

**Die Entwicklung einer wasserrechtskonformen  
Makrozoobenthos Screening-Methode  
für die Bewertung des ökologischen Zustandes  
von Fließgewässern in Österreich**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr.nat.techn.  
an der Universität für Bodenkultur, Wien

*verfasst und eingereicht von*

Anne Hartmann

*betreut durch*

Univ. Prof. Dr. Otto Moog

Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt  
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement

Wien, November 2011



## ZUSAMMENFASSUNG

Die Umsetzung des europäischen Wasserrechtes in Form einer handlungsorientiert konzipierten Wasserrahmenrichtlinie in Österreich führte zu einem Umbruch in der Gewässerbewirtschaftung und -bewertung. Als Folge ergab sich die Notwendigkeit der Entwicklung neuer Bewertungsverfahren für den ökologischen Zustand von Fließgewässern. Diese Arbeit stellt ein wasserrechtskonformes Screening-Verfahren vor, das auf Basis des biologischen Qualitätselementes Makrozoobenthos entwickelt wurde.

Die Screening-Methode, die eine rasche und kostengünstige Abschätzung der ökologischen Zustandssituation eines Gewässernetzes erlaubt, gründet auf einer makrozoobenthischen Indikatorliste von 287 (Screening)-Taxa, die grundsätzlich im Freiland bestimmt werden können. Ausgehend von dieser Freiland-Taxaliste wurde eine Methode entworfen, die in ihren Grundzügen einem multimetrischen Bewertungssystem folgt und sich aus zwei Modulen zusammensetzt. Das Modul Allgemeine Belastung, das aus den Metrics Anzahl der Screening-Taxa, Anzahl der Sensitiven Taxa und dem Degradations-Score besteht, wurde entwickelt, um hydrologisch-morphologische, aber auch allgemeine sowie physikalisch-chemische Defizite an Gewässern aufzeigen zu können. Der saprobielle Aspekt wird über das Modul Organische Belastung abgedeckt. Als Bewertungskriterium hierfür wurde der Saprobie-Score entwickelt, ein auf Basis der im Freiland erkennbaren Makrozoobenthos-Taxa berechenbarer Index. Die Auswahl geeigneter Metrics sowie der Test und positive Demonstration ihrer gerichteten Reaktion auf die ihnen zugewiesenen Stressoren wurden mittels Korrelationsanalysen durchgeführt.

Zur Validierung der Screening-Methode wurde ein Reliabilitätstest anhand eines unabhängigen Datensatzes vollzogen. Hierfür wurde die Screening-Methode mit dem österreichischen Standardverfahren nach multimetrischem Bewertungssystem (detaillierte MZB-Methode) mit Hilfe des Cohens Kappa Koeffizienten verglichen. Die Analyse zeigt eine statistisch abgesicherte „hohe Zuverlässigkeit“ der Screening-Methode und belegt die Praxistauglichkeit des Verfahrens. Eine handlungsorientierte Diskussion über Grundsätze und Vorgangsweise der Probennahme und -bearbeitung verdeutlicht die Wichtigkeit einer Qualitätssicherung in Form von Post-Sorting und Vergleich der Freilanderhebungen mit den Laborerhebungen sowie eine Einhaltung des Beprobungszeitpunktes in Abhängigkeit der Abflussregimetypen. Ein beispielhafter Praxistest der Screening-Methode erfolgte anhand der Bewertung von Stauräumen und liefert wiederum im Vergleich mit der Vollanalyse nach detaillierter MZB-Methode ein ausgezeichnetes Ergebnis.

## **ABSTRACT**

The implementation of the European water right in form of the action oriented Water Framework Directive in Austria caused a change in water management and assessment. As a consequence the development of new assessment systems for the ecological status of rivers and streams were required. In this study a water right conformable screening method that is based on the biological quality element macroinvertebrates, is presented.

The screening procedure enables a rapid and cost-effective field assessment of the ecological status of rivers and is based on a set of 287 indicator taxa that can be determined in the field. Derived from this field-taxalist, a method was designed which follows in its basic principles a multimetric approach. The assessment system is a combination of two modules. The module general degradation was developed for detecting hydromorphological as well as general and physical-chemical impacts and comprises the metrics taxa richness, number of sensitive taxa and degradation score. The saprobic aspect is covered by the module organic degradation. The according metric is the saprobic score, an index that can be calculated on the basis of the field indicator taxa. The test of appropriate metrics and their well-directed reaction towards its assigned pressures was demonstrated by correlation analyses.

For an evaluation of the functional efficiency of the screening method a reliability test using the Cohen's Kappa coefficient between the standardized Austrian multimetric assessment system and the screening method was performed by a stand-alone dataset. The Cohen's Kappa coefficient showed a high correspondence of the two assessment systems. Hence the reliability and practicability of the screening assessment system is definitely proofed. In line with practical experience a discussion of principles and proceedings of the sampling procedure and processing points out the importance of a quality management. Post-sorting and comparison of field and lab investigations as well the observance of a default sampling time depending on the discharge regime are strong requirements for a quality assurance. The suitability for constant use of the screening method was demonstrated by the assessment of damming. For this purpose the results of the screening method were compared with the results of the multimetric assessment system which showed again an excellent performance.

## **DANKSAGUNG**

Mein Dank ist an all jene gerichtet, die mich während der Arbeiten zur Fertigstellung meiner Dissertation in vielfältiger Weise unterstützt haben.

Als erstes möchte ich mich natürlich bei meinem Betreuer dieser Arbeit Otto Moog sehr herzlich bedanken. Er hat mich vor ein paar Jahren mit offenen Armen in die Arbeitsgruppe aufgenommen und mir damit beruflich wie auch menschlich großartige Perspektiven ermöglicht. Ohne ihn wäre ich nie in Bhutan gelandet – ein Erlebnis, das ich um nichts in der Welt missen möchte. Darüber hinaus hat er mir ein Thema für meine Dissertation zur Verfügung gestellt und damit fast ein kleines Stückchen von sich selbst weggegeben. Seine Vorarbeit, sein Wissen und die fachliche Unterstützung haben mir auch in für ihn sehr schweren Zeiten die Fertigstellung meiner Arbeit ermöglicht.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei allen Mitarbeitern am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, die mit ihrer kollegialen und unverkrampften Art zu einer ganz besonderen Arbeitsatmosphäre beitragen. Vielen Dank auch an Mathias Jungwirth und Stefan Schmutz, die mich immer wieder sehr herzlich und positiv unterstützt haben. Bei Franziska Schmuttermeier möchte ich mich ganz besonders für ihre freundliche Hilfe bei der Überwindung von bürokratischen Hindernissen bedanken.

Mein nächster Dank gilt den Kollegen meiner Arbeitsgruppe, die ich alle sehr schätze und regelrecht lieb gewonnen habe. Ilse Stubauer hat mich mit ihrer herzlichen Art beruflich wie auch privat in jeder Hinsicht unterstützt und mir viele Steine aus dem Weg geräumt. Bei Thomas Ofenböck möchte ich mich sehr für seine fachliche Hilfestellung sowie seine geduldige Beantwortung meiner vielen Fragen und Bitten während der intensiven Phase der Methodenentwicklungen bedanken. Ebenso danken möchte ich Patrick Leitner, der mich mit seiner positiven Art sehr motiviert hat und mir oft Nachhilfe in Statistik gegeben hat. Apropos Statistik: herzlichen Dank auch an Erwin Lautsch, der einem doch immer die richtigen Tipps und Kniffe zeigt. Wolfram Graf möchte ich sehr für seine kollegiale Art und seine unschätzbare fachliche Kompetenz danken. Er hat mich immer sehr herzlich (und oft) im schiefen Zimmer empfangen. Genauso danken möchte ich Astrid Schmidt-Kloiber, die jede blöde Frage von mir beantwortet und einem die Latte ganz schön hoch legt. Danke an Martin Seebacher für sein einzigartig kolle-

giales Verhalten und die humorvolle Versüßung des Büroalltags. Auch Thomas Huber und Berthold Janecek möchte ich für ihre Freundlichkeit, fachlichen Rat und gute Zusammenarbeit danken. Robert Vogl gilt mein besonderer Dank für aufopferungsvolle Hilfe bei allen Datenbank- und sonstigen programmtechnischen Problemen.

Bei Gisela Ofenböck und Richild Mauthner-Weber (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) möchte ich mich für die gute Zusammenarbeit bei der Methodenentwicklung bedanken.

Nun die liebe Familie. Als erstes möchte ich meinen Eltern danken, die mir das Studium ermöglicht haben und mich in jeder Lebenssituation geduldig unterstützt haben. Vor allem für das liebevolle und selbstverständliche Baby-Sitting meiner kleinen Tochter Julie auf Lunz-Kursen, zuhause und in Passau möchte ich mich bedanken. Sonst hätte das mit der Disseratation noch hundert Jahre gedauert. Auch Gerda möchte ich an dieser Stelle danken, die sooft den weiten Weg aus Berlin auf sich genommen hat, um sich um Julie zu kümmern. Vielen Dank auch an meine Schwiegereltern, die uns, obwohl weit weg, immer unterstützen. Meiner Schwester Susanne kann ich nicht genug für ihren Einsatz (quasi Teil-Karenz) mit Julie danken. Ohne sie wäre es berufstechnisch ganz schön schwierig geworden. Danke auch an meine Schwester Ina, die ihre räumliche Distanz nicht von uns fern gehalten hat und und die wir am liebsten besuchen. Danke an meinen Bruder Simon und seine Familie, der glaub ich, gar nicht weiß, dass ich eine Dissertation geschrieben habe. Meinem allerliebsten Töchterchen Julie möchte ich für ihre Geduld danken, wenn ich mal wieder tippen musste. Deine Anwesenheit macht jeden Computer-Grant schnell wieder zunichte. Und zu guter Letzt möchte ich meinem liebsten Männe danken. Mein Fels in der Brandung, ohne den das alles nix geworden wäre und der mich des Öfteren davor bewahrt hat, den Laptop einfach aus dem Fenster zu schmeißen.

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |                                                                                                           |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINLEITUNG .....</b>                                                                                   | <b>11</b> |
| <b>2</b> | <b>DIE EU-WASSERRAHMENRICHTLINIE .....</b>                                                                | <b>15</b> |
| 2.1      | Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie .....                                                                 | 15        |
| 2.2      | Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern .....                                             | 16        |
| 2.3      | Typspezifischer Ansatz und typologische Vorgaben .....                                                    | 16        |
| 2.4      | Biologische Qualitätselemente in der WRRL .....                                                           | 18        |
| <b>3</b> | <b>FÜR DIE METHODENENTWICKLUNG RELEVANTE BEWERTUNGSSYSTEME UND<br/>RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN .....</b> | <b>21</b> |
| 3.1      | Kurzer Abriss biologischer Bewertungsansätze .....                                                        | 21        |
| 3.1.1    | Das Saprobien-system .....                                                                                | 21        |
| 3.1.2    | Multimetrischer Bewertungsansatz .....                                                                    | 22        |
| 3.1.3    | Multivariater Bewertungsansatz .....                                                                      | 23        |
| 3.1.4    | Rapid Bioassessment Bewertungsansätze.....                                                                | 24        |
| 3.2      | Rechtliche Rahmenbedingungen .....                                                                        | 26        |
| 3.2.1    | Richtlinie Saprobologie.....                                                                              | 26        |
| 3.2.2    | Die orientierende Güteabschätzung nach Modul 1 .....                                                      | 26        |
| 3.2.3    | Qualitätselemente nach Modul 1 .....                                                                      | 27        |
| <b>4</b> | <b>TYPOLOGISCHE EINTEILUNG DER ÖSTERREICHISCHEN FLIEßGEWÄSSER .....</b>                                   | <b>33</b> |
| 4.1      | Aquatische (Fließgewässer-) Bioregionen Österreichs.....                                                  | 33        |
| 4.2      | Große Flüsse .....                                                                                        | 34        |
| 4.3      | Spezielle Gewässertypen und spezielle Typausprägungen .....                                               | 35        |
| 4.4      | Saprobieller Grundzustand.....                                                                            | 36        |
| 4.5      | Ermittlung des saprobiellen Grundzustandes.....                                                           | 37        |
| 4.6      | Innere Differenzierung .....                                                                              | 38        |
| <b>5</b> | <b>DATENSATZ .....</b>                                                                                    | <b>41</b> |
| 5.1      | Biologische Daten .....                                                                                   | 41        |
| 5.1.1    | Daten aus Vorprojekten .....                                                                              | 42        |
| 5.1.2    | Daten aus fremdfinanzierten Untersuchungen .....                                                          | 42        |

|            |                                                                                    |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.1.3      | Daten aus der WGEV 2003.....                                                       | 43        |
| 5.1.4      | Daten aus der Untersuchungsserie 2004.....                                         | 43        |
| 5.1.5      | Daten zur Validierung der Screening-Methode .....                                  | 44        |
| <b>5.2</b> | <b>Umwelt-Daten und Milieufaktoren .....</b>                                       | <b>45</b> |
| <b>6</b>   | <b>METHODEN .....</b>                                                              | <b>47</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Voreinstufung der ökologischen Zustandsklasse .....</b>                         | <b>47</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Methodik der statistischen Auswertung .....</b>                                 | <b>51</b> |
| 6.2.1      | Box- und Whisker-Plots .....                                                       | 51        |
| 6.2.2      | Korrelationsanalysen .....                                                         | 55        |
| 6.2.3      | Validierung der Screening-Methode.....                                             | 57        |
| <b>7</b>   | <b>ANPASSUNG VON MODUL 1 AN DIE VORGABEN DER EU-WRRL.....</b>                      | <b>61</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Einleitung.....</b>                                                             | <b>61</b> |
| <b>7.2</b> | <b>Anpassungsprozess .....</b>                                                     | <b>63</b> |
| 7.2.1      | Umwandlung des Ergebnisses der „Saprobiellen Kurzcharakteristik“.....              | 63        |
| 7.2.2      | Ausgliederung von Qualitätselementen .....                                         | 64        |
| <b>8</b>   | <b>ERGEBNISSE UND ENTWICKLUNG DER SCREENING-METHODE .....</b>                      | <b>67</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Einleitung.....</b>                                                             | <b>67</b> |
| <b>8.2</b> | <b>Screening-Taxaliste .....</b>                                                   | <b>70</b> |
| <b>8.3</b> | <b>Screening Metrics.....</b>                                                      | <b>70</b> |
| 8.3.1      | Anzahl der Screening-Taxa.....                                                     | 71        |
| 8.3.2      | Anzahl der Sensitiven Taxa .....                                                   | 72        |
| 8.3.3      | Degradations-Score .....                                                           | 75        |
| 8.3.4      | Saprobie-Score.....                                                                | 76        |
| <b>8.4</b> | <b>Grenzwerte der Screening Metrics für ÖKZ 1 und 2 .....</b>                      | <b>78</b> |
| <b>8.5</b> | <b>Vorgangsweise zur orientierenden Bewertung des ökologischen Zustandes .....</b> | <b>84</b> |
| <b>8.6</b> | <b>Validierung der Screening-Methode .....</b>                                     | <b>87</b> |
| 8.6.1      | Reliabilitätstest .....                                                            | 87        |
| 8.6.2      | Fehlerabschätzung.....                                                             | 90        |
| <b>8.7</b> | <b>Grundsätze und Vorgangsweise der Probennahme .....</b>                          | <b>91</b> |
| <b>9</b>   | <b>DISKUSSION.....</b>                                                             | <b>93</b> |
| <b>9.1</b> | <b>Methodische Aspekte.....</b>                                                    | <b>93</b> |

|       |                                                                                                                         |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.2   | Eignung der Anzahl der Screening-Taxa zur Beschreibung der Auswirkungen von Stressoren auf die Gewässerbiozönose .....  | 94  |
| 9.3   | Eignung der Anzahl der Sensitiven Taxa zur Beschreibung der Auswirkungen von Stressoren auf die Gewässerbiozönose ..... | 96  |
| 9.3.1 | Reaktion gegenüber chemischen Gradienten .....                                                                          | 96  |
| 9.3.2 | Reaktion gegenüber morphologischer Degradation .....                                                                    | 98  |
| 9.4   | Eignung des Degradations-Scores zur Beschreibung gewässermorphologischer Defizite .....                                 | 100 |
| 9.5   | Eignung des Saprobie-Scores zur Abschätzung der Auswirkungen organischer Belastung.....                                 | 105 |
| 9.6   | K.O.- Kriterium „Reduzierte Bedingungen“ .....                                                                          | 109 |
| 9.7   | Validierung der Screening-Methode .....                                                                                 | 113 |
| 9.7.1 | Reliabilitätstest .....                                                                                                 | 113 |
| 9.7.2 | Fehlerabschätzung.....                                                                                                  | 114 |
| 9.8   | Qualität der Probennahme .....                                                                                          | 117 |
| 9.8.1 | Bearbeitung des Probenmaterials .....                                                                                   | 117 |
| 9.8.2 | Zeitpunkt der Probennahme .....                                                                                         | 122 |
| 9.9   | Praxistest.....                                                                                                         | 126 |
| 9.9.1 | Die Bewertung von Stauräumen durch die Screening-Methode.....                                                           | 126 |
| 9.9.2 | Reaktion der Screening Metrics am Beispiel eines Stauraumes.....                                                        | 133 |
| 10    | ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT.....                                                                                          | 137 |
| 11    | LITERATUR.....                                                                                                          | 143 |
| 12    | ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....                                                                                             | 155 |
| 13    | ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....                                                                                             | 157 |
| 14    | TABELLENVERZEICHNIS .....                                                                                               | 161 |
| 15    | ANHANG.....                                                                                                             | 167 |
| I.    | VERTEILUNG DER SCREENING METRICS IN DEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDSKLASSEN FÜR ALLE FLIEßGEWÄSSERTYPEN.....                   | 167 |
| II.   | SCREENING-TAXALISTE INCLUSIVE SENSITIVE TAXA, SAPROBIE-UND DEGRADATIONS-SCORES.....                                     | 187 |



## 1 EINLEITUNG

---

Die Europäische Wasserpolitik hat mit Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahre 2000 neue Anforderungen an die österreichische Gewässerbewertung und -bewirtschaftung gestellt. Die zentralen Ziele, nämlich der umfassende Schutz der Gewässer und ihrer vielfältigen Funktionen als Lebensräume für Pflanzen und Tiere sowie die nachhaltige Nutzung der Gewässer sind im neuen Österreichischen Wasserrechtsgesetz verankert. Zukünftig steht zur Beurteilung des „ökologischen Zustandes“ von Fließgewässern neben physikalisch-chemischen Parametern und der morphologischen sowie hydrologischen Bedingungen die Untersuchung der Lebensgemeinschaften im Mittelpunkt. Neben Fischen und der aquatischen Flora sind die wirbellosen Kleinlebewesen der Fließgewässersohle (Makrozoobenthos) besonders dazu geeignet, biologische Gewässerinformationen zu liefern, da sie den Zustand des Gewässers über die Zeit ihres Lebens im Wasser integrieren. Neben einer biologischen Bewertung des gesamten ökologischen Zustandes über die verschiedenen biologischen Indikatoren hat sich die Bewertung gemäß Anhang V der WRRL auch an typspezifischen Leitbildern (Referenzbedingungsprinzip) zu orientieren und soll verschiedenste, auf die Gewässer einwirkende Einflussfaktoren widerspiegeln.

Für die Umsetzung der handlungsorientiert konzipierten WRRL in Österreich bedeutet dies, dass zukünftig bei biologischen Gewässeruntersuchungen im Rahmen des nationalen Gütemonitorings nicht nur die saprobiologische Gewässergüte von Fließgewässern zu erheben ist, sondern grundsätzlich der ökologische Gesamtzustand erfasst werden muss und somit neue Bewertungsverfahren erforderlich sind. Um dem Bedarf nach neuen Bewertungsverfahren nachzukommen, wurde im Auftrag des BMLFUW unter der Leitung der Universität für Bodenkultur (Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement) in Zusammenarbeit mit Technischen Büros und Mitarbeitern von Bundes- und Landesdienststellen ein Forschungsprojekt mit dem Titel *„Die Erarbeitung eines flächendeckend anwendbaren Systems zur Beurteilung des ökologischen Zustandes auf Basis des Makrozoobenthos“* beauftragt und finanziert. Neben der Entwicklung eines multimetrischen Bewertungsverfahrens (detaillierte MZB-Methode) für die Ermittlung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern (Ofenböck et al. 2005, 2010) wurde im Zuge dieses Forschungsvorhabens eine Screening-Methode entwickelt, die den Nachfolger des Basismoduls „orientierender saprobiologischer Überblick“ (Modul 1) der „Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließ-

gewässern“ des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, BMLFUW (Moog et al. 1999) darstellt.

Bislang standen für die orientierende biologische Gewässerbewertung nach Modul 1 ein unbelebtes und drei biologische Qualitätselemente zur Verfügung: der sensorische Milieuzustand, der bakterielle, der phytobenthische und der makrozoobenthische Befund. Die Betonung der biologischen Qualitätselemente in der WRRL erfordert jedoch zukünftig eine klare Trennung von Milieuzuständen und biologischen Qualitätselementen. Vor dem Hintergrund dieser Vorgaben wurde zunächst in einem Anpassungsprozess, der in vorliegender Arbeit auch dargestellt ist, versucht das bisherige Modul 1 zu überarbeiten. Dieses Vorhaben führte jedoch zu keinem befriedigenden Ergebnis und zog eine völlige Neubearbeitung von Modul 1 nach sich.

Im Sinne der Vorgaben der WRRL wurden folgende Grundannahmen und Rahmenbedingungen als Basis für eine Entwicklung einer Screening-Methode betrachtet:

- Die Screening-Methode richtet sich nach dem an die WRRL bereits adaptierten Saprobiensystem nach Stubauer & Moog (2000, 2002) und Stubauer (2002). Die Bewertung erfolgt in ökologischen Zustandsklassen, wobei lediglich „sehr guter ökologischer Zustand“, „guter ökologischer Zustand“ und „Handlungsbedarf (schlechter als ökologische Zustandsklasse 2)“ unterschieden wird.
- Neben der traditionellen orientierenden Bewertung der organischen Belastung soll die Screening-Methode auch die Reaktion der Fauna auf andere Stressoren (hydromorphologische Degradation und allgemeine Degradation) aufzeigen.
- Mit Hilfe von Screening Metrics sollen die von der EU Wasserrahmenrichtlinie vorgegebenen Bewertungskriterien „Artenvielfalt“, „Artenzusammensetzung“, „Abundanz“ und „Verhältnis sensibler und toleranter Bioindikatoren“ in Beziehung gesetzt werden.
- Die Auswertung soll mittels nachvollziehbarer Auswertungsschritte, nämlich Indices und Scores vorgenommen werden.
- Die Bewertung nach der Screening-Methode erfolgt gewässertypbezogen - entsprechend den aquatischen Bioregionen.

- Für die Anwendung der Screening-Methode gilt generell, dass die Probenentnahme nach dem standardisierten MHS-Schema unter Einhaltung der 5%-Regel zu erfolgen hat (Moog 2004).

Das Screening-Verfahren folgt in seinen Grundzügen einem multimetrischen Bewertungssystem und setzt sich aus zwei Modulen zusammen. Das Modul Allgemeine Belastung, das aus den Metrics Anzahl der Screening-Taxa, Anzahl der Sensitiven Taxa und dem Degradations-Score besteht, wurde entwickelt um hydrologische und morphologische Defizite an Gewässern aufzeigen zu können. Der Aspekt der saprobiellen Belastung wird über das Modul Organische Belastung abgedeckt. Als Bewertungskriterium hierfür dient der Saprobie-Score, ein auf Basis von im Freiland erkennbaren Makrozoobenthos-Taxa zu berechnender Index. Dem gewässertypspezifischen Ansatz folgend wurden auf Basis graphisch-deskriptiver Verfahren für jeden Metric Grenzwerte für den sehr guten und guten ökologischen Zustand vergeben.

Neben der Beschreibung der Methodenentwicklung steht auch die Validierung der Screening Metrics und des Verfahrens als Gesamtes im Mittelpunkt vorliegender Arbeit. Mit Hilfe statistischer Verfahren (Korrelationsanalysen, Box- und Whisker Plots und Reliabilitätstest) wurde versucht nachstehende Fragestellungen zu beantworten.

- Eignung der Screening Metrics für eine Beschreibung der Auswirkungen unterschiedlicher Stressoren auf die Gewässerbiozönose
- Integrierung weiterer Bewertungskriterien in die Methode
- Stabilität und Zuverlässigkeit der Screening-Methode
- Probennahme- und bearbeitung
- Praxistest



## 2 DIE EU-WASSERRAHMENRICHTLINIE

---

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG, Rat der Europäischen Union 2000) trat am 22. Dezember 2000 als Europäisches Gesetz in Kraft und wurde am 22. Dezember 2003 durch die Novellierung des Österreichischen Wasserrechtsgesetzes in nationales Recht umgesetzt.

### 2.1 Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie dient als Ordnungsrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik und hat als übergeordnetes Ziel die Erreichung des „guten ökologischen“ und „guten chemischen“ Zustandes der Oberflächengewässer bis zum Jahre 2015. Die Qualitätsziele der WRRL sind nicht mehr nach nutzungsspezifischen, sondern nach ökologischen Gesichtspunkten festgelegt. Insbesondere soll die Erhaltung und Wiederherstellung einer funktionsfähigen Gewässerbiozönose in allen europäischen Oberflächengewässern gewährleistet werden (Koller-Kreimel & Jäger 2001).

Zur Erreichung dieses Zieles wurden folgende Schritte fixiert (BMLFUW 2006):

|                                                                                                                                                                              |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in nationales Recht                                                                                                                     | 2003          |
| Bericht über die Ist-Bestandsaufnahme: Einteilung und Charakterisierung der Gewässer, Erhebung der Belastungen und Auswirkungen, wirtschaftliche Analyse der Wassernutzungen | März 2005     |
| Neuausrichtung des Programms zur Beobachtung des Gewässerzustandes. Überblick über die wichtigsten Wasserbewirtschaftungsfragen zur Information der Öffentlichkeit           | Dezember 2006 |
| Entwurf der Bewirtschaftungspläne für die Gewässer mit anschließender Beteiligung der Öffentlichkeit                                                                         | Dezember 2008 |
| Erlassung der Bewirtschaftungspläne (Maßnahmenprogramme) für die Gewässer                                                                                                    | Dezember 2009 |
| Einführung von politischen Maßnahmen zur Sicherung einer effizienten Nutzung der Wasserressourcen                                                                            | bis 2010      |
| Einrichtung eines Überprüfungssystems                                                                                                                                        | Dezember 2012 |
| Zwischenbericht über die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie                                                                                                                | Dezember 2015 |

## 2.2 Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern

Eine ökologische Betrachtungsweise ist mit der Verpflichtung verbunden, sich nicht nur auf die Auswirkungen von Verschmutzungen und Schadstoffeinträgen zu beschränken, sondern sämtliche Einwirkungen auf die gesamte Gewässerbiozönose (Algen, Makrophyten, Makrozoobenthos und Fische), sowie auch Eingriffe in die Hydrologie und Morphologie zu erfassen und in die Bewertung mit einzubeziehen (Ofenböck & Koller-Kreimel 2001).

Im Gegensatz zur traditionellen, starr definierten vierstufigen Bewertungsskala der saprobiellen Gewässergüte orientiert sich zukünftig die Gewässerbewertung an einem Referenzbedingungsprinzip: die Auswirkungen menschlicher Eingriffe und Nutzungsformen auf eine Gewässerstrecke sind im Vergleich zu einem gewässertypspezifischen Referenzzustand zu bewerten und einer von fünf ökologischen Zustandsklassen zuzuordnen.

Tabelle 1: Bewertung des ökologischen Gewässerzustandes gemäß Anhang V der WRRL

| Bewertung des ökologischen Zustandes | Ökologische Zustandsklasse | Farbkennung |
|--------------------------------------|----------------------------|-------------|
| Sehr gut                             | 1                          | Blau        |
| Gut                                  | 2                          | Grün        |
| Mäßig                                | 3                          | Gelb        |
| Unbefriedigend                       | 4                          | Orange      |
| Schlecht                             | 5                          | Rot         |

## 2.3 Typspezifischer Ansatz und typologische Vorgaben

Die Typisierung der österreichischen Fließgewässer erfolgt wahlweise nach System A oder B im Anhang II der WRRL.

Tabelle 2: System A, Anhang II der WRRL

| Feststehende Typologie | Deskriptoren                                                                           |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Ökoregion              | Ökoregionen nach Karte A in Anhang XI                                                  |
| Typ                    | Höhenlage<br>höhere Lage: > 800 m<br>mittlere Lage: 200 bis 800 m<br>Tiefland: < 200 m |

| Feststehende Typologie | Deskriptoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <p>Größe (auf der Grundlage des Einzugsgebietes)</p> <p>klein: 10 bis 100 km<sup>2</sup></p> <p>mittelgroß: &gt; 100 bis 1 000 km<sup>2</sup></p> <p>groß: &gt; 1 000 bis 10 000 km<sup>2</sup></p> <p>sehr groß: &gt; 10 000 km<sup>2</sup></p> <p>Geologie</p> <p>kalkig</p> <p>silikatisch</p> <p>organisch</p> |

Tabelle 3: System B, Anhang II der WRRL

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alternative Beschreibung</b> | Physikalische und chemische Faktoren, die die Eigenschaften des Flusses oder Flussabschnittes und somit die Struktur und Zusammensetzung der Biozönosen bestimmen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Obligatorische Faktoren</b>  | <p>Höhe</p> <p>geographische Breite</p> <p>geographische Länge</p> <p>Geologie</p> <p>Größe</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Optionale Faktoren</b>       | <p>Entfernung von der Quelle des Flusses</p> <p>Strömungsenergie (Funktion von Strömung und Gefälle)</p> <p>durchschnittliche Wasserbreite</p> <p>durchschnittliche Wassertiefe</p> <p>durchschnittliches Wassergefälle</p> <p>Form und Gestalt des Hauptflussbettes</p> <p>Flussabfluss-(Durchfluss)klasse</p> <p>Talform</p> <p>Feststofffracht</p> <p>Säurebindungsvermögen</p> <p>durchschnittliche Zusammensetzung des Substrats</p> <p>Chlorid</p> <p>Schwankungsbereich der Lufttemperatur</p> <p>durchschnittliche Lufttemperatur</p> <p>Niederschlag</p> |

## 2.4 Biologische Qualitätselemente in der WRRL

Gemäß Anhang V der WRRL (Kap. 1.1) können folgende biologische Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustandes von Flüssen herangezogen werden:

- Zusammensetzung und Abundanz der **Gewässerflora**
- Zusammensetzung und Abundanz der **benthischen wirbellosen Fauna**
- Zusammensetzung, Abundanz und Altersstruktur der **Fischfauna**

Zur Unterstützung dieser biologischen Kriterien können zudem hydromorphologische Komponenten und physikalisch-chemische Komponenten herangezogen werden. Zu letzteren gehören Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand und Nährstoffverhältnisse. Außerdem werden auch spezifische Schadstoffe, die in den Wasserkörper gelangen, befundet.

Anhang V der EU-Wasserrahmenrichtlinie definiert in verbaler Form die Abweichung der biozönotischen Verhältnisse vom Referenzzustand zur Beurteilung des ökologischen Zustande (Tabelle 4).

Tabelle 4: Begriffsbestimmungen für den sehr guten, guten und mäßigen ökologischen Zustand von Flüssen auf Basis der benthischen wirbellosen Fauna gemäß WRRL, Anhang V

| Sehr guter Zustand                                                                                                                                                                          | Guter Zustand                                                                                                                                              | Mäßiger Zustand                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Die taxonomische Zusammensetzung und die Abundanz entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.                                      | Die wirbellosen Taxa weichen in ihrer Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifischen Gemeinschaften ab.                                  | Die wirbellosen Taxa weichen in Zusammensetzung und Abundanz mäßig von den typspezifischen Gemeinschaften ab. |
| Der Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa zeigt keine Anzeichen für eine Abweichung von den Werten, die bei Abwesenheit störender Einflüsse zu verzeichnen sind. | Der Anteil der störungsempfindlichen Taxa im Verhältnis zu den robusten Taxa zeigt geringfügige Anzeichen für Abweichungen von den typspezifischen Werten. | Wichtige taxonomische Gruppen der typspezifischen Gemeinschaft fehlen.                                        |

| <b>Sehr guter Zustand</b>                                                                                                                                      | <b>Guter Zustand</b>                                                                                                     | <b>Mäßiger Zustand</b>                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Der Grad der Vielfalt der wirbellosen Taxa zeigt keine Anzeichen für Abweichungen von den Werten, die bei Abwesenheit störender Einflüsse zu verzeichnen sind. | Der Grad der Vielfalt der wirbellosen Taxa zeigt geringfügige Anzeichen für Abweichungen von den typspezifischen Werten. | Der Anteil der störungsempfindlichen Taxa im Verhältnis zu den robusten Taxa und der Grad der Vielfalt liegen beträchtlich unter dem typspezifischen Wert und in signifikanter Weise unter den Werten, die für einen guten Zustand gelten. |



### **3 FÜR DIE METHODENENTWICKLUNG RELEVANTE BEWERTUNGSSYSTEME UND RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN**

---

#### **3.1 Kurzer Abriss biologischer Bewertungsansätze**

Ökosysteme sind stark vernetzte und hoch komplexe Systeme (Bratrich 2004). Die Beschreibung und Bewertung eines solchen Systems erfordert aber vereinfachende Modellansätze. Für die Akteure des gewässerökologischen Managements ergibt sich dadurch ein Dilemma: je umfassender die Modellansätze die Komplexität der Gewässerökosysteme abbilden, desto aufwendiger wird deren Untersuchung (Harper et al. 1995, Bratrich 2004).

Die organische Verschmutzung der Flüsse und Bäche stand bisher im Zentrum der biologischen Fließgewässerbewertung in Österreich und erfolgte bis dato anhand des Saprobiensystems, ein Bewertungsverfahren, das auf präziser, artbezogener Bestimmung der Biozönose gründet. Dem Aufruf einer integrierten biologischen Bewertung des gesamten ökologischen Zustandes der Gewässer Folge leistend, wurden von verschiedenen europäischen Ländern jüngst andere Bewertungsansätze verfolgt. Diese Ansätze basieren auf multimetrischen oder multivariaten Verfahren, die ihren Ursprung in den USA und Großbritannien haben.

Technische oder finanzielle Beweggründe machen aufwendige Untersuchungen oft nicht möglich. Für derartige Fragestellungen haben sich Bewertungsverfahren etabliert, die auf einem „rapid bioassessment approach“ basieren und oftmals auf Ordnungs- und Familienniveau operieren.

##### **3.1.1 Das Saprobiensystem**

Das Saprobiensystem, das im Wesentlichen auf Arbeiten von Kolkwitz & Marsson (1902, 1908, 1909) zurückgeht, ist in Zentral- und Osteuropa weit verbreitet. Das Saprobiensystem beruht auf der Erhebung der aquatischen Lebensgemeinschaft, die sich als Folge organischer, biologisch abbaubarer Verunreinigungen des Wassers in ihrer Zusammensetzung ändert. Zur Bewertung der Gewässergüte werden als Indikatoren zumeist benthische Evertabraten herangezogen.

