwühlen und Suspension mit Netz auffangen. Bei geringer/fehlender Strömung mit Hin-und-her-Bewegungen des Netzes Tiere auffangen. Netz im Wasser bewegen, um Feinsedimente auszuspülen.

Sand, Schluff (Feinsedimente)
Ø < 2.5 mm

Mit Stiefel Sediment aufwühlen und Wolke mit Netz auffangen. Bei geringer/fehlender Strömung Tiere mit Netzbewegungen auffangen (diese Methode funktioniert generell bei geringer/fehlender Strömung)

künstliche und natürliche Oberflächen
(Fels, Platten, Plaster, Beton)
Mauer > Ø 250 mm

Oberfläche mit Stiefel oder Händen abreiben, Tiere mit Netz auffangen. Festsitzende Fauna absammeln.

schlecht bewohnbare Substrate
Algen oder
Mergel, Ton

Algen und darunterliegendes Sediment mit dem Fuss beproben. Die Methode soll dem Substrattyp angepasst sein (wie weiter oben beschrieben).

A2 Beispiele

IBCH: Aufnahmeraster										ID-Nummer : 606183							
Gewässer: _____			GÜRBE			Datum : 15.04.2007			Startpunkt unten (X/Y) : 606030 / 183255								
Ortname Aufnahmefläche: _____			Grossmatt			Höhe : 550 m			BearbeiterIn : Hans Muster								
Fließgeschwindigkeit (Klassen in ~ cm/s)			V > 150			150 > V > 75			75 > V > 25			25 > V > 5			V < 5		
Bewohnbarkeit V*			2			4			5			3			1		
Substrate			Deckungsgrad ↓			S**			PROB 7			PROB 1			PROB 2		
mobile Blöcke > 250 mm			(2)			10											
Moose (Bryophyten)			(1)			9											
untergetauchte Samenpflanzen (Hydrophyten)						8											
grobes organisches Material (Laub, Holz, Wurzeln)			(1)			7									PROB 3 Laub		
grössere mineralische Sedimente (Steine, Kieselsteine) 250 mm > Ø > 25 mm			(4)			6			PROB 8 Kieselsteine			PROB 4 Kieselsteine					
Kies			(3)			5						PROB 5 Kies					
25 mm > Ø > 2.5 mm						4											
Amphibische Samenpflanzen Helophyten						3											
feine Sedimente +/- organisch "Schlamm" Ø < 0.1 mm Randpfützen						2											
Sand und Schluff Ø < 2.5 mm			(1)			1									PROB 6 Sand		
Natürliche und künstliche Oberflächen (Fels, Steinplatten, Boden, Wand) Block > Ø 250 mm						0											
Algen oder (falls fehlend) Mergel und Ton																	
↑ Substrate nach abnehmender Bewohnbarkeit von 10 (sehr gut) bis 0 (minimal) geordnet										*Fließgeschwindigkeit, S**Substrate dominantes Substrat : Kieselsteine							
↑ Deckungsgrad : (1) wenig (1-5%) / (2) mittel (6-10%) / (3) häufig (11-50%) / (4) sehr häufig (>50%)																	

IBCH: Aufnahmegeraster		ID-Nummer :	606183
Gewässer:	GÜRBE	Datum :	15.04.2007
Ortname Aufnahmefläche:	Grossmatt	Startpunkt unten (X/Y) :	606030 / 183255
		Höhe :	550 m
		BearbeiterIn :	Hans Muster