Da das Saprobiensystem seinen Ursprung in Deutschland hat, findet es europaweit vor allem im deutschsprachigen Raum Anwendung. In Österreich erfolgt die Erhebung der Gewässergüte nach Saprobiensystem bereits seit den sechziger

Jahren. In Deutschland hat das Saprobien-System lange Tradition und liegt seit 1990 als DIN-Verfahren (DIN 38 410, Teil 2) vor. In den Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion, den ost-europäischen Staaten und Ex-Jugoslawien ist das Saprobien-System ebenfalls die gebräuchliche Methode zur biologischen Bewertung der Fließgewässer (De Pauw & Hawkes 1993, UN/ECE Task Force 1995). In den Niederlanden wird der sogenannte K-Index (Tolkamp 1985) verwendet, der eine Modifikation des Saprobienindex darstellt.

Als Maß für die Gewässergüte dient der Saprobienindex. Er ermöglicht die numerische Interpretation der Artenlisten, die aus einer Untersuchung resultieren. In die Berechnung des Saprobienindex gehen die Abundanz einer Art sowie ihr jeweiliger „Saprobiegrad“ ein. Diese Saprobiewerte sind ganze Zahlen von 1 bis 4, die je nach Vorkommen der (Indikator-) Arten in einer Saprobienstufe (oligosaprob bis polysaprob) festgelegt sind. Zelinka & Marvan (1961) erweitern den Saprobienindex bzw. die saprobiellen Valenzen um das Indikationsgewicht und berücksichtigen damit die unterschiedliche saprobielle Aussagekraft der einzelnen Arten.

Der Saprobienindex einer Untersuchungsstelle ergibt sich somit als gewichtetes arithmetisches Mittel der Saprobiewerte  $s$  aller vorkommenden Arten mit dem Produkt aus  $h$  und  $g$  als Gewichtungsfaktor:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \times h_i \times g_i}{\sum_{i=1}^n h_i \times g_i}$$

Berechnung des Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961)

SI... Saprobienindex der Zönose

$s_i$ ... Saprobiewert des  $i$ -ten Taxons

$h_i$ ... Häufigkeit des  $i$ -ten Taxons

$g_i$ ... Indikationsgewicht des  $i$ -ten Taxons

### 3.1.2 Multimetrischer Bewertungsansatz

Multimetrische Verfahren klassifizieren die Evertabraten-Besiedlung eines Fließgewässers mit Hilfe biologischer Kenngrößen (Metrics) wie beispielsweise Anzahl aller Arten, Anzahl spezifischer Arten oder Verhältnisse bestimmter Ernährungstypen. Multimetrische Verfahren postulieren *vorab* eine Referenzsituation, wel-

che sie entweder aufgrund einer nahe gelegenen natürlichen Gewässerstrecke bestimmen oder anhand typologischer Kenngrößen (wie Seehöhe, Gefälle, Einzugsgebietsgröße usw.) konstruieren. Die Besiedlung der zu bewertenden Untersuchungsstelle wird dann mit der natürlichen Besiedlungssituation des Referenzgewässers verglichen (Barbour et al. 1992, 1995 & 2000). Je nach prozentualer Übereinstimmung mit der natürlichen bzw. theoretischen Referenzsituation erfolgt für jeden Metric eine genau festgelegte Klassifizierung. Zusammengefasst ergeben diese Einzelklassen einen Indexwert, der den Gesamtzustand des Gewässers beschreibt (z.B. Hilsenhoff 1988, Karr 1981, Karr et al. 1986, Simon & Lyons 1995, Ofenböck et al. 2005 & Ofenböck et al. 2010).

Im U.S. - amerikanischen Raum werden multimetrische Bewertungssysteme bereits flächendeckend verwendet (Barbour et al. 1999, Karr & Chu 1999, Rosenberg & Resh 1992, Davis & Simon 1995). Auch in Europa werden in immer mehr Ländern multimetrische Indices für die Gewässerbewertung herangezogen. In Österreich wurde zeitgleich mit der Screening-Methode ein multimetrisches System für die Bewertung des ökologischen Zustandes entwickelt (Ofenböck et al. 2005, 2010). Im Rahmen des EU-Projektes AQEM (AQEM Consortium 2002) verwendeten Lorenz et al. (2004b) für die Bewertung der fünf Gewässertypen einen multimetrischen Ansatz. Neben Lorenz et al. (2004b) erarbeiteten Böhmer et al. (2004a) den multimetrischen Index IBI 12 für die deutschen Fließgewässertypen. Für die niederländischen Fließgewässertypen entwickelten Vlek et al. (2004) ein multimetrisches Bewertungssystem. Feld (2005), Sundermann (2005) und Rolaußs (2006) entwerfen erfolgreich multimetrische Indices für die Bewertung ausgewählter deutscher Fließgewässertypen (sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse, Bäche der Jungmoräne des Alpenvorlandes und grobmaterialreiche silikatische Mittelgebirgsbäche) (Meier 2008).

### **3.1.3 Multivariater Bewertungsansatz**

Bei multivariaten Verfahren wird zunächst durch Felduntersuchungen möglichst unterschiedlicher und anthropogen unbeeinflusster Fließstrecken die natürliche Evertabraten-Besiedlung einer Region repräsentativ und flächendeckend erhoben. Anschließend werden alle Ergebnisse der Felduntersuchungen mit Hilfe von Clusteranalysen zu ähnlichen Besiedlungsgruppen zusammengefasst und dann mit typischen abiotischen Kenngrößen korreliert (Hawkins et al. 2000, Norris & Hawkins 2000, Wright 1995). Damit steht eine Datenbank zur Verfügung, die die

potenziell natürlichen biologischen Besiedlungsmuster für die jeweiligen abiotischen Gewässertypen prognostiziert. Der Vergleich des theoretisch zu erwartenden Artenspektrums mit der tatsächlich gefundenen Besiedlung erlaubt in Folge eine differenzierte Beurteilung des Gewässers (Coysh et al. 2000).

Multivariate Verfahren quantifizieren somit den Zustand eines Gewässers durch das Verhältnis „vorkommender Arten einer Untersuchungsstrecke“ zu „theoretisch vorkommender Arten“. Der Zustand eines Gewässers wird dann in einem sogenannten O/E (Observed/Expected) Verhältnis angezeigt, welches theoretisch Werte zwischen Null (keine Übereinstimmung) und eins (vollständige Übereinstimmung) annehmen kann (Norris & Hawkins 2000).

Dieser Ansatz etablierte sich in zunächst vor allem in Großbritannien mit der Bewertungsmethode RIVPACS (River InVertebrate Prediction And Classification System) (Wright 1995, Moss et al. 1987, Wright 2000). Analoge Verfahren wurden in Australien (AusRivAs: Wright et al. 2000), Kanada (BEAST: Reynoldson et al. 1995), Schweden (SWEPA<sub>C<sub>SRI</sub></sub>: Johnson & Sandin 2001), Tschechien (PERLA: Kokeš et al. 2006), und den USA (Hawkins et al. 2000) entwickelt.

#### **3.1.4 Rapid Bioassessment Bewertungsansätze**

Viele Projekte des Gewässermanagements sind durch finanzielle, personelle und zeitlich limitierte Rahmenbedingungen gekennzeichnet und erfordern pragmatische, kostengünstige und zeitlich akzeptable Lösungen der Gewässerbewertung (Hruby 2001). Als Pionier kostengünstiger biologischer Bewertungsverfahren gilt sicher das seit 1999 in den USA etablierte Verfahren der so genannten „Rapid Bioassessment Protocols (RBPs)“ (Barbour et al. 1999). Diese Bewertungsmethode, mit der jährlich zwischen 1600 km und 75000 km Gewässerstrecken pro Bundesstaat untersucht werden (Barbour et al. 2000), gilt als Standardmodell des biologischen Gewässermonitorings in den USA. Die Entwicklung der RBPs ergab sich aus der in den 1980er Jahren entstandenen Notwendigkeit eines kostengünstigen biologischen Überwachungs- und Bewertungsprogrammes der Fließgewässerstrecken der Vereinigten Staaten. Barbour et al. (1999) formulierten für die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens Grundsätze, die auch als allgemeingültig für „Rapid Bioassessment“ oder „Screening“ Ansätze anzusehen sind:

- Entwicklung von kostengünstigen, aber dennoch wissenschaftlich stichhaltigen biologischen Bewertungsmethoden
- Möglichkeit zur Durchführung einer Vielzahl von Untersuchungen innerhalb einer Saison
- schnell verfügbare Informationen für Managemententscheidungen
- Bereitstellung leicht verständlicher wissenschaftlicher Berichte für Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit
- Umweltfreundliche Verfahren

In Großbritannien entwickelte die British Monitoring Working Party (BMWP) ein Bewertungsverfahren, das auf der Bestimmung der Makrozoobenthosorganismen auf Familienniveau basiert (Armitage et al. 1983). Chutter (1998) modifizierte dieses Verfahren für die Entwicklung eines Rapid Bioassessment Protocols in Südafrika, das als SASS (South African Scoring System) bezeichnet wird.

Eine im Sinne des Screening-Ansatzes ebenfalls modifizierte Form des BMPW Verfahrens stellt das in Spanien etablierte Rapid Bioassessment Protocol „IB Protocol“ (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988, Alba-Tercedor et al. 2002) dar.

In Australien und Kanada diente RIVPACS als Basis für die Entwicklung von Rapid Bioassessment Protocols (Davies 1994, Chessman 1995, Tiller & Metzeling 1998, Rosenberg et al. 1998, Jones et al. 2004).

In Asien hatten „Rapid Bioassessment“ Methoden bisher keine Tradition. In einigen Ländern, beispielsweise in Nepal etabliert sich aber mittlerweile die biologische Gewässerüberwachung (bspw. Sharma 1996, Pradhan 1998). Und im Rahmen eines EU Projektes (ASSESS HKH, Inco Nr. 2005-003659, [www.assess-hkh.at](http://www.assess-hkh.at)) wurde kürzlich eine „Field Screening“ Methode für die Abschätzung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern im Hindu Kush-Himalaya entwickelt (Hartmann et al. 2010). Für dieses Bewertungssystem wurde der Ansatz des in Österreich gebräuchlichen Modul 1 der „Richtlinie Saprobiologie“ (Moog et al. 1999) verwendet und adaptiert.

## 3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

### 3.2.1 Richtlinie Saprobiologie

Bis zum Inkrafttreten der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG, Rat der Europäischen Union 2000) lag der Schwerpunkt der biologischen Gewässerbewertung in Österreich bis dato auf der Ermittlung der saprobiellen Gewässergüte. Seit dem Jahr 1999 regelte die „Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern“ des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft die methodische Vorgangsweise (Moog et al. 1999). Die Richtlinie integriert die in den 90iger Jahren neu erarbeiteten und weiterentwickelten Grundlagen und stützt sich auf Vorgaben der ÖNORM M 6332 („Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern“).

Dieses Regelwerk galt als detaillierte Arbeitsanleitung im Arbeitsfeld der Gewässerüberwachung und gewährleistete die Vergleichbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Qualitätssicherung gewässerökologischer Fragestellungen in Österreich.

Für die Bewertung der saprobiellen Gewässergüte steht dem Anwender ein Set von drei Untersuchungsebenen (Modulen) zur Verfügung, die aufeinander aufbauen.

Tabelle 5: Modularer Aufbau Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern (Moog et al. 1999)

| Modul   | Untersuchungsumfang                                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modul 1 | orientierender saprobiologischer Überblick                                                  |
| Modul 2 | Gewässeruntersuchung mit qualitativer Makrozoobenthosbesammlung                             |
| Modul 3 | Umfassende Gewässeruntersuchung mit erweiterter qualitativer Analyse der Lebensgemeinschaft |

### 3.2.2 Die orientierende Güteabschätzung nach Modul 1

Die Beurteilung der saprobiellen Belastung nach Modul 1 fußt auf einer verbalen Beschreibung der Gewässergüteklassen (vgl. Kapitel 5 der Richtlinie Saprobiologie, Moog et al. 1999), den organoleptisch erhobenen qualitativen Merkmalen und den biozönotischen Befunden. Die Darstellung der saprobiellen Verhältnisse basiert auf den Eintragungen in den Formblättern „Gewässerbeschreibung und

Ortsbefund“ sowie „Modul 1 - Benthoserhebung“ und dem Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“. Diese Formblätter sind dem Anhang der Richtlinie Saprobio-logie zu entnehmen.

### 3.2.3 Qualitätselemente nach Modul 1

Grundsätzlich stehen für die orientierende Gewässerbewertung nach Modul 1 ein unbelebtes und drei biologische Qualitätselemente zur Verfügung:

Tabelle 6: Qualitätselemente nach Modul 1

|                                      |                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Unbelebtes Qualitätselement</b>   | Sensorischer Milieuzustand:<br>Nicht mineralische Trübe<br>Verfärbung<br>Schaumbildung<br>Schwimm- und Schwebstoffe<br>Geruch (Wasser)<br>erkennbare Grobverunreinigungen |
| <b>Biologische Qualitätselemente</b> | Bakterieller- und Protozoen-Befund<br>Phytobenthischer Befund<br>Makrozoobenthischer Befund                                                                               |

#### 3.2.3.1 Sensorischer Milieuzustand

Die nicht biologisch orientierte saprobiologische Analyse des Ortsbefundes diskutiert vornehmlich Hinweise auf die Sauerstoffsituation (insbesondere Reduktionszonen im Sediment und auf Steinunterseiten), Faulschlamm, Farbe, Trübung, Schaum, Schwimm- und Schwebstoffe, Geruch, sowie Grobverunreinigungen. Diese Kriterien liefern einen allgemeinen Hinweis auf eine anthropogen verursachte Beeinträchtigung des Gewässers, sofern sie nicht natürlich auftreten.

#### 3.2.3.2 Bakterien- und Protozoen-Befund

Der Bakterien- und Protozoen-Befund setzt sich aus zwei, mit freiem Auge sichtbaren Komponenten bakterieller und/oder protozoischer Aktivität zusammen. Zum einen werden stoffwechselbedingte Erscheinungen, wie etwa Eisensulfid-Reduktionsflecken, bewertet. Zum anderen erfolgt die Aufnahme frei sichtbarer Bakterien-, Pilz- oder Protozoen-Kolonien in das Protokoll.

Tabelle 7: Bakterien- und Protozoen-Befund; Auszug aus dem Formblatt „Saprobienle Kurzcharakteristik“ der Richtlinie Saprobienbiologie (Moog et al. 1999)

|                                                         |
|---------------------------------------------------------|
| <b>Reduzierte Bedingungen lenitisch (&lt; 0,25 m/s)</b> |
| Faulschlamm mit aerober Oberschicht                     |
| Faulschlamm ohne aerobe Oberschicht                     |
| Lithal Unterseite (% Schwarzfärbung)                    |
| Lithal Unter- & Oberseite, Schwarzfärbung               |
| <b>Reduzierte Bedingungen lotisch (0,25 - 0,75 m/s)</b> |
| Faulschlamm mit aerober Oberschicht                     |
| Faulschlamm ohne aerobe Oberschicht                     |
| Lithal Unterseite (% Schwarzfärbung)                    |
| Lithal Unter- & Oberseite, Schwarzfärbung               |
| <b>Reduzierte Bedingungen lotisch (&gt; 0,75 m/s)</b>   |
| Lithal Unterseite (% Schwarzfärbung)                    |
| Lithal Unter- & Oberseite, Schwarzfärbung               |
| Abwasserbakterien, -pilze, frei sichtbar                |
| Schwefelbakterien, frei sichtbar (Substrat/Strömung!)   |
| Wimpertier-Kolonien frei sichtbar (Substrat)            |

### 3.2.3.3 Phytobentos-Befund

In der Grundkonzeption der Gewässerbewertung nach Modul 1 wird der Algenaufwuchs in einem Fließgewässer in seiner Gesamtheit betrachtet. Der saprobienbiologischen Tradition der Freilandbewertung entsprechend, werden Dichte und Menge der Algen in Beziehung zu deren Fäulnisfähigkeit nach dem Absterben bewertet. Die Dichte des Algenaufwuchses wird in aufsteigender Intensität angegeben und reicht von „dünnem Aufwuchs“ über „deutliche Lager“ bis zu „Fäden und Zotten fädiger grüner Algen“. Lediglich die Goldalge *Hydrurus foetidus* wird als Art angesprochen. Die Beschreibung der Menge des Algenaufwuchses reicht von „keinem Aufwuchs“ bis „zahlreichem dünnem Aufwuchs“, „von 0 bis 100% deutlichen Lagern“, von „keinen“ bis hin zu „großen fädigen Algenzotten“ (Formblätter „Saprobienle Kurzcharakteristik“, Gewässerbeschreibung & Ortsbefund der Richtlinie Saprobienbiologie). Für den Fall, dass im Freiland für die aus dem Ortsbefund ableitbare Gütebeurteilung wesentliche, mit freiem Auge nicht sicher identifizierbare Aufwüchse oder Beläge vorliegen, ist eine orientierende Aufwuchsprobe zur mikroskopischen Grobdifferenzierung zu entnehmen. Diese wird dann im

Formblatt „Modul 1 - Benthoserhebung“ unter „Aufwuchs –Häufigkeitsschätzung im Feld“ eingetragen.

Im Jahre 2000 wurde der Algenbefund des Formblattes „Saprobielle Kurzcharakteristik“ von einer Gruppe namhafter österreichischer Algologen überarbeitet (J. Hinteregger, P. Pfister, M. Pum, E. Rott, J. Zika-Römer). Die überarbeitete Version wurde zwar intern im Kreis der Fachspezialisten und Büros angewendet, aber nicht in eine Neuauflage der Richtlinie aufgenommen. Aus diesem Grunde wurden zeitgleich die österreichischen Gewässer nach beiden Methoden bewertet.

Die überarbeitete Version sieht vor, die Kriterien von Menge und Dichte nicht heranzuziehen. An ihre Stelle traten einzelne Algenarten bzw. Algengattungen: *Oscillatoria*-Aspekt, *Chamaesiphon*-Aspekt, *Phormidium incrustatum*/*Homoeothrix crustata*, *Hydrurus foetidus*, *Cladophora* sp., *Gongrosira incrustans*, *Ulothrix zonata*, *Vaucheria* sp., *Bangia atropurpurea*, *Batrachospermum* sp., *Hildenbrandia rivularis* und *Lemanea* sp.

Tabelle 8: Auszug aus dem Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“ der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999) - Einträge „Phytobenthos-Befund“ - kombinierte Version (Moog et al. unveröffentlichte Arbeit)

|                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|
| <i>Oscillatoria</i> -Aspekt                                         |
| <i>Chamaesiphon</i> -Aspekt (schwarze Spritzer)                     |
| <i>Phormidium incrustatum</i> / <i>Homoeothrix crustacea</i>        |
| <i>Hydrurus foetidus</i>                                            |
| <i>Cladophora</i> sp. (Deckung > 10%)                               |
| <i>Gongrosira incrustans</i>                                        |
| <i>Ulothrix zonata</i>                                              |
| <i>Vaucheria</i> sp.                                                |
| <i>Bangia atropurpurea</i>                                          |
| <i>Batrachospermum</i> sp.                                          |
| <i>Hildenbrandia rivularis</i>                                      |
| <i>Lemanea</i> sp.                                                  |
| dünner Algenaufwuchs (Strukturen des Hartsubstrates durchscheinend) |
| % Aufwuchsalgen, deutliche Lager                                    |
| fädige grüne Algen-Zotten                                           |

### 3.2.3.4 Makrozoobenthos-Befund

Die Makrozoobenthoszönose ist nach den im Formblatt „Modul 1 - Benthoserhebung“ angeführten Gesichtspunkten taxonomisch zu bearbeiten und zu dokumentieren. Dazu werden Taxalisten mit Abundanzschätzungen der Organismen im Feld erstellt und gegebenenfalls im Labor ergänzt bzw. verifiziert. Die Liste der Benthoserhebung beinhaltet 227 im Feld sicher determinierbare Taxa. Die Auswahl dieser Taxa erfolgte durch österreichische Fachspezialisten der Fauna Aquatica Austriaca (Moog [Ed.] 1995, 2002). Zusätzlich werden die saprobiell auswertbaren Beobachtungen der Biozönose in die Tabelle „saprobielle Kurzcharakteristik“ eingetragen, um somit eine Abschätzung der Gütesituation vor Ort zu erhalten. In die Tabelle „Saprobielle Kurzcharakteristik“ werden zum einen indikativ relevante Parameter wie beispielsweise Artmannigfaltigkeit oder Dichte und Menge der Makrozoobenthos-Organismen beurteilt, zum anderen stehen ausgewählte indikativ relevante Taxa zur Verfügung.

Tabelle 9: Auszug aus dem Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“ der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999) - Einträge „Makrozoobenthosbefund“

|                                                           |
|-----------------------------------------------------------|
| Artenmannigfaltigkeit (Bezug zu Typ & Abfluß)             |
| Dichte/Menge (Bezug zu Typ & Abfluß)                      |
| xeno-/oligosaprobe Zeigerarten ( $\geq$ spärlich)         |
| Anzahl der Steinfliegen-Taxa                              |
| Hydropsychidae; <i>Polycentropus flavomaculatus</i>       |
| $\alpha$ -mesosaprober Egelaspekt ( $\geq$ mehrfach)      |
| <i>Asellus aquaticus</i> ( $\geq$ mehrfach)               |
| Phytolithorheophile Chironomidae (Rhithral)               |
| rote Non- <i>Chironomus</i> Zuckmücken ( $\geq$ mehrfach) |
| <i>Chironomus</i> sp. („rote Formen“)                     |
| tolerante Simuliidae ( $\geq$ mehrfach)                   |
| luftatmende Arten („Rattenschwanzlarven“)                 |
| Makrozoobenthos-Arten                                     |
| <i>Epeorus alpicola</i>                                   |
| <i>Epeorus sylvicola</i>                                  |
| <i>Oligoneuriella rhenana</i>                             |
| <i>Potamanthus luteus</i>                                 |
| <i>Leuctra geniculata</i>                                 |
| <i>Aphelocheirus aestivalis</i>                           |
| <i>Macronychus quadrituberculatus</i>                     |

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| <i>Philopotamus</i> spp.                                    |
| <i>Odontocerum albicorne</i>                                |
| <i>Physella acuta</i> /heterostropha ( $\geq$ mehrfach)     |
| <i>Rheotanytarsus</i> sp. ( $\geq$ mehrfach)                |
| <i>Prodiamesa olivacea</i> ( $\geq$ mehrfach)               |
| <i>Eukiefferiella claripennis</i> (nur Rhithral)            |
| <i>Stylodrilus heringianus</i> u./o. <i>Propappus volki</i> |
| <i>Limnodrilus</i> sp./ <i>Tubifex</i> sp. – Aspekt         |
| <i>Nais</i> sp. (nur Belastungszeiger)                      |
| Sap. Eindruck „MZB – Zönose“                                |



## 4 TYPOLOGISCHE EINTEILUNG DER ÖSTERREICHISCHEN FLIEßGEWÄSSER

### 4.1 Aquatische (Fließgewässer-) Bioregionen Österreichs

Die Ausweisung der Aquatischen Bioregionen erfolgte unter besonderer Berücksichtigung der Ökoregionen und Fließgewässer-Naturräume (Fink et al. 2000, Wimmer & Chovanec 2000, Wimmer et al. 2000a und b, Moog et al. 2001a, Schmidt-Kloiber et al. 2001, Moog et al. 2004).

In Österreich werden 15 Fließgewässer-Bioregionen und drei Kategorien der „Großen Flüsse“ ausgewiesen. Einen zusammenfassenden Überblick geben Abbildung 1 und Tabelle 10.

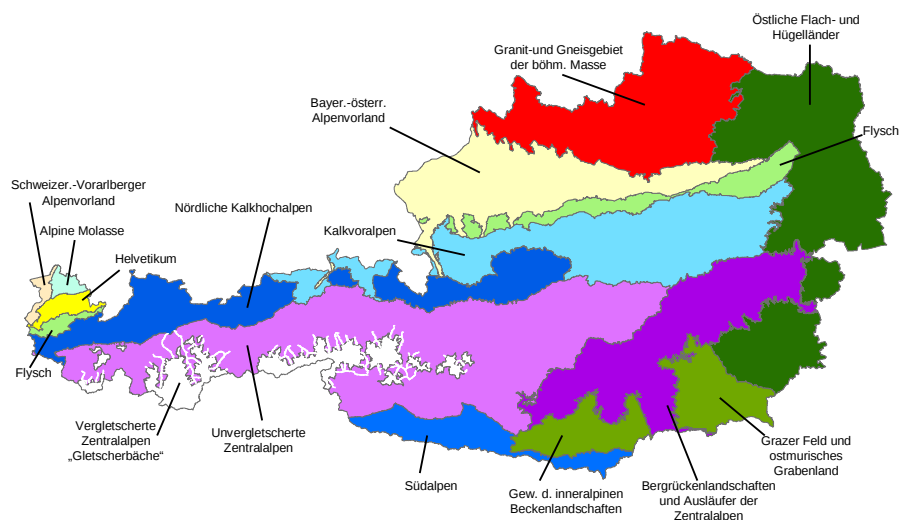


Abbildung 1: Fließgewässer-Bioregionen Österreichs (Moog et al. 2004)

Tabelle 10: Fließgewässer-Bioregionen und „Große Flüsse“ Österreichs

| Bioregion und „Große Flüsse“                        | Abkürzung | Nr. |
|-----------------------------------------------------|-----------|-----|
| Vergletscherte Zentralalpen                         | VZA       | 1   |
| Unvergletscherte Zentralalpen                       | UZA       | 2   |
| Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen | BR        | 3   |
| Flysch                                              | FL        | 4   |
| Kalkvoralpen                                        | KV        | 5   |
| Kalkhochalpen                                       | KH        | 6   |

| Bioregion und „Große Flüsse“                                  | Abkürzung | Nr. |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----|
| Südalpen                                                      | SA        | 7   |
| Helvetikum                                                    | HV        | 8   |
| Alpine Molasse                                                | AM        | 9   |
| Vorarlberger Alpenvorland                                     | VAV       | 10  |
| Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland                       | AV        | 11  |
| Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse | GG        | 12  |
| Östliche Flach- und Hügelländer                               | FH        | 13  |
| Grazer Feld und Grabenland                                    | GF        | 14  |
| Südliche Inneralpine Becken                                   | IB        | 15  |
| Donau                                                         | DO        | 16  |
| March und Thaya                                               | MT        | 17  |
| Große Alpine Flüsse                                           | AF        | 18  |

## 4.2 Große Flüsse

„Große Flüsse“ werden nach Wimmer & Chovanec (2000) als Fließgewässer(abschnitte) definiert, die eine Flussordnungszahl größer oder gleich 7 und/oder eine Einzugsgebietsfläche größer als 2500 km<sup>2</sup> und/oder eine Mittelwasserführung größer als 50 m<sup>3</sup>/s aufweisen. Nach diesen Kriterien sind folgende Gewässer(strecken) als „Große Flüsse“ einzustufen:

- Rhein (Alpenrhein, Alter Rhein, Rhein)
- Donau
- Drau (ab Einmündung Isel)
- Enns (ab Liezen)
- Gurk (ab Einmündung Glan)
- Inn
- March
- Mur (ab Einmündung Pöls)
- Salzach (ab Wagrain Ache oder St. Johann)
- Thaya (ab Einmündung Pulkau)
- Traun (ab Einmündung Ager)

Typologisch lassen sich dabei drei Gruppen unterscheiden (Moog et al. 2001):

- Große Alpine Flüsse
- (Rhein, Inn, Drau, Enns, Gurk, Salzach, Mur, Traun)
- March und Thaya
- Donau

#### 4.3 Spezielle Gewässertypen und spezielle Typausprägungen

Für Österreich wird derzeit eine Liste aller „speziellen Gewässertypen“ und „speziellen Typausprägungen“ erarbeitet. Die Liste enthält all jene Gewässerstrecken, die eine vom „Durchschnittsgewässer“ eines Typs abweichende Ausprägung zeigen. Größtenteils handelt es sich dabei um Gewässerabschnitte mit sehr steilem (etwa Wasserfälle, Kaskaden) oder sehr flachem Gefälle (Verebnungsstrecken). Für diese speziellen Typen und Typausprägungen existieren angepasste Bewertungsgrenzen. Im Falle mangelnder Datengrundlage werden diese Typen vorläufig von der Bewertung ausgenommen.

Für Österreich sind momentan folgende „spezielle Gewässertypen“ (Tabelle 11) und „spezielle Typausprägungen“ (Tabelle 12) definiert. Die Definitionen dieser Typen richten sich nach Wimmer et al. (2007).

Tabelle 11: Liste der speziellen Gewässertypen der Österreichischen Fließgewässer (Wimmer et al. 2007)

| Spezielle Gewässertypen                       |
|-----------------------------------------------|
| sommerwarme Seeausrinne                       |
| quell -/ grundwassergeprägte Gewässerstrecken |
| Moorbäche                                     |
| Thermalbäche                                  |
| intermittierende Bäche                        |

Tabelle 12: Liste von speziellen Typausprägungen Österreichischer Fließgewässer (Wimmer et al. 2007)

| Spezielle Typausprägungen       |
|---------------------------------|
| Mäanderstrecken                 |
| Furkationsstrecken              |
| Verebnungsstrecken              |
| Sinter-Abschnitte               |
| Wasserfälle, Kaskaden           |
| natürlich rückgestaute Bereiche |

#### 4.4 Saprobieller Grundzustand

Die von der WRRL verlangte integrierte biologische Gewässerbewertung erfordert die Definition von saprobiellen Leitbildern (Grundzuständen) für die österreichischen Gewässertypen sowie die Erarbeitung eines Bewertungsschemas in fünf Klassen. Die Adaption des Saprobien-systems an die WRRL wurde bereits in den Jahren 1998-2002 (Stubauer & Moog 2000, 2002; Stubauer 2002) durchgeführt. Die leitbildbezogene Bewertung des Makrozoobenthos nach dem Saprobien-system erfolgt durch Bezugnahme auf saprobielle Grundzustände (sensu Braukmann 1987). Dabei wird die beste saprobielle Gewässergüte eines Gebietes (z. B. Bioregion) durch die saprobielle Situation möglichst naturbelassener Referenzstellen vorgegeben und nicht mehr am starren Schema des xeno-/oligosaprobien Zustandes ausgerichtet.

Ausgehend vom saprobiellen Grundzustand erfolgt die Umlegung in eine saprobielle Zustandsklasse nach folgendem Schema:

- sehr guter Zustand:  $\leq$  Grundzustand (Leitbild)
- guter Zustand: Abweichung vom Leitbild maximal 25%
- mäßiger Zustand: Abweichung vom Leitbild maximal 50%
- unbefriedigender Zustand: Abweichung vom Leitbild maximal 75%
- schlechter Zustand: Abweichung vom Leitbild  $> 75\%$

Die Abweichungen werden ausgehend vom rechnerisch maximal erreichbaren, schlechtesten Saprobienindex (SI) von 3,6 festgelegt.

Tabelle 13: Festlegung der Grenzwerte für die saprobiellen Zustandsklassen gemäß prozentueller Abweichungen vom Grundzustand; SI max = 3,6 (Ofenböck et al. 2005)

| Saprobielle Zustandsklasse | Grenzwert |      |      |      |      |
|----------------------------|-----------|------|------|------|------|
| Sehr gut                   | 1,00      | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,00 |
| Gut                        | 1,65      | 1,84 | 2,03 | 2,21 | 2,40 |
| Mäßig                      | 2,30      | 2,43 | 2,55 | 2,68 | 2,80 |
| Unbefriedigend             | 2,95      | 3,01 | 3,08 | 3,14 | 3,20 |

Da Bioregionen in den vielfältigen Landschaftssituationen Österreichs relativ heterogen besiedelte Areale darstellen, werden die saprobiellen Grundzustände (Stubauer & Moog 2002, 2003) als Typologiekriterium zur Unterteilung der Bioregionen für die Bewertung gemäß WRRL herangezogen. Unter Fließgewässertyp versteht man somit die Kombination von Bioregion und saprobiellem Grundzustand.

#### 4.5 Ermittlung des saprobiellen Grundzustandes

Die Ermittlung des saprobiellen Grundzustandes (Referenzwert) für den vorliegenden Gewässertyp erfolgt auf Basis von Bioregionszugehörigkeit, Seehöhenklasse und Einzugsgebietsklasse.

Tabelle 14: Saprobielle Grundzustände in Abhängigkeit von Bioregion, Seehöhe und Einzugsgebiet (aus Moog et al. 2010 nach Stubauer & Moog 2003, verändert)

|          |                 | ÖKOREGION/BIOREGION |      |      |       |      |      |      |      |      |               |       |      |                  |        |                   |      |
|----------|-----------------|---------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|---------------|-------|------|------------------|--------|-------------------|------|
|          |                 | Alpen               |      |      |       |      |      |      |      |      | Mittelgebirge |       |      | Ungar. Tiefebene |        | Dinar. Westbalkan |      |
| Seehöhe  | EZ-Größe        | 1                   | 2    | 3    | 4     | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10            | 11    | 12   | 13               | 13     | 14                | 15   |
| m        | km <sup>2</sup> |                     |      |      |       |      |      |      |      |      |               |       |      | restl. Jahr      | Sommer |                   |      |
| >1600    | <10             | 1,25                | 1,25 | 1,25 | 1,25  | 1,25 | 1,00 | 1,00 | 1,25 |      |               |       |      |                  |        |                   |      |
|          | 10-100          | 1,25                | 1,25 | 1,50 |       |      | 1,25 | 1,25 | 1,25 |      |               |       |      |                  |        |                   |      |
|          | 101-1000        | 1,25                | 1,25 |      |       |      |      |      |      |      |               |       |      |                  |        |                   |      |
|          | 1001-10000      |                     |      |      |       |      |      |      |      |      |               |       |      |                  |        |                   |      |
| 800-1599 | <10             | 1,25                | 1,25 | 1,50 | 1,25  | 1,25 | 1,00 | 1,00 | 1,25 | 1,50 |               |       |      | 1,50             |        |                   |      |
|          | 10-100          | 1,25                | 1,50 | 1,50 | 1,25  | 1,50 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,50 |               |       |      | 1,50             |        |                   |      |
|          | 101-1000        | 1,25                | 1,50 | 1,50 | 1,50  | 1,75 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |      |               |       |      | 1,50             |        |                   |      |
|          | 1001-10000      |                     | 1,50 | 1,50 |       | 1,75 | 1,50 | 1,50 |      |      |               |       |      |                  |        |                   |      |
| 500-799  | <10             |                     | 1,25 | 1,50 | 1,50  | 1,25 | 1,00 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,50          | 1,50  | 1,50 | 1,50             | 1,50   |                   | 1,50 |
|          | 10-100          |                     | 1,50 | 1,50 | 1,50* | 1,50 | 1,50 | 1,25 | 1,25 | 1,50 | 1,50          | 1,75  | 1,50 | 1,50             | 1,50   |                   | 1,50 |
|          | 101-1000        | 1,50                | 1,50 | 1,50 | 1,75  | 1,75 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,75 |               | 1,75  | 1,75 | 1,50             | 1,50   |                   | 1,75 |
|          | 1001-10000      |                     | 1,75 | 1,75 |       | 1,75 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |      |               |       |      | 1,75             | 1,75   |                   | 1,75 |
| 200-499  | <10             |                     | 1,25 | 1,50 | 1,50* | 1,25 |      | 1,25 | 1,25 | 1,50 | 1,75          | 1,50* | 1,50 | 1,50*            | 1,50*  | 1,50              | 1,50 |
|          | 10-100          |                     | 1,50 | 1,75 | 1,50* | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,75          | 1,75  | 1,75 | 1,75             | 1,75   | 1,75              | 1,50 |
|          | 101-1000        |                     | 1,50 | 1,75 | 1,75  | 1,75 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,75 | 1,75          | 1,75  | 1,75 | 1,75             | 2,00   | 1,75              | 1,75 |
|          | 1001-10000      |                     |      | 1,75 |       | 1,75 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |      | 1,75          | 1,75  | 1,75 | 1,75             | 2,00   | 1,75              | 1,75 |
| <200     | <10             |                     |      |      | 1,75  |      |      |      |      |      |               |       | 1,75 |                  | 1,50   | 1,50              |      |
|          | 10-100          |                     |      | 1,75 | 1,75  |      |      |      |      |      |               |       | 1,75 |                  | 1,75   | 1,75              | 1,75 |
|          | 101-1000        |                     |      |      | 1,75  |      |      |      |      |      |               |       | 1,75 |                  | 1,75   | 2,00              |      |
|          | 1001-10000      |                     |      |      |       |      |      |      |      |      |               | 1,75  |      | 2,00             | 2,00   |                   |      |

\*: Wert bei hohem nat. org. Anteil 1,75

Tabelle 15: Saprobielle Grundzustände der Großen Flüsse (aus Moog et al. 2010 nach Stubbauer & Moog 2003, verändert)

| Seehöhe |          | March  |       | Große Alpine Flüsse |        |        |        |         |        |        |        |
|---------|----------|--------|-------|---------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Kl      | m        | Donau  | Thaya | Rhein               | Mur    | Drau   | Gurk   | Salzach | Inn    | Enns   | Traun  |
| 4       | 800-1599 |        |       |                     |        |        |        |         | <=1,50 |        |        |
| 3       | 500-799  |        |       |                     | <=1,75 | <=1,75 | <=1,75 | <=1,75  | <=1,75 | <=1,75 |        |
| 2       | 200-499  | <=1,75 | 2,00  | <=1,75              | <=1,75 | <=1,75 | <=1,75 | <=1,75  | <=1,75 | <=1,75 | <=1,75 |
| 1       | <200     | 2,00   | 2,00  |                     |        |        |        |         |        |        |        |

Tabelle 16: Saprobielle Grundzustände der speziellen Gewässertypen (aus Moog et al. 2010 nach Stubbauer & Moog 2003, verändert)

| Spezielle Gewässertypen   | Saprobieller Grundzustand |
|---------------------------|---------------------------|
| Seeausrinne sommerwarm    | <=2                       |
| alpine Seeausrinne <1600m | <=1,50                    |
| alpine Seeausrinne >1600m | <=1,25                    |

#### 4.6 Innere Differenzierung

Die Heterogenität der Fließgewässerstrecken Österreichs erfordert über den Fließgewässertyp als Kombination aus Bioregion und saprobiellem Grundzustand hinaus zum Teil eine innere Differenzierung, d.h. eine Unterteilung der Fließgewässertypen in kleinere Einheiten: Diese Einheiten lassen sich nach Einzugsgebietsgröße, Seehöhenklasse und Fischregion untergliedern. Tabelle 17 gibt die innere Differenzierung der Screening-Methode für Fließgewässerabschnitte Österreichs auf Basis der derzeitigen Datengrundlage wieder.