IBCH: Aufnahmeraster

ID-Nummer : 559204

Datum : 01.10.2008

Startpunkt unten (X/Y) : 559'814 / 204'425

Gewässer: Seyon

Ortname Aufnahme­fläche: Gor

Höhe : 480

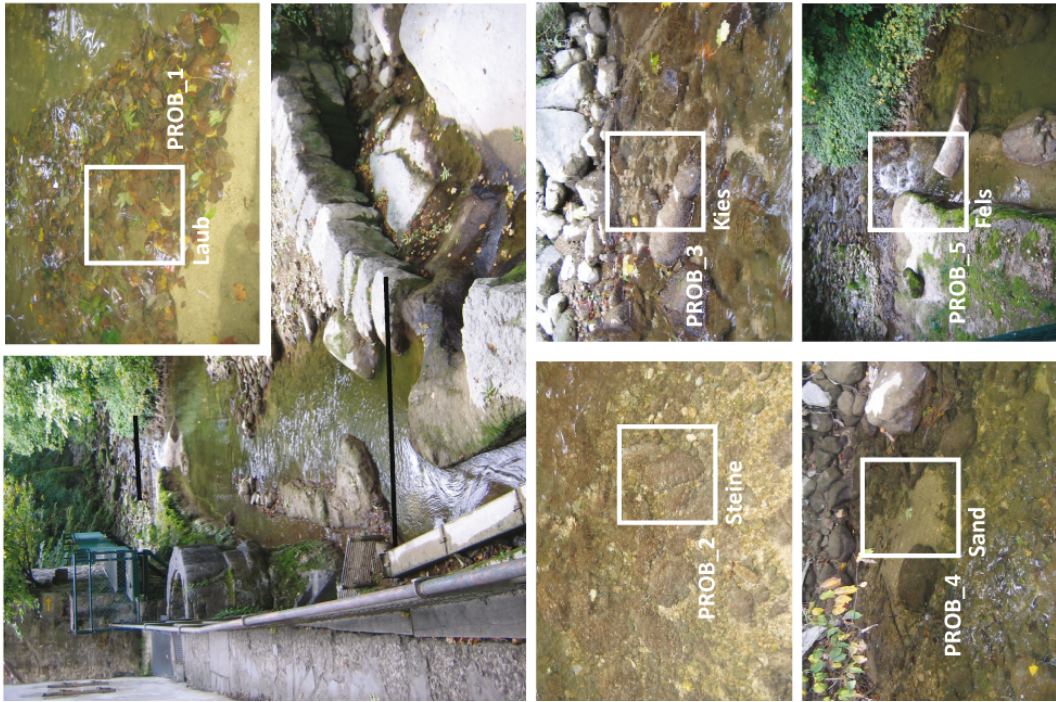
BearbeiterIn : Hans Muster

Fließgeschwindigkeit (Klassen in - cm/s)	V					V < 5
	V > 150	150 > V > 75	75 > V > 25	25 > V > 5	V < 5	
Substrate	Deckungsgrad ↓	V*	S*			
mobile Blöcke > 250 mm			10			
Moose (Bryophyten)			9			
untergetauchte Samenpflanzen (Hydrophyten)			8			
grobes organisches Material (Laub, Holz, Wurzeln)			(1) 7			1 Laub
grössere mineralische Sedimente (Steine, Kieselsteine) 250 mm > Ø > 25 mm			(3) 6	7 Steine/Kieselsteine	2 Steine/Kieselsteine	
Kies 25 mm > Ø > 2,5 mm			(2) 5	8 Kies	3 Kies	
Amphibische Samenpflanzen Helophyten			4			
feine Sedimente +/- organisch "Schlamm" Ø < 0,1 mm Randfluten			3			
Sand und Schluff Ø < 2,5 mm			(2) 2			4 Sand
Natürliche und künstliche Oberflächen (Fels, Steinplatten, Boden, Wand) Block > Ø 250 mm			(1) 1		5 Fels	
Algen oder (falls fehlend) Mergel und Ton			(3) 0			6 Algen

↑ a Substrate nach abnehmender Bewohnbarkeit von 10 bis 0 geordnet

↑ Deckungsgrad : (1) wenig (<5%) / (2) mittel (5-10%) / (3) häufig (11-50%) / (4) sehr häufig (>50%)

V*Fließgeschwindigkeit, S*-Substrate dominantes Substrat : Steine/Kieselsteine



IBCH: Aufnahme raster

Gewässer: Chiene (Gamchibach)

Ortname Aufnahme fläche: Gamchi

ID-Nummer : 626153

Datum : 16.06.2007

Höhe : 1640

Startpunkt unten (X/Y) : 626'585 / 153'360

BearbeiterIn : Hans Muster

Substrate	Fließgeschwindigkeit (Klassen in cm/s)		Bewohnbarkeit V ^a S ^a	V > 150	150 > V > 75	75 > V > 25	25 > V > 5	V < 5
	Deckungsgrad %	Deckungsgrad %						
mobile Blöcke > 250 mm			10					
Moose (Byrophyten)			9					
untergetauchte Samenpflanzen (Hydrophyten)			8					
grobes organisches Material (Laub, Holz, Wurzeln)			(1) 7			1 Wurzeln		5 Wurzeln
grössere mineralische Sedimente (Steine, Kieselsteine) 250 mm > Ø > 25 mm			(4) 6		6 Kieselsteine	2 Kieselsteine	8 Kieselsteine	
Kies			(3) 5		7 Kies	3 Kies		
25 mm > Ø > 2,5 mm								
Amphibische Samenpflanzen			4					
Helophyten								
feine Sedimente +/- organisch "Schlamm" Ø < 0,1 mm			3					
Randflützen								
Sand und Schluff			(1) 2				4 Schluff	
Ø < 2,5 mm								
Natürliche und künstliche Oberflächen (Fels, Steinplatten, Boden, Wandl. Block > Ø 250 mm)			1					
Algen oder (falls fehlend) Mergel und Ton			0					

↑ a Substrate nach abnehmender Bewohnbarkeit von 10 bis 0 geordnet

↑ Deckungsgrad: (1) wenig (<5%) / (2) mittel (5-10%) / (3) häufig (11-50%) / (4) sehr häufig (>50%)

V^a Fließgeschwindigkeit, S^a Substrate

dominantes Substrat: Kieselsteine

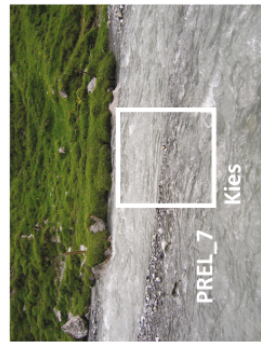
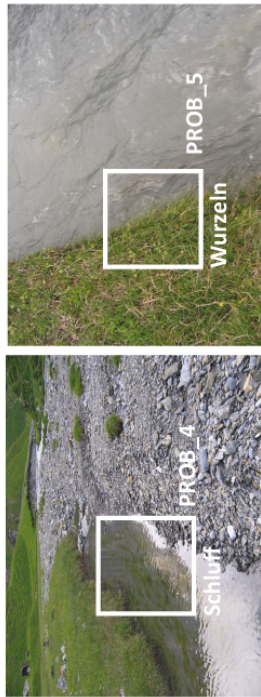
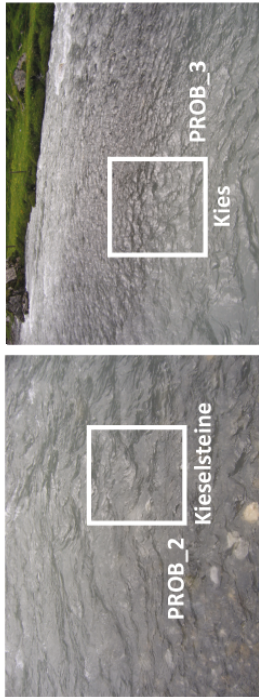
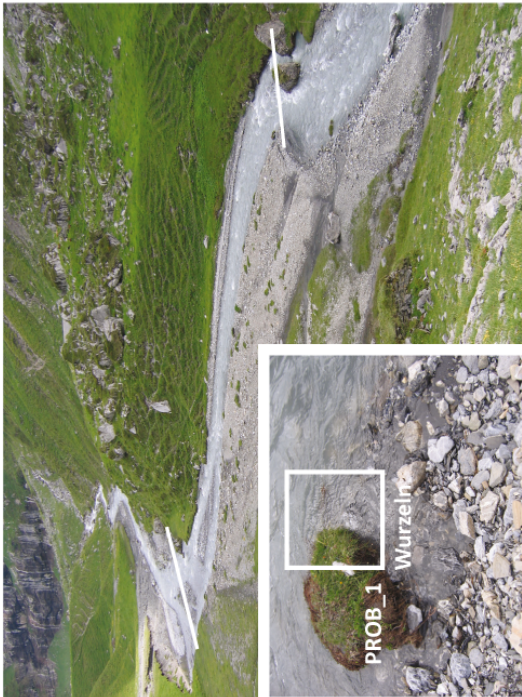