Tabelle 17: Innere Differenzierung für Fließgewässertypen gemäß Screening-Methode

| Bioregion | Saprobieller Grundzustand | Innere Differenzierung |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| VZA       | 1,25                      |                        |
| VZA       | 1,50                      |                        |
| UZA       | 1,25                      |                        |
| UZA       | 1,50                      | EZ-Kl 1                |
| UZA       | 1,50                      | EZ-Kl 2                |
| UZA       | 1,50                      | EZ-Kl 3                |
| UZA       | 1,75                      |                        |
| BR        | 1,50                      |                        |
| BR        | 1,75                      |                        |
| FL        | 1,25                      | SH-Kl 2+3              |
| FL        | 1,50                      | SH-Kl 2+3              |
| FL        | 1,50                      | SH-Kl 3 – VIbg         |

Typologische Einteilung der österreichischen  
Fließgewässer

| Bioregion | Saprobieller Grundzustand | Innere Differenzierung |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| FL        | 1,50                      | SH-KI 4                |
| FL        | 1,75                      | SH-KI 2+3              |
| FL        | 1,75                      | SH-KI 2+3              |
| FL        | 1,75                      | SH-KI 3 – Vlbgr        |
| FL        | 1,75                      | SH-KI 4                |
| KV        | 1,50                      |                        |
| KV        | 1,75                      |                        |
| KH        | 1,25                      |                        |
| KH        | 1,50                      | SH-KI 3                |
| KH        | 1,50                      | SH-KI 4                |
| SA        | 1,25                      |                        |
| SA        | 1,50                      |                        |
| SA        | 1,75                      |                        |
| HV        | 1,25                      |                        |
| HV        | 1,50                      |                        |
| HV        | 1,75                      |                        |
| AM        | 1,50                      |                        |
| AM        | 1,75                      |                        |
| VAV       | 1,50                      |                        |
| VAV       | 1,75                      |                        |
| VAV       | 2,00                      |                        |
| AV        | 1,75                      | EZ-KI 1                |
| AV        | 1,75                      | EZ-KI 2                |
| AV        | 1,75                      | EZ-KI 3                |
| GG        | 1,50                      |                        |
| GG        | 1,75                      |                        |
| GG        | 1,75                      |                        |
| FH        | 1,50                      | EZ-KI 0                |
| FH        | 1,50                      | EZ-KI 1+2              |
| FH        | 1,75                      | EZ-KI 1                |
| FH        | 1,75                      | EZ-KI 2                |
| FH        | 1,75                      | EZ-KI 3                |
| FH        | 2,00                      |                        |
| GF        | 1,50                      |                        |
| GF        | 1,75                      |                        |
| IB        | 1,50                      |                        |

Typologische Einteilung der österreichischen  
Fließgewässer

---

| Bioregion | Saprobieller Grundzustand | Innere Differenzierung |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| IB        | 1,75                      |                        |
| IB        | 1,50                      | Glan                   |
| IB        | 1,75                      | Glan                   |
| AF        | 1,75                      |                        |
| AF        | 1,75                      | Traun                  |

## 5 DATENSATZ

---

### 5.1 Biologische Daten

Datengrundlage für die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Analysen ist die Projektdatenbank ECOPROF (Moog et al. 2010) der Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung. Insgesamt stand für die Entwicklung der Screening-Methode ein Datensatz von 921 Untersuchungsstellen zur Verfügung. Den Untersuchungsstellen, die aus mehreren Quellen stammen, ist gemeinsam, dass die Probenentnahme mit einem standardisierten Handnetz von 500 µm Maschenweite nach dem Multi Habitat Sampling (MHS) (Barbour et al. 1999, Moog 2004, ÖNORM EN 16150) durchgeführt wurde. Die Daten überstreichen alle Fließgewässertypen und alle ökologischen Zustandsklassen. Des Weiteren sind alle Daten von Fließgewässerabschnitten mit einer Einzugsgebietsgröße > 10 km<sup>2</sup>. Eine Ausnahme bildet der Datensatz der Wiener Flyschgewässer. Hier liegen Untersuchungsstellen mit einem Einzugsgebiet < 10 km<sup>2</sup> vor.

Die zur Auswertung herangezogenen Daten wurden im Rahmen des vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und Umweltbundesamt finanzierten Projektes *„Die Erarbeitung eines flächendeckend anwendbaren Systems zur Beurteilung des ökologischen Zustandes auf Basis des Makrozoobenthos“* von folgenden Institutionen mit freundlicher Genehmigung zur Verfügung gestellt:

- ARGE Limnologie, Innsbruck
- ARGE Ökologie, Wien
- OIKO, Wien
- Amt der Burgenländischen Landesregierung, Wulkaprodersdorf
- Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt
- Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, St. Pölten
- Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz
- Amt der Salzburger Landesregierung, Salzburg
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz
- Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck
- Umweltinstitut des Landes Vorarlberg, Bregenz

- Universität für Bodenkultur, Abteilung für Hydrobiologie & Gewässermanagement, Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung, Wien
- Daten aus diversen Diplomarbeiten

Der folgende Text ist teilweise dem Endbericht zum Projekt *„Entwicklung eines flächendeckend anwendbaren Systems zur Beurteilung des ökologischen Zustandes auf Basis des Makrozoobenthos“* (Ofenböck et al. 2005) entnommen.

Folgende Datenquellen wurden verwendet:

- Stellen aus Vorprojekten, die mit Multi Habitat Sampling beprobt wurden (Referenzstellen und Eichstellen für den guten ökologischen Zustand)
- fremdfinanzierte Untersuchungsstellen (alle ökologischen Zustandsklassen)
- Stellen der bundesweiten Erhebung der Gewässergüte - WGEV Messstellen - die 2003 erstmals mit der Methode des Multi Habitat Samplings untersucht wurden (alle ökologischen Zustandsklassen)
- Referenzstellen und Eichstellen für den guten ökologischen Zustand, die 2004 im Rahmen des BMLF Projektes neu beprobt wurden

#### **5.1.1 Daten aus Vorprojekten**

Die MHS Daten aus Vorprojekten stammen aus den Jahren 1998 bis 2000 und wurden im Rahmen einer von der Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung erarbeiteten Studie *„Erstellung typspezifischer benthoszönotischer Leitbilder österreichischer Fließgewässer“* erhoben. Hierbei handelt es sich um Referenzstellen und Eichstellen für den guten ökologischen Zustand. 2001 wurden im Zuge der Umsetzung der WRRL im Auftrag des Umweltbundesamtes weitere Referenzstellen und Eichstellen für den guten ökologischen Zustand untersucht.

#### **5.1.2 Daten aus fremdfinanzierten Untersuchungen**

In der ECOPROF Datenbank der Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung liegen die MZB-Daten der österreichischen Untersuchungsstellen zweier von der Europäischen Kommission finanzierten Forschungsprojekten vor. Die Daten stammen aus dem AQEM-Projekt (Integrated Assessment System for

the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe, Contract No. EVK1-CT-1999-00027) aus den Jahren 2000 bis 2002 und dem Nachfolgeprojekt STAR (Standardisation for River Classification. Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive, Contract No. EVK1-CT 2001-00089).

Zusätzlich liegen noch MHS-Proben aus einigen anderen fremd-finanzierten Untersuchungen und Diplomarbeiten am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement vor. Dieser Datensatz enthält Stellen aller ökologischen Zustandsklassen.

#### **5.1.3 Daten aus der WGEV 2003**

Ebenfalls in ECOPROF-Datenbank stehen die Daten der Stellen der bundesweiten Erhebung der Gewässergüte - WGEV Messstellen, die 2003 erstmals mit der Methode des Multi Habitat Sampling untersucht wurden, zur Verfügung. Ein Großteil dieser Daten lag in Excelformat vor und musste über ein Importtool von ECOPROF in die Datenbank eingebracht werden. Dieser Datensatz enthält ebenfalls Stellen aller ökologischen Zustandsklassen.

#### **5.1.4 Daten aus der Untersuchungsserie 2004**

Zur Ergänzung der bestehenden Daten wurden vom BMLFUW 2004 drei technische Büros (OIKO, ARGE Limnologie und ARGE Ökologie) beauftragt zusätzliche Eich- und Referenzstellen zu besammeln.

Für die Auswahl der Referenzstellen galten dabei folgende Grundsätze:

- keine bis geringe ökomorphologische Beeinträchtigung (Klasse 1 oder 1-2 nach diversen Bewertungssystemen, z.B. Werth (1987, 1989) und Spiegler et al. (1989); bei der Ökomorphologie ist der Parameter Sohle von entscheidender Bedeutung, da dieser als Lebensraum für das MZB eine entscheidende Stellung einnimmt.
- kein Restwasser- oder Schwall einfluss,
- keine lokal wirksamen Kontinuumsunterbrechungen,
- keine intensive Landnutzung an der Untersuchungsstelle,

- keine punktförmigen Einleitungen direkt oberhalb oder an der Untersuchungsstelle und
- keine organische Belastung, wobei Informationen bestehender Güteuntersuchungen hinzugezogen wurden, soweit diese vorhanden waren. Bezugspunkt für die Einschätzung einer „nicht vorhandenen organischen Belastung“ ist der saprobielle Grundzustand.

Eichstellen wurden als Stellen definiert, die im Übergangsbereich der ökologischen Zustandsklassen 2 und 3 liegen. Die Auswahl erfolgte aufgrund von vorhandenen Informationen bezüglich Ökomorphologie, Saprobie, Hydrologie und Einzugsgebietsnutzung sowie der Experteneinstufung vor Ort. Da eine generelle Definition von Eichstellen schwierig ist, sollten Eichstellen eines oder beide der folgenden Kriterien erfüllen, jedoch in keinem Fall die Zustandsklasse 2-3 eindeutig überschreiten:

- Ökomorphologische Beeinträchtigung: Zustandsklasse 2 oder 2-3 nach Spiegler et al. (1989) Auch hier kommt bei der Ökomorphologie dem Parameter Sohle entscheidende Bedeutung zu (s.o.).
- Organische Belastung im Übergangsbereich zwischen saprobieller Zustandsklasse 2 und 3 wobei Informationen bestehender Güteuntersuchungen beigezogen wurden, soweit diese vorhanden waren. Bezugspunkt ist der saprobielle Grundzustand.

#### **5.1.5 Daten zur Validierung der Screening-Methode**

Zur Validierung der Screening-Methode wurde ein unabhängiger Datensatz von insgesamt 347 mittels MHS erhobenen Untersuchungsstellen aus den Jahren 2006-2010 herangezogen.

Folgende Datenquellen wurden verwendet:

- Stellen der bundesweiten WGEV und GZÜV aus den Jahren 2006/2007 inklusive Stellen der GZÜV Qualitätssicherung aus dem Jahr 2008 und 2010
- Stellen aus Untersuchungen der Grenzgewässerkommission (Institut für Wassergüte) aus dem Jahr 2008
- Landesmessstellen Steiermark aus dem Jahr 2006
- Studie im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft aus dem Jahr 2008

- Studien im Auftrag des Umweltbundesamtes aus den Jahren 2007 und 2009
- Fremdfinanzierte Studien

## 5.2 Umwelt-Daten und Milieufaktoren

Für jede Untersuchungsstelle wurde ein Set an Parametern erhoben, die für die Charakterisierung der Stelle und einer Voreinstufung (siehe Kapitel 6.1) hinsichtlich des ökologischen Zustandes benötigt wurden. Als Mindestanforderung wurden folgende Kenngrößen angesehen:

Tabelle 18: Parameter, die pro Untersuchungsstelle erhoben wurden

|                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|
| Bioregion                                                          |
| Einzugsgebiet                                                      |
| Seehöhe                                                            |
| Flussordnungszahl                                                  |
| Hochwert (BMN)                                                     |
| Rechtswert (BMN)                                                   |
| Güteklasse nach Modul 1                                            |
| Ökomorphologische Zustandsklasse                                   |
| Ökomorphologische Zustandsklasse Sohle                             |
| Ökologische Zustandsklasse – Voreinstufung (soweit möglich)        |
| Parameter für den Strukturindex (siehe Tabelle 36 in Kapitel 9.4 ) |
| Minerogene Choriotope                                              |
| Biotische Choriotope                                               |

Im Falle der WGEV- Daten lagen ausführliche Informationen zur Ökomorphologie der Untersuchungsstellen und der Zusammensetzung und Verteilung der Sohlhabitate und ökomorphologische Parameter zur Verfügung, die eine Abschätzung einer ökomorphologischen Zustandsklasse erlaubten. Jede Untersuchungsstelle war zudem fotografisch dokumentiert.

Für die Probestellen aus den EU-Projekten AQEM und STAR lagen umfangreichere hydromorphologische Begleitdaten vor. Für die Daten aus anderen Quellen standen zumeist ebenfalls ökomorphologische Parameter zur Verfügung, die eine Abschätzung einer ökomorphologischen Zustandsklasse erlaubten. Im Falle fehlender Daten wurde Expertenmeinungen eingeholt.



### 6.1 Voreinstufung der ökologischen Zustandsklasse

Alle Untersuchungsstellen wurden einer Voreinstufung hinsichtlich der ökologischen Zustandsklasse unterzogen. Dabei wurde sowohl eine Beurteilung ökomorphologischer und allgemeiner Beeinträchtigungen, wie auch eine die Einstufung der saprobiellen Belastung einer Untersuchungsstelle vorgenommen. Die Voreinstufung dient als Basis für die Prüfung der Diskriminanzfähigkeit von Metrics und der Festlegung der Grenzwerte (siehe Kapitel 8.4).

Für eine Prüfung des Metrics zur orientierenden Bewertung der saprobiellen Belastung (siehe Kapitel 8.3) einer Untersuchungsstelle wurde die saprobielle Zustandsklasse verwendet. Die Zuordnung zu einer saprobiellen Zustandsklasse erfolgte anhand des Ergebnisses des Saprobienindex, der mittels an der gleichen Untersuchungsstelle entnommenen Hauptprobe bestimmt wurde. Die Zuordnung des Saprobienindex zu einer saprobiellen Zustandsklasse in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand erfolgte entsprechend Tabelle 13.

Für die Prüfung der Diskriminanzfähigkeit und eine Festlegung der Grenzwerte für Metrics, die zum Aufzeigen allgemeiner Belastung dienen (nähere Ausführungen zu diesen Metrics sind Kapitel 8.3 zu entnehmen), wurde die Voreinstufung hinsichtlich hydromorphologischer und allgemeiner Belastung herangezogen.

Die für die ökomorphologische Beurteilung herangezogene Bewertung folgte meist der „strukturökologischen Methode“ nach Spiegler et al. (1989). Allerdings lagen auch Daten vor, die nicht oder anhand anderer Methoden ökomorphologisch bewertet wurden. Mit Hilfe von Expertenmeinungen wurde versucht, fragliche Voreinstufungen zu verifizieren und in ein einheitliches Bewertungsschema zu bringen. Standardmäßig wurde zuerst eine gesamt- ökomorphologische Bewertung nach Spiegler et al. (1989) vorgenommen. In einem nächsten Schritt wurde der Zustand der Sohle bewertet. Diese gesonderte Bewertung gründet auf der Überlegung, dass die Sohle der eigentliche Lebensraum der wirbellosen Benthosorganismen darstellt und somit auf diese von allen morphologischen Parametern den größten Einfluss ausübt. Die Zuordnung zu einer ökologischen Zustandsklasse erfolgte gemäß nachstehendem Umlegungsschema des 7-skaligen Klassifikationschemas von Spiegler et al. (1989) in das 5-stufige Schema des ökologischen Zustandes nach der Wasserrahmenrichtlinie.

Tabelle 19: Umlegungsschema des 7-skaligen Klassifikationsschemas von Spiegler et al. (1989) in das 5-stufige Schema des ökologischen Zustandes nach WRRL

| Ökologische Zustandsklasse | Zustand der Sohle                                                                                                     |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                          | natürlich, dem Gewässer entsprechend<br>ÖKZ nach Spiegler et al. (1989): 1; 1-2                                       |
| 2                          | leichte Monotonisierung des Substrats<br>ÖKZ nach oder Spiegler et al. (1989): 2                                      |
| 3                          | starke Monotonisierung des Substrats, Sohlschwellen, andere Sohlbefestigungen<br>ÖKZ nach Spiegler et al. (1989): 2-3 |
| 4                          | Pflasterung der Sohle mit Fugen oder/und Substratauflage<br>ÖKZ nach Spiegler et al. (1989): 3; 3-4                   |
| 5                          | Pflasterung der Sohle ohne Fugen oder Substratauflage<br>ÖKZ nach Spiegler et al. (1989): 4                           |

Während die Voreinstufung der organischen Belastung mittels Saprobienindex als sehr „realitätsnah“ beurteilt werden kann, beinhaltet die Voreinstufung der allgemeinen Belastung eine gewisse Unschärfe. Diese Unschärfe ist in erster Linie auf die Inkonsistenz der vorliegenden Informationen zur ökomorphologischen Situation vor Ort zurückzuführen. Während für die Probestellen aus den EU-Projekten AQEM und STAR umfangreichere hydromorphologische Begleitdaten, die einem einheitlichen Bewertungsschema folgen, vorlagen, war ein Großteil der anderen Daten in relativ inhomogener Berichtsform vorhanden.

Tabelle 20 zeigt die Verteilung der Probenstellen in den verschiedenen Bioregionen und saprobiellem Grundzustand. Ebenfalls angeführt ist die Voreinstufung der ökologischen Zustandsklasse.

Tabelle 20: Proben-Spiegel: Anzahl der Untersuchungsstellen pro Bioregion, saprobiellem Grundzustand und Voreinstufung der ökologischen Zustandsklasse (ÖKZ); k.V.: keine Voreinstufung möglich

| Saprobieller Grundzustand | ÖKZ (Voreinstufung) | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8        | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | Donau     | Alpine Flüsse | Σ          |
|---------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|------------|
| <b>1,25</b>               | 1                   | 2         |           |           | 4         |           |           |           | 2        |           |           |           |           |           |           |           |           |               | 8          |
|                           | 2                   | 3         |           |           | 5         |           |           |           | 7        |           |           |           |           |           |           |           |           |               | 15         |
|                           | 3                   | 1         |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |           |           |           |           |           |               | 1          |
|                           | 4                   |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |           |           |           |           |           |               | 0          |
|                           | 5                   |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |           |           |           |           |           |               | 0          |
|                           | k.V.                | 23        | 14        |           |           |           |           | 8         |          |           |           |           |           |           |           |           |           |               | 45         |
| <b>Σ UST 1,25</b>         |                     | <b>29</b> | <b>14</b> | <b>0</b>  | <b>9</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>8</b>  | <b>9</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>      | <b>69</b>  |
| <b>1,5</b>                | 1                   |           | 8         | 12        | 1         | 3         |           |           | 2        | 4         |           |           | 2         | 2         |           |           |           |               | 34         |
|                           | 2                   |           | 63        | 4         |           | 2         |           |           |          | 5         | 1         |           | 2         |           |           | 8         |           |               | 85         |
|                           | 3                   |           | 19        | 29        | 6         |           |           |           | 1        | 1         | 2         |           | 16        | 13        | 6         |           |           |               | 93         |
|                           | 4                   |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |           | 1         |           |           |           |               | 1          |
|                           | 5                   |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |           |           |           |           |           |               | 0          |
|                           | k.V.                | 7         | 2         |           |           |           |           | 10        |          |           |           |           | 25        |           |           |           |           |               | 44         |
| <b>Σ UST 1,5</b>          |                     | <b>7</b>  | <b>92</b> | <b>45</b> | <b>7</b>  | <b>5</b>  | <b>0</b>  | <b>10</b> | <b>3</b> | <b>10</b> | <b>3</b>  | <b>0</b>  | <b>45</b> | <b>16</b> | <b>6</b>  | <b>8</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>      | <b>257</b> |
| <b>1,75</b>               | 1                   |           |           | 20        | 12        | 22        | 8         |           | 1        |           | 2         | 2         | 11        | 1         | 1         | 2         |           |               | 82         |
|                           | 2                   |           | 9         | 11        | 22        | 34        | 3         |           |          | 4         | 8         | 55        | 31        | 24        | 8         | 10        | 9         | 42            | 270        |
|                           | 3                   |           |           | 6         | 11        | 8         | 10        |           |          |           | 7         | 26        | 22        | 23        | 14        | 1         | 4         | 14            | 146        |
|                           | 4                   |           |           |           | 4         |           |           |           |          |           | 1         | 3         | 8         | 6         | 2         |           | 1         | 3             | 28         |
|                           | 5                   |           |           |           | 5         |           |           |           |          |           | 2         |           | 3         | 3         |           |           |           | 4             | 17         |
|                           | k.V.                |           |           |           |           | 7         | 1         |           |          |           |           | 2         |           |           |           |           |           |               | 10         |
| <b>Σ UST 1,75</b>         |                     | <b>0</b>  | <b>9</b>  | <b>37</b> | <b>54</b> | <b>71</b> | <b>22</b> | <b>0</b>  | <b>1</b> | <b>4</b>  | <b>20</b> | <b>88</b> | <b>75</b> | <b>57</b> | <b>25</b> | <b>13</b> | <b>14</b> | <b>63</b>     | <b>553</b> |

| Saprobieller Grundzustand | ÖKZ (Voreinstufung) | 1  | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12  | 13  | 14 | 15 | Donau | Alpine Flüsse | Σ   |
|---------------------------|---------------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|-------|---------------|-----|
| 2,0                       | 1                   |    |     | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |    |    |       |               | 1   |
|                           | 2                   |    |     | 3  |    |    |    |    |    |    | 1  |    |     | 15  |    |    |       |               | 19  |
|                           | 3                   |    |     |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    |     | 9   |    |    |       |               | 11  |
|                           | 4                   |    |     |    |    |    |    |    |    |    | 3  |    |     | 4   |    |    |       |               | 7   |
|                           | 5                   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 2   |    |    |       |               | 2   |
|                           | k.V.                |    |     |    |    |    |    | 2  |    |    |    |    |     |     |    |    |       |               | 2   |
| Σ UST 2,0                 |                     | 0  | 0   | 4  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 6  | 0  | 0   | 30  | 0  | 0  | 0     | 0             | 42  |
| Gesamtsumme               |                     | 36 | 115 | 86 | 70 | 76 | 22 | 20 | 13 | 14 | 29 | 88 | 120 | 103 | 31 | 21 | 14    | 63            | 921 |

## 6.2 Methodik der statistischen Auswertung

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte in erster Linie unter Anwendung graphisch-deskriptiver Verfahren, Korrelationsanalysen sowie Reliabilitätstests mit Hilfe der Computerprogramme SPSS, Statistica und MS Excel.

### 6.2.1 Box- und Whisker-Plots

Zur Visualisierung der Diskriminanzfähigkeit der einzelnen Metrics wurden hauptsächlich Box- und Whisker-Plots verwendet. Box-Plots eignen sich hervorragend für den Gruppenvergleich bezüglich eines betrachteten Merkmals. Sie zeigen Tendenzen, Streuungen und Spannweiten einer univariaten Verteilung (inklusive Ausreißer). Ein Box-Plot besteht aus Rechtecken, die den Interquartilsabstand zeigen und umfasst die mittleren 50% der Verteilung. Sie wird durch das untere Quartil (25%-Perzentile) und das obere Quartil (75%-Perzentile) begrenzt und schließt den Median (Zentralwert) ein.

Zur Rechten und zur Linken der Box sind Linien (whiskers) mit einer Länge des jeweils maximal 1,5-fachen Interquartilabstandes eingezeichnet und enden jedenfalls bei einem beobachteten Wert (Strelec 2000). Ausreißer (Entfernung von der Perzentile: zwischen 1,5-fachem und 3-fachem Wert des Interquartilbereiches) werde als „milde“ Ausreißer bezeichnet und sind als kleine Kreise dargestellt. Extremwerte (Entfernung von der Perzentile: ab dem 3-fachen Wert des Interquartilbereiches) werden als „extreme“ Ausreißer bezeichnet und sind mit Sternchen markiert.

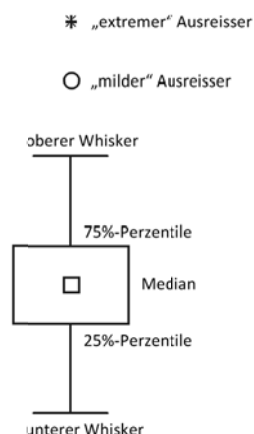


Abbildung 2: Beispiel eines Box- und Whisker-Plots

In einem ersten Schritt wurden für alle Screening Metrics (siehe Kapitel 8.3) Box- und Whisker-Plots für alle Fließgewässertypen (Kombination aus Bioregion und saprobiellem Grundzustand, siehe 4.4) und ökologische Zustandsklassen erstellt. Bei unzureichender Diskriminanzfähigkeit auf Basis der Fließgewässertypen wurde eine innere Differenzierung (siehe Kapitel 4.6) vorgenommen. Das Beispiel von Fließgewässerstrecken der Bioregion 11 (Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland) verdeutlicht auf anschauliche Weise die Notwendigkeit einer weiteren inneren Differenzierung, in diesem Fall die Unterteilung des Gewässertyps in Einzugsgebietsklassen. Durch die Aufteilung des Fließgewässertyps in kleinere Einheiten wird die Diskriminanz der ökologischen Zustandsklassen erhöht, die Überlappung der Interquartilbereiche wie auch der oberen und unteren Whiskers wird vermindert (Abbildung 3 bis Abbildung 5).

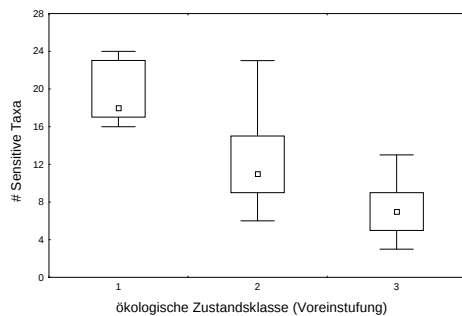


Abbildung 3: Verteilung der Sensitiven Taxa in unterschiedlichen ökologischen Zustandsklassen in Gewässern der Bioregion 11 (Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland), saprobieller Grundzustand 1,75, N=88

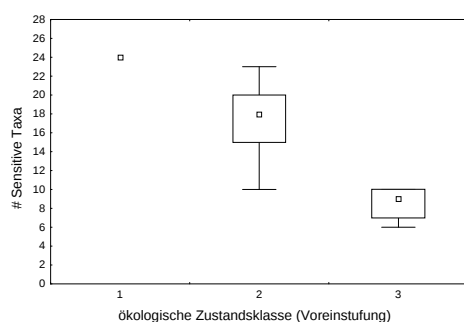


Abbildung 4: Verteilung der Sensitiven Taxa in unterschiedlichen ökologischen Zustandsklassen in Gewässern der Bioregion 11 (Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland), saprobieller Grundzustand 1,75; Einzugsgebietsklasse 1, N=16

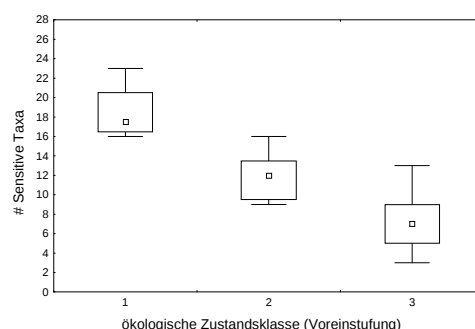


Abbildung 5: Verteilung der Sensitiven Taxa in unterschiedlichen ökologischen Zustandsklassen in Gewässern der Bioregion 11 (Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland), saprobieller Grundzustand 1,75; Einzugsgebietsklasse 2, N=41

Die Box- und Whisker-Plots dienen in einem weiteren Schritt als Basis für die Festlegung der Untergrenzen für den sehr guten und guten ökologischen Zustand. Entsprechend nachfolgender Regelungen wurde für alle Screening Metrics die Grenzwertziehung durchgeführt. Die durchgezogene blaue Linie markiert den Grenzwert des sehr guten ökologischen Zustandes. Die durchgezogene grüne Linie markiert den Grenzwert des guten ökologischen Zustandes. Bei überlappenden, oder nur wenig getrennten Interquartilbereichen, wird als Grenzwert des sehr guten bzw. guten Zustandes die 25%-Perzentile des sehr guten bzw. guten ökologischen Zustandes verwendet (vgl. Abbildung 6). Für Flusstypen mit fehlenden oder sehr wenigen Referenzstellen gestaltet sich die Festlegung eines Grenzwertes für den sehr guten Zustand zufolge stark überlappender Interquartilbereiche schwierig. In derartigen Fällen wird die 75%-Perzentile, oder der Maximalwert (ohne Ausreißer) der Zustandsklasse 2 als Grenze für den sehr guten Zustand festgelegt (vgl. Abbildung 7).

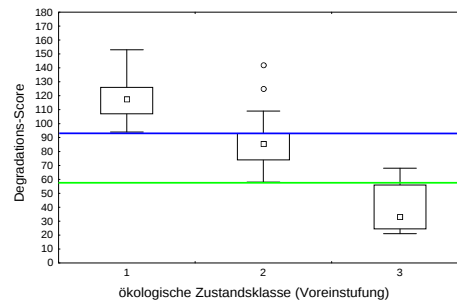
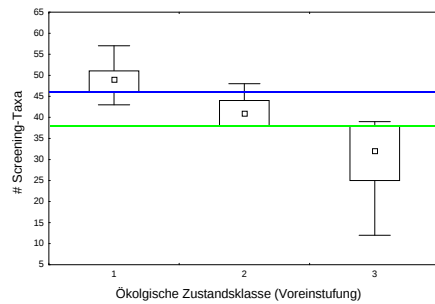


Abbildung 6: Anzahl der Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 3 (Bergrücken), saprobieller Grundzustand 1,5. Die blaue Linie kennzeichnet den vorgeschlagenen Grenzwert des sehr guten, die grüne Linie den vorgeschlagenen Grenzwert des guten Zustandes. Als Grenzwert des sehr guten bzw. guten Zustandes wird die 25%-Perzentile des sehr guten bzw. guten ökologischen Zustandes verwendet. N=45

Abbildung 7: Degradations-Score für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 5 (Kalkvorpalen), saprobieller Grundzustand 1,75. Die blaue Linie kennzeichnet den vorgeschlagenen Grenzwert des sehr guten, die grüne Linie den vorgeschlagenen Grenzwert des guten Zustandes. Als Grenzwert des sehr guten Zustandes wird die 75%-Perzentile der Zustandsklasse 2 verwendet. N=71

Sind die Interquartilbereiche des guten und des mäßigen Zustandes genügend weit voneinander entfernt, wird die mittlere Entfernung der 25%-Perzentile des guten und der 75%-Perzentile des mäßigen Zustandes als Grenzwert herangezogen (vgl. Abbildung 8).

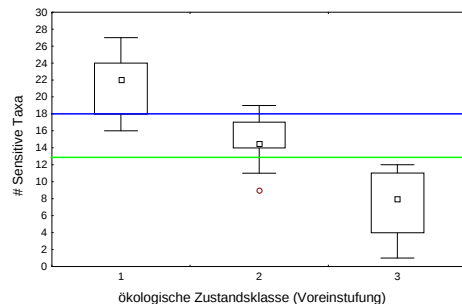


Abbildung 8: Anzahl der Sensitiven Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 3 (Bergrücken), saprobieller Grundzustand 1,5. Die blaue Linie kennzeichnet den vorgeschlagenen Grenzwert des sehr guten, die grüne Linie den vorgeschlagenen Grenzwert des guten Zustandes. Als Grenzwert des guten Zustandes wird die mittlere Entfernung der 25%-Perzentile des guten und der 75%-Perzentile des mäßigen Zustandes verwendet. N=45

Eine geringe Anzahl von Untersuchungsstellen wirkt sich negativ auf die Diskriminanz der verschiedenen Zustandsklassen aus. Für gut dokumentierte Gebiete, wo ausreichende Datensätze aus allen ökologischen Zustandsklassen vorliegen, kann

aus der Anzahl des jeweiligen Screening Metrics die Klassenzugehörigkeit vergleichsweise plausibel abgeleitet werden. Für weniger gut dokumentierte Gebiete wurde die Grenzziehung teilweise auf Basis von Experteneinschätzung bzw. vorläufig vorgenommen. Die gesamte Darstellung der Grenzwerte für alle Screening Metrics und Fließgewässertypen ist im Anhang I (Abbildung A 1 – A 109) dargestellt.

### **6.2.2 Korrelationsanalysen**

Spearman-Rangkorrelationen wurden sowohl für die Auswahl geeigneter Metrics, wie auch für den Eignungstest der ausgewählten Metrics zum Aufzeigen von Stressoren herangezogen.

#### **6.2.2.1 Entwicklung geeigneter Metrics**

Für eine Auswahl geeigneter Metrics zur Bewertung der saprobiellen (organischen) Belastung eines Gewässerabschnittes wurden in einem ersten Schritt bereits bestehende ausländische Index- und Score-Methoden für eine Anwendung in Österreich adaptiert. Der folgende Text ist teilweise dem Bericht „Anpassung von Modul 1 an die Anforderungen der WRRL“ (Moog et al. 2005a) zum Projekt *„Entwicklung eines flächendeckend anwendbaren Systems zur Beurteilung des ökologischen Zustandes auf Basis des Makrozoobenthos“* entnommen. Den Adaptionen wurden folgende Regeln zu Grunde gelegt:

- Ausgangsbasis ist die Screening-Taxaliste.
- Das taxonomische Niveau richtet sich nach der Screening-Taxaliste. Dies bedeutet, dass neben dem Familienniveau auch genauere Bestimmungsebenen (Unterfamilien, Gattungen, Arten) mit einer ökologischen Information verknüpft werden.
- Für die Adaptation des BMWP/ASPT-Ansatzes wird jedem Indikatoraxon ein Wert zwischen 1-10, 1-8 oder 1-5 zugeordnet. Die ökologische Information „10“ kennzeichnet extrem sensitive Taxa. Die ökologische Information „1“ kennzeichnet extrem tolerante Taxa. Analog gilt dies für die Maximalwerte 8 und 5. Die Variante mit einem Maximalwert von 8 für extrem sensitive Taxa wurde entwickelt, um den direkten Vergleich mit den 8 Stufen des Saprobien-systems (inklusive xenosaprober Stufe) herstellen zu können.

- Die Variante mit einem Maximalwert von 5 für extrem sensitive Taxa wurde entwickelt, um den direkten Vergleich mit den 5 ökologischen Zustandsklassen herstellen zu können.

Die Vergabe dieser ökologischen Einstufungen pro Taxon erfolgte durch die taxonomischen Fachspezialisten der Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung der BOKU. Als Grundlagen für die Vergabe der Einstufungen dienten die Fauna Aquatica Austriaca, die AQEM/STAR-Taxaliste und die BMWP/ASPT-Listen aus England, Spanien, Ungarn, Polen und Griechenland, sowie die (überwiegend) familienbezogenen Einstufungslisten aus den USA, aus Australien und Asien.

Ausgehend von dem beschriebenen Grundschemata wurden zusätzlich die Einstufungen speziell für jene Zeigerorganismen adaptiert, die auf strukturelle Degradationen empfindlich reagieren. Diese Listen sind mit dem Attribut „Struktur“ gekennzeichnet. Um die potentielle Eignung solcher Listen für die Bewertung der Auswirkungen allgemeiner Degradationen auf Fließgewässer testen zu können, erfolgte in einem weiteren Schritt die Erstellung einer kombinierten Liste. Diese Listen wurden mit dem Attribut „Struktur und organisch“ gekennzeichnet.

Da die meisten dieser im Ausland verwendeten Indices und Scores ohnehin für den Nachweis der Auswirkungen organischer Belastung konzipiert wurden, erfolgte ihr Eignungstest durch Korrelationen mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961). Für eine Standortbestimmung des neu entwickelten saprobiellen Ansatzes (Saprobie-Score, siehe Kapitel 8.3 und 9.5) wurde dieser ebenfalls in die Analyse miteinbezogen. Die Ergebnisse der Korrelationen sind in Tabelle 37 und Tabelle 38 dargestellt.

Auch in Bezug auf die Aussagekraft für hydromorphologische Defizite an Fließgewässern wurde die Eignung der ausländischen Indices und Scores mit Hilfe von Korrelationsanalysen getestet. Dazu erfolgte die Korrelation der Index- und Score-Werte sowie des neu entwickelten Ansatzes zum Aufzeigen hydromorphologischer Degradation (Degradations-Score, siehe Kapitel 8.3 und 9.4) von Untersuchungsstellen mit dem - aus der taxonomisch vollständig bearbeiteten Hauptprobe berechneten - multimetrischen Index (Ofenböck et al. 2005, 2010).

In ersten Testläufen wurden die Degradations-Scores aller Stellen mit den entsprechenden ökologischen Zustandsklassen (Voreinstufung) korreliert. Die Diskri-

minanzfähigkeit des Degradations-Scores zur Unterscheidung der ökologischen Zustandsklassen wird erwartungsgemäß besser, wenn saprobiell beeinflusste Gewässerstrecken aus dem analysierten Datensatz ausgeschieden werden. Darunter werden in diesem Fall solche Untersuchungsstellen verstanden, deren Gesamteinstufung des ökologischen Zustandes (nach dem worst-case-Prinzip) durch den Saprobienindex geprägt wird. Die Ergebnisse der Korrelationen sind in Tabelle 34 und Tabelle 35 dargestellt.

#### **6.2.2.2 Eignungstest der Metrics zum Aufzeigen von Stressoren**

Die Eignung des Metric Anzahl Sensitive Taxa zur Reaktion gegenüber chemischen Gradienten wurde mittels Korrelation mit vier Parametern (Leitfähigkeit, Phosphorgehalt, BSB<sub>5</sub>-Gehalt und Nitritgehalt) durchgeführt (siehe Kapitel 9.3, Abbildung 22 bis Abbildung 25).

Um die Reaktion der Metrics des Moduls Allgemeine Degradation auf die hydro-morphologische Ausprägung eines Gewässers zu testen, wurden diese zum einen mit der Choriotoptvielfalt (gemessen an der Anzahl der Choriotope) und zum anderen mit dem Strukturindex (näher beschrieben in 9.4) als Maß für die strukturelle Beeinträchtigung eines Gewässerabschnittes korreliert. Die Ergebnisse der Analysen sind in Kapitel 9.4 dargestellt.

Die Eignung des Saprobie-Scores als Kriterium für eine saprobielle Belastung wurde bereits durch die Korrelationsanalysen mit ausländischen Indices und Scores und dem Saprobienindex, wie oben dargestellt, abgedeckt.

#### **6.2.3 Validierung der Screening-Methode**

Mittels statistischer Verfahren wurden Plausibilität und Verlässlichkeit der Ergebnisse der Screening-Methode überprüft. Als Bezugswert gilt das Ergebnis der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2010). Zur Anwendung gelangen dabei zwei statistische Verfahren, die als Maß für eine (Nicht)Übereinstimmung herangezogen werden. Für den Vergleich mit der detaillierten MZB-Methode wurde das fünfstufige Bewertungssystem der detaillierten MZB-Methode in das dreistufige System der Screening-Methode umgelegt. Hierfür wurden die ökologischen Zustandsklassen 3 bis 5 in eine einzige Kategorie „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst.

Für diese Analysen wurde die vereinfachte Theorie aufgestellt, dass die detaillierte Methode die „Wirklichkeit“ der ökologischen Zustandssituation abbildet.

#### **6.2.3.1 Fehlerabschätzung**

Grundsätzlich werden bei der Abschätzung, ob eine Gewässerstrecke nach der Screening-Methode das Qualitätsziel erreicht oder nicht, zwei Fehlertypen unterschieden:

- Fehler 1. Art – Untersuchungsstelle wird zu gut eingeschätzt: Die nach der detaillierten MZB-Methode durchgeführte Bewertung ergibt „Handlungsbedarf“, bzw. „guter ökologischer Zustand“ während die Analyse nach der Screening-Methode zu dem Ergebnis „kein Handlungsbedarf“, bzw. „sehr guter ökologischer Zustand“ führt.
- Fehler 2. Art - Untersuchungsstelle wird zu schlecht eingeschätzt.: Die nach der detaillierten MZB-Methode durchgeführte Bewertung ergibt „kein Handlungsbedarf“, bzw. „sehr guter ökologischer Zustand“ während die Analyse der Screening-Methode zu dem Ergebnis „Handlungsbedarf“ bzw. „guter ökologischer Zustand“ führt.

Die Fehlerabschätzung wird graphisch in Form von Histogrammen dargestellt.

#### **6.2.3.2 Reliabilitätstest**

Die Reliabilität (Zuverlässigkeit) ist ein Maß für die Güte der Methode, die zur Messung einer bestimmten Variablen eingesetzt wird. Die Untersuchung der Übereinstimmung gibt Aufschluss über Stabilität und Zuverlässigkeit einer Methode.

##### Cohens Kappa-Koeffizient (Cohen 1960)

Die meistverwendete statistische Methode zur Auswertung zweier verbundener kategorialer Stichproben ist der Cohens Kappa-Koeffizient (Bortz & Lienert 2003, Grouven et al. 2007a, 2007b). Dabei kann es sich um die zweifache Bewertung eines Beurteilers handeln oder um die jeweils einfache Bewertung zweier verschiedener Beurteiler. Kappa quantifiziert in beiden Fällen den Grad der Übereinstimmung. Bei der Bewertung durch zwei Beurteiler (in unserem Fall detaillierte

MZB-Methode und Screening-Methode) misst Kappa ( $\kappa$ ) die so genannte Inter-rater-Reliabilität.

Die Ergebnisse der Bewertungen werden zunächst in einer Kreuztabelle dargestellt.

Tabelle 21: Beispiel einer Kreuztabelle

|               | Beurteilung II |      |      |       |
|---------------|----------------|------|------|-------|
| Beurteilung I | A              | b    | C    | Summe |
| a             | n11            | n12  | n13  | n1.   |
| b             | n21            | n22  | n23  | n2.   |
| c             | n31            | n32  | n33  | n3.   |
| Summe         | n. 1           | n. 2 | n. 3 | N     |

Kappa lässt sich für jede symmetrische  $n \times n$ -Felder-Tafel mit  $n \geq 2$  mit

$$\kappa = \frac{\rho_0 - \rho_\varepsilon}{1 - \rho_\varepsilon}$$

berechnen, wobei  $\rho_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K n_{ii}$  die Summe der Diagonalelemente (links oben nach rechts unten) geteilt durch die Gesamtzahl aller Beobachtungen (bzw. der Anteil der beobachteten Übereinstimmungen) ist und  $\rho_\varepsilon = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^K n_{.i} n_{i.}$  die Summe der erwarteten Häufigkeiten der Diagonalelemente (links oben nach rechts unten) geteilt durch die Gesamtzahl aller Beobachtungen (bzw. der Anteil der erwarteten Übereinstimmungen). Die erwarteten Häufigkeiten werden aus dem Produkt aus Zeilensumme und Spaltensumme geteilt durch die Gesamtzahl berechnet.

Der Grad der Übereinstimmung lässt sich wie folgt bewerten:

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| $\kappa \leq 0,1$       | keine Übereinstimmung               |
| $0,1 < \kappa \leq 0,4$ | schwache Übereinstimmung            |
| $0,4 < \kappa \leq 0,6$ | deutliche Übereinstimmung           |
| $0,6 < \kappa \leq 0,8$ | starke Übereinstimmung              |
| $0,8 < \kappa \leq 1$   | (fast) vollständige Übereinstimmung |

$\kappa=0$  bedeutet, dass die beobachtete und (zufallsbedingte) erwartete Übereinstimmung gleich sind, bei  $\kappa=1$  liegt eine vollständige Übereinstimmung vor. Theoretisch kann  $\kappa$  auch negative Werte annehmen, die jedoch nicht sinnvoll interpretierbar sind.



## **7 ANPASSUNG VON MODUL 1 AN DIE VORGABEN DER EU-WRRL**

---

### **7.1 Einleitung**

Wie eingangs erwähnt, bedingen der integrative Charakter der geforderten Methodik und die Anwendung des Referenzbedingungsprinzips eine völlige Neubearbeitung von Modul 1. Der Phase der Neubearbeitung ging im Entwicklungsprozess ein Versuch, das traditionelle Modul 1 an die Vorgaben der WRRL anzupassen, voraus. Als vorrangige Handlung erschien dabei, das achsstufige Bewertungssystem der traditionellen Gewässergüteklassen in ein fünfstufiges Schema der ökologischen Zustandsklassen umzulegen. Die Auswertung der Ergebnisse war in keiner Hinsicht zufrieden stellend und hätte eine umständliche und zeitintensive Überarbeitung der freilandtauglichen Makrozoobenthos-Liste nach sich gezogen. In Zusammenschau mit einem weiteren Diskussionsschritt, nämlich der Ausgliederung von Qualitätselementen, wurde es daher als notwendig erachtet, für die Anpassung an die Anforderungen der WRRL, die Vorgangsweise nach Modul I vollständig neu zu erarbeiten.

Zukünftig ist bei biologischen Gewässeruntersuchungen im Rahmen des nationalen Gütemonitorings nicht nur die saprobiologische Gewässergüte von Fließgewässern zu erheben, sondern es muss grundsätzlich der ökologische Gesamtzustand erfasst werden. Für die Gewässerbewertung beinhaltet dieser Ansatz wesentliche Neuerungen im Vergleich zum herkömmlichen verwendeten Saprobien-system:

- Das Saprobien-system, das auf vier Güteklassen aufgebaut ist, wird auf ein Bewertungssystem mit fünf Zustandsklassen umgestellt.
- Die Auswirkungen menschlicher Nutzungsformen auf eine Gewässerstrecke müssen im Vergleich zu einem gewässertypspezifischen Referenzzustand bewertet und einer von fünf ökologischen Zustandsklassen zugeordnet werden (Referenzbedingungsprinzip).
- Um das Referenzbedingungsprinzip anwenden zu können müssen, aus der Sicht der biologischen Qualitätselemente, Österreichs Gewässer zu Typen zusammengefasst werden.

- Die neue Gewässerbewertung muss neben der Gewässerbelastung mit organisch leicht abbaubaren Inhaltsstoffen auch andere anthropogene Einflussfaktoren widerspiegeln.
- Die WRRL sieht eine Gewässerbewertung mittels biologischer Qualitätselemente vor. Unbelebte Systemkomponenten können nicht mehr berücksichtigt werden.
- Die Vorgaben der WRRL erfordern eine standardisierte Besammlungs-Methode.

Eine Adaption von Modul 1 an diese Vorgaben ist mit wesentlichen Umstellungen des bisherigen Bewertungssystems verbunden. Für die Erreichung oben genannter Ziele wurde folgende Vorgangsweise als sinnvoll erachtet:

- Das adaptierte Modul 1 richtet sich nach dem an die WRRL bereits adaptierten Saprobien-System nach Stubauer & Moog (2000, 2002) und Stubauer (2002). Die Bewertung erfolgt in ökologischen Zustandsklassen wobei lediglich „sehr guter ökologischer Zustand“, „guter ökologischer Zustand“ und „Handlungsbedarf (schlechter als ökologische Zustandsklasse 2)“ unterschieden wird.
- Neben der traditionellen orientierenden Bewertung der organischen Belastung soll das adaptierte Modul 1 auch die Reaktion der Fauna auf andere Stressoren (hydromorphologische Degradation und allgemeine Degradation) aufzeigen.
- Mit Hilfe von Screening Metrics sollen die von der EU Wasserrahmenrichtlinie vorgegebenen Bewertungskriterien „Artenvielfalt“, „Artenzusammensetzung“, „Abundanz“ und „Verhältnis sensibler und toleranter Bioindikatoren“ in Beziehung gesetzt werden.
- Die Auswertung soll mittels nachvollziehbarer Auswertungsschritte, nämlich Indices und Scores vorgenommen werden.
- Die Bewertung nach dem adaptierten Modul 1 erfolgt gewässertypbezogen - entsprechend den aquatischen Bioregionen Österreichs (siehe Kapitel 4).
- Die sensorischen Kriterien des Modul 1-Formblattes „saprobielle Kurzcharakteristik“ (siehe Kapitel 3.2.3) können zukünftig nicht mehr für die Bewertung herangezogen werden.

## 7.2 Anpassungsprozess

### 7.2.1 Umwandlung des Ergebnisses der „Saprobiellen Kurzcharakteristik“

Für die Anpassung von Modul 1 besteht die Notwendigkeit, die Auswertungstabelle „Auswertung – Modul 1“ und der Anhang 2: „Saprobielle Kurzcharakteristik“ der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999) im Hinblick auf die fünf saprobiellen Referenzzustände umzuarbeiten. Moog et al. 2003 (unveröffentlichter Bericht) entwickelten eine Umrechnungstabelle (Tabelle 22) mit Hilfe derer die Umwandlung des Ergebnisses der „Saprobiellen Kurzcharakteristik“ von einem achtsstufigen in ein fünfstufiges Bewertungssystem gelingen sollte.

Tabelle 22: Vorschlag einer Umrechnungstabelle zur Umwandlung des Ergebnisses der „Saprobiellen Kurzcharakteristik“ von einem achtsstufigen in ein fünfstufiges Bewertungssystem (Moog et al. 2003, unveröffentlichter Bericht)

| Saprobieller Grundzustand  | ≤ 1,25                                                               | ≤ 1,50                      | ≤ 1,75                 | ≤ 2,00                      |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| ökologische Zustandsklasse | Klassensieger der Tabelle „Modul 1 - saprobielle Kurzcharakteristik“ |                             |                        |                             |
| 1 - sehr gut               | I                                                                    | I-II/I <sup>1</sup>         | I-II/II                | II/I-II                     |
| 2 - gut                    | I-II bzw. II/I-II                                                    | I-II/II, bzw. II/I-II       | II/I-II bzw. II/II-III | II/II-III bzw. II-III/II    |
| 3 - befriedigend           | II/II-III bzw. II-III/II                                             | II/II-III bzw. II-III/II    | II-III/III             | II-III/III, bzw. III/II-III |
| 4 - unbefriedigend         | II-III/III bzw. III/II-III                                           | II-III/III, bzw. III/II-III | III                    | III/III-IV bzw. III-IV/III  |
| 5 - schlecht               | III                                                                  | >III/III-IV                 | III-IV                 | III-IV/IV                   |

Der Versuch einer Umrechnungstabelle erbrachte jedoch kein zufriedenstellendes Ergebnis. Der Praxistest ergab, dass die bei traditioneller Vorgangsweise zur Güteabschätzung verwendeten „Klassensieger“ nicht für die Umwandlung des Ergebnisses von einem acht- zu einem fünfstufigen System ausreichen. Für die Zuordnung des „orientierenden saprobiellen Überblicks“ zu einer Güteklasse in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand müssten auch die „Klassenzweiten“ herangezogen werden. Das Beispiel eines Gewässers mit Güteklasse II (sensu lato) bei

<sup>1</sup> 1. Ziffer: Klassensieger nach Tabelle „Auswertung - Modul 1“  
2. Ziffer: Klassenzweiter bzw. Pattstellung mit 1. Ziffer

einem saprobiellen Grundzustand von 1,5 veranschaulicht die notwendige Vorgangsweise: Bei einem Klassensieger von II wäre die untersuchte Gewässerstrecke entweder in Güteklasse II oder in II-III einzustufen. Güteklasse II hingegen wäre gegeben, wenn die Stufe I-II der Klassenweite wäre. In Güteklasse II-III wäre bei einem Klassenweiten von II-III einzuordnen.

Vergleiche der Modul 1 Ergebnisse mit der aus dem Gesamtdatensatz nach Modul 2 oder 3 berechneten Güteklassen ergaben, dass die Positionen der Klassenweiten nach Modul 1 nicht zwingend eine Tendenz ausdrücken. Dieser Umstand ist verständlich, da die originale Vorgangsweise nach Modul 1 nur im Hinblick auf die Ermittlung eines Klassensiegers entwickelt wurde. Das bedeutet, dass die Tabelle „Saprobielle Kurzcharakteristik“ für die geforderte Umlegung nicht ausreicht. Diesem Umstand Rechnung tragend wurde versucht, durch die Einstufung weiterer Organismen die Position des Klassenweiten zu stärken. Dieses Vorhaben gelang auch, führte aber zu einem Ungleichgewicht zwischen den sensorischen Kriterien, den Algen und dem Makrozoobenthos. Um das Ergebnis der Spalte „Klassenweiter“ mit der „wahren“ Güteklasse (abgeleitet aus SI nach Modul 2 oder 3) zu harmonisieren, mussten so viele Makrozoobenthos-Arten in die Bewertungstabelle aufgenommen werden, dass die Spaltensummen aus Klassensieger und Klassenweiten um ein mehrfaches höher waren als jene der sensorischen Kriterien und Algen zusammen. Dies hätte bedeutet, dass die sensorischen Kriterien und Algen das Ergebnis nach Modul 1 nicht beeinflussen können. Auch die Auswertung der überarbeiteten Makrozoobenthos-Liste hätte sich als sehr umständlich und zeitaufwändig dargestellt.

### **7.2.2 Ausgliederung von Qualitätselementen**

Für die orientierende biologische Gewässerbewertung nach Modul 1 stehen ein unbelebtes und drei biologische Qualitätselemente zur Verfügung: der sensorische Milieuzustand, der bakterielle, der phytobenthische und der makrozoobenthische Befund (vgl. Kapitel 3.2.3).

Die WRRL fordert eine klare Trennung von Millieuzustand und biologischen Komponenten (vgl. Kapitel 2.4). Da die *sensorischen Bewertungskriterien* nur die unbelebte Systemkomponente beschreiben, können diese zukünftig nicht mehr berücksichtigt werden.

Davon betroffen sind die im Formblatt des Modul 1 „saprobielle Kurzcharakteristik“ enthaltenen Kriterien:

- nicht mineralische Trübe
- Verfärbung
- Schaumbildung
- Schwimm- und Schwebstoffe
- Geruch (Wasser)
- erkennbare Grobverunreinigungen

Bei den biologischen Qualitätselementen besteht ein deutliches Ungleichgewicht zugunsten des Qualitätselements Makrozoobenthos (Abbildung 9). Während für die Gewässerbewertung nach Modul 1 für den bakteriellen Befund 13 Kriterien und für den phytobenthischen Befund 15 Kriterien im Freiland angesprochen werden können (siehe Kapitel 3.2.3), stehen für die Auswertung des Makrozoobenthos 227 im Freiland bestimmbare Taxa zur Verfügung (vgl. Formblatt „Benthoserhebung“ im Anhang der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999).

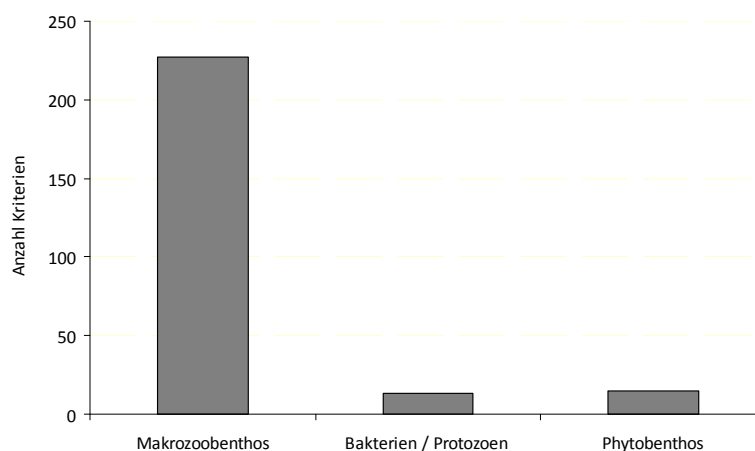


Abbildung 9: Anzahl der Kriterien in den biologischen Qualitätselementen für eine Befundung nach Modul 1 der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999)

Das Ergebnis des *Phytobenthos-Befundes* wurde ebenfalls mittels der fünfstufigen Umrechnungstabelle der „saprobiellen Kurzcharakteristik“ anhand eines Teildatensatzes ausgewertet. Auch diese Analyse brachte kein zufriedenstellendes Ergebnis. Bei 26% von insgesamt 137 ausgewerteten Untersuchungsstellen wurde kein Aufwuchsbefund in das Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“ eingetragen. Die Auswertung der Algenbefunde liefert in 54% der verbleibenden 101 Da-

ten keinen eindeutigen Klassensieger bzw. Klassenzweiten. Somit kann in nur 46% der herangezogenen Untersuchungsstellen eine eindeutige orientierende Abschätzung des ökologischen Zustandes mittels Algenbefundes vorgenommen werden.

Modul 1 stellt für den phytobenthischen Befund insgesamt 15 im Freiland erhebbare Kriterien zur Verfügung. Eine Analyse zeigt, dass in der Mehrheit der Fälle jedoch nur ein einziges Kriterium der Algenliste erhoben wird (Abbildung 10).

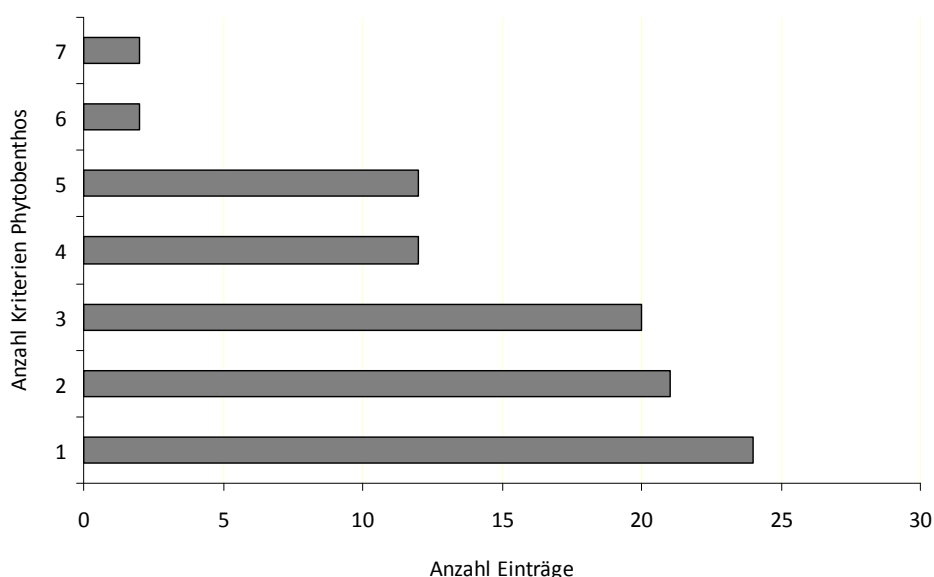


Abbildung 10: Anzahl Kriterien für den Phytobentos-Befund und Anzahl ihrer Einträge in das Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“ für den Modul 1 Befund der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999)

Diese vergleichsweise geringe Einflussnahme des Phytobenthos-Befundes auf das Ergebnis einer Modul 1 Bewertung und ein voraussichtlich langwieriger Anpassungsprozess an die Vorgaben der WRRL erschien als nicht zielführend. Daher wurde das Kriterium des Algen-Befundes aus der zukünftigen orientierenden Bewertung des ökologischen Zustandes ausgegliedert.

Ähnliche Beweggründe haben auch die Ausgliederung des *Bakterien- und Protozoen-Befundes* bewirkt. Die Aufnahme von frei sichtbaren Bakterien-, Pilz- oder Protozoen-Kolonien erfolgt zwar weiterhin, dient aber lediglich als Information für den Anwender. Eingang in die Bewertung findet nur noch das Kriterium „Reduzierte Bedingungen“ in Form eines K.O.-Kriteriums. Erläuterungen hierzu finden sich in Kapitel 9.6.

## 8 ERGEBNISSE UND ENTWICKLUNG DER SCREENING-METHODE

---

### 8.1 Einleitung

Die modifizierte Vorgangsweise zur orientierenden Abschätzung der ökologischen Zustandsklasse nach Modul 1 hat auch künftig den Charakter einer Vorwarnmethode und wird fortan als „Screening-Methode“ bezeichnet. Der Begriff „Screening“ stammt aus dem englischen Sprachgebrauch und bedeutet „Prüfung“, „Siebung“. Im Aufgabenfeld der biologischen Gewässerüberwachung hat sich dieser Ausdruck als Synonym für rasche, orientierende Bewertungsmethoden des (ökologischen) Zustandes eines Gewässers eingebürgert. Screening-Methoden, oder stellenweise auch als „Minimalprogramme“ bezeichnet, werden in vielen Bereichen der Gewässerbewertung eingesetzt. In Österreich gibt es derzeit neben der biologischen Bewertung ein Screening-Verfahren für die hydromorphologische Bewertung an kleinen Gewässern (Mühlmann 2005).

Die Screening-Methode stellt als Nachfolger des „Modul 1“ der Richtlinie Saprobio-  
logie 1999 in einem modular aufgebauten Bewertungssystem weiterhin ein Basismodul dar. Ihre Aufgabe ist es einen *orientierenden* ökologischen Überblick über einen Gewässerabschnitt zu liefern. Als Standardverfahren für die Ermittlung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern wurde im Sinne der WRRL ein multimetrisches Bewertungsverfahren für Österreich entwickelt (Ofenböck et al. 2005, 2010). Diese sogenannte „detaillierte MZB-Methode“ stellt das „höchste“ Modul dar und verwendet verschiedene biologische Kenngrößen, die zu multimetrischen Indices (siehe 3.1.4) verrechnet werden und dadurch verschiedene Aspekte und Ebenen der Fauna berücksichtigen (z.B. Barbour et al. 1999, Karr & Chu 1999, Ofenböck et al. 2004, Hering et al. 2006).

Die Screening-Methode steht der detaillierten MZB-Methode grundsätzlich zur Seite (vgl. Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente – Teil A2 Makrozoobenthos des BMLFUW (Ofenböck et al. 2010)). Je nach Beauftragung kann die Screening-Methode aber auch als eigenständiges Instrument für folgende Anwendungsbereiche eingesetzt werden:

- Voruntersuchungen
- Erzielen eines orientierenden ökologischen Überblicks von bisher nicht dokumentierten Gewässerabschnitten
- Frühwarnung
- räumliche und/ oder zeitliche Verdichtung von Messserien, die mit der detaillierten MZB-Methode durchgeführt wurden

Allgemein betrachtet soll eine Screening-Methode - also ein Schnellverfahren - definierte Aufgaben und Anforderungen erfüllen. Gemäß der „Ramsar Convention on Wetlands“ (Ramsar 1971) wird „Rapid Assessment“ folgendermaßen definiert „....a synoptic assessment, which is often undertaken as a matter of urgency, in the shortest timeframe possible to produce reliable and applicable results for its defined purpose“. Diese Definition bezieht sich auf das „Rapid Assessment“ von Binnen-, Küsten- und marinen Feuchtgebieten, kann aber wohl als allgemeingültige Begriffsbestimmung eines „Screening-Verfahrens“ betrachtet werden.

Für die Entwicklung eines wasserrechtskonformen Screening-Verfahrens wurde im Vorfeld ein fundiertes Set an allgemein formulierten Aufgaben und Anforderungen aufgestellt.

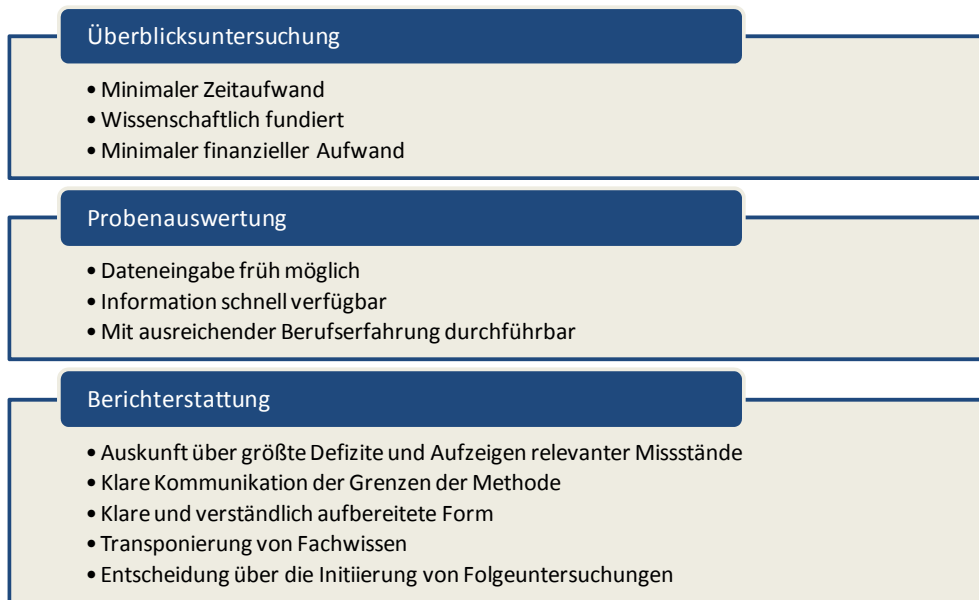


Abbildung 11: Überblick über allgemein formulierte Aufgaben und Anforderungen eines wasserrechtskonformen Screening-Verfahrens

Die primäre Anforderung an eine Screening-Methode als Überblicksuntersuchung stellt die sowohl zeitliche wie auch finanzielle Minimierung des Arbeitsaufwandes bei gleichzeitiger wissenschaftlicher Stichhaltigkeit dar. Die Probennahme der Screening-Methode folgt dem Prinzip des Multi Habitat Samplings (Details hierzu finden sich in Kapitel 8.7) und unterscheidet sich daher nicht erheblich von der Probennahme der detaillierten MZB-Methode. Die wesentliche Zeitersparnis liegt in der Probenbearbeitung und taxonomischen Bestimmung der Organismen. Während die detaillierte MZB-Methode eine normgerechte Sortierung, Zählen der Organismen und Bestimmung auf Artniveau (bzw. entsprechend operationeller Taxaliste) vorsieht (Moog et al. 2004, Ofenböck et al. 2010), beschränkt sich die Laborarbeit der Screening-Methode auf eine Überprüfung und gegebenenfalls Ergänzung der im Freiland erhobenen Taxa, eine Schätzung ihrer Häufigkeiten und eine Bestimmung auf Basis einer Freiland Taxaliste (vgl. Kapitel 8.7 und 8.2).

Auch die Dateneingabe und -auswertung, die über die Software ECOPROF (Moog et al. 2010) erfolgt, ist auf ein Minimum beschränkt und liefert ein unmittelbares Ergebnis. Der insgesamt Zeitaufwand der gesamten Befundung eines Gewässerabschnittes inklusive Ausgabe des Ergebnisses in Form einer Abschätzung des ökologischen Zustandes kann auf ein bis zwei Tage geschätzt werden. Die wissenschaftliche Stichhaltigkeit der Screening-Methode ist, wie in den folgenden Kapiteln demonstriert wird, trotz dieses Schnellverfahrens gewährleistet. Als unbedingte Voraussetzung gilt, dass sowohl Probennahme, wie auch taxonomische Bestimmung und Interpretation der Ergebnisse nur durch qualifiziertes Fachpersonal erfolgt.

Bei der Berichterstattung der Screening-Methode sollen die größten Defizite einer befundeten Fließgewässerstrecke aufgezeigt werden. Diese Anforderung wird durch den Fokus der Screening-Methode auf vier Metrics, die in der Lage sind die wesentlichen Defizite eines Gewässers, nämlich eine allgemeine, hydromorphologische und saprobielle Belastung nachzuweisen (vgl. Kapitel 8.3 und 9.2 bis 9.5), erfüllt. Weist die Screening-Methode an einer Fließstrecke „Handlungsbedarf“ aus, ist in jedem Fall eine detaillierte MZB-Folgeuntersuchung zu initiieren und die Grenzen der Methode sind somit definiert. Durch die Ausgabe des Screening-Ergebnisses in dem Software-Programm ECOPROF ist in jedem Fall eine allgemeine verständliche Berichterstattung garantiert (vgl. Schmidt-Kloiber & Vogl 2010) und dient als Grundlage für öffentliche Entscheidungsträger.