Abb. 6 > Kicknetz-Erhebung «Mobile Blöcke/Steine»: Anheben des Steines

a) und b) Abreiben und Auffangen des abdriftenden Materials mit dem Netz.

c) Bearbeiten des darunter liegenden Materials mit dem Fuss.



Photos Abb. 6: B. Jann

Abb. 7 > Reinigen und mehrmaliges Dekantieren

Das Material in Suspension wird aufbewahrt.



Abb. 8 > Entfernen grosser Larven und Endkontrolle des mineralischen Materials



A3 Klassifizierung der Substrate

A3-1 Illustration der Substrate

Abb. 9 > Mobile Blöcke

Blöcke, Felsen > 25 cm



Abb. 10 > Mobile Blöcke

Grosse Steine > 25 cm



Abb. 11 > Bryophyten

Moose



Abb. 12 > Untergetauchte Samenpflanzen

Wasserpflanzen generell



Abb. 13 > Grobes organisches Material

Laub



Abb. 14 > Grobes organisches Material

Totholz



Abb. 15 > Grössere mineralische Sedimente

Steine 6–20 cm, evtl. mit Feinkies und Sand



Abb. 16 > Grössere mineralische Sedimente

Grobkies 2,5–6 cm, evtl. mit Feinkies und Sand



Abb. 17 > Kies

Mittel- bis Feinkies 0,25–2,5 cm



Abb. 18 > Amphibische Samenpflanzen

Sumpfpflanzen generell



Abb. 19 > Feinsedimente +/- organisch

Feinsedimente < 0,1 mm



Abb. 20 > Sand und Schluff

Sand < 2,5 mm



Abb. 21 > Natürliche und künstliche Oberflächen*Anstehender Fels.***Abb. 22 > Algen***Filamentöse Algen.*

Fotos P.Rey (Abb. 9–22) und N.Vuilleumier (Abb. 11)

A3-2

Substratliste mit abnehmender Bewohnbarkeit**Tab. 9 > Substratliste mit abnehmender Bewohnbarkeit**

Substrats	Bewohnbarkeitsgrad* (10: sehr gut, 0: minimal)
• Mobile Blöcke > 250 mm	10
• Moose	9
• Untergetauchte Samenpflanzen (Hydrophyten)	8
• Grobes organisches Material (Laub, Holz, Wurzeln)	7
• Grössere mineralische Sedimente (Steine, Kieselsteine) • 250 mm > Ø > 25 mm	6
• Kies • 25 mm > Ø > 2,5 mm	5
• Amphibische Samenpflanzen (Sumpfpflanzen)	4
• Feinsedimente +/- organisch, «Schlamm» Ø < 0,1 mm • Benetzter Randbereich	3
• Sand und Schluff Ø < 2,5 mm	2
• Natürliche und künstliche Oberflächen (Fels, Pflaster, Wand, Hartverbau)	1
• Algen oder bei deren Fehlen Mergel und Ton	0

* Der Bewohnbarkeitsgrad eines Substrats hängt einerseits von seinen Eigenschaften, andererseits aber auch von seiner Stabilität ab. In Abhängigkeit seiner Art, Granulometrie und den Abflusscharakteristiken kann die Beweglichkeit des Substrats null (anstehender Fels), gering (Bryophyten, Felsblöcke/Steine bei geringem Abfluss), mittel (Grobkies) oder stark (z. B. Sand) sein. Bei den Probenahmen für den IBCH wird diese Bewohnbarkeit berücksichtigt, indem die biogensten Substrate prioritär beprobt werden. Daraus geht ein Qualitätsindex hervor, der das biogene Potential eines Fliessgewässers widerspiegelt.

A4

Laborprotokoll (elektronisch verfügbar unter www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm)