## **8.2 Screening-Taxaliste**

Ausgangsbasis für die Entwicklungsarbeiten einer Screening-Methode ist eine makrozoobenthische Indikatorliste von (Screening-) Taxa, die grundsätzlich im Freiland (ohne weitere Hilfsmittel) bestimmt werden können.

Um über eine möglichst große Zahl von Indikatoren zu verfügen, welche sich über ein möglichst breites Gütespektrum verteilen, wurden zur existierenden Liste der Richtlinie „Saprobiologie“ weitere Taxa aufgenommen. Die Auswahl dieser Taxa erfolgte durch österreichische Fachspezialisten in Abstimmung mit vergleichbaren Listen aus der Schweiz und Deutschland.

Die Indikatorliste, in weiterer Folge als Screening-Taxaliste bezeichnet, beinhaltet 287 Taxa gemischter taxonomischer Einheiten. Die im Feld eindeutig bestimmbar Taxa bestehen aus 112 Arten, 65 Gattungen, 81 Familien, 25 (Unter)ordnungen und 4 Taxa aus taxonomisch höher zusammengefassten Gruppen. In Tabelle A 1 im Anhang II sind alle Screening-Taxa in systematischer Reihenfolge aufgelistet.

## **8.3 Screening Metrics**

Auf Basis der makrozoobenthischen Indikatorliste wurden vier Screening Metrics entwickelt, die der Abschätzung des ökologischen Zustandes dienen sollen. Aufgabe der Screening Metrics ist es die Reaktion der Fauna auf drei unterschiedliche Stressoren aufzuzeigen:

1. organische Belastung,
2. hydromorphologische Degradation und
3. allgemeine Degradation.

Die Aussagekraft der einzelnen Metrics zur Indikation dieser Stressoren wird durch Verteilung der Punkte in der jeweiligen Kategorie dargestellt (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: Aussagekraft der Screening Metrics zur Indikation unterschiedlicher Stressoren

| <b>Metric/<br/>Stressor</b> | <b>Organische<br/>Belastung</b> | <b>Hydromorphologische<br/>Degradation</b> | <b>Allgemeine<br/>Degradation</b> |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| # Screening-Taxa            | +                               | ++                                         | ++                                |
| # Sensitive Taxa            | ++                              | ++                                         | +++                               |
| Degradations-Score          | +                               | +++                                        | +                                 |
| Saprobie-Score              | +++                             | +                                          | ++                                |

Ausgewählten Taxa der Indikatorliste wurden ökologische Informationen im Hinblick auf die Sensitivität gegenüber Umweltvariablen zugeordnet. Die ökologischen Informationen der Screening Metrics entsprechen den in der WRRL genannten Kriterien „Artenvielfalt“, „Artenzusammensetzung“ und „Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa (Toleranz)“ (vgl. Tabelle 4) und werden den biologischen Metrics der Screening-Methode zugeteilt (Tabelle 24).

Tabelle 24: Einteilung der Screening Metrics zur Abschätzung des ökologischen Zustandes

| <b>Metric/<br/>Kriterium</b> | <b>Artenvielfalt</b> | <b>Artenzusammensetzung</b> | <b>Toleranz</b> |
|------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------|
| # Screening-Taxa             | +++                  |                             | +               |
| # Sensitive Taxa             | ++                   | ++                          | +++             |
| Degradations-Score           |                      |                             | ++              |
| Saprobie-Score               |                      |                             | +++             |

Die Anzahl der Screening-Taxa und der Sensitiven Taxa gibt Rückschlüsse auf die Artenvielfalt. Die Sensitiven Taxa kennzeichnen darüber hinaus die Artenzusammensetzung und der Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa. Dieses Verhältnis wird auch durch den Saprobie-Score und den Degradations-Score zum Ausdruck gebracht.

### 8.3.1 Anzahl der Screening-Taxa

Der Anzahl der Screening-Taxa kommt im Rahmen der Bewertung nach der Screening-Methode die Aufgabe zu, den Artenreichtum einer Untersuchungsstelle zu charakterisieren (vgl. Tabelle 23 und Tabelle 24). Auf diese Weise wird durch den Metric Screening-Taxa die in der WRRL zur Abschätzung des ökologischen Zustandes vorgegebene Bewertungskategorie Artenvielfalt abgedeckt (vgl. Tabelle 4).

Der Metric Anzahl der Screening-Taxa wird durch Aufsummieren der an einer Untersuchungsstelle nachgewiesenen Screening-Taxa ermittelt.

### **8.3.2 Anzahl der Sensitiven Taxa**

Dem biologischen Kriterium (Metric) Anzahl der Sensitiven Taxa kommt die Aufgabe zu, die Artenzusammensetzung, den Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa und den Grad der Vielfalt der wirbellosen Fauna einer Untersuchungsstelle zu beurteilen (vgl. Tabelle 23 und Tabelle 24). Aus der Liste der im Feld bestimmbaren Taxa (Screening-Taxa) (vgl. Tabelle A 1 , Anhang II) wurden durch österreichische Fachexperten der Fauna Aquatica Austriaca (Moog [Ed.] 1995, 2002) jene Organismen(gruppen) ausgewählt, die als nicht tolerant gegenüber Umweltfaktoren im weiteren Sinne gelten. Neben der geringen Toleranz gegenüber Umweltschwankungen ist für die Auswahl der Sensitiven Taxa auch die sichere Bestimmung im Freiland eine unerlässliche Voraussetzung. Von den insgesamt 287 im Freiland zu bestimmenden Taxa werden 109 Taxa als sensitiv eingestuft. Taxonomisch betrachtet zählen Taxa unterschiedlicher systematischer Stellung zur Gruppe der „Sensitiven“. 67 Sensitive Taxa gehören den EPT Ordnungen an: 28 Trichoptera, 23 Ephemeroptera und 16 Plecoptera. In den anderen Ordnungen finden sich weniger Sensitive Organismen: 9 Coleoptera, 9 Diptera, 6 Crustacea, 5 Odonata und Gastropoda, 3 Bivalvia, 2 Neuroptera, und Arachnida und jeweils 1 Vertreter der Hirudinea und Heteroptera. Die Liste der Sensitiven Taxa (vgl. Tabelle 25) wurde bereits 2004 in der Fauna Aquatica Austriaca - Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Teil V – Ergänzungen 2003 (Moog (Ed.) 2004) veröffentlicht.

Der Metric Anzahl der Sensitiven Taxa wird durch Aufsummieren der an einer Untersuchungsstelle nachgewiesenen Sensitiven Taxa ermittelt.

Tabelle 25: Liste der Sensitiven Taxa  
(Moog et al. 2004)

| Sensitives Taxon                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Theodoxus</i> sp.                                                         |
| <i>Viviparus</i> sp.                                                         |
| Hydrobiidae Gen. sp. excl. <i>Potamopyrgus</i> sp. & <i>Lithoglyphus</i> sp. |
| <i>Bythinella</i> sp.                                                        |
| <i>Lithoglyphus naticoides</i>                                               |
| <i>Margaritifera margaritifera</i>                                           |
| <i>Unio crassus</i> ssp.                                                     |
| <i>Unio tumidus</i> ssp.                                                     |
| Branchiobdellidae Gen. sp.                                                   |
| Anostraca, Conchostraca, Notostraca Gen. sp.                                 |
| <i>Niphargus</i> sp. (excl. <i>N. hrabei</i> )                               |
| <i>Proasellus cavaticus</i>                                                  |
| <i>Astacus astacus</i>                                                       |
| <i>Astacus leptodactylus</i>                                                 |
| <i>Austropotamobius torrentium/pallipes</i>                                  |
| <i>Argyroneta aquatica</i>                                                   |
| Siphonuridae Gen. sp.                                                        |
| <i>Ametropus fragilis</i>                                                    |
| <i>Baetis muticus</i>                                                        |
| <i>Oligoneuriella rhenana</i>                                                |
| Heptageniidae Gen. sp.                                                       |
| <i>Epeorus</i> sp.                                                           |
| <i>Epeorus alpicola</i>                                                      |
| <i>Epeorus assimilis</i>                                                     |
| <i>Rhithrogena</i> sp.                                                       |
| <i>Ecdyonurus</i> sp.                                                        |
| <i>Electrogena/Heptagenia</i> sp.                                            |
| <i>Heptagenia coerulans</i>                                                  |
| Leptophlebiidae Gen. sp.                                                     |

| Sensitives Taxon                              |
|-----------------------------------------------|
| <i>Leptophlebia</i> sp.                       |
| <i>Habroleptoides/Paraleptophlebia</i> sp.    |
| <i>Habrophlebia</i> sp.                       |
| <i>Potamanthus luteus</i>                     |
| <i>Ephoron virgo</i>                          |
| <i>Ephemera</i> sp. excl. <i>E. danica</i>    |
| <i>Ephemera danica</i>                        |
| <i>Ephemerella</i> sp.                        |
| <i>Ephemerella major</i>                      |
| <i>Brachycercus harrisella</i>                |
| <i>Calopteryx</i> sp.                         |
| <i>Calopteryx splendens</i>                   |
| <i>Calopteryx virgo</i>                       |
| Gomphidae Gen. sp.                            |
| <i>Cordulegaster</i> sp.                      |
| Perlodidae Gen. sp.                           |
| <i>Dictyogenus/Perlodes</i> sp.               |
| <i>Isoperla</i> sp.                           |
| Perlidae Gen. sp.                             |
| <i>Perla</i> sp.                              |
| Chloroperlidae Gen. sp.                       |
| <i>Isoptena serricornis</i>                   |
| Taeniopterygidae Gen. sp.                     |
| <i>Brachyptera/Rhabdiopteryx</i> sp.          |
| <i>Taeniopteryx</i> sp.                       |
| <i>Taeniopteryx auberti/hubaulti</i>          |
| <i>Taeniopteryx kuehtreiberi/schoenemundi</i> |
| <i>Taeniopteryx nebulosa</i>                  |
| <i>Amphinemura</i> sp.                        |
| <i>Protonemura</i> sp.                        |
| <i>Leuctra geniculata</i>                     |
| <i>Aphelocheirus aestivalis</i>               |

| Sensitives Taxon                         |
|------------------------------------------|
| Neuroptera/ <i>Osmylus fulvicephalus</i> |
| Neuroptera/ <i>Sisyra</i> sp.            |
| <i>Oreodytes</i> sp.                     |
| Elmidae Gen. sp.                         |
| <i>Elmis</i> sp.                         |
| <i>Esolus/Oulimnius/Riolus</i> sp.       |
| <i>Limnius</i> sp.                       |
| <i>Macronychus quadrituberculatus</i>    |
| <i>Hydraena</i> sp.                      |
| <i>Spercheus emarginatus</i>             |
| <i>Eubria palustris</i>                  |
| <i>Rhyacophila albardana/torrentium</i>  |
| <i>Rhyacophila (Hyporhyacophila)</i> sp. |
| <i>Rhyacophila bonaparti/meyeri</i>      |
| <i>Rhyacophila intermedia</i>            |
| <i>Rhyacophila laevis</i>                |
| <i>Rhyacophila producta</i>              |
| Glossosomatidae Gen. sp.                 |
| <i>Ptilocolepus granulatus</i>           |
| <i>Synagapetus</i> sp.                   |
| Philopotamidae Gen. sp.                  |
| <i>Philopotamus</i> sp.                  |
| <i>Wormaldia</i> sp.                     |
| <i>Neureclipsis bimaculata</i>           |
| <i>Plectrocnemia</i> sp.                 |
| <i>Lype</i> sp.                          |
| <i>Brachycentrus montanus</i>            |
| <i>Micrasema longulum</i>                |
| <i>Micrasema minimum</i>                 |
| <i>Micrasema morosum</i>                 |
| <i>Apatania</i> sp.                      |
| <i>Drusus chrysotus</i>                  |
| <i>Drusus discolor</i>                   |

| Sensitives Taxon                     |
|--------------------------------------|
| Goeridae Gen. sp.                    |
| <i>Crunoecia</i> sp.                 |
| <i>Lasiocephala basalis</i>          |
| <i>Ceraclea nigronervosa</i>         |
| Beraeidae Gen. sp.                   |
| <i>Odontocerum albicorne</i>         |
| Blephariceridae Gen. sp.             |
| <i>Blepharicera fasciata</i>         |
| <i>Haplothrix lugubris</i>           |
| <i>Liponeura</i> sp.                 |
| Dixidae Gen. sp.                     |
| Empididae Gen. sp.                   |
| Psychodidae Gen. sp. „schwarzer Typ“ |
| <i>Bazarella/Berdeniella</i> sp.     |
| Thaumaleidae Gen. sp.                |

### 8.3.3 Degradations-Score

Der Degradations-Score wurde entwickelt, um einerseits Strukturdefizite an Gewässern aufzeigen zu können und andererseits den Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa zu beurteilen (vgl. Tabelle 23 und Tabelle 24).

Der Score gründet auf dem beobachteten Vorkommen und der Häufigkeit von Makrozoobenthos-Taxa in Untersuchungsstellen unterschiedlicher Beeinträchtigung. Für die Auswertung wurden alle Untersuchungsstellen mit plausibler Voreinschätzung des ökologischen Zustandes herangezogen. Ausgewertet wurden die Häufigkeit und Stetigkeit des Vorkommens unterschiedlicher Makrozoobenthos-Taxa in unterschiedlichen Beeinträchtigungsstufen. In weiterer Folge wurden Punkte mit Werten von +5 bis -5 vergeben. Hohe positive Punkte wurden für Taxa vergeben, welche bevorzugt in Referenzstellen und Stellen mit gutem Zustand vorkommen, negative Werte für Taxa, welche bevorzugt an stark beeinträchtigten Stellen vorkommen. Taxa, die keine deutliche Präferenz zeigen bzw. aufgrund ihrer geringen Frequenz keine eindeutige Aussage zulassen, wurden auf Null gesetzt.

Die Punktevergabe wurde anschließend auf ihre Plausibilität überprüft, auf ihre Eignung für die Indikation von Strukturdefiziten überarbeitet und korrigiert und für die wichtigsten Ökoregionen Österreichs leicht modifiziert, da Organismen in unterschiedlichen Regionen auch unterschiedliche Aussagekraft besitzen können. Als Ergebnis liegen nun drei Indices vor:

- Alpen-Index, gültig für die Bioregionen 1 bis 9
- Mittelgebirgs-Index, gültig für die Bioregion 12
- Vorländer-Index, gültig für die Bioregionen 10 bis 15 (ohne 12)

Der Degradations-Score wird durch einfaches Aufsummieren der Punktwerte aller an der Untersuchungsstelle vorkommenden Taxa errechnet. Die Einstufung der Screening-Taxa kann der Tabelle A 1 im Anhang II entnommen werden.

#### 8.3.4 Saprobie-Score

Der Saprobie-Score dient dazu, um auf Basis der Liste von im Freiland bestimmbar Taxa (Screening-Taxaliste) eine orientierende Bewertung der saprobiellen Belastung eines Gewässers durchführen zu können. Die Toleranz eines Organismus gegenüber organischer Belastung wird mittels des Saprobie-Scores, der mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961) (vgl. Kapitel 3.1.1) kompatibel ist, ausgedrückt. Niedrige Werte indizieren eine geringe Toleranz gegenüber organisch leicht abbaubaren Stoffen, hohe Werte sprechen für eine hohe saprobielle Toleranz. Folgende Regeln wurden für die Einstufungen der Saprobie-Scores angewandt:

- Die in der Liste der Screening-Taxa enthaltene „Arten“ werden analog der Fauna Aquatica Austriaca eingestuft.
- Die Einstufung von „Gattungen“ und höheren taxonomischen Einheiten richtet sich nach der saprobiellen Einstufung der im zugehörigen Taxon am häufigsten verbreiteten Arten. Existierende Gattungseinstufungen sind auf Plausibilität zu prüfen und zu berücksichtigen.
- Die Einstufung noch höherer taxonomischer Einheiten erfolgt nur im Ausnahmefall und richtet sich nach der saprobiellen Einstufung der im zugehörigen Taxon am häufigsten verbreiteten Arten.

Für 196 von insgesamt 287 im Freiland bestimmbar Taxa konnte ein Saprobie-Score vergeben werden. Die meisten Taxa sind als Indikatoren für die traditionellen Güteklassen I, I-II, II und II-III eingestuft, da mit zunehmender saprobieller Belastung die Anzahl toleranter Arten stark abnimmt. Darüber hinaus stehen nur wenige saprobionte Taxa zur Verfügung, da Oligochaeta und Chironomidae im Freiland nicht näher bestimmbar sind. Die Verteilung der mit dem Saprobie-Score eingestuften Taxa in den einzelnen traditionellen Gewässergüteklassen nach Zelinka & Marvan (1961) gibt Abbildung 12.



Abbildung 12: Verteilung der saprobiell eingestuften Screening-Taxa in den einzelnen Gewässergüteklassen nach Zelinka & Marvan (1961)

#### Berechnung des Saprobie-Scores

Der Saprobie-Score der einzelnen Taxa reicht von 0 (keine saprobielle Toleranz) bis 200 (hohe saprobielle Toleranz). Saprobie-Scores sind mit den Vorgangsweisen nach Saprobienindex (SI) und saprobiellem Grundzustand kompatibel.

Der Saprobie-Score einer Untersuchungsstelle wird ähnlich dem Saprobienindex nach Pantle & Buck (1955) berechnet.

$$\text{Saprobie - Score} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * \text{Saprobie - Score}_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Saprobie-Score<sub>i</sub>... individueller Saprobie-Score des i-ten Taxons der Screening-Taxaliste

A<sub>i</sub>... Abundanz des i-ten Taxons (5-stufige Schätzsкала nach ÖNORM M 6232 bzw. nach Tabelle 6.3.4.1 der „Richtlinie Saprobiologie“)

n... Anzahl der Screening-Taxa

Die Einstufung der Screening-Taxa nach dem Saprobie-Score sind Tabelle A 1 im Anhang II zu entnehmen.

#### **8.4 Grenzwerte der Screening Metrics für ÖKZ 1 und 2**

Für alle Screening Metrics wurden Grenzwerte definiert, die die Untergrenze für den sehr guten und guten ökologischen Zustand in Bezug auf den Fließgewässertyp anzeigen (siehe Kapitel 6.2.1). Die Grenzwerte stehen dem Anwender in Tabellenform zur Verfügung (Tabelle 26). Für die Kategorie „Große Flüsse“, „spezielle Gewässertypen/Typausprägungen“ und den Saprobie-Score wurden gesonderte Tabellen erstellt (Tabelle 27 bis Tabelle 29).

Die graphische Darstellung der Grenzwerte für alle Fließgewässertypen ist im Anhang I dargestellt.

Tabelle 26: Untergrenze der Screening Metrics, die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt, festgelegt für den jeweiligen Fließgewässertyp (Kombination aus Bioregion, sap. Grundzustand, optional Seehöhenklasse, Einzugsgebietsklasse); die Ziffern in Klammern sind vorläufige Grenzwerte, die bei entsprechend verbesserter Datenlage angepasst werden; „-“ signalisiert, dass der Metric für diesen Fließgewässertyp nicht in die Berechnung mit eingeht.

|           |                           |                        | Grenzwert sehr guter ökologischer Zustand |                      |                      | Grenzwert guter ökologischer Zustand |                      |                      |
|-----------|---------------------------|------------------------|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Bioregion | Saprobieller Grundzustand | Innere Differenzierung | Screening-Taxa                            | Sensitive Taxa       | Degradations-Score   | Screening-Taxa                       | Sensitive Taxa       | Degradations-Score   |
| VZA       | 1,25                      |                        | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |
| VZA       | 1,5                       |                        | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |
| UZA       | 1,25                      |                        | -                                         | 13                   | 100                  | -                                    | 9                    | 78                   |
| UZA       | 1,5                       | EZ-KI 1                | 35                                        | 15                   | 102                  | 29                                   | 11                   | 78                   |
| UZA       | 1,5                       | EZ-KI 2                | 37                                        | 16                   | 100                  | 27                                   | 8                    | 62                   |
| UZA       | 1,5                       | EZ-KI 3                | 35                                        | 14                   | 97                   | 25                                   | 7                    | 55                   |
| UZA       | 1,75                      |                        | 32                                        | 14                   | 86                   | 18                                   | 6                    | 42                   |
| BR        | 1,5                       |                        | 46                                        | 18                   | 114                  | 38                                   | 13                   | 72                   |
| BR        | 1,75                      |                        | 46                                        | 20                   | 100                  | 38                                   | 13                   | 75                   |
| FL        | 1,25                      | SH-KI 2+3+4            | -                                         | 14                   | 70                   | -                                    | 8                    | 40                   |
| FL        | 1,5                       | SH-KI 2+3              | -                                         | 14                   | 70                   | -                                    | 8                    | 40                   |
| FL        | 1,75                      | SH-KI 2+3              | -                                         | 14                   | 70                   | -                                    | 8                    | 40                   |
| FL        | 1,5                       | Vorarlberg             | 20                                        | 11                   | 55                   | -                                    | 7                    | 20                   |
| FL        | 1,75                      | Vorarlberg             | 20                                        | 11                   | 55                   | -                                    | 7                    | 20                   |
| KV        | 1,5                       |                        | -                                         | 15                   | 110                  | -                                    | 11                   | 75                   |
| KV        | 1,75                      |                        | 42                                        | 17                   | 94                   | 31                                   | 9                    | 59                   |
| KH        | 1,25                      |                        | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |

|           |                           |                        | Grenzwert sehr guter ökologischer Zustand |                      |                      | Grenzwert guter ökologischer Zustand |                      |                      |
|-----------|---------------------------|------------------------|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Bioregion | Saprobieller Grundzustand | Innere Differenzierung | Screening-Taxa                            | Sensitive Taxa       | Degradations-Score   | Screening-Taxa                       | Sensitive Taxa       | Degradations-Score   |
| KH        | 1,5                       | SH-KI 3                | -                                         | 14                   | -                    | -                                    | 9                    | -                    |
| KH        | 1,5                       | SH-KI 4                | -                                         | 11                   | 72                   | -                                    | 7                    | 50                   |
| SA        | 1,5                       |                        | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |
| SA        | 1,75                      |                        | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |
| HV        | 1,25                      |                        | -                                         | 12                   | 77                   | -                                    | 7                    | 50                   |
| HV        | 1,5                       |                        | -                                         | 17                   | 108                  | -                                    | 12                   | 70                   |
| HV        | 1,75                      |                        | -                                         | 17                   | 108                  | -                                    | 12                   | 70                   |
| AM        | 1,5                       |                        | 40                                        | 17                   | 95                   | 20                                   | 8                    | 45                   |
| AM        | 1,75                      |                        | 40                                        | 17                   | 95                   | 20                                   | 8                    | 45                   |
| VAV       | 1,5                       |                        | 41                                        | 17                   | 93                   | 34                                   | 10                   | 43                   |
| VAV       | 1,75                      |                        | 41                                        | 17                   | 93                   | 34                                   | 10                   | 43                   |
| VAV       | 2                         |                        | 41                                        | 17                   | 93                   | 34                                   | 10                   | 43                   |
| AV        | 1,75                      | EZ-KI 1                | -                                         | 23                   | 132                  | -                                    | 11                   | 60                   |
| AV        | 1,75                      | EZ-KI 2                | -                                         | 17                   | 98                   | -                                    | 9                    | 45                   |
| AV        | 1,75                      | EZ-KI 3                | 54                                        | 18                   | 96                   | 45                                   | 10                   | 50                   |
| GG        | 1,5                       |                        | -                                         | 17                   | 85                   | -                                    | 10                   | 45                   |
| GG        | 1,75                      |                        | -                                         | 19                   | 112                  | -                                    | 12                   | 72                   |
| FH        | 1,5                       | EZ-KI 0                | -                                         | 14                   | 75                   | -                                    | 8                    | 35                   |
| FH        | 1,5                       | EZ-KI 1+2              | 46                                        | 19                   | 124                  | 31                                   | 8                    | 40                   |
| FH        | 1,75                      | EZ-KI 1                | -                                         | 16                   | 91                   | -                                    | 8                    | 35                   |
| FH        | 1,75                      | EZ-KI 2                | 58                                        | 18                   | 110                  | 39                                   | 8                    | 50                   |
| FH        | 1,75                      | EZ-KI 3                | 50                                        | 17                   | 116                  | 40                                   | 8                    | 50                   |
| FH        | 2                         |                        | 43                                        | 15                   | 98                   | 32                                   | 7                    | 43                   |

|           |                           |                        | Grenzwert sehr guter ökologischer Zustand |                |                    | Grenzwert guter ökologischer Zustand |                |                    |
|-----------|---------------------------|------------------------|-------------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|
| Bioregion | Saprobieller Grundzustand | Innere Differenzierung | Screening-Taxa                            | Sensitive Taxa | Degradations-Score | Screening-Taxa                       | Sensitive Taxa | Degradations-Score |
| GF        | 1,5                       |                        | -                                         | 20             | 105                | -                                    | 13             | 65                 |
| GF        | 1,75                      |                        | -                                         | 20             | 105                | -                                    | 13             | 65                 |
| IB        | 1,5                       |                        | -                                         | 16             | 102                | -                                    | 10             | 75                 |
| IB        | 1,75                      |                        | -                                         | 16             | 102                | -                                    | 10             | 75                 |
| IB        | 1,5                       | Glan                   | 50                                        | 19             | 115                | 43                                   | 15             | 75                 |
| IB        | 1,75                      | Glan                   | 50                                        | 19             | 115                | 43                                   | 15             | 75                 |

Tabelle 27: Untergrenze der Screening Metrics, die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt; festgelegt für Große Flüsse; „-“ signalisiert, dass der Metric für diesen Fließgewässertyp nicht in die Berechnung mit eingeht.

| Große Flüsse    |         | Saprobieller Grundzustand | Grenzwert sehr guter ökologischer Zustand |                      |                      | Grenzwert guter ökologischer Zustand |                      |                      |
|-----------------|---------|---------------------------|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                 |         |                           | Screening-Taxa                            | Sensitive Taxa       | Degradations-Score   | Screening-Taxa                       | Sensitive Taxa       | Degradations-Score   |
| Donau           |         | 1,75                      |                                           | (10)                 | (85)                 |                                      | 7                    | 50                   |
| Donau           |         | 2                         | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |
| March und Thaya |         | 2                         | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |
| Alpine Flüsse   | Rhein   | 1,75                      | dzt. keine Bewertung                      | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung                 | dzt. keine Bewertung | dzt. keine Bewertung |
|                 | Mur     | 1,75                      | -                                         | 15                   | 101                  | -                                    | 8                    | 52                   |
|                 | Drau    | 1,75                      | -                                         | 15                   | 101                  | -                                    | 8                    | 52                   |
|                 | Gurk    | 1,75                      | -                                         | 15                   | 101                  | -                                    | 8                    | 52                   |
|                 | Salzach | 1,75                      | -                                         | 15                   | 101                  | -                                    | 8                    | 52                   |
|                 | Inn     | 1,75                      | -                                         | 15                   | 101                  | -                                    | 8                    | 52                   |
|                 | Enns    | 1,75                      | -                                         | 15                   | 101                  | -                                    | 8                    | 52                   |
|                 | Traun   | 1,75                      | -                                         | 13                   | 85                   | -                                    | 7                    | 35                   |

Tabelle 28: Untergrenze der Screening Metrics, die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt; festgelegt für spezielle Gewässertypen und Typausprägungen; „-“ signalisiert, dass der Metric für diesen Fließgewässertyp nicht in die Berechnung mit eingeht.

| Spezielle Gewässertypen/<br>Typausprägungen | Grenzwert sehr guter ökologischer Zustand |                |                    | Grenzwert guter ökologischer Zustand |                |                    |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|
|                                             | Screening-Taxa                            | Sensitive Taxa | Degradations-Score | Screening-Taxa                       | Sensitive Taxa | Degradations-Score |
| Intermittierende Flyschbäche                | -                                         | 8              | 41                 | -                                    | 5              | 29                 |
| Verebnungsstrecken                          | 30                                        | 12             | -                  | 20                                   | 5              | -                  |
| Mäanderstrecken                             | 30                                        | 12             | -                  | 20                                   | 5              | -                  |
| Furkationsstrecken                          | 30                                        | 12             | -                  | 20                                   | 5              | -                  |
| Sommerwarme Seeausrinne                     | -                                         | 9              | 50                 | -                                    | 5              | 25                 |

Tabelle 29: Untergrenze des Saprobie-Scores (in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand), die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt;

| Saprobieller Grundzustand | Grenzwert sehr guter ökologischer Zustand | Grenzwert guter ökologischer Zustand |
|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1,25                      | 62,5                                      | 92                                   |
| 1,5                       | 70,5                                      | 100                                  |
| 1,75                      | 83,5                                      | 115                                  |
| 2                         | 102,5                                     | 127,5                                |

## 8.5 Vorgangsweise zur orientierenden Bewertung des ökologischen Zustandes

Die verschiedenen Screening Metrics werden entsprechend ihrer Aussagekraft zur Indikation unterschiedlicher Stressoren zwei Modulen zugeordnet:

- **Screening - Allgemeine Belastung:**  
Anzahl Sensitive Taxa, Anzahl Screening-Taxa, Degradations-Score
- **Screening - Organische Belastung:**  
Saprobie-Score

Abbildung 13 zeigt in schematischer Form die Vorgangsweise zur orientierenden Bewertung des ökologischen Zustandes nach der Screening-Methode.

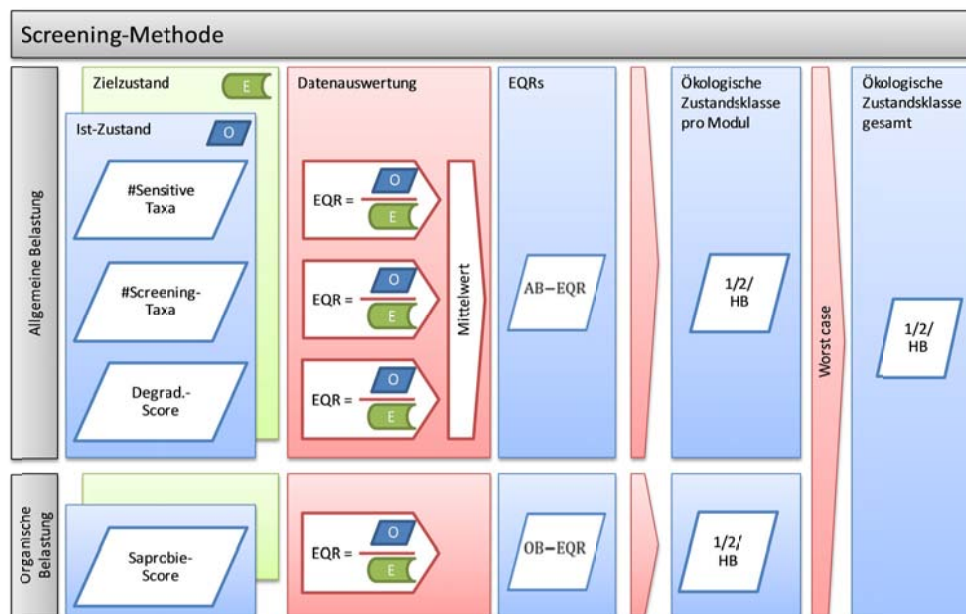


Abbildung 13: Bewertungsschema nach der Screening-Methode

In einem ersten Schritt werden die Bewertungskriterien erhoben (siehe Kapitel 8.3). In weiterer Folge müssen diese Kriterien jeweils in einen Einheitswert, die sogenannte „Ecological Quality Ratio“ (EQR) umgerechnet werden. Mit Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie wird mittels EQRs eine EU-weite Vergleichbarkeit unterschiedlicher nationaler Bewertungsverfahren gewährleistet. Diese ökologischen Qualitätsquotienten sind eine Darstellung des Verhältnisses zwischen den Werten der bei einem Fließgewässertyp beobachteten Parameter

(Observed value - „O“) und den Werten für diese Parameter in den für den betreffenden Fließgewässertyp geltenden Bezugsbedingungen (Expected value – „E“).

$$EQR = \frac{\text{Observed value}}{\text{Expected value}}$$


Abbildung 14: schematische Darstellung zur Ermittlung des ökologischen Qualitätsquotienten

Der „Expected value“ kann vom Anwender aus Tabellen mit den Untergrenzen für den sehr guten und guten ökologischen Zustand für das jeweilige Bewertungskriterium (Tabelle 26 bis Tabelle 29) entnommen werden.

Durch anschließende Mittelwertsbildung ergeben sich die Qualitätsquotienten für „Screening - Allgemeine Belastung“ (AB-EQR<sup>2</sup>) und „Screening - Organische Belastung“ (OB-EQR<sup>3</sup>). Die zusammenfassende Aussage ob ein Gewässerabschnitt das Qualitätsziel (sehr gute ökologische Zustandsklasse oder gute ökologische Zustandsklasse) erreicht hat oder ob Handlungsbedarf (schlechter als gute ökologische Zustandsklasse) gegeben ist, wird in einem „worst-case“-Szenario der beiden festgelegt.

Der ökologische Qualitätsquotient wird als numerischer Wert ausgedrückt und nach folgendem Schema einer Klassifikation zugeordnet.

Folgende Abkürzungen werden verwendet:

<sup>2</sup> AB-EQR<sub>I/II</sub>: Berechnung der EQRs mit den Grenzwerten für den sehr guten Zustand entsprechend Tabelle 26 bis Tabelle 28

AB-EQR<sub>II/III</sub>: Berechnung der EQRs mit den Grenzwerten für den guten Zustand entsprechend Tabelle 26 bis Tabelle 28

<sup>3</sup> OB-EQR<sub>I/II</sub>: Berechnung der EQRs mit den Grenzwerten für den sehr guten Zustand entsprechend Tabelle 29

OB-EQR<sub>II/III</sub>: Berechnung der EQRs mit den Grenzwerten für den guten Zustand entsprechend Tabelle 29

Für „Screening – Allgemeine Belastung“ gilt:

| AB-EQR Wert                                    | Beurteilung                     |
|------------------------------------------------|---------------------------------|
| $AB-EQR_{I/II} \geq 1$                         | sehr guter ökologischer Zustand |
| $AB-EQR_{I/II} < 1$ & $AB-EQR_{II/III} \geq 1$ | guter ökologischer Zustand      |
| $AB-EQR_{II/III} < 1$                          | Handlungsbedarf                 |

Abbildung 15: Schema der Klassifikation für Screening – Allgemeine Belastung

Ist der  $AB-EQR_{I/II}$ -Wert gleich bzw. größer als 1, ist der sehr gute Zustand gegeben (Qualitätsziel erreicht) und die Beurteilung abgeschlossen. Liegt der berechnete  $AB-EQR_{I/II}$ -Wert unter 1, wird der  $AB-EQR_{II/III}$ -Wert errechnet. Ist der Wert für die  $AB-EQR_{II/III}$  gleich bzw. über 1, ist der gute Zustand gegeben (Qualitätsziel erreicht) und die Beurteilung abgeschlossen. Liegt der Wert für  $AB-EQR_{II/III}$  unter 1, ist der gute Zustand nicht mehr erreicht und es ist Handlungsbedarf gegeben.