IBCH		Labor-Protokollblatt		ID:
Gewässer: _____		Datum: _____		Startpunkt (X/Y): _____
Ortsname: _____		Höhe: _____		BearbeiterIn: _____
TAXALISTE				
<div> <div> PORIFERA CNIDARIA BRYOZOA </div> <div> </div> </div>				
<div> PLATYHELMINTHES Dendrocoelidae Dugesidae Planariidae «NEMATHELMINTHES» </div>				
<div> ANNELIDA Hirudinea Erpobdellidae Glossiphoniidae Hirudidae (Tachet) Piscicolidae Oligochaeta </div>				
<div> MOLLUSCA Gastropoda Acroloxidae Ancylidae (Tachet) Bithyniidae Ferrissidae (Tachet) Hydrobiidae Lymnaeidae Neritidae Physidae Planorbidae Valvatidae Viviparidae Bivalvia Corbiculidae Dreissenidae Sphaeriidae Unionidae </div>				
<div> ARTHROPODA Arachnida (Inf.-Cl.) Acari Hydracarina Malacostraca (Crustacea) Branchiopoda Amphipoda Corophiidae Gammaridae Niphargidae Isopoda Asellidae Janiridae Mysida Mysidae Decapoda Astacidae Cambaridae </div>				
<div> Insecta Ephemeroptera Ameletidae Baetidae Caenidae Ephemerellidae Ephemeridae Heptageniidae Leptophlebiidae Oligoneuridae Polymitarcyidae Potamanthidae Siphonuridae Odonata Aeshnidae Calopterygidae Coenagrionidae Cordulegasteridae Corduliidae Gomphidae Lestidae Libellulidae Platycnemididae Plecoptera Capniidae Chloroperlidae Leuctridae Nemouridae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae </div>				
<div> Heteroptera Aphelocheiridae Corixidae Gerridae Hebridae Hydrometridae Mesoveliidae Naucoridae Nepidae Notonectidae Pleidae Veliidae Megaloptera Sialidae Neuroptera Osmylidae Sisyridae Coleoptera Curculionidae Chrysomelidae Dryopidae Dytiscidae Elmidae Gyrinidae Halplidae Helophoridae Hydraenidae Hydrochidae Hydrophilidae Hydroscaphidae Hygrobiidae Noteridae Psephenidae Scirtidae (=Helodidae) Spercheidae </div>				
<div> Hymenoptera Trichoptera Apataniidae Beraeidae Brachycentridae Ecnomidae Glossosomatidae Goeridae Helicopsychidae Hydropsychidae Hydroptilidae Lepidostomatidae Leptoceridae Limnephilidae Molannidae Odontoceridae Philopotamidae Phryganeidae Polycentropodidae Psychomyiidae Ptilocolepidae Rhyacophilidae Sericoctenidae </div>				
<div> Lepidoptera Diptera Anthomyiidae/Muscidae Athericidae Blephariceridae Ceratopogonidae Chaoboridae Chironomidae Culicidae Cylindrotomidae Dixidae Dolichopodidae Empididae Ephydriidae Limoniidae/Pediciidae Psychodidae Ptychopteridae Rhagionidae Scatophagidae Sciomyzidae Simuliidae Stratiomyidae Syrphidae Tabanidae Thaumaleidae Tipulidae </div>				
Abundanzen : 1–10 => genaue Anzahl • 11–100 => 11 • 101–1000 => 101 • > 1000 => 1001				
Ergebnis IBCH Wert		Σ taxa:	=> Diversitätsklasse DK	IBCH Wert
		Zeigergruppe GI (max.):		

A5 Ausrüstung und Material

Tab. 10 > Liste Feldmaterial

Ausrüstung bezüglich Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Stiefel/Fischerstiefel/Watstiefel (je nach Wassertiefe); • Selbstaufblasende Schwimmweste; • Natel; Zeitplan (bei einem Dritten hinterlassen); • Desinfektionsmittel (z. B. Chlor-Brausetabletten, Kalium-Peroxomonosulphat, Javelwasser).
Vermessung und Probenahme	<ul style="list-style-type: none"> • GPS; Messband 50 m; Strömungsmessgerät; digitaler Fotoapparat; • Schreibunterlage, Papier und weicher Bleistift HB bis 2B;
Dokumente	<ul style="list-style-type: none"> • Karte des Standorts 1:25 000; • Feldprotokolle 2x (Anhang A1: A1.0, A1.1 & A1.2); • standardisierte Etiketten, Laserdruck (s. Kap. 3.3.6).
Probenahme	<ul style="list-style-type: none"> • Kicknetz, normiert 25x25 cm (Rahmen 25x25cm, Netz mit Maschenweite von 500 µm und Länge von 50 cm, z. B. Bioform Art. A56a); • Normiertes Netzsieb 500 µm; • Ethanol 95 % (Kanister 5 Liter) und Ethanol 85 % (im Voraus gefüllte Röhrchen 40 & 50 ml); • Rostfreie Entomologische Federstahlpinzette (z. B. Bioform Art. B31b); Taschen- oder Augenlupe; • Laborbecken (240x300mm Semadeni Art.3616); • Röhrchen (PS 40 ml Semadeni Art. 2277 & PS 50 ml Semadeni Art.2278); • Pulvertrichter (Semadeni Art.0211); Viereckeimer mit hermetisch abschliessbarem Deckel (PE-HD 270x200x150mm Semadeni Art. 2073); • Spritzflasche (PE-LD 250 ml Semadeni Art.0016).

Tab. 11 > Liste Labormaterial

Optische Ausrüstung	<ul style="list-style-type: none"> • Stereomikroskop 40x; Glasfaser-Halogenbeleuchtung 100 W; • Petrischalen aus Glas, Durchmesser 10 cm.
Dokumente	<ul style="list-style-type: none"> • Laborprotokoll (Anhang A4); • Standardisierte Etiketten, Laserdruck (s. Kap 3.3.6).
Labor	<ul style="list-style-type: none"> • Entomologische, rostfreie Federstahlpinzette (z. B. Bioform Art. B31b); • Normiertes Netzsieb 500 µm; • Ethanol 85 %; • Röhrchen (PS 40 ml Semadeni Art.2277 & PS 50 ml Semadeni Art.2278); • Pulvertrichter (Semadeni art.0211); • Spritzflasche (PE-LD 250ml Semadeni Art.0016).

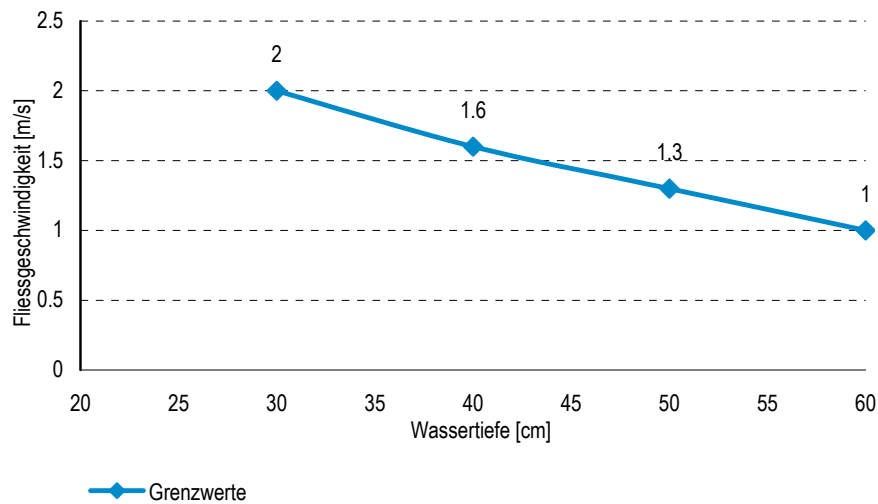
A6 Sicherheitshinweise

Folgende 5 Sicherheitshinweise sind bei der Probenahme von Benthos zu beachten

1. **Sicherheit bei Zugang und Probenahme:** Der Standort muss zugänglich sein (keine Steilufer); der gesamte Bereich muss gefahrlos mit Fischer-/Watstiefeln begangen werden können. Folgende Situationen sind riskant: 1. Grosse Abflüsse und Fliessgeschwindigkeiten, 2. zu grosse Wassertiefen, 3. steiles Gefälle, 4. unzugängliche Ufer. Bei solchen Situationen muss der Bearbeiter eine persönliche Einschätzung der Lage machen und im Zweifelsfall auf die Probenahme verzichten. In riskanten Fliessgewässern sollte eine selbstaufblasende Schwimmweste getragen werden und eine Begleitperson anwesend sein.
2. **Von einem Wasserkraftwerk genutzter Abschnitt:** Vor dem Betreten des Gewässers muss Kontakt mit dem Betreiber aufgenommen und über Datum und Zeit der Probenahme orientiert werden. Der Betreiber informiert über genaue Abflussschwankungen, während der Bearbeiter das Kraftwerk im Voraus über das Datum, die Zeit und die Dauer der Probenahme orientiert. Die Probenahme kann nur vorgenommen werden, wenn seitens des Betreibers entsprechende Garantien abgegeben werden. Besondere Vorsicht ist bei automatisch betriebenen Einrichtungen (z. B. automatische Spülungen) geboten.
3. **Hochwasserrisiko:** Vor jeder Feldkampagne muss sich der Bearbeiter über die hydrologischen (www.hydrodaten.admin.ch/d/index.htm?lang=de) und meteorologischen (www.meteosuisse.admin.ch/web/de/wetter.html) Bedingungen orientieren, um dadurch das Risiko von plötzlichem Wasseranstieg oder Hochwassersituationen in den zu untersuchenden Fliessgewässern abschätzen zu können.
4. **Kontaminationsrisiko von Fliessgewässern:** Damit keine pathogenen Keime oder sonstige Kontaminationen auf andere Einzugsgebiete übertragen werden, desinfiziert der Bearbeiter im Zweifelsfall das Probenahmematerial und die Stiefel bei jedem Wechsel in ein anderes Einzugsgebiet mit einem geeigneten Produkt (z. B. Chlor-Brausetabletten, Kalium-Peroxomonosulphat, Javelwasser), insbesondere bei Arbeiten im Bereich von Fischzuchten und falls Einzugsgebiet-aufwärts gearbeitet wird.
5. **Einholen einer Bewilligung:** Der Bearbeiter informiert sich über die gesetzlichen Vorschriften der vorgesehenen Standorte.

Abb. 23 > Grenzwerte für ein sicheres Arbeiten im Bett eines Fließgewässers und Gefahrenschild

NB: Die angegebenen Grenzwerte variieren in Abhängigkeit von Gewicht und Grösse des Bearbeiters und der Rauigkeit des Substrates (z. B. Bedeckung von mineralischem Substrat mit Algen).



A7 Berechnung des Qualitätsindex IBCH

A7-1 Liste der verwendeten Taxa (Verzeichnis der Organismen)

Tab. 12 > Liste der verwendeten Taxa

Die 38 Zeigertaxa sind in Fettschrift dargestellt.

INSECTA	HETEROPTERA	Rhagionidae	DECAPODA
PLECOPTERA	Aphelocheiridae	Scatophagidae	Astacidae
Capniidae	Corixidae	Sciomyzidae	Cambaridae
Chloroperlidae	Gerridae	Simuliidae	MOLLUSCA
Leuctridae	Hebridae	Stratiomyidae	BIVALVIA
Nemouridae	Hydrometridae	Syrphidae	Corbiculidae
Perlidae	Mesoveliidae	Tabanidae	Dreissenidae
Perlodidae	Naucoridae	Thaumaleidae	Sphaeriidae
Taeniopterygidae	Nepidae	Tipulidae	Unionidae
	Notonectidae		
TRICHOPTERA	Pleidae	ODONATA	GASTROPODA
Apataniidae	Veliidae	Aeschnidae	Ancylidae (Tachet)
Beraeidae		Calopterygidae	Acroloxidae
Brachycentridae	COLEOPTERA	Coenagrionidae	Bithyniidae
Ecnomidae	Curculionidae	Cordulegasteridae	Ferrissidae (Tachet)
Glossosomatidae	Chrysomelidae	Corduliidae	Hydrobiidae
Goeridae	Dryopidae	Gomphidae	Limnaeidae
Helicopsychidae	Dystiscidae	Lestidae	Neritidae
Hydropsychidae	Elmidae	Libellulidae	Physidae
Hydroptilidae	Gyrinidae	Platycnemididae	Planorbidae
Lepidostomatidae	Haliplidae		Valvatidae
Leptoceridae	Helophoridae	MEGALOPTERA	Viviparidae
Limnephilidae	Hydraenidae	Sialidae	
Molannidae	Hydrophilidae		ANNELIDA
Ondotoceridae	Hydrochidae	NEUROPTERA	HIRUDINEA
Philopotamidae	Hydrosaphidae	Osmiidae	Erpobdellidae
Phryganeidae	Hygrobidae	Sisyridae	Glossiphoniidae
Polycentropodidae	Noteridae		Hirudidae (Tachet)
Psychomyidae	Psephenidae	HYMENOPTERA	Piscicolidae
Ptilocolepidae	Scirtidae		
Rhyacophilidae	Spercheidae	LEPIDOPTERA	PLATYHELMINTHES
Sericostomatidae			Dendrocoelidae
	DIPTERA	MALACOSTRACA	Dugesidae
EPHEMEROPTERA	Anthomyiidae/Muscidae	(Crustacea)	Planariidae
Ameletidae	Athericidae	BRANCHIOPODA	
Baetidae	Blephariceridae	AMPHIPODA	
Caenidae	Ceratopogonidae	Corophidae	OLIGOCHAETA
Ephemerellidae	Chaoboridae	Gammaridae	«NEMATHELMINTHES»
Ephemeridae	Chironomidae	Niphargidae	
Heptageniidae	Culicidae		HYDRACARINA
Leptophlebiidae	Cylindrotomidae	ISOPODA	CNIDARIA
Oligoneuriidae	Dixidae	Asellidae	PORIFERA
Polymitarcidae	Dolichopodidae	Jamiridae	BRYOZOA
Potamanthidae	Empididae		
Siphonuridae	Ephydriidae	MYSIDA	
	Limoniidae/Pedicidae	Mysidae	
	Psychodidae		
	Ptychopteridae		