Für „Screening- Organische Belastung“ gilt:

| OB-EQR Wert                                    | Beurteilung                     |
|------------------------------------------------|---------------------------------|
| $OB-EQR_{I/II} \leq 1$                         | sehr guter ökologischer Zustand |
| $OB-EQR_{I/II} > 1$ & $OB-EQR_{II/III} \leq 1$ | guter ökologischer Zustand      |
| $OB-EQR_{II/III} > 1$                          | Handlungsbedarf                 |

Abbildung 16: Schema der Klassifikation für Screening – Organische Belastung

Die Beurteilung der organischen Belastung erfolgt in umgekehrter Vorgangsweise. Ein niedriger Saprobie-Score indiziert geringe organische Belastung ein hoher Wert hingegen steht für hohe organische Belastung. Das heißt, ist der  $OB-EQR_{I/II}$ -Wert gleich bzw. kleiner 1, ist der sehr gute Zustand gegeben (Qualitätsziel erreicht) und die Beurteilung abgeschlossen. Liegt der berechnete  $OB-EQR_{I/II}$ -Wert über 1, wird der  $OB-EQR_{II/III}$ -Wert errechnet. Ist der Wert für  $OB-EQR_{II/III}$  gleich bzw. unter 1, ist der gute Zustand gegeben (Qualitätsziel erreicht) und die Beurteilung abgeschlossen. Liegt der Wert für  $OB-EQR_{II/III}$  über 1, ist der gute Zustand nicht mehr erreicht und es ist Handlungsbedarf gegeben.

Liefert die Auswertung der Screening-Methode das Ergebnis „Handlungsbedarf“, ist eine Vollanalyse nach dem multimetrischen Bewertungssystem (Ofenböck et al. 2005, 2010) erforderlich.

## **8.6 Validierung der Screening-Methode**

Zur Validierung der Screening-Methode wurde ein unabhängiger Datensatz von insgesamt 347 mittels MHS erhobenen Untersuchungsstellen aus den Jahren 2006-2010 (vgl. Kapitel 5.1.5) herangezogen (siehe auch Hartmann 2011).

Plausibilität und Verlässlichkeit der Ergebnisse der Screening-Methode wurden mit Hilfe von zwei statistischen Verfahren überprüft (vgl. Kapitel 6.2.3). Neben einem Reliabilitätstest als Maß für die Güte der entwickelten Methode wurde auch eine graphische Darstellung der Fehlerwahrscheinlichkeit mittel Histogramm herangezogen.

### **8.6.1 Reliabilitätstest**

Über einen Kreuztabellentest (Tabelle 30) kann der Grad der Übereinstimmung der beiden Bewertungskategorien für jede Zustandsklasse gesondert ermittelt werden. Die auf der Hauptdiagonale fett hervorgehobenen Werte geben den Anteil der Übereinstimmung in den jeweiligen Zustandsklassen nach der detaillierten MZB-Methode wieder. Ober- und unterhalb der Hauptdiagonale stehende Werte zeigen den Anteil der abweichenden Werte. Für den Vergleich der beiden Methoden wurde das fünfstufige Bewertungssystem der detaillierten MZB-Methode in das dreistufige System der Screening-Methode umgelegt. Hierfür wurden die ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ) 3-5 in eine einzige Kategorie „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst.

Tabelle 30: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode \* Screening-Methode: Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,69; N= 347

|                         |    | ÖKZ - Detaillierte MZB-Methode |              |            |              |            |              |
|-------------------------|----|--------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|                         |    | 1                              |              | 2          |              | HB         |              |
|                         |    | Anzahl                         | %            | Anzahl     | %            | Anzahl     | %            |
| ÖKZ – Screening-Methode | 1  | <b>23</b>                      | <b>76,7%</b> | 9          | 5,8%         | 0          | 0%           |
|                         | 2  | 7                              | 23,3%        | <b>129</b> | <b>83,8%</b> | 30         | 18,4%        |
|                         | HB | 0                              | 0%           | 16         | 10,4%        | <b>133</b> | <b>81,6%</b> |
| Gesamt                  |    | 30                             | 100%         | 154        | 100%         | 163        | 100%         |
| Maß der Übereinstimmung |    | Kappa                          | 0,69         |            |              |            |              |

Von allen Stellen, die nach der detaillierten MZB-Methode als ÖKZ 1 („sehr gut“) bewertet werden, wird mit der Screening-Methode in 76,7% die ÖKZ 1 und in 23,3% die ÖKZ 2 („gut“) ermittelt. Für alle ÖKZ 2 Stellen nach der detaillierten MZB-Methode ergibt sich nach der Screening-Methode in 83,8% ebenfalls die ÖKZ 2, in 5,8% die ÖKZ 1, und in 10,4 % Handlungsbedarf. In der Kategorie Handlungsbedarf liegt die Übereinstimmung bei 81,6%. Die abweichenden 18,4% werden nach der Screening-Methode mit ÖKZ 2 bewertet. Mit einem Kappa Koeffizient von 0,69 kann von einer **starken Übereinstimmung** der beiden Bewertungsmethoden gesprochen werden (vgl. Kapitel 6.2.3.2).

Da sich die Gesamtbewertung sowohl für die detaillierte MZB-Methode wie auch die Screening-Methode aus einem worst-case Szenario zweier Bewertungsmodule (Modul Saprobie und Modul Allgemeine Belastung) ergibt, werden zusätzlich getrennte Analysen der beiden Module durchgeführt.

Tabelle 31: Kreuztabelle ÖKZ - MMI (Modul Allgemeine Belastung) \* ÖKZ Screening – Allgemeine Belastung: Vergleich der Ergebnisse nach dem Modul Allgemeine Belastung (Multimetrischer Index) der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und dem Modul Allgemeine Belastung der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,52; N= 347

|                                      |    | ÖKZ – MMI (Modul Allgemeine Belastung) |              |           |              |            |              |
|--------------------------------------|----|----------------------------------------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|
|                                      |    | 1                                      |              | 2         |              | HB         |              |
|                                      |    | Anzahl                                 | %            | Anzahl    | %            | Anzahl     | %            |
| ÖKZ – Screening-Allgemeine Belastung | 1  | <b>28</b>                              | <b>87,5%</b> | 39        | 25,3%        | 0          | 0%           |
|                                      | 2  | 4                                      | 12,5%        | <b>97</b> | <b>63,0%</b> | 39         | 24,2%        |
|                                      | HB | 0                                      | 0%           | 18        | 11,7%        | <b>122</b> | <b>75,8%</b> |
| Gesamt                               |    | 32                                     | 100%         | 154       | 100%         | 161        | 100%         |
| Maß der Übereinstimmung              |    | Kappa                                  | 0,52         |           |              |            |              |

Der Vergleich der Bewertung der allgemeinen Belastung durch die beiden Methoden zeigt die folgenden Ergebnisse. 87,5% werden sowohl vom Modul Allgemeine Belastung der detaillierten MZB-Methode wie auch der Screening-Methode als ÖKZ 1 bewertet. 12,5% werden nach der Screening-Methode der ÖKZ 2 zugeordnet. Für alle ÖKZ 2 Stellen nach der detaillierten MZB-Methode ergibt sich nach der Screening-Methode in 63% ebenfalls die ÖKZ 2, in 25,3% die ÖKZ 1, und in 11,7 % Handlungsbedarf. In der Kategorie Handlungsbedarf liegt die Übereinstimmung bei 75,8%. 24,2% werden nach der Screening-Methode abweichend mit ÖKZ 2 bewertet. Der Kappa Koeffizient von 0,52 ergibt eine **deutliche Übereinstimmung** der beiden Bewertungsmodule (vgl. Kapitel 6.2.3.2).

Tabelle 32: Kreuztabelle ÖKZ - Saprobienindex (Modul Saprobie) \* ÖKZ Screening – Organische Belastung: Vergleich der Ergebnisse nach dem Modul Saprobie der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) nach dem Saprobienindex (Zelinka & Marvan 1961) und dem Modul Organische Belastung der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen (saprobiellen) Zustandsklassen (ÖKZ). Die saprobiellen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,61; N= 347

|                                      |    | ÖKZ – Saprobienindex (Modul Saprobie) |              |            |              |           |              |
|--------------------------------------|----|---------------------------------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
|                                      |    | 1                                     |              | 2          |              | HB        |              |
|                                      |    | Anzahl                                | %            | Anzahl     | %            | Anzahl    | %            |
| ÖKZ – Screening-Organische Belastung | 1  | <b>62</b>                             | <b>76,5%</b> | 26         | 13,5%        | 0         | 0%           |
|                                      | 2  | 19                                    | 23,5%        | <b>160</b> | <b>83,3%</b> | 28        | 37,8%        |
|                                      | HB | 0                                     | 0%           | 6          | 3,1%         | <b>46</b> | <b>62,2%</b> |
| Gesamt                               |    | 81                                    | 100%         | 192        | 100%         | 74        | 100%         |
| Maß der Übereinstimmung              |    | Kappa                                 | 0,61         |            |              |           |              |

Die vergleichende Analyse der saprobiellen Zustandsklasse (Modul Saprobie) der detaillierten MZB-Methode und dem Modul Organische Belastung der Screening-Methode stellt sich wie folgt dar. In der Kategorie ÖKZ 1 liegt die Übereinstimmung der beiden Module bei 76,5%. 23,5% werden nach der Screening-Methode abweichend der ÖKZ 2 zugeordnet. Für alle ÖKZ 2 Stellen nach dem Saprobienindex ergibt sich nach der Screening-Methode in 83% ebenfalls die ÖKZ 2, in 13,5% die ÖKZ 1, und in 3,1% Handlungsbedarf. In der Kategorie Handlungsbedarf werden 62,2% gleichermaßen bewertet. Die abweichenden 37,8% werden nach der Screening-Methode mit ÖKZ 2 bewertet. Mit einem Kappa Koeffizient von 0,61 wird von einer **starken Übereinstimmung** der beiden Bewertungsmodule gesprochen. (vgl. Kapitel 6.2.3.2).

### 8.6.2 Fehlerabschätzung

Der Vergleich der Ergebnisse der Screening-Methode mit der detaillierten MZB-Methode mittels Histogramm ergibt eine Übereinstimmung von 82% der Einstufung in Zustandsklassen. 11% aller herangezogenen Untersuchungsstellen werden von der Screening-Methode um eine Zustandsklasse besser (Fehler 1. Art) und 7% schlechter (Fehler 2. Art) (siehe Kapitel 6.2.3.1) als die detaillierte MZB-Methode bewertet (vgl. Abbildung 17).

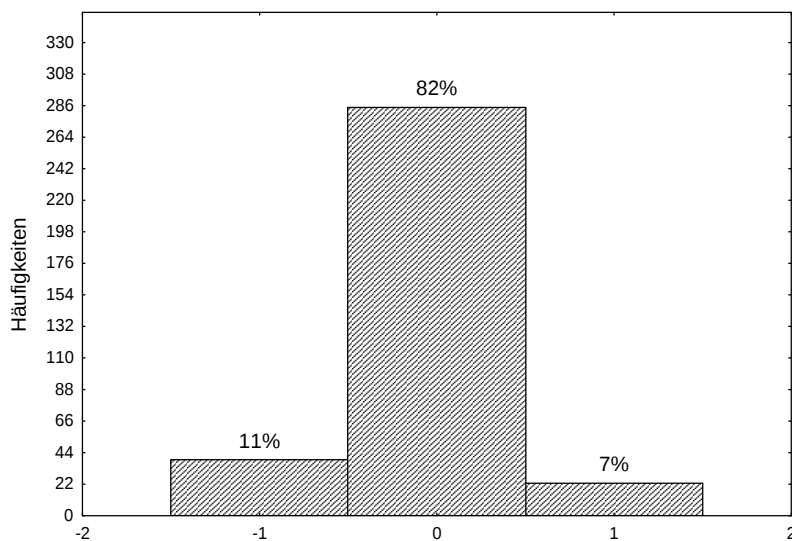


Abbildung 17: Vergleich der detaillierten MZB-Methode mit der Screening-Methode (Gesamtdatensatz); „-1“: Fehler 1. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu gut eingeschätzt), „0“: übereinstimmendes Ergebnis, „1“: Fehler 2. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu schlecht eingeschätzt), N=347

## 8.7 Grundsätze und Vorgangsweise der Probennahme

Für die Anwendung der Screening-Methode gilt generell, dass die Probenentnahme nach dem Multi Habitat Sampling (MHS) Schema (Moog 2004) unter Einhaltung der 5%-Regel zu erfolgen hat.

Die habitatanteilig gewichtete Entnahme von Makrozoobenthos - Proben umfasst eine repräsentative Besammlung aller minerogenen und organischen Teillebensräume. Auf diese Weise soll eine, der Habitatausstattung einer Untersuchungsstelle entsprechende Probe der Bodenfauna entnommen werden. Es werden, entsprechend der MHS - Vorgangsweise, 20 Teilproben genommen und zu einer Gesamtprobe zusammengefasst. Die detaillierte Vorgehensweise zur Probenentnahme ist dem Werk „Standardisierung der habitatanteilig gewichteten Makrozoobenthos - Aufsammlung in Fließgewässern (Multi Habitat Sampling; MHS)“, (Moog 2004) zu entnehmen.

Die Bestimmung der Organismen erfolgt grundsätzlich im Feld und richtet sich nach dem taxonomischen Niveau der Screening-Taxaliste (Tabelle A 1, Anhang II). Die Proben sind im Hinblick darauf zu bearbeiten, dass alle - im Sinne der Screening-Taxaliste bestimmbar - Makrozoobenthos-Organismen, die in der Probe

enthalten sind, erkannt, bestimmt und nach ihrer Häufigkeit einer von 5 Stufen zugeordnet werden.

Tabelle 33: Skala zur Schätzung der Abundanz von Makrozoobenthosorganismen (Moog et al. 1999)

| <b>Abundanzstufe</b> | <b>Verbale Beschreibung</b> |
|----------------------|-----------------------------|
| 1                    | vereinzelt                  |
| 2                    | spärlich                    |
| 3                    | mehrfach                    |
| 4                    | zahlreich                   |
| 5                    | massenhaft                  |

Eine Kontrolle und ergänzende Fertigstellung der Bestimmung hat unbedingt im Labor zu erfolgen um eine entsprechende Qualitätssicherung zu gewährleisten.

Die Dateneingabe und rechnerische Auswertung erfolgt über die Software Ecoprof – Version 3.2 des BMLFUW (Moog et al. 2010).

## 9 DISKUSSION

---

### 9.1 Methodische Aspekte

Wie eingangs erläutert, sollen die Bewertungssysteme, die vor dem Hintergrund der EU-WRRL entwickelt werden, alle Einflussfaktoren, die auf ein Gewässer einwirken, nachvollziehbar abbilden. Zudem soll das Bewertungsergebnis Hinweise auf mögliche Ursachen für einen nicht zufrieden stellenden Gewässerzustand ermöglichen. Dies wurde durch die Strukturierung des Bewertungsverfahrens in stressorspezifische Module erreicht. Eine gewässertypspezifische Bewertung, aufbauend auf den österreichischen Bioregionen und dem saprobiellen Grundzustand sowie die Definition der Klassengrenzen für den ökologischen Zustand wurde als Voraussetzung für die Erfüllung dieser Anforderungen gesehen.

Das Screening Verfahren folgt in seinen Grundzügen einem multimetrischen Bewertungssystem. Die Methode ist entsprechend seiner Aufgabe, nämlich die Bereitstellung eines „Schnellverfahrens“ zur *orientierenden* ökologischen Bewertung, in seiner Komplexität eingeschränkt. Während ein „echtes“ multimetrisches Verfahren eine Vielzahl von Metricswerten zu einem Index zusammenfasst, konzentriert sich die Screening-Methode auf wenige „Schlüsselgrößen“, die dennoch in der Lage sein sollen, verschiedene Stressoren widerzuspiegeln. Gleichwohl verfolgt das Bewertungsverfahren einen multimetrischen Ansatz, indem es für jeden Metric *vorab* eine Referenzsituation postuliert (durch die Ausweisung von gewässertypspezifischen Klassengrenzen), und schließlich die Einzelergebnisse in einen Indexwert zusammenführt, der den Gesamtzustand des Gewässers beschreibt.

Die „Schlüsselgrößen“, nämlich die Anzahl der Screening-Taxa, die Anzahl der Sensitiven Taxa und der Degradations-Score als Maß für die allgemeine Belastung und der Saprobie-Score als Maß für die organische Belastung sind per Definition „Metrics“. Der Begriff „Metric“ wird von (Barbour et al. 1995) als *„a characteristic of the biota that changes in some predictable way with increased human influence“* definiert. Böhmer et al. (1999) übersetzen den Metricsbegriff mit „biologische oder biozönotische Maßzahl“.

Die Validierung der Screening Metrics und des Verfahrens als Gesamtes soll in diesem Kapitel verfolgt werden. Dabei stehen folgende Fragen im Mittelpunkt:

- Sind die Screening Metrics für eine Beschreibung der Auswirkungen von Stressoren auf die Gewässerbiozönose geeignet?
- Sind die einzelnen Metrics in der Lage, die ihnen zugewiesene Belastung (allgemeine / hydrologische / saprobielle Belastung) aufzuzeigen?
- Können andere Bewertungskriterien in die Methode integriert werden?
- Liefert die Screening-Methode dem Anwender ein zuverlässiges Ergebnis? Wie hoch ist die Fehlerwahrscheinlichkeit?
- Was muss bei der Probennahme- und bearbeitung berücksichtigt werden?
- Wie bewährt sich die Screening-Methode in der Praxis?

## **9.2 Eignung der Anzahl der Screening-Taxa zur Beschreibung der Auswirkungen von Stressoren auf die Gewässerbiozönose**

Artenreichtum oder die Anzahl verschiedener Taxa charakterisiert die Diversität der aquatischen Fauna einer Untersuchungsstelle (Resh et al. 1995). Artenreichtum wird in vielen multimetrischen Ansätzen als Schlüssel-Kriterium verwendet (bspw. RBPs (Plafkin et al. 1989, Barbour et al. 1996b)) oder fish IBI (Karr et al. 1986). Der Arten- oder Taxareichtum wird üblicherweise auf Artbestimmungsniveau erhoben, kann aber auch auf Basis höherer taxonomischer Einheiten (bspw. Gattungen, Familien oder Ordnungen) bewertet werden (Barbour et al. 1999).

Um die Reaktion der Screening-Taxa auf die hydromorphologische Ausprägung eines Gewässers zu testen, wurde eine Korrelation mit dem Strukturindex (siehe Kapitel 9.4) durchgeführt. Die nachstehenden Graphiken zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Screening-Taxa und der Höhe des Strukturindex für Gewässer unterschiedlich beeinträchtigter Strukturvielfalt in der Bioregion 4 (Flysch- oder Sandstein-Voralpen) (Abbildung 18) und Bioregion 12 (Österreichisches Granit-und Gneisgebiet der Böhmisches Masse (Abbildung 19).

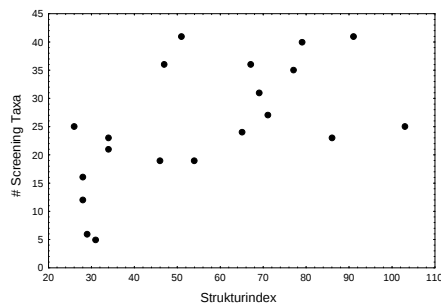


Abbildung 18: Anzahl der Screening-Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 4 (Flysch- oder Sandstein-Voralpen):  $N=20$ ,  $r=0,59$ ,  $p<0,05$

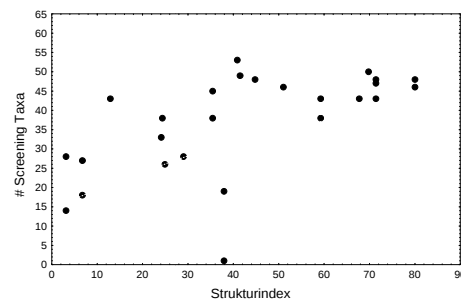


Abbildung 19: Anzahl der Screening-Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 12 (Österreichisches Granit-und Gneisgebiet der Böhmisches Masse):  $N=26$ ,  $r=0,60$ ,  $p<0,05$

Die erfolgreiche Anwendung des Metric Anzahl Screening-Taxa zeigt das Beispiel von Fließgewässern der Bioregion 13 (östliche Flach-und Hügelländer) (Abbildung 20). Mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse (Voreinstufung, siehe Kapitel 6) nimmt auch die Anzahl der Screening-Taxa ab. In Strecken mit gutem ökologischem Zustand werden 33 bis 42 Screening-Taxa gefunden (Median=37). Strecken mit schlechtem ökologischen Zustand werden von 10 bis 12 Screening-Taxa besiedelt (Median=11). Auch am Beispiel der Bioregion 3 (Berg-rückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen) (Abbildung 21) kann die gerichtete Abnahme der Screening-Taxa mit Verschlechterung der ökologischen Zustandsklasse demonstriert werden. Der Median sinkt hier von 49 Screening-Taxa in Referenzstrecken auf 33 Screening-Taxa mit mäßigem ökologischem Zustand ab.

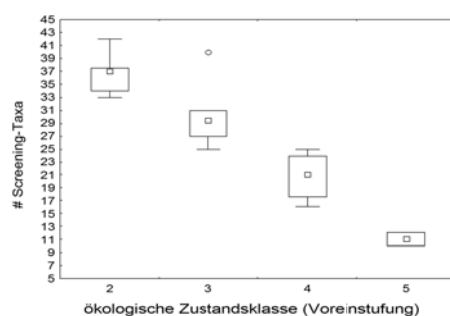


Abbildung 20: Abnahme der Anzahl der Screening-Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 13 (östliche Flach-und Hügelländer),  $N=29$

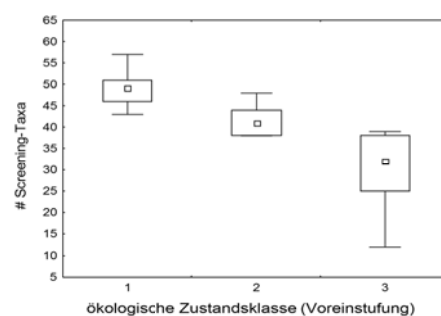


Abbildung 21: Abnahme der Anzahl der Screening-Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 3 (Berg-rückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen),  $N=37$

### **9.3 Eignung der Anzahl der Sensitiven Taxa zur Beschreibung der Auswirkungen von Stressoren auf die Gewässerbiozönose**

Der Hintergrund, mit dem der Metric Anzahl Sensitive Taxa entwickelt wurde ist die Tatsache, dass die Anzahl und Diversität Sensitiver Taxa eine gerichtete Abnahme gegenüber einer Vielzahl anthropogener Einflüsse widerspiegeln. Solche Einflüsse können beispielsweise ein Habitatverlust, Veränderungen im Abflussregime, Einleitung chemischer oder organischer Abwässer, das Einwandern invasiver Arten oder andere umweltbedingte Beeinträchtigungen auf eine Fließgewässerstrecke sein. Eine Abnahme der Artenvielfalt ist für viele aquatische Organismen im Allgemeinen einer der zuverlässigsten Indikatoren für eine Degradation des Lebensraumes (Thienemann 1918, Fittkau & Reiss 1983, Zwick 1992, Rosenberg & Resh 1992, Karr & Chu 1997, Barbour et al. 1999).

Chemische, physikalische oder auch biologische Stressoren haben große Auswirkung auf die biologischen Eigenschaften eines aquatischen Ökosystems (Gibson et al. 1996). Chemische Stressoren beispielsweise können zum Abwandern oder Aussterben sensibler Organismen und einer Veränderung der Zusammensetzung der aquatischen Zönose führen. Und letztendlich spiegelt sich die Anzahl und Intensität aller Stressoren, die auf ein Ökosystem einwirken, in einer Veränderung des Zustandes und Zusammenwirkens der biotischen Gemeinschaft wider (Barbour et al. 1999).

#### **9.3.1 Reaktion gegenüber chemischen Gradienten**

Die Reaktion der Anzahl Sensitiver Taxa gegenüber chemischen Gradienten wurde anhand von vier Parametern getestet. Innerhalb gleicher biogeographischer Einheiten (z.B. geologischer Untergrund) kann die Leitfähigkeit als Maß für eine generelle chemische Beeinträchtigung angesehen werden. Dies gilt unter der Annahme, dass die Leitfähigkeit ausgehend von einem gebietsspezifischen Ausgangswert mit zunehmender Milieuverschlechterung ebenfalls ansteigt. Die Konzentration des Gesamt-Phosphorgehalts kann bei anthropogen verursachtem Anstieg von Nährstoffen als Indikator der trophischen Situation eines Gewässers herangezogen werden. Der Nitratgehalt wurde als Anzeiger für die Eutrophierung und Schadstoffbelastung einer Gewässerstrecke ausgewählt. Als Maß für einen Sauerstoffschwund im Gewässer wurden schließlich noch BSB<sub>5</sub> (Biologischer Sauerstoffbedarf) in die Analyse miteinbezogen. Der BSB<sub>5</sub> gibt an, wie viel gelöster Sauerstoff in einer bestimmten Zeit (innerhalb von fünf Tagen bei einer Tempera-

tur von 20° C) für den biologischen Abbau der organischen Abwasserinhaltsstoffe benötigt wird.

Am Beispiel von Fließstrecken in der Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer) kann eine deutlich gerichtete Abnahme der Anzahl der Sensitiven Taxa mit zunehmender Leitfähigkeit (Abbildung 22) und steigendem Gesamt-Phosphorgehalt (Abbildung 23) beobachtet werden. Ebenso sinkt die Anzahl der Sensitiven bei einem Anstieg der BSB<sub>5</sub>- und Nitrit- Werte (Abbildung 24 und Abbildung 25).

Die Eignung für das Aufzeigen chemischer Einflüsse auf die Benthoszönose kann somit für den Metric Anzahl Sensitiver Taxa als hinreichend beurteilt werden.

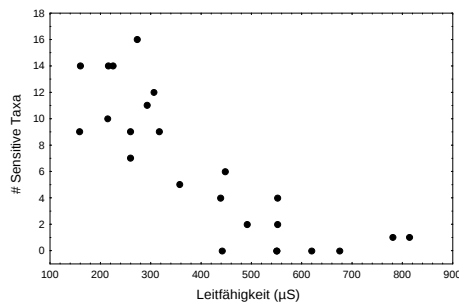


Abbildung 22: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Leitfähigkeit; Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24,  $r=-0,84$ ,  $p<0,05$

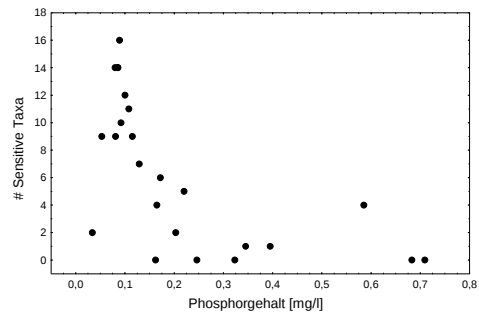


Abbildung 23: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlichen Phosphorgehalts; Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24,  $r=0,63$ ,  $p<0,05$

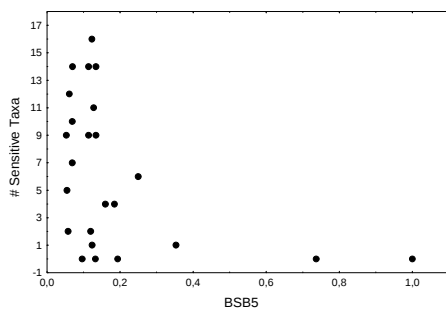


Abbildung 24: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlichen BSB<sub>5</sub> Gehalts; Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24,  $r=-0,43$ ,  $p<0,05$

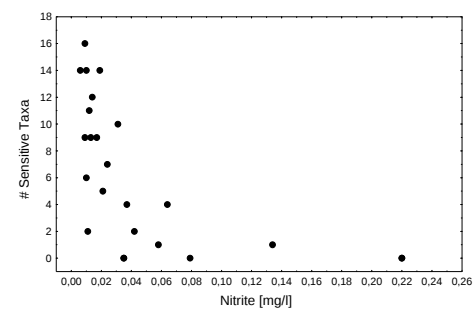


Abbildung 25: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlichen Nitritgehalts; Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24,  $r=-0,59$ ,  $p<0,05$

### 9.3.2 Reaktion gegenüber morphologischer Degradation

Die Aussagekraft des Metrics Anzahl Sensitiver Taxa wurde auch hinsichtlich morphologisch bedingter Degradation von Fließgewässern geprüft.

Choriotope werden im Allgemeinen von mehr oder weniger charakteristischen Benthoszönosen besiedelt. Ausgehend von anthropogen unbeeinflussten Gewässern stellen nach (1967) die Habitate generell, in Verbindung mit dem Nahrungsangebot, die wichtigsten Regulatoren der Verbreitung der Fließgewässerorganismen dar (vgl. Schönborn 1992). Durch die Regulierung eines Fließgewässers wird die Ausbildung der natürlichen Choriotope eingeschränkt, im Extremfall, z.B. durch Sohlpflasterung, sogar verhindert, was eine drastische Veränderung der Zönose mit sich bringt. Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen, dass mit zunehmender Choriotopvielfalt die Anzahl der Sensitiven steigt (Gewässer der Bioregion 12 und 5).

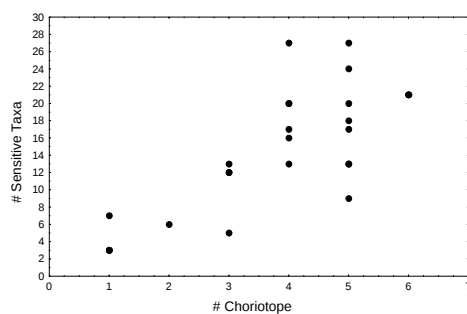


Abbildung 26: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Choriotop-Vielfalt; Bioregion 12 (Österreichisches Granit-und Gneisgebiet der Böhmisches Masse): N=37,  $r=0,63$ ,  $p<0,05$

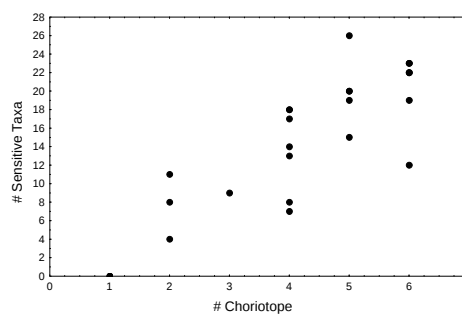


Abbildung 27: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Choriotop-Vielfalt; Bioregion 5 (Kalkvoralpen): N=26,  $r=0,83$ ,  $p<0,05$

Um die Reaktion der Sensitiven Taxa auf die morphologische Ausprägung eines Gewässers in standardisierter Form zu belegen, wurde die Anzahl der Sensitiven mit dem Strukturindex (siehe Kapitel 9.4) korreliert. Der Strukturindex wurde im Rahmen des EU-Projektes AQEM entwickelt und beruht ausschließlich auf Messdaten hydromorphologischer und topographischer Charakteristika der untersuchten Gewässerstrecke. Die nachstehenden Graphiken zeigen eine deutliche positive Korrelation der Anzahl Sensitiver Taxa mit der Höhe des Strukturindex für Gewässer unterschiedlich beeinträchtigter Strukturvielfalt in Bioregion 5 (Abbildung 28) und Bioregion 12 (Abbildung 29).

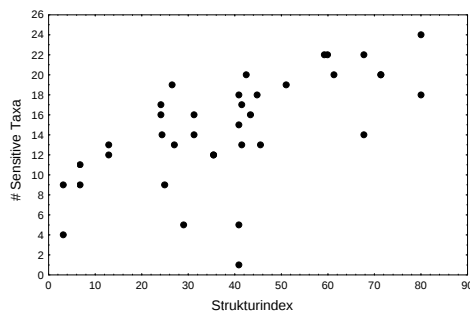


Abbildung 28: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 5 (Kalkvoralpen): N=26,  $r=0,83$ ,  $p<0,05$

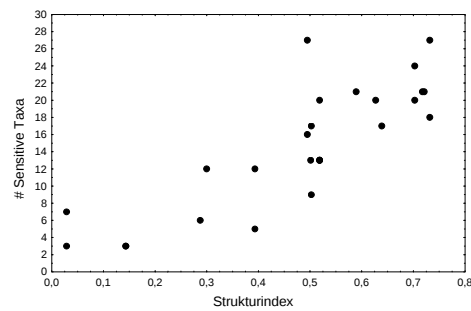


Abbildung 29: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 12 (Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse); N=37,  $r=0,63$ ,  $p<0,05$

Am Beispiel von Fließgewässerstrecken der Bioregion 3 (Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen) und Bioregion 5 (Kalkvoralpen) kann die Diskriminanzfähigkeit des Metric Anzahl Sensitive Taxa zur Unterscheidung der ökologischen Zustandsklassen demonstriert werden. Die höchste Anzahl Sensitiver Taxa tritt in Flüssen der Bioregion 3 mit Referenzcharakter auf (Median: 22). Mit zunehmender Degradation nimmt die Anzahl ab. Der Median sinkt von 14 (guter Zustand) auf 8 (mäßiger Zustand). Auch in Gewässern der Bioregion 5 diskriminiert die Anzahl der Sensitiven gut. Von 20 Sensitiven Taxa (Median) in Referenzstrecken sinkt die Anzahl in Strecken mit gutem ökologischem Zustand auf 13 (Median). In Strecken mit mäßigem ökologischem Zustand können durchschnittlich nur noch 7 Sensitive Taxa gefunden werden.

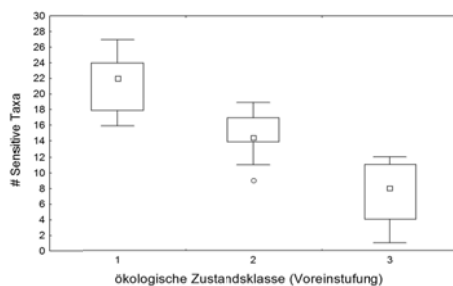


Abbildung 30: Abnahme der Anzahl der Sensitiven Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 3 (Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen), sap. Grundzustand 1,5; N=45



Abbildung 31: Abnahme der Anzahl der Sensitiven Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. Grundzustand 1,75; N=71

#### 9.4 Eignung des Degradations-Scores zur Beschreibung gewässermorphologischer Defizite

Zur Standortbestimmung des neu entwickelten Ansatzes zum Aufzeigen hydromorphologischer Degradation wurden Korrelationsanalysen von ausländischen Indices und Scores und dem Degradations-Score mit dem aus der taxonomisch vollständig bearbeiteten Hauptprobe berechneten multimetrischen Index (Ofenböck et al. 2005, 2010) durchgeführt.

In mehreren Testläufen wurden die Degradations-Scores aller Stellen mit den entsprechenden ökologischen Zustandsklassen nach multimetrischem Index korreliert. Die Diskriminanzfähigkeit des Degradations-Scores zur Unterscheidung der ökologischen Zustandsklassen wird erwartungsgemäß besser, wenn saprobiell beeinflusste Gewässerstrecken aus dem analysierten Datensatz ausgeschieden werden. Darunter werden in diesem Fall solche Untersuchungsstellen verstanden, deren Gesamteinstufung des ökologischen Zustandes (nach dem worst-case-Prinzip) durch den Saprobienindex geprägt wird. Nachfolgende Tabellen (Tabelle 34 und Tabelle 35) zeigen Beispiele von Korrelationsanalysen aus zwei verschiedenen Öko/Bioregionen.

Die verschiedenen Ziffern sowie Wortzusätze sind Folge einer Adaption ausländischer Index- und Score-Methoden für eine Anwendung in Österreich. Details zur Adaption sind Kapitel 6.2.2 zu entnehmen.