A7-2

Tabelle zur Bestimmung des IBCH (IBGN)**Tab. 13 > Tabelle zur Bestimmung des IBCH (IBGN)**

Diversitätsklasse DK		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FAMILIEN (Gruppen)	Σt	> 50	45–49	41–44	37–40	33–36	29–32	25–28	21–24	17–20	13–16	10–12	7–9	4–6	1–3
<i>Chloroperlidae</i>	9														
<i>Perlidae</i>		20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
<i>Perlodidae</i>															
<i>Taeniopterygidae</i>															
<i>Capniidae</i>	8														
<i>Brachycentridae</i>		20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
<i>Odontoceridae</i>															
<i>Philopotamidae</i>															
<i>Leuctridae</i>	7														
<i>Glossosomatidae</i>		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
<i>Beraeidae</i>															
<i>Goeridae</i>															
<i>Leptophlebiidae</i>	6														
<i>Nemouridae</i>		19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
<i>Lepidostomatidae</i>															
<i>Sericostomatidae</i>															
<i>Ephemeridae</i>	5														
<i>Hydroptilidae</i>		18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
<i>Heptageniidae</i>															
<i>Polymitarcidae</i>															
<i>Potamanthidae</i>	4														
<i>Leptoceridae</i>		17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
<i>Polycentropodidae</i>															
<i>Psychomyidae</i>															
<i>Rhyacophilidae</i>	3														
<i>Limnephilidae</i> *		16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
<i>Hydropsychidae</i>															
<i>Ephemerellidae</i> *															
<i>Aphelocheiridae</i>	2														
<i>Baetidae</i> *		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
<i>Caenidae</i> *															
<i>Elmidae</i> *															
<i>Gammaridae</i> *	1														
<i>Mollusca</i>															
<i>Chironomidae</i> *		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<i>Asellidae</i> *															
<i>Hirudinea</i>															
<i>Oligochaeta</i> *															

* Taxa mit mindestens 10 Tieren – die anderen mit mindestens 3 Tieren vertreten

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1	Zonierung der Fliessgewässer und Fischregionen	13
Abb. 2	Beispiel einer zur Beschriftung der Proben verwendeten Etikette	23
Abb. 3	Beispiele von Etiketten zur Beschriftung von bestimmtem Material	25
Abb. 4	Beispiel einer Identifikationsnummer (ID) für die Archivierung der Daten und des bestimmten Materials	26
Abb. 5	Austausch von Daten und Probenmaterial aus der Bestimmung des IBCH zwischen den Kantonen, dem Bund und Museen	26
Abb. 6	Kicknetz-Erhebung «Mobile Blöcke/Steine»: Anheben des Steines	47
Abb. 7	Reinigen und mehrmaliges Dekantieren	47
Abb. 8	Entfernen grosser Larven und Endkontrolle des mineralischen Materials	47
Abb. 9	Mobile Blöcke	48
Abb. 10	Mobile Blöcke	48
Abb. 11	Bryophyten	48
Abb. 12	Untergetauchte Samenpflanzen	48
Abb. 13	Grobes organisches Material	48
Abb. 14	Grobes organisches Material	48

Abb. 15	Grössere mineralische Sedimente	49
Abb. 16	Grössere mineralische Sedimente	49
Abb. 17	Kies	49
Abb. 18	Amphibische Samenpflanzen	49
Abb. 19	Feinsedimente +/- organisch	49
Abb. 20	Sand und Schluff	49
Abb. 21	Natürliche und künstliche Oberflächen	50
Abb. 22	Algen	50
Abb. 23	Grenzwerte für ein sicheres Arbeiten im Bett eines Fliessgewässers und Gefahrenschild	54

Tabellen

Tab. 1	Einteilung der Substrate nach ihrer Häufigkeit	16
Tab. 2	Hauptsächliche Typen von Probenahmestandorten	17
Tab. 3	Empfohlene prioritäre Erhebungsfenster in Abhängigkeit der Meereshöhe	18
Tab. 4	Zeitfenster für prioritäre fakultative Feldkampagnen	18
Tab. 5	Skala zur Angabe der Häufigkeit der Taxa einer Probe	25
Tab. 6	Bestimmung der Diversitätsklasse	28
Tab. 7	Bestimmung der Indikatorgruppe	28

Tab. 8

Zuordnung einer Gewässerstelle zu einer von fünf
Qualitätsklassen anhand des Wertes des IBCH 28

Tab. 9

Substratliste mit abnehmender Bewohnbarkeit 50

Tab. 10

Liste Feldmaterial 52

Tab. 11

Liste Labormaterial 52

Tab. 12

Liste der verwendeten Taxa 55

Tab. 13

Tabelle zur Bestimmung des IBCH (IBGN) 56

> Literatur

Bestimmungsliteratur

Grundausrüstung für die Bestimmung der Taxa auf Stufe F [IBCH]

Für die Identifikation der Organismen auf Stufe F [IBCH] gemäss Taxaliste wird als Basis folgendes Werk unbedingt empfohlen.