Tabelle 34: Korrelation der für Österreich adaptierten bzw. neu entwickelten Metrics mit der ökologischen Zustandsklasse nach multimetrischem Index (Ofenböck et al. 2005, 2010) von hydromorphologisch beeinträchtigten Untersuchungsstellen der Bioregion 12 (Granit-Gneisgebiet der Böhmisches Masse)

| <b>Metric</b>                              | <b>Korrelationskoeffizient (r)</b> |
|--------------------------------------------|------------------------------------|
| Degradations-Score (Mittelgebirge)         | 0,58                               |
| Degradations -Score (Vorländer)            | 0,58                               |
| Degradations -Score (Alpen)                | 0,58                               |
| # Sensitive Taxa                           | 0,57                               |
| BMWP organisch 10                          | 0,53                               |
| BMWP Struktur und organisch                | 0,53                               |
| BMWP organisch 8                           | 0,52                               |
| ASPT Struktur und organisch 10 (gewichtet) | 0,52                               |

| <b>Metric</b>                             | <b>Korrelationskoeffizient (r)</b> |
|-------------------------------------------|------------------------------------|
| ASPT Struktur                             | 0,52                               |
| BMWP Struktur                             | 0,51                               |
| BMWP organisch 5                          | 0,51                               |
| ASPT Struktur und organisch 8 (gewichtet) | 0,51                               |
| Saprobienindex (Zelinka & Marvan 1961)    | 0,51                               |
| ASPT Struktur und organisch (gewichtet)   | 0,50                               |
| ASPT Struktur und organisch               | 0,50                               |
| ASPT organisch 5                          | 0,50                               |
| ASPT organisch 10                         | 0,49                               |
| ASPT Struktur und organisch (gewichtet)   | 0,49                               |
| ASPT organisch 8                          | 0,49                               |
| Saprobie-Score (gewichtet)                | 0,48                               |
| ASPT Struktur neu (gewichtet)             | 0,46                               |
| # Screening-Taxa                          | 0,40                               |

Tabelle 35: Korrelation der für Österreich adaptierten bzw. neu entwickelten Metrics mit der ökologischen Zustandsklasse nach multimetrischem Index (Ofenböck et al. 2005, 2010) von hydromorphologisch beeinträchtigten Untersuchungsstellen des Alpenvorlandes und der Ungarischen Tiefebene

| <b>Metric</b>                              | <b>Korrelationskoeffizient (r)</b> |
|--------------------------------------------|------------------------------------|
| Degradations-Score (Vorländer)             | 0,69                               |
| Degradations -Score (Mittelgebirge)        | 0,69                               |
| Degradations -Score (Alpen)                | 0,69                               |
| ASPT organisch 10                          | 0,67                               |
| ASPT Struktur und organisch                | 0,66                               |
| ASPT organisch 5                           | 0,66                               |
| ASPT organisch 8                           | 0,65                               |
| ASPT Struktur                              | 0,65                               |
| Saprobie-Score (gewichtet)                 | 0,64                               |
| Saprobienindex (Zelinka & Marvan 1961)     | 0,62                               |
| # Sensitive Taxa                           | 0,61                               |
| ASPT Struktur und organisch 10 (gewichtet) | 0,59                               |
| ASPT Struktur und organisch 5 (gewichtet)  | 0,59                               |

| <b>Metric</b>                             | <b>Korrelationskoeffizient (r)</b> |
|-------------------------------------------|------------------------------------|
| ASPT Struktur und organisch 8 (gewichtet) | 0,58                               |
| BMWP Struktur und organisch               | 0,57                               |
| BMWP organisch 10                         | 0,57                               |
| BMWP Struktur                             | 0,55                               |
| BMWP organisch 5                          | 0,54                               |
| BMWP organisch 8                          | 0,54                               |
| ASPT Struktur und organisch (gewichtet)   | 0,50                               |
| ASPT Struktur (gewichtet)                 | 0,48                               |
| # Screening-Taxa                          | 0,45                               |

Das Ergebnis der Korrelationsanalyse erbringt den eindeutigen Nachweis, dass die im Ausland verwendeten BMWP- und ASPT- Methoden weniger gut mit dem multimetrischen Index harmonisieren als der Degradations-Score.

Der Test der Indikationsfähigkeit der Degradations-Scores auf hydromorphologische Strukturdefizite eines Gewässers wurde mittels Korrelationen mit dem Strukturindex durchgeführt. Der Strukturindex wurde im Rahmen des EU-Projektes AQEM entwickelt und beruht auf Messdaten morphologischer Charakteristika der untersuchten Gewässerstrecke. Er wurde einerseits zur Charakterisierung der Untersuchungsstellen und der Überprüfung der Voreinstufung herangezogen, andererseits zur Überprüfung der Diskriminanzfähigkeit von Metrics. Folgende Parameter werden für die Berechnung des Strukturindex herangezogen.

Tabelle 36: Parameter, die für die Berechnung des Strukturindex erhoben wurden

|                                                              |
|--------------------------------------------------------------|
| durchschnittliche Breite der Ufergehölzvegetation [m] links  |
| durchschnittliche Breite der Ufergehölzvegetation [m] rechts |
| Deckungsgrad der Ufergehölzvegetation links [%]              |
| Deckungsgrad der Ufergehölzvegetation rechts [%]             |
| Beschattungsgrad (Zenit)                                     |
| Anzahl von „debris dams“ / 100 m                             |
| Anzahl von „logs“ / 100 m                                    |
| Anteil unverbautes Ufer links [%]                            |
| Anteil unverbautes Ufer rechts [%]                           |
| Anteil Betonverbauung ohne Fugen links [%]                   |
| Anteil Betonverbauung ohne Fugen rechts [%]                  |

Aus den genannten Kenngrößen werden vier Einzelindices berechnet, die wiederum zum Strukturindex kombiniert werden:

*Ufervegetationsindex* = (durchschnittliche Breite der Ufergehölzvegetation [m] links + durchschnittliche Breite der Ufergehölzvegetation [m] rechts + Deckungsgrad der Ufergehölzvegetation links + Deckungsgrad der Ufergehölzvegetation rechts + Beschattungsgrad (Zenit) \* 2) / 8  
*Woody Debris-Index* = (Anzahl von „debris-dams“ + Anzahl von „logs“ (= Äste und Baumstämme > 10 cm Durchmesser) \* 10) / 1,2

*Uferverbauungsindex* = (100 - ((Anteil unverbautes Ufer links + Anteil unverbautes Ufer rechts) / 2 + (Anteil Betonverbauung ohne Fugen links + Anteil Betonverbauung ohne Fugen rechts) / 2)) / 2

*Variabilitätsindex minerogener Substrate* = (Megalithal + Makrolithal + Mesolithal + Mikrolithal + Akal + Psammal / Psammopelal) / 14

Der *Struktur-Index* wird mittels folgender Formel gebildet: ((*Ufervegetationsindex* + *Woody Debris-Index* + (100 - *Uferverbauungsindex*) + (100 - *Variabilitätsindex minerogene Substrate*)) / 4.

Eine gute Übereinstimmung der Degradations-Scores mit der ökomorphologischen Situation, ausgedrückt als Strukturindex zeigen die Auswertungen von Bio-regionen mit gut dokumentierter Datenlage, etwa Bioregion 4 (Flysch- oder Sandstein-Voralpen) und Bioregion 12 (Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse).

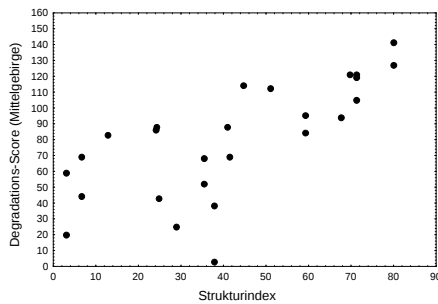


Abbildung 32: Beziehung von Degradations-Scores mit der numerisch charakterisierten morphologischen Situation (Strukturindex) in Gewässern der Bioregion 12 (Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse): N=26,  $r=0,72$ ,  $p<0,05$

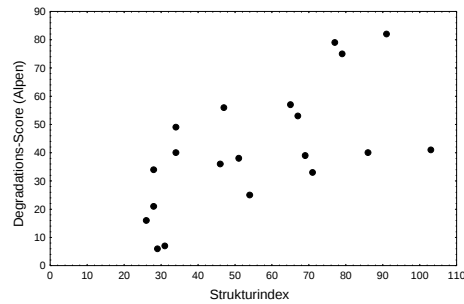


Abbildung 33: Beziehung von Degradations-Scores mit der numerisch charakterisierten morphologischen Situation (Strukturindex) in Gewässern der Bioregion 4 (Flysch- oder Sandstein-Voralpen): N=20,  $r=0,64$ ,  $p<0,05$

Die erfolgreiche Anwendung des Metric Degradations-Score zeigt das Beispiel von Fließgewässern der Bioregion 5 (Kalkvorapen) und Bioregion 10 (Vorarlberger Alpenvorland). Mit zunehmender Verschlechterung der ökologischen Zustandsklasse nimmt auch der Degradations-Score ab. In Strecken mit sehr gutem ökologischem Zustand in der Bioregion 5 liegt der Median bei 118. Der Median von 88 in Strecken guten ökologischen Zustandes sinkt schließlich auf einen Wert von 32 in Gewässerabschnitten mit mäßigem Zustand. Eine ebenfalls deutlich gerichtete Abnahme der Degradations-Scores kann am Beispiel der Bioregion 10 demonstriert werden. Hier sinkt der Median von 107 in Gewässerabschnitten mit sehr gutem ökologischem Zustand auf einen Wert von -7 im unbefriedigendem Zustand.

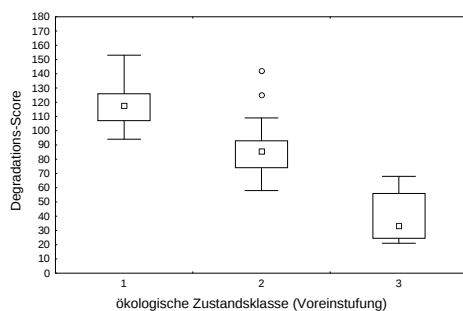


Abbildung 34: Abnahme der Degradations-Scores mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 5 (Kalkvorapen), sap. Grundzustand 1,75; N=71

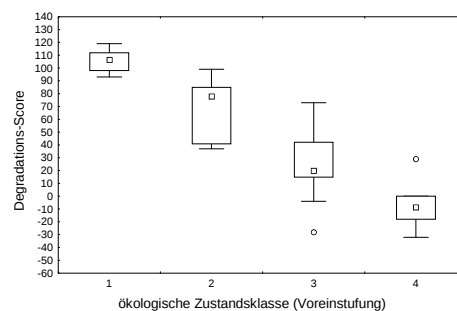


Abbildung 35: Abnahme der Degradations-Scores mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 10 (Vorarlberger Alpenvorland); N=28

### 9.5 Eignung des Saprobie-Scores zur Abschätzung der Auswirkungen organischer Belastung

Die nachvollziehbare Prüfung der Aussagekraft des neu entwickelten Metric zur Beurteilung der organischen Beeinträchtigung erfolgte in einem ersten Schritt durch eine Korrelationsanalyse von bereits bestehenden europäischen Bewertungssystemen und dem Saprobie-Score mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961) (ermittelt aus der taxonomisch vollständig bearbeiteten Gesamtprobe der im Zuge dieses Projektes erhobenen Daten; vgl. Ofenböck et al. 2005).

Tabelle 37: Korrelationsanalyse der ausländischen BMWP- und ASPT-Metrics und dem Saprobie-Score mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961).

| Metric                       | Korrelationskoeffizient (r) |
|------------------------------|-----------------------------|
| Saprobie-Score (gewichtet)   | 0,85                        |
| Saprobie-Score (ungewichtet) | 0,82                        |
| ASPT Polen                   | 0,67                        |
| ASPT Polen (gewichtet)       | 0,64                        |
| ASPT Ungarn                  | 0,62                        |
| ASPT Ungarn (gewichtet)      | 0,62                        |
| BMWP Polen                   | 0,06                        |
| BMWP Ungarn                  | 0,03                        |

Das Ergebnis der Korrelationsanalyse erbringt den eindeutigen Nachweis, dass die im Ausland verwendeten BMWP- und ASPT- Methoden weniger gut mit den Saprobienindices harmonisieren als der Saprobie-Score. Interessant ist hier die Feststellung, dass selbst der ungewichtete Saprobie-Score (also die Berechnung des Saprobie-Scores ohne Häufigkeiten!) noch höher mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961) korreliert als die übrigen Metrics. Dieses Ergebnis könnte möglicherweise auf faunistischen Unterschieden (zu wenig eingestufte, in Österreich vorkommende Arten) gründen, bzw. durch unterschiedliche ökologische Ansprüche der Indikatorarten in verschiedenen geographischen Regionen hervorgerufen worden sein.

Es stellte sich jedoch heraus, dass die Anzahl der in den verwendeten Metrics eingestuften österreichischen Arten ausreichend hoch war. In einem nächsten Schritt wurden daher die verwendeten ausländischen Index- und Score-Methoden für Österreich adaptiert. Ziel dieser Vorgangsweise war, die Möglichkeit einer

Anwendung solcher Methoden für Österreich zu testen. Nähere Angaben zur Adaption sind Kapitel 6.2.2 zu entnehmen.

Die Korrelation der neu adaptierten Index- und Score-Werte erfolgte wiederum mit dem aus der taxonomisch vollständig bearbeiteten Hauptprobe berechneten Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961). Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse gibt Tabelle 38.

Tabelle 38: Korrelation der neu adaptierten Indices und Scores mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961)

| <b>Metric</b>                              | <b>Korrelationskoeffizient (r)</b> |
|--------------------------------------------|------------------------------------|
| Saprobie-Score (gewichtet)                 | 0,85                               |
| ASPT organisch 8 (gewichtet)               | 0,84                               |
| Saprobie-Score (ungewichtet)               | 0,85                               |
| ASPT Struktur und organisch 10 (gewichtet) | 0,82                               |
| ASPT organisch 8                           | 0,82                               |
| ASPT organisch 10                          | 0,82                               |
| ASPT Struktur und organisch 5 (gewichtet)  | 0,81                               |
| ASPT organisch 5                           | 0,79                               |
| ASPT Struktur und organisch                | 0,79                               |
| ASPT Struktur und organisch (gewichtet)    | 0,77                               |
| ASPT Struktur neu (gewichtet)              | 0,75                               |
| ASPT Struktur                              | 0,73                               |
| Degradations-Score (Alpen)                 | 0,56                               |
| Degradations-Score (Mittelgebirge)         | 0,56                               |
| Degradations-Score (Vorländer)             | 0,54                               |
| # Sensitive Taxa                           | 0,35                               |
| BMWP organisch 10                          | 0,18                               |
| BMWP Struktur und organisch                | 0,15                               |
| BMWP organisch 5                           | 0,14                               |
| BMWP organisch 8                           | 0,13                               |
| BMWP Struktur                              | 0,11                               |
| # Screening-Taxa                           | 0,11                               |

Das Ergebnis der Analyse liefert den Nachweis, dass der, auf den Screening-Taxa basierende Saprobie-Score, die höchste Übereinstimmung mit den auf Basis der Gesamtprobe berechneten Saprobienindices erbringt.

Ein Vergleich der Saprobie-Scores mit den herkömmlich auf Artniveau berechneten Saprobienindices des gesamten Datensatzes ergibt auf den ersten Blick eine überraschend gute Übereinstimmung (Abbildung 36) der beiden Methoden. Die Interquartilbereiche (Boxen) liegen zum Großteil in den (mit den entsprechenden Signalfarben eingerahmten) Grenzen der jeweiligen Güteklassen. Für diese Art der Darstellung wurden die Werte der entsprechenden Saprobie-Scores in Güteklassen (definiert nach ÖNORM M 6232) umgewandelt (beispielsweise entsprechen die Saprobie-Scores zwischen 87,5 und 112,5 den Saprobienindices von 1,75 bis 2,25). Vor allem Güteklasse I-II, II und II-III diskriminieren gut. Allerdings würden gut 20% der nach der gängigen Vorgangsweise als Güteklasse II eingestufte Stellen nach dem Saprobie-Score in II-III fallen (Fehler 2. Art: Untersuchungsstelle wird zu schlecht eingeschätzt; siehe Kapitel 6.2.3.1). Der Fehler 1. Art (Untersuchungsstelle wird zu gut eingeschätzt) fällt hingegen deutlich geringer aus. Knapp unter 10 % der mit Güteklasse II-III eingestuften Stellen würden in Güteklasse II gereiht.

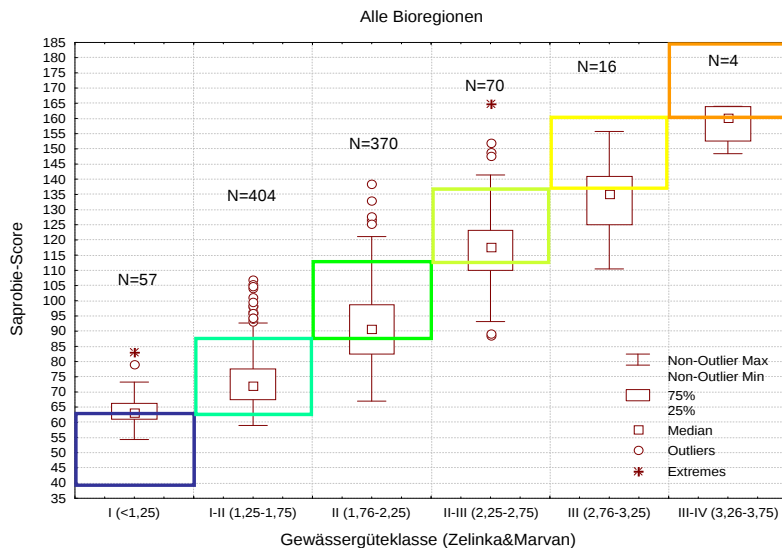


Abbildung 36: Vergleich von Saprobie-Score und den auf Artniveau berechneten Saprobienindices der Probenstellen, gesamter Datensatz Österreich, N=921

Auch auf Typebene (Bioregionen/saprobielle Grundzustände, siehe Kapitel 4) aufgeschlüsselt bestätigt sich die vergleichsweise brauchbare Übereinstimmung der auf Feldniveau bestimmten Saprobitätseinstufung mit den nach Vollanalyse ermit-

telten Saprobienindices. Allerdings sind beim gegenwärtigen System in den Alpen-Bioregionen große Fehler 1. und 2. Art gegeben. Diese Fehler sind allerdings eher eine Folge der geringen Datensätze, da in ausreichend dokumentierten Fließgewässertypen nur vergleichbar geringe Abweichungen auftreten. Abbildung 37 zeigt den Vergleich der Saprobie-Scores mit den auf Artniveau berechneten Saprobienindices der Probenstellen für die östlichen Flach- und Hügelländer mit saprobiellem Grundzustand 1,75.

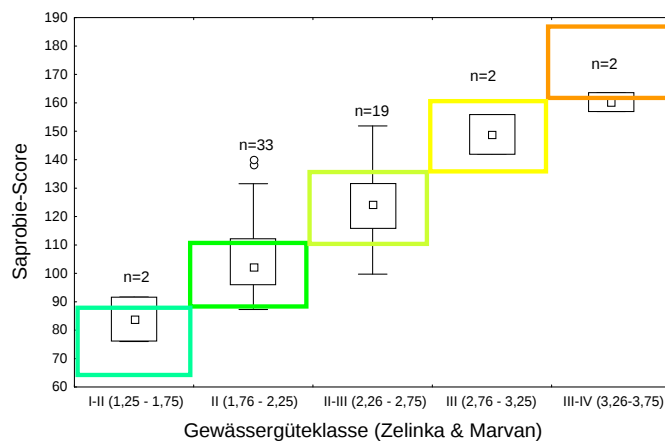


Abbildung 37: Vergleich von Saprobie-Score und den auf Artniveau berechneten Saprobienindices von Probenstellen der Bioregion 13, saprobieller Grundzustand 1,75, N=58

Eine Korrelationsanalyse erbringt den Nachweis, dass der auf den Screening-Taxa basierende Saprobie-Score eine gute Übereinstimmung mit dem auf Basis der Gesamtprobe berechneten Saprobienindex erzielt ( $r = 0,8526$ ), wie in Abbildung 38 dargestellt.

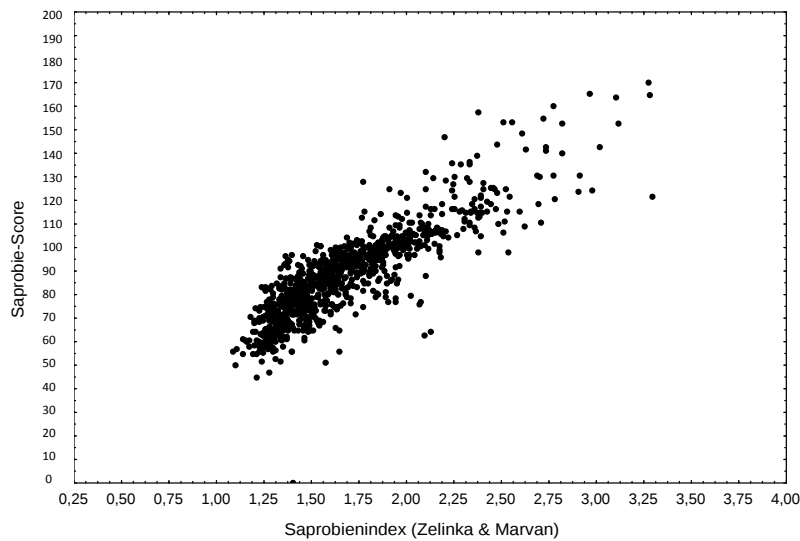


Abbildung 38: Korrelation von Saprobie-Scores und den auf Artniveau berechneten Saprobienindices der Probenstellen, gesamter Datensatz Österreich: N=921,  $r=0,85$ ,  $p<0,05$

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der, auf Freiland-Taxa beruhende Saprobie-Score zur orientierenden Abschätzung des saprobiellen Aspektes des ökologischen Zustandes geeignet ist. Es ist jedoch entschieden darauf hinzuweisen, dass die Genauigkeit dieser Feldmethode einer Berechnung des Saprobienindex auf Artniveau unterlegen ist.

## 9.6 K.O.- Kriterium „Reduzierte Bedingungen“

Als Reduktionserscheinungen werden durch Eisensulfid geschwärzte Flecken an den Steinunter- oder oberseiten des minerogenen Substrates in Gewässern bezeichnet. Reduktionserscheinungen können auch in Form von Faulschlammablagerungen auftreten. Hierbei unterscheidet man Faulschlammablagerungen mit aerober Oberfläche (die oberste Schicht des Substrates ist nicht schwarz gefärbt) und Faulschlammablagerungen mit anaerober Oberfläche (die oberste Schicht des Substrates ist schwarz gefärbt). Reduktionserscheinungen sind Stoffwechselprodukte von anaeroben Bakterien und treten in Fließgewässern hauptsächlich in lenitischen Zonen und schlammigen Bereichen auf. Die Ausdehnung der Reduktionsflecken auf dem Substrat gibt einen Hinweis auf den Grad der Sauerstoffzehrung. In der traditionellen Modul 1 Befundung der Richtlinie Saprobiologie dient das Kriterium „reduzierte Bedingungen“ als Indikator für eine saprobielle Belastung.

In der Bearbeitungsphase der Anpassung von Modul 1 an die Anforderungen der WRRL wurde der Bakterien- und Protozoenbefund aus der Bewertung herausgenommen (vgl. Kapitel 7.2.264). Im Zuge der Methodenentwicklung stellte sich jedoch heraus, dass die zusätzliche Befundung von Reduktionserscheinungen gerade im kritischen Übergangsbereich vom guten ökologischen Zustand zum Handlungsbedarf zu einer deutlichen Schärfung des Ergebnisses führt.

Für 103 der insgesamt 876 Daten standen erhobene Reduktionserscheinungen nach Modul 1 zur Verfügung. 45% der Daten sind nach dem Ergebnis der detaillierten MZB-Methode einer ökologischen Zustandsklasse 3 bis 4 und gleichzeitig nach dem Ergebnis der Screening-Methode Handlungsbedarf zuzuordnen. In 80% der Fälle indizieren die protokollierten Reduktionserscheinungen eine Gewässergüteklasse II-III /III (nach Auswertung des Klassensiegers und Klassenzweiten).

Nachfolgende Tabelle zeigt einen Auszug der Daten mit der Zuordnung der ökologischen Zustandsklasse nach detaillierter MZB-Methode, Screening-Methode und der Punkteverteilung entsprechend den Reduktionserscheinungen in den Gewässergüteklassen. Die dunkel gefärbten Zellen markieren den Klassensieger.

Tabelle 39: Punkteverteilung gemäß den Reduktionserscheinungen in den Gewässergüteklassen und ökologische Zustandsklassen nach detaillierter MZB-Methode (ÖKZ MMI) und Screening-Methode (HB=Handlungsbedarf). Die dunkelgrau markierten Zellen zeigen den Klassensieger, in Abstufung der Farbe auch den Klassenzweiten und -dritten;

|            |         |               | Gewässergüteklassen |   |      |    |        |     |        |    |
|------------|---------|---------------|---------------------|---|------|----|--------|-----|--------|----|
| Stelle Nr. | ÖKZ MMI | ÖKZ Screening | x                   | I | I-II | II | II-III | III | III-IV | IV |
| 1          | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 2          | 5       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 3          | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 4          | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 5          | 4       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 6          | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 7          | 3       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 8          | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 9          | 3       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 10         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 11         | 3       | HB            |                     |   |      |    | 2      |     |        |    |
| 12         | 3       | HB            |                     |   |      |    | 2      |     |        |    |
| 13         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 14         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 15         | 3       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |

|            |         |               | Gewässergüteklassen |   |      |    |        |     |        |    |
|------------|---------|---------------|---------------------|---|------|----|--------|-----|--------|----|
| Stelle Nr. | ÖKZ MMI | ÖKZ Screening | x                   | I | I-II | II | II-III | III | III-IV | IV |
| 16         | 4       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 17         | 4       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 18         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 19         | 4       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 20         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 21         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 22         | 3       | HB            |                     |   |      |    | 2      |     |        |    |
| 23         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 24         | 3       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 25         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 26         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 27         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 28         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 29         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 30         | 5       | HB            |                     |   |      |    | 2      |     |        |    |
| 31         | 5       | HB            |                     |   |      |    | 2      |     |        |    |
| 32         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 33         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 34         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 35         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 36         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 37         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 38         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 39         | 3       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 40         | 3       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 41         | 3       | HB            |                     |   |      | 2  |        |     |        |    |
| 42         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |
| 45         | 4       | HB            |                     |   |      | 1  | 3      | 2   |        |    |

Die Auswertung der Daten ergibt eine eindeutige Stärkung der Gewässergüteklassen II-III und III. Dies entspricht dem mäßigen ökologischen Zustand bzw. Handlungsbedarf nach der Screening-Methode.

Demzufolge wurde das Bewertungskriterium „reduzierte Bedingungen“ in Form eines „K.O.-Kriteriums“ in die Screening-Methode integriert. Um methodische Fehler auszuschließen, kommt das K.O.-Kriterium jedoch nur unter Berücksichtigung folgender Vorraussetzungen zur Anwendung:

- das Vorkommen von Reduktionen muss in Bezug zum jeweiligen Fließgewässertyp entsprechend bewertet werden. Natürlich auftretende, kleinräumige Reduktionserscheinungen kommen als K.O.-Kriterium nicht zum Tragen.
- Die Größe der zu befundenden Bereiche (lenitische/lotische) richtet sich nach der 5%-Regel gemäß der habitatanteilig gewichteten Makrozoobenthos Aufsammlung in Fließgewässern (Multi Habitat Sampling; MHS) nach Moog (2004).

Unter den in der nachstehenden Tabelle angeführten Bedingungen werden Reduktionserscheinungen als K.O.-Kriterium angewendet.

Tabelle 40: Bedingungen, unter denen Reduktionserscheinungen als K.O.-Kriterium angewendet werden; die Aufnahme des Kriteriums erfolgt in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit

| Kriterium                                      | Verwendung als K.O.-Kriterium |
|------------------------------------------------|-------------------------------|
| Reduzierte Bedingungen lenitisch (< 0,25 m/s)  |                               |
| Faulschlamm mit aerober Oberschicht            | immer                         |
| Faulschlamm ohne aerober Oberschicht           | immer                         |
| Lithal Unterseite (% Schwarzfärbung)           | wenn > 25 % Schwarzfärbung    |
| Lithal Unter- & Oberseite (% Schwarzfärbung)   | immer                         |
| Reduzierte Bedingungen lotisch (0,25–0,75 m/s) |                               |
| Faulschlamm mit aerober Oberschicht            | immer                         |
| Faulschlamm ohne aerober Oberschicht           | immer                         |
| Lithal Unterseite (% Schwarzfärbung)           | immer                         |
| Lithal Unter- & Oberseite (% Schwarzfärbung)   | immer                         |
| Reduzierte Bedingungen lotisch (> 0,75 m/s)    |                               |
| Lithal Unterseite (% Schwarzfärbung)           | immer                         |
| Lithal Unter- & Oberseite (% Schwarzfärbung)   | immer                         |

## 9.7 Validierung der Screening-Methode

Validierung findet ihren Einsatz in erster Linie im analytischen Bereich und wird im Allgemeinen als Überprüfung einer Methode auf ihre Brauchbarkeit definiert. In Europa taucht der Begriff Validierung offiziell 1975 in der Richtlinie des Rates 75/318 (EWG) auf (Stavros 2011). Dertinger (1985) beschreibt Validierung als „Nachweis und Dokumentation der Zuverlässigkeit einer Methode.“ Ein pragmatischer Ansatz stammt von Chapman (1984): "validation means nothing more than well-organized, well-documented common sense“.

### 9.7.1 Reliabilitätstest

Zur Überprüfung der Plausibilität und Verlässlichkeit der Screening-Methode wurde das statistische Verfahren eines Reliabilitätstest mit der detaillierten MZB-Methode herangezogen. Das Ergebnis dieses Testes – als Cohens Kappa Koeffizient ausgedrückt – ergibt mit einem Wert von 0,69 eine „hohe Zuverlässigkeit“ der Screening-Methode (starke Übereinstimmung mit der detaillierten MZB-Methode) (siehe Kapitel 8.6.1).

Beim Vergleich der einzelnen ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ) lässt sich feststellen, dass die Übereinstimmung in allen Klassen sehr ähnlich bei rund 80% liegt (vgl. Tabelle 30). Betrachtet man die Konkordanz der Ergebnisse für jede ökologische Zustandsklasse im Detail, lässt sich feststellen, dass die höchste Abweichung der Screening-Methode von der detaillierten MZB-Methode im Bereich der ÖKZ 1 zu verzeichnen ist. Hier beträgt die Übereinstimmungsrate 76,7%, 23,3% werden von der Screening-Methode in die ÖKZ 2 gereiht. Bei einer näheren Betrachtung der einzelnen Module (Saprobie und Allgemeine Belastung) zeigt sich, dass beim Vergleich der Saprobie-Module der beiden Methoden in der ÖKZ 1 mit 76,5% (Tabelle 32) eine deutlich geringere Konkordanz als bei der Analyse der Allgemeinen Belastung mit 87,5% (Tabelle 31) besteht.

Dieses Ergebnis ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Saprobie-Score im Bereich der traditionellen Güteklasse I tendenziell zu schlecht bewertet (vgl. Kapitel 9.5). Die Ursache für diese Fehleinschätzungen sind einfach erklärt: die meisten xeno- und oligosaproben Zeigerarten (etwa die Vertreter der Steinfliegen [Plecoptera] oder die Mehrheit von Reinwasser-Zuckmücken) können nicht im Feld bestimmt werden. Auf diese Weise wird trotz des Vorhandenseins von Reinwasserzeigern deren Anzahl und somit deren Indikatorfunktion unterschätzt. Eine

Option für die Zukunft läge in der Entwicklung eines von der taxonomischen Kenntnis unabhängigen Bewertungsschrittes, etwa in der Ausweisung von optisch unterscheidbaren, aber „namenlosen“ Kategorien (etwa: mehr als 5 unterscheidbare Plecoptera-Taxa). Weiters wird derzeit eine Diskussion angestrebt, die Grenzwerte des Saprobie-Scores in diesem Bereich herabzusetzen, bzw. eine gewisse Fehlertoleranz (vorstellbar wäre ein Toleranzbereich von 0,02 Punkten) einzuführen.

Die weitere Betrachtung des Vergleiches der Gesamtbewertung stellt sich wie folgt dar. In der ÖKZ 2 sind abweichende Ergebnisse bei der Screening-Methode mit 5,8% in ÖKZ 1 und 10,4% in Handlungsbedarf (HB) in beiden Richtungen in relativ geringem Ausmaß festzustellen. Aus der Kategorie HB werden 81,6% auch mit der Screening-Methode mit HB bewertet. Die restlichen 22,3% werden abweichend mit ÖKZ 2 bewertet, allerdings wurde bei einer genauen Analyse festgestellt, dass alle abweichend klassifizierten Stellen maximal aus der ÖKZ 3, und nie aus den Zustandsklassen 4 oder 5 waren. Ein Grund für diese Abweichungen liegt in der Tatsache begründet, dass für die Screening-Methode nur wenige saprobionte Taxa zur Verfügung stehen, da Oligochaeta und Chironomidae im Freiland nicht näher bestimmbar sind. Diese Gegebenheit lässt sich auch anhand des Vergleiches der Module Saprobie darlegen. In der Kategorie Handlungsbedarf werden lediglich 62,25% übereinstimmend beurteilt, 37,8% werden von der Screening-Methode zu gut (mit ÖKZ 2) bewertet.

Zusammenfassend kann von einer statistisch abgesicherten „hohen Zuverlässigkeit“ der Screening-Methode gesprochen werden. Wichtig für die Praxisanwendung ist vor allem die Tatsache, dass keine Diskonkordanz von mehr als einer Zustandsklasse zu beobachten ist. Bei der Interpretation dieser Analyse muss man sich natürlich bewusst sein, dass man weder die detaillierte MZB-Methode, noch die Screening-Methode an einer absoluten Wahrheit kalibrieren kann.

### **9.7.2 Fehlerabschätzung**

Eine Auswertung der Fehlerabschätzung der Screening-Methode mittels Histogramm ergibt eine Übereinstimmung mit der detaillierten MZB-Methode von 82% der Einstufung in Zustandsklassen. Durch diese hohe Übereinstimmung ist im Praxiseinsatz auf alle Fälle mit einer gediegenen Akzeptanz durch künftige Anwender zu rechnen.

Die Darstellung der Fehlerwahrscheinlichkeit zeigt eine leichte Tendenz der Screening-Methode Untersuchungsstellen besser zu beurteilen als die detaillierte MZB-Methode. Der Fehler 1. Art fällt mit 11% höher aus als der Fehler 2. Art mit 7%. Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse ist festzustellen, dass die Hälfte der zu gut eingeschätzten Untersuchungsstellen (50%) in der Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer) und 17 (Große Alpine Flüsse) liegen. Ein Ranking der Einzelbewertungen der im Datensatz enthaltenen Bioregionen nach dem Cohens Kappa Koeffizient (vgl. Tabelle 41) zeigt, dass eben jene Bioregionen die beiden letzten Rangplätze einnehmen.

Das höchste Maß an Übereinstimmung wird mit einem Kappa Koeffizient von 0,85 (fast vollständige Übereinstimmung) in der Bioregion 4 (Flysch) erzielt. Auch die Bioregion 14 (Grazer Feld und Grabenland) erreicht mit einem Wert von 0,80 einen hohen Kappa Koeffizient. Die geringste Konkordanz der beiden Bewertungsmethoden wird in den Bioregionen 13 (östliche Flach- und Hügelländer) und 17 (Große Alpine Flüsse) beobachtet.

Tabelle 41: Cohens Kappa Koeffizient für die im Datensatz enthaltenen aquatischen Bioregionen; für Probenstellen mit einer Anzahl  $\leq 11$  wurde kein Kappa Koeffizient berechnet

| Bioregion Nr. | N            | Kappa | Rang |
|---------------|--------------|-------|------|
| 4             | 21           | 0,85  | 1    |
| 14            | 12           | 0,80  | 2    |
| 11            | 43           | 0,77  | 3    |
| 2             | 28           | 0,70  | 4    |
| 5             | 17           | 0,67  | 5    |
| 12            | 50           | 0,59  | 6    |
| 13            | 98           | 0,58  | 7    |
| 17            | 47           | 0,56  | 8    |
| 3             | 11 $\leq$ 11 | -     |      |
| 10            | 8 $<$ 11     | -     |      |
| 9             | 1 $<$ 11     | -     |      |
| 15            | 7 $<$ 11     | -     |      |
| 6             | 4 $<$ 11     | -     |      |

Eine detaillierte Betrachtung der beiden Bioregionen mittels Reliabilitätstest gibt Hinweise auf eine mögliche Ursache der Fehleinschätzungen der Screening-Methode für diese Gewässertypen.

Eine Analyse der Großen Alpinen Flüsse veranschaulicht, dass in der Kategorie Handlungsbedarf der Typ 1-Fehler (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu gut eingeschätzt) deutlich ausgeprägt ist. Während in der ÖKZ 2 eine hohe Übereinstimmung (92,3%) zu verzeichnen ist, werden in der Kategorie Handlungsbedarf 38,1% der Stellen von der Screening-Methode mit ÖKZ 2, also zu gut bewertet. Der Grenzwert für den guten Zustand scheint für diesen Gewässertyp zu niedrig angesetzt. Wenn sich auch in zukünftigen Auswertungen diese Annahme manifestiert, muss eine Anpassung der Grenzwerte für diesen Fließgewässertyp vorgenommen werden.

Tabelle 42: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode \* Screening-Methode für die Bioregion 17 (Große Alpine Flüsse): Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,56; N= 47

|                                       |    | ÖKZ - Detaillierte MZB-Methode; Bioregion 17 |              |           |              |
|---------------------------------------|----|----------------------------------------------|--------------|-----------|--------------|
|                                       |    | 2                                            |              | HB        |              |
|                                       |    | Anzahl                                       | %            | Anzahl    | %            |
| ÖKZ – Screening-Methode; Bioregion 17 | 2  | <b>24</b>                                    | <b>92,3%</b> | 8         | 38,1%        |
|                                       | HB | 2                                            | 7,7%         | <b>13</b> | <b>61,9%</b> |
| Gesamt                                |    | 26                                           | 100%         | 21        | 100%         |
| Maß der Übereinstimmung               |    | Kappa                                        |              | 0,56      |              |

Auch die Auswertung des Reliabilitätstestes in der Bioregion 13 (Tabelle 43) lässt als Ursache der Fehleinschätzungen ebenfalls einen zu niedrig angesetzten Grenzwert für den guten Zustand vermuten. In der ÖKZ 1 zeigt sich eine geringe Konkordanz der Bewertungsmethoden, aber ein Datensatz von lediglich 3 Stellen lässt keine statistisch gesicherte Aussage diesbezüglich zu. Der Typ 1- Fehler liegt hier in der Kategorie Handlungsbedarf begründet. 13,7% der Stellen werden von der Screening-Methode zu gut bewertet. Bei einem Zuwachs der Datenbasis kann

auch für diesen Flusstyp über eine Nachjustierung der Grenzwerte diskutiert werden.

Tabelle 43: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode \* Screening-Methode für die Bioregion 13 (Östliche Flach-und Hügelländer): Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,58; N= 98

|                                       |    | ÖKZ - Detaillierte MZB-Methode; Bioregion 13 |              |           |              |           |              |
|---------------------------------------|----|----------------------------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|                                       |    | 1                                            |              | 2         |              | HB        |              |
|                                       |    | Anzahl                                       | %            | Anzahl    | %            | Anzahl    | %            |
| ÖKZ – Screening-Methode; Bioregion 13 | 1  | <b>2</b>                                     | <b>66,7%</b> | 1         | 4,5%         | 0         | 0%           |
|                                       | 2  | 1                                            | 33,3%        | <b>16</b> | <b>72,7%</b> | 10        | 13,7%        |
|                                       | HB | 0                                            | 0%           | 5         | 22,7%        | <b>63</b> | <b>86,3%</b> |
| Gesamt                                |    | 3                                            | 100%         | 22        | 100%         | 73        | 100%         |
| Maß der Übereinstimmung               |    | Kappa                                        | 0,58         |           |              |           |              |

## 9.8 Qualität der Probennahme

Eine erfolgreiche Anwendung der Screening-Methode kann nur unter Einhaltung nachstehender Voraussetzungen gewährleistet werden.

- Kenntnis der Screening-Taxa
- Besammlung der Untersuchungsstelle nach dem Multi Habitat Sampling (MHS)-Prinzip (Moog 2004) unter Einhaltung der Vorgaben für den Zeitpunkt der Besammlung im Jahresverlauf (Ofenböck et al. 2010)
- Genaueste Erfassung und Häufigkeitsschätzung der Screening-Taxa einer Untersuchungsstelle und Nachbearbeitung der Probe im Labor

### 9.8.1 Bearbeitung des Probenmaterials

Im Zuge der Methodenentwicklung trat klar zu Tage, dass zwischen einer im Freiland und einer im Labor bearbeiteten Probe ein deutlicher Qualitätsunterschied besteht: im Freiland bearbeitete Proben unterschätzen die Artenzahl signifikant.

Anhand von Daten wurde von vier unabhängigen Institutionen (mit den Buchstaben A-D gekennzeichnet) ein Vergleich von im Freiland und im Labor erhobenen Artenzahlen durchgeführt. Für die Analyse wurde der prozentuelle Anteil der im Freiland erhobenen Taxazahlen an den im Labor ermittelten Taxazahlen für alle Untersuchungsstellen bestimmt. Gerechtfertigt wird diese Vorgangsweise durch die Annahme, dass die Laborwerte annähernd den tatsächlichen Zahlen (100%) entsprechen.



Abbildung 39: Vergleich der im Freiland erhobenen Sensitiven Taxa mit den Laborwerten für die verschiedenen Institute

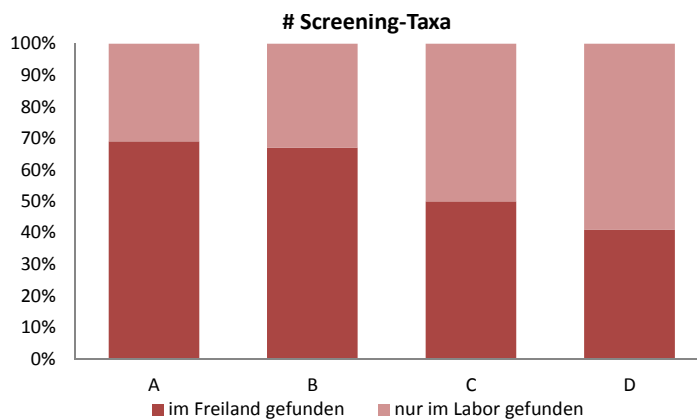


Abbildung 40: Vergleich der im Freiland erhobenen Screening-Taxa mit den Laborwerten für die verschiedenen Institute

Die Gegenüberstellungen in Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen die mittleren Anteile der im Freiland erhobenen Taxazahlen an den Laborwerten für die entsprechenden untersuchenden Institute. Sowohl bei der Anzahl der Screening-Taxa, wie auch der Sensitiven Taxa zeigt sich ein deutlicher Unterschied bei den verschiedenen Instituten. Während Institut B bei beiden Kriterien mit annähernd 70% eine relativ gute Übereinstimmung mit den Laborwerten liefert, zeigt Institut

A diese Deckung nur bei der Anzahl der Screening-Taxa. Institut C und D weisen für beide Kriterien eine deutlich geringere Übereinstimmung auf.

Die Analyse zeigt deutlich, dass die Bestimmung der Organismen im Feld nur selten vollständig erfolgt. Die Gründe dafür können vielfältig sein: Eine große Rolle bei einer annähernd exakten Freilanderhebung spielen äußere Einflüsse wie beispielsweise Wetterlage, Zeitpunkt der Probennahme, Lichtverhältnisse, Zugänglichkeit der Probenstelle und Substratbeschaffenheit. Untersuchungsstellen, die etwa einen besonders hohen Anteil an organischem Material oder Makrophyten haben, liefern durchwegs schlechtere Resultate als Stellen mit größtenteils mineralogenem Substrat.

Der Einfluss auf die Qualität der Freilanderhebung durch äußere Umstände soll am Beispiel zweier unterschiedlicher Probenstellen demonstriert werden. Um jahreszeitlich bedingte und durch verschiedene Bearbeiter verursachte Unterschiede auszuschließen, wurden für den Vergleich Probennahmen ausgewählt, die vom selben Team (Probennahme-Team der Gruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung) und zur selben Jahreszeit (Frühjahr) durchgeführt wurden.

Die erste Untersuchungsstelle liegt an der Triesting oberhalb der Einmündung des Werkskanals der ARA Trumau (Bioregion Östliche Flach- und Hügelländer) (Abbildung 41). Die Untersuchungsstelle liegt in einer Restwasserstrecke und ist geprägt von einer monotonen Substratverteilung (100% Meso-/Mikrolithal) (siehe Abbildung 42). Auf Grund der geringen Wasserführung ist der beprobte Abschnitt sehr seicht und über die gesamte Gewässerbreite begehbar.



Abbildung 41: Triesting oberhalb der Einmündung des Werkskanals ARA Trumau



Abbildung 42: Monotone Substratverteilung an der Untersuchungsstelle der Triesting

Die zweite Untersuchungsstelle befindet sich am Rosenbach, einem kleinen Wienerwaldbach (Bioregion Flysch) oberhalb des Rosentals. Charakteristisch für diese

Untersuchungsstelle sowie Wienerwaldbäche im Allgemeinen, sind der hohe Laubanteil sowie eine heterogene Choriotopverteilung (20% Makrolithal, 50% Mesolithal, 30% Mikrolithal/Akal).



Abbildung 43: Rosenbach oberhalb des Rosentals



Abbildung 44: Für Wienerwaldbäche typischer hoher Laubanteil

Ein Vergleich der im Freiland erhobenen Anzahl der Screening- und Sensitiven Taxa mit der Laborauswertung ergeben deutliche Unterschiede für die beiden Fließgewässerabschnitte (Abbildung 45 und Abbildung 46). Während an der Triesting mit 80% annähernd die volle Anzahl der im Labor bestimmten Sensitiven Taxa auch im Freiland erhoben wurden (8 von 10), konnten am Rosenbach nur 25% der Laborbestimmung (2 von 8) im Freiland erkannt werden. Auch für die Anzahl der Screening-Taxa konnte dieser Unterschied deutlich gemacht werden. An der Triesting wurden 92% (23 von 25) der Screening-Taxa bereits im Feld bestimmt. Am Rosenbach werden nur 35% (10 von 23) vor Ort erkannt.

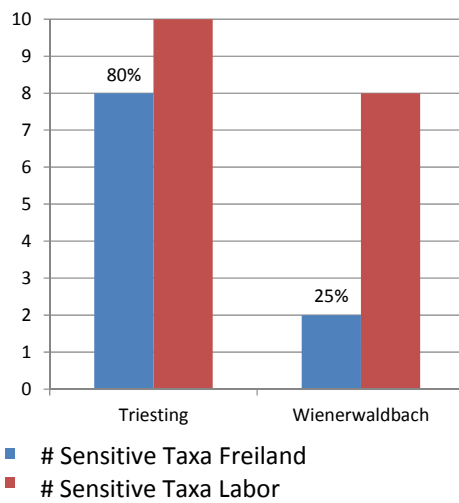


Abbildung 45: Vergleich der Freiland- und Laborerhebung der Sensitiven Taxa an Rosenbach und Triesting

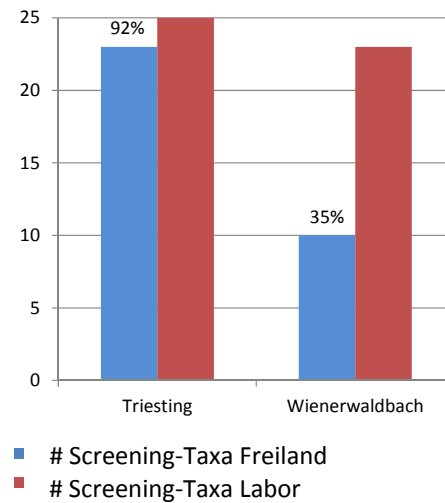


Abbildung 46: Vergleich der Freiland- und Laborerhebung der Screening-Taxa an Rosenbach und Triesting

Der signifikante Unterschied in der Vollständigkeit der Erfassung der Organismen im Feld bei diesen beiden Gewässern ist in erster Linie durch eine unterschiedliche Substratbeschaffenheit bedingt. Während am Rosenbach eine heterogene Choriotopeverteilung und damit bedingte wechselnde Strömungsverhältnisse zu einer großen Ansammlung von Laub und anderem grobpartikulärem organischem Material (CPOM - Coarse Particulate Organic Matter) führen, ist an der homogen ausgeprägten Fließstrecke der Triesting kaum derartiges Grobmateriale anzutreffen. Da es im Freiland nicht möglich ist, in angemessener Zeit das Probenmaterial weitgehend von Laub und CPOM zu befreien, hat eine sorgfältige Sortierung und gegebenenfalls Schlämmung der Probe unbedingt im Labor zu erfolgen. Erst durch eine entsprechende Aufbereitung der Probe ist also eine exakte Erfassung der Taxa gewährleistet.

Eine weitere „Fehlerquelle“ sind Größe und Häufigkeit der im Freiland zu bestimmenden Organismen. Taxa, die durch Größe und Färbung (wie beispielsweise *Perla* sp.) auffallend sind, werden leichter erfasst als kleine Evertrebratenformen. Ebenso werden Tiere, die in geringer Häufigkeit vorkommen, mit größerem Fehleranteil übersehen. Um diesen Umständen Rechnung zu tragen, wurde bei der AQEM/STAR-Methode ein 20-minütiges Post-sorting eingeführt (<http://www.eustar.at>). Wie in einer Diplomarbeit (Wenzl, 2004) am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement erhoben, werden bei der AQEM/STAR-Methode im Vergleich zu einer Komplett-Sortierung ohne ein Post-sorting 8% weniger Taxa

erfasst (72,7% statt 80,6%), bei Bestimmung auf Familienniveau fehlen sogar 15,6% (80,2% statt 95,8%).

Laut Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern (Moog et al. 1999) ist auch die subjektive Komponente, d.h. Erfahrung und Kenntnisse des Untersuchers bei der Anwendung der Screening-Methode eine wichtige Qualitätsvoraussetzung.

Um Fehlinterpretationen der Zustandssituation durch die Screening-Methode möglichst gering zu halten, ist eine Qualitätssicherung in Form von Post-Sorting und Vergleich der Freilandhebungen mit den Laborerhebungen ein wichtiger Bestandteil einer korrekten Abschätzung des ökologischen Zustandes eines Fließgewässers.

### **9.8.2 Zeitpunkt der Probennahme**

Der Literatur zufolge hat die Zeitauswahl Aspekte des Nachweises einer reichhaltigen, repräsentativen und bestimmbaren Zönose sowie des Vorliegens von Niederwasserbedingungen vor und zur Zeit der Probennahme zu berücksichtigen. Als Grundsätze für den Zeitpunkt der Probennahme werden, in Abhängigkeit von den Abflussregimetypen österreichischer Fließgewässer (Mader et al. 1996) festgelegt (Ofenböck et al. 2010):

- Rhithrale Gewässerläufe:
  - Bei einfachen Abflussregimen mit Spätfrühjahrs/Sommer-Abflussspitzen: Beprobung von Niederwasserbedingungen im Frühjahr; so spät wie möglich im Jahr, aber vor den vom Abflussregimetyp determinierten Hochwässern.
  - Bei komplexen Regimen oder Gewässern mit geringem Sommerabfluss: Entnahme zu Niederwasserbedingungen im Spät-Frühsummer oder Sommer.
- Potamale Gewässerläufe:
  - Je nach aktuellem Niederwasser, Befundung eines Frühsommer- oder Sommer-Aspekts.

Am Beispiel der Piesting, einem gut dokumentierten Gewässer in den östlichen Kalkvoralpen, ist es möglich die Auswirkungen der jahreszeitlich bedingten Abflussschwankungen auf die wirbellose Bodenfauna zu analysieren. An der Piesting

werden seit 1993 qualitative Benthosproben oberhalb sowie unterhalb des Einlasses einer Kläranlage einer Papierfabrik durchgeführt. Die biologische Gewässerüberwachung dient hier als Frühwarnsystem für den Betreiber sowie als Langzeitdokumentation der Funktionsfähigkeit der Kläranlage. Die jährlichen Winter-, Frühjahrs- und Sommerproben bieten einen umfangreichen Datensatz für eine Analyse. Bei der Piesting wird von einem pluvialen Abflussregime mit Abflussspitzen im Frühjahr und teilweise einem sekundären Abflussmaximum im Sommer oder Herbst gesprochen (Mader et al. 1996).

Der hydrologische Charakter prägt ein Gewässerökosystem sehr stark. Ökologen sind sich heute einig, dass die jahreszeitlichen Abflussschwankungen mit ihren typischen Hoch- und Niederwasserperioden zu den wichtigsten Störgrößen bei der Zusammensetzung einer gewässertypischen Biozönose gehören (Minshall 1988, Resh et al. 1988, Townsend 1989, Ward 1989). Hütte (2000) beschreibt, dass ein Hochwasser bis zu 98 % des Floren- und Faunenbestandes vernichtet. Diese Größenordnung wurde für österreichische Bäche vom Moog und Janecek (1991) bestätigt. Die Bedeutung der regelmäßigen Störung der Gewässerbiozönose durch Abflussschwankungen findet in verschiedenen Konzepten Eingang (bspw. Junk et al. 1989; Resh et al. 1988; Wootton et al. 1996) und es können durchaus Gesetzmäßigkeiten, die eine Vorhersage von Individuendichten bzw. Biomassewerten zulassen, festgestellt werden (Jungwirth et al. 2003). Auch bei der Ausweisung der österreichischen Bioregionen zeigte sich, dass das Abflussregime ein wichtiger Prediktor für die Zusammensetzung der Zönose ist, wie am Beispiel der Zentralalpenbäche in den Bioregionen Vergletscherte Zentralalpen, Unvergletscherte Zentralalpen und Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen gezeigt werden konnte (Schmidt-Kloiber 2002; Moog et al. 2004). Eine Analyse der Abflussregimetypen (Mader et al. 1996) bekräftigte die Eigenständigkeit der Bergrückenlandschaften, die im Gegensatz zu den einfachen glazial und nival geprägten Regimen der unvergletscherten und vergletscherten Zentralalpen durchwegs von komplexen Abflussregimetypen geprägt sind (Wimmer et al. 2000a).

Die Gegenüberstellung der Anzahl Sensitiver Taxa mit dem Mittelwasserabfluss aus den Jahren 1994 bis 2006 an der Untersuchungsstelle der Piesting oberhalb des Einlasses der Kläranlage macht deutlich, welcher gravierenden Einfluss das Abflussgeschehen auf die Abundanz von aquatischen Organismen hat. Die Gegenläufigkeit der Anzahl der Taxa und der Höhe des Abflusses wird in Abbildung 47 eindrücklich dargestellt. Bei erhöhten Abflusswerten von 4 bis 4,5 m<sup>3</sup>/s sinkt die An-

zahl der Sensitiven Taxa auf bis zu 7 Taxa ab, während in Zeiten gemäßigten Abflusses um  $2\text{m}^3/\text{s}$  Abundanzen bis zu 20 Taxa erreicht werden.

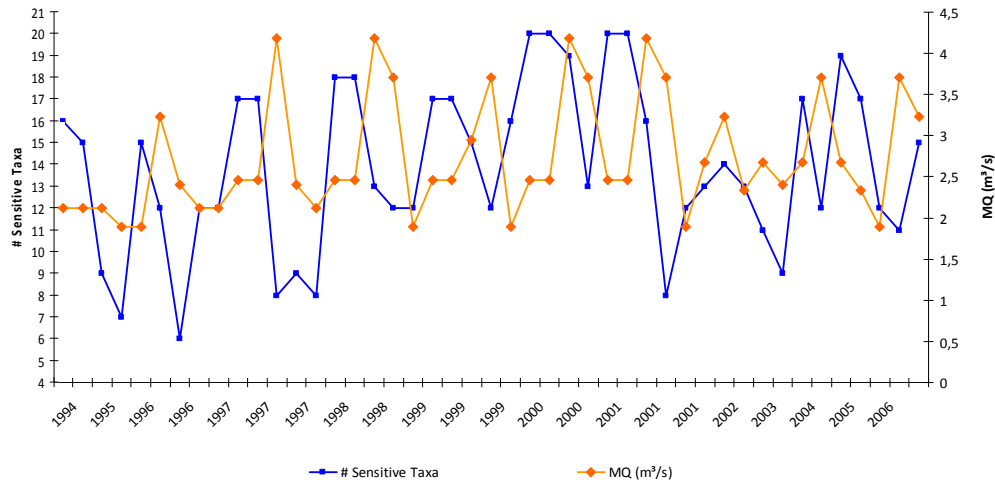


Abbildung 47: Vergleich der Anzahl der Sensitiven Taxa und Mittelwasserabfluss ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) an der Untersuchungsstelle Piesting oh. ARA aus den Jahren 1994 – 2006, qualitativer Datensatz; Pegel Wöllersdorf (Quelle: Hydrographisches Jahrbuch 1994-2006)

Durch den natürlichen Entwicklungszyklus der aquatischen Fauna und den jahreszeitlich bedingten Abflussschwankungen variiert die Abundanz der Organismen im Gewässer stark. Die Analyse der jahreszeitlichen Schwankungen der Anzahl der Sensitiven Taxa an der Piesting zeigt, dass sich die Abundanzen zwischen durchschnittlich 17 und 12 Taxa im Jahresverlauf (Abbildung 48) bewegen. Die höchsten Abundanzen werden mit einem Median von 17 Sensitiven Taxa im Winter erreicht. Im Jahresverlauf nimmt die Abundanz kontinuierlich ab. Während im Frühjahr noch 15 Sensitive Taxa gefunden wurden, sinkt der Median im Sommer und Herbst auf durchschnittlich 12 Sensitive Taxa ab.

Diese Beobachtung bestätigt auch die Auswahl des idealen Zeitpunktes der Probennahme für den Abflussregimetyp der Piesting, der wie oben dargestellt, im Frühjahr, vor den vom Abflussregimetyp determinierten Hochwässern, liegt. Würde man die Probennahme standardmäßig im Sommer oder Herbst, in denen teilweise mit einem sekundären Abflussmaximum zu rechnen ist (Mader et al. 1996) durchführen, würden im Mittel 32% weniger Sensitive Taxa erfasst werden als im Winter oder Frühjahr. Dieser Unterschied wirkt sich auch auf die Bewertung des Fließgewässers mittels Screening-Methode aus. In Abbildung 48 sind die Grenzwerte des sehr guten (blaue Linie) und guten Zustandes (grüne Linie) des Metrics „Anzahl Sensitive Taxa“ für den Gewässertyp der Piesting (östlichen Kalkvoralpen,

saprobieller Grundzustand 1,75) ersichtlich gemacht (siehe auch Kapitel 8.4). Im Winter indiziert der Metric Sensitive Taxa zu 63% den sehr guten Zustand, 37% der Auswertungen liegen im Bereich des guten Zustandes. Im Frühling liegt ein Großteil der Stellen im Bereich des guten Zustandes (57%), 29% bzw. 14% sind dem sehr guten bzw. Handlungsbedarf zugeordnet. Im Sommer wird zu keinem Zeitpunkt der sehr gute Zustand erreicht. Zu 78% wird der gute Zustand und zu 22% Handlungsbedarf angezeigt. Im Herbst liegt ein ähnlicher Prozentstanz (70%) der Stellen im guten Zustand und zu gleichen Teilen (15%) im sehr guten Zustand und Handlungsbedarf.

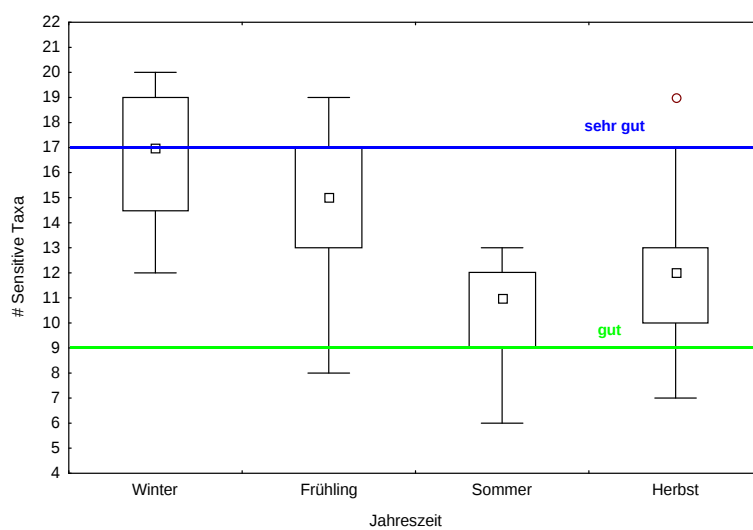


Abbildung 48: Anzahl der Sensitiven Taxa an der Untersuchungsstelle Piesting oh. ARA im jahreszeitlichen Verlauf (Zeitreihe 1993 – 2007), qualitativer Datensatz; die blaue Linie kennzeichnet den Grenzwert des sehr guten, die grüne Linie den Grenzwert des guten Zustandes. N=35

Diese Auswertung bestätigt die Vorgabe durch das BMLFUW „während oder nach Hochwässern keine Proben zu entnehmen“ sowie „zur Wiederherstellung der Benthoszönosen eine Frist von mindestens vier bis sechs Wochen einzuhalten“ (Ofenböck et al. 2010). Durch Einhaltung dieser Frist und dem jahreszeitlich richtigen Zeitpunkt der Probennahme können Fehlbewertung durch die Screening-Methode vermieden werden.

## 9.9 Praxistest

Fließgewässer in Mitteleuropa sind wie kaum ein anderes Ökosystem durch massive anthropogene Eingriffe gestört. Insbesondere aus Gründen des Hochwasserschutzes, der Wasserkraftnutzung und den damit verbundenen Veränderungen der hydromorphologischen Situation (Trockenlegung, Ausleitung - Restwasser, Gewässeraufstau, Begradigung) sowie aufgrund der Eutrophierung durch Nährstoffeinträge als Resultat intensiver Landnutzung sind viele Gewässersysteme in ihrer ökologischen Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Im Gegensatz zur stofflichen Belastung der Entwicklungsländer sind die europäischen Flusssysteme in erster Linie durch ausgedehnte bauliche Veränderungen belastet (Hygum 2001).

In Österreich werden alle Flüsse Österreichs mit einem mittleren Abflussvolumen von über 30m<sup>3</sup>/s energiewirtschaftlich genutzt, nur 30% aller Flusskilometer können landesweit als hydrologisch unbeeinflusst angesehen werden (Muhar 1992, 1996). In der Mehrheit aller Kraftwerkstypen wird das Arbeitswasser in Stauhaltungen gespeichert, bevor es den Turbinen zugeleitet wird. Die Auswirkungen der damit verbundenen Rückstaubereiche auf das jeweilige Gewässer als Lebensraum sind vielschichtig.

Bei Ausleitungskraftwerken kommt es sowohl in den Rückstaubereichen, als auch in den flussab der Wehranlagen vielfach eingetieften Unterwasserbereichen zur Ausbildung monotoner Lebensräume (Jungwirth et al. 2006). In allen Stauräumen nimmt die Strömung kontinuierlich gegen die Wehranlage zu ab, wobei die Verminderung der natürlichen Fließgeschwindigkeit schon in der Stauwurzel ausgeprägt ist und nach Jungwirth et al. (2006) eine Abnahme der natürlichen Strömungsgeschwindigkeit bis auf 70% des Ausgangswertes auftreten kann. Die Herabsetzung der Strömungsgeschwindigkeit und die daraus resultierende Veränderung der Substratzusammensetzung (Zunahme der feinkörnigen Fraktionen) stellen wesentliche Faktoren für eine Störung der Faunengesellschaft im Stauraum dar (Ofenböck et al. 2011).

### 9.9.1 Die Bewertung von Stauräumen durch die Screening-Methode

2011 wurde von der Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung eine Studie zur „Abschätzung des ökologischen Zustandes von Stauen auf Basis von Milieufaktoren“ (Ofenböck et al. 2011) im Auftrag des BMLFUW erstellt. Neben einer Literaturrecherche zu den Themenbereichen „Auswirkungen von Stauen

auf die ökologische Funktionsfähigkeit“ und „ökologische Bewertung von Stauhaltungen“ umfasste die Arbeit eine Beprobung und Analyse von fünf Stauhaltungen sowie die Bearbeitung von bereits bestehenden Daten von Stauuntersuchungen.

Von insgesamt 55 Probenstellen wurden 33 sowohl mittels Screening-Methode wie auch detaillierter MZB-Methode bewertet. Dieser Datensatz eignet sich somit hervorragend für einen Vergleich der beiden Methoden sowie eine Beurteilung der Stabilität und Zuverlässigkeit der Screening-Methode bei der Bewertung von Stauen.

Zusätzlich zu Daten von drei Stauen des Wald- und Mühlviertels (Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse) aus dem AQEM-Projekt im Jahr 2000 (Aqem Consortium 2002), wurden fünf Flusstäue unterschiedlicher Größe in vier verschiedenen Bioregionen (Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland, Östliche Flach- und Hügelländer, Große Alpine Flüsse und Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse) im Jahre 2008 beprobt. Tabelle 44 gibt eine Übersicht über die Untersuchungsstellen, die Anzahl der untersuchten Transekte und Einzelproben, sowie die verwendeten Sammelmethoden.

Tabelle 44: Übersicht über die Anzahl der untersuchten Transekte und Einzelproben, sowie Sammelmethoden an den ausgewerteten Stauhaltungen (entnommen Ofenböck et al. 2011)

| Fluss/Abschnitt                   | Datum                     | Transekte | Proben gesamt | Sammelmethode      |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------|---------------|--------------------|
| Traun bei Pucking                 | 07.08.2008                | 6         | 34            | Airlift / Greifer  |
| Erlauf bei Erlauf                 | 02.09.2008                | 4         | 24            | Airlift            |
| Mur bei Spielfeld                 | 06.11.2008                | 5         | 30            | Airlift            |
| Mährische Thaya bei Unterpertholz | 26.06.-<br>03.07.2008     | 5         | 29            | Handnetz           |
| Leitha bei Gattendorf             | 11.06.2008                | 5         | 21            | Greifer / Handnetz |
| Kamp Diethartsmühle               | 27.04.2000 /<br>25.7.2000 | 4         | 8             | MHS                |
| Naarn uh. Aschermühle             | 28.04.2000 /<br>25.7.2000 | 3         | 6             | MHS                |
| Waldaist Pfahlmühle               | 28.04.2000 /<br>26.7.2000 | 5         | 8             | MHS                |

Die Auswertung der Makrozoobenthosdaten erfolgte grundsätzlich nach der Screening-Methode. Zur Absicherung der Ergebnisse der Bewertung nach der Screening-Methode wurden die Proben des Traunstau bei Pucking und des

Murstau bei Spielfeld zusätzlich einer Vollanalyse nach der detaillierten MZB-Methode unterzogen. Eine direkte Anwendung der Screening-Methode auf Einzelproben ist nicht zulässig, da die Grenzwerte für die Screening Metrics für eine „Probenahme nach MHS-Prinzip“ (also etwa 20 mit dem Handnetz genommenen Einzelproben) geeicht wurden. Daher wurde die ökologische Zustandsklasse nur für ganze Transekte errechnet, indem die Einzelproben gepoolt wurden. Mittels Jackknife Methode (ein Resampling Verfahren, Details siehe Ofenböck et al. 2011) wurde der Erwartungswert des jeweiligen Screening Metric für eine Probe aus 20 Einzelproben extrapoliert.

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Screening-Methode und detaillierten MZB-Methode zeigt, dass lediglich an vier der insgesamt 33 Stellen ein abweichendes Ergebnis erzielt wird. An dieser Stelle ist zu erwähnen, daß Stauräume auf Grund der Tatsache, daß sie entweder als kleinräumig oder als künstlich und erheblich veränderte Wasserkörper kategorisiert sind (Koller-Kreiml, 2008), gemäß Artikel 4 der WRRL davon ausgenommen sind spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten der Richtlinie einen guten Zustand zu erreichen. Aus diesem Grund wird die üblicherweise verwendete Kategorie „Handlungsbedarf“ im Zusammenhang mit Stauen als „guter Zustand verfehlt“ umschrieben.

An der Untersuchungsstelle Mur bei Spielfeld (Transekt B) ergibt die Bewertung nach der Screening-Methode die ökologische Zustandsklasse (ÖKZ) 2, während die detaillierte MZB-Methode „guter Zustand verfehlt“ ergibt. An der Referenzstelle des Kamps (Datum vom 25.07.2000) sowie der Stelle 2 (Datum vom 25.07.2000) bewertet die Screening-Methode mit ÖKZ 1 und die detaillierte Methode mit ÖKZ 2. Im Frühjahr (27.04.2000) wiederum ergibt die Screening-Methode ÖKZ 2, die detaillierte Methode liefert als Ergebnis ÖKZ 1.

Tabelle 45: Ergebnisse der Screening-Methode und der detaillierten MZB-Methode von 33 Stauräumen (Ofenböck et al. 2011); die Kategorie HB wird im Zusammenhang mit Stauen als „guter Zustand verfehlt“ bezeichnet

| Abschnitt         | Ust       | Datum      | ÖKZ Screening-Methode | ÖKZ Det. MZB-Methode |
|-------------------|-----------|------------|-----------------------|----------------------|
| Traun bei Pucking | A km 24,2 | 07.08.2008 | 2                     | 2                    |
| Traun bei Pucking | B km 22,2 | 07.08.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 4                    |
| Traun bei Pucking | C km 20,2 | 07.08.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 4                    |
| Traun bei Pucking | D km 18,2 | 07.08.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 5                    |

| Abschnitt         | Ust       | Datum      | ÖKZ Screening-Methode | ÖKZ Det. MZB-Methode |
|-------------------|-----------|------------|-----------------------|----------------------|
| Traun bei Pucking | E km 16,2 | 07.08.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 5                    |
| Traun bei Pucking | F km 14,2 | 07.08.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 5                    |
| Mur bei Spielfeld | A km 3    | 06.11.2008 | 2                     | 2                    |
| Mur bei Spielfeld | B km 2,4  | 06.11.2008 | 2                     | 3                    |
| Mur bei Spielfeld | C km 1,5  | 06.11.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 5                    |
| Mur bei Spielfeld | D