Tachet H., P. Richoux, M. Bournaud & P. Usseglio-Polatera 2000: Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, Paris, 588 p.

Damit können alle bei dieser Methode verwendeten Taxa bis auf die geforderte Stufe bestimmt werden.

Weiterführende Literatur

Die folgende Liste beinhaltet ergänzende Literatur, welche bei Bedarf für eine weitere Vertiefung der Bestimmungsarbeit nützlich sein kann. (**Fett gedruckte Werke werden als besonders wichtig angesehen und empfohlen.**)

Faunenlisten

Mauch E., Schmedtje U., Maetze A., Fischer F. 2003: Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands zur Koordinierung biologischer Befunde. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Informationsberichte 1/03, München, 388 S. + CD.

Merz B., Bächli G., J.-P. Haenni, Y. Gonseth (Hrsg.) 1998: Diptera Checkliste. Fauna Helvetica 1, SEG, CSCF, Neuchâtel, 369 S.

Turner H., Kuiper J.G.J., Thew N., Bernasconi R., Rüetschi J., Wüthrich M., Gosteli M. 1998: Mollusca Atlas. Fauna Helvetica 2, SEG, CSCF, Neuchâtel, 527 S.

Sartori M., Landolt P. 1999: Atlas de distribution des éphémères de Suisse (Insecta, Ephemeroptera). Fauna Helvetica 3, SEG, CSCF, Neuchâtel, 214 S.

Allgemeine Bestimmungsliteratur für alle Tiergruppen (z. T. mit Farabbildungen)

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.) 1992: Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen), Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Informationsberichte 2/88, 274 S.

Dethier M., Haenni J.P. 1986: Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises 7: Planipennes, mégaloptères et lépidoptères à larves aquatiques. Bull. Soc. Linn. Lyon 55(6): 201–224.

Grabow K. 2000: Farbatlas Süßwasserfauna Wirbellose. Verlag E. Ulmer, Stuttgart. 288 S.

Nilsson A.N. (Hrsg.) 1996/1997: Aquatic insects of North Europe. A taxonomic handbook. 2 Vol. 274, Apollo Books, Stenstrup, DK, 440 S.

Schaefer M. 2002: Brohmer Fauna von Deutschland: ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt. 21., durchges. Aufl., Wiebelsheim: Quelle und Meyer.

Stresemann E. (Begr.) 1993ff: Exkursionsfauna von Deutschland. Bde.: Wirbellose I, Wirbellose II/1, II/2. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin. (Herausgegeben von Hanemann, Hans/Senglaub, Konrad/Klausnitzer, Bernhard).

Plathelminthes

Hoffmann J.A. 1963: Faune des Triclades paludicoles du Grand-Duché de Luxembourg. Arch. Inst. G.D. Luxembourg. Sect. Sci. Nat. Phys. Math. N.S. 30:181–261.

Pattée E., Goubault N. 1981: Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales Françaises. 1. Turbellariés triclades paludicoles. Bull. Soc. Linnéenne de Lyon 50(9):279–304.

Reynoldson T.B., Young Y.O. 2000: A key to the freshwater Tricladids of Britain and Ireland, FBA, Sci. Publ. No. 58, 72 S.

Nematomorpha

Schmidt-Rhaesa A. 1997: Nematomorpha. Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Bd. 4, 4: Nematoda, Nematomorpha; 124 S.: Ill., 1997

Mollusca

Fechter R., Falkner G. 1990: Weichtiere. Steinbachs Naturführer, München.

Glöer P. 2002: Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. 2. neubearb. Aufl. In: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresgebiete 73: 326 S., Hackenheim: Conchbooks.

Glöer P., Meier-Brook C. 2003: Süßwassermollusken, Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, 13. Auflage, Hamburg.

Oligochaeta

Brinkhurst R.O. 1971: A guide for the identification of British aquatic Oligochaeta. Freshwater Biological Association Sci. Publ. 22, Ambleside.

Lafont M. 1983: Introduction pratique à la sytématique des organismes des eaux continentale Françaises 3. Annélides oligochètes. Bulletin de la société linnéenne de Lyon 52(4): 108–135.

Sauter G. 1995: Bestimmungsschlüssel für die in Deutschland verbreiteten Arten der Familie Tubificidae mit besonderer Berücksichtigung von nicht geschlechtsreifen Tieren. Lauterbornia 23: 1–52, Dinkelscherben.

Sperber C. 1952: A guide for the determination of European Naididae. Zool. Bidrag Uppsala 29, 79 S.

Crustacea

Eggers T.O., Martens A., Grabow K. 1999: Hemimysis anomala Sars im Stichkanal Salzgitter (Crustacea: Mysidacea). Lauterbornia 35: 43–47, Dinkelscherben.

Gruner H.-E. 1965: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile (nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise) – 51. Teil: Krebstiere oder Crustacea, V. Isopoda. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena; 1–27 u. 94–149.

Henry J.-P., Magniez G. 1983: Introduction à la systématique des organismes des eaux continentales Françaises 4. Crustacés Isopodes. Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon 52(10):319–357.

Insecta

Ephemeroptera

Bauernfeind E. 1994-5: Bestimmungsschlüssel für die österreichischen Eintagsfliegen 1. + 2. Teil. Wasser und Abwasser, Supplement Band 94(4): 92 + 96.

Bauernfeind E., Humpesch U.E. 2001: Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, Wien, 2001.

Jacob U. 2003: Baetis Leach 1815, sensu stricto oder sensu lato. Ein Beitrag zum Gattungskonzept auf der Grundlage von Artengruppen mit Bestimmungsschlüsseln. Lauterbornia 47: 59–129.

Müller-Liebenau I. 1969: Revision der europäischen Arten der Gattung *Baetis* Leach, 1815. Gewäss. Abwäss. 48/49:1–214.

Studemann D., Landolt P., Sartori M., Hefti D., Tomka I. 1992: Ephemeroptera. Insecta Helvetica, Fauna 9:1–175.

Odonata

Aguesse P. 1968: Les odonates d'Europe occidentale, du nord de l'Afrique et des îles atlantiques. Paris, Masson.

Carchini G. 1983: Odonati. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane 21: 1–80, Consiglio nazionale delle ricerche, Roma.

Dreyer W. 1986: Die Libellen (mit Bestimmungsschlüsseln für Imagines und Larven). Gerstenberg Verlag, Hildesheim, 207 S.

Heidemann H., Seidenbusch R. 2002: Die Libellenlarven Deutschlands. Handbuch für Exuviansammler. In: Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile 72: 328 S., Verlage Erna Bauer, Keltern.

Plecoptera

Aubert J. 1959: Plecoptera, Insecta Helvetica Bd. 1, Lausanne 140 S.

Consiglio C. 1980: Plecotteri (Plecoptera). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, consiglio nazionale delle ricerche AQ/1/77, Nr. 9.

Lubini V., Knispel S., Vinçon G. 2000: Plecoptera, Bestimmungsschlüssel Schweiz, Clé de détermination suisse, Entwurf/Version préliminaire, (Neuaufgabe von J. Aubert 1959), unveröff. Manuskript, PEAK-Kurs EAWAG.

Coleoptera

Angus R. 1992: Helophorinae, Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Bd. 20,10,2, X, 144 S.: III.; 24 cm, 1992.

Freude H., Harde K.W., Lohse G.A. 1971 ff.: Die Käfer Mitteleuropas 9 Bde., Krefeld.

Klausnitzer B. 1991/1994: Die Larven der Käfer Mitteleuropas 1. Band Adephaga/2. Band Myxophaga, Polyphaga, Goecke & Evers, Krefeld.

Hebauer F., Klausnitzer B. 1998: Georissidae, Spercheidae, Hydrophilidae (exkl. Helophorus), Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Bd. 20,10,1, X, 144 S.: III.; 24 cm, Cop. 1998.

van Vondel B.J., Dettner K. 1997: Haliplidae, Noteridae, Hygrobiidae, Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Bd. 20,2/4, X, 147 S.: III.; 25 cm, Stuttgart [etc.]: Gustav Fischer, 1997.

Heteroptera

Dethier M. 1985: Hétéroptères aquatiques et ripicoles. Introduction à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Association française de Limnologie, fasc. 6, 44 pp. (In deutscher Bearbeitung von M. Zimmermann, Universität Bern, Arbeitsunterlage zum Wasserwanzenatlas des CSCF 1993).

Jansson A. 1986: The Corixidae of Europe and some adjacent regions, Acta Entomol. Fennica 47:1–94.

Poisson R. 1957: Hétéroptères aquatiques, Fauna de France T. 61, Paris, 263 S.

Savage A.A. 1989: Adults of British aquatic Hemiptera Heteroptera. A key with ecological notes. FBA Sci. Pub. 50: 1–173, Ambleside, Cumbria.

Neuroptera

Hölzl H., Weissmair W., Speidel W. 2002: Insecta: Megaloptera, Neuroptera, Lepidoptera. Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Bde. 15–17, 148 S.: Ill., Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 2002.

Megaloptera

Hölzl H., Weissmair W., Speidel W. 2002: Insecta: Megaloptera, Neuroptera, Lepidoptera. Süßwasserfauna von Mitteleuropa; Bde. 15–17, 148 S.: Ill., Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 2002.

Trichoptera

Edington J.M., Hildrew G. 1995: A revised key to the caseless caddis larvae of the British Isles with notes on their ecology. Ambleside, Cumbria (GB), Freshwater Biological Association.

Malicky H. 1983: Atlas of European Trichoptera. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Boston, London, 298 pp.

Pitsch T. 1993: Zur Larvaltaxonomie, Faunistik und Ökologie mitteleuropäischer Fließwasser-Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera). Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Sonderheft S8, TU Berlin.

Wallace I.D., Wallace B. et al. 1990: A key to the vase-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. Ambleside, Cumbria (GB), Freshwater Biological Association.

Waringer J., Graf W. 1997: Atlas der österreichischen Köcherfliegen (unter Einschluss der angrenzenden Gebiete), Facultas-Universitätsverlag, S.1–286.

Diptera

Bass J. 1998: Last-instar larvae and pupae of the Simuliidae of Britain and Ireland. FBA Sci. Publ. No. 55, 102 S.

Davis L. 1968: A key to the British species of Simuliidae (Diptera). Freshwater Biological Association, Sci. Publ. 24, Ambleside.

Papp L., Darvas B. (Hrsg) 1997 ff: Contributions to a manual of palaearctic Diptera. Vol. 1-#, Science Herald, Budapest.

Rivosecchi L. 1984: Ditteri (Diptera). Consiglio nazionale delle ricerche (ed.): Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane 28.

Schmid P.E. 1993: A key to the larval Chironomidae from Austrian Danube region (Diamesinae, Prodiamesinae and Orthoclaadiinae), Wasser und Abwasser Supplementum 3/93, 514 S.

Smith K.G.V. 1989: An introduction to the immature stages of British flies. Diptera larvae, with notes on eggs, puparia and pupae. Handbooks for the identification of British insects 10, 14: 1–280, Royal Entomological Society of London, London.

Vergon J.-P., Bourgeois C. 1993: Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises 10: Diptères chironomides (larves aquatiques). T. 1: Caractères généraux, sous-familles et tribus. Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon 62(4): 101–132.

Wiederholm T. (Hrsg.) 1983: Chironomidae of the holarctic region. Keys and diagnoses Part 1. Larvae. Entomologica Scandinavica Supplementum 19: 1–457, Lund.

Wiederholm T. (Hrsg.) 1983: Chironomidae of the holarctic region. Keys and diagnoses Part 2. Pupae. Entomologica Scandinavica Supplementum 28: 1–482, Lund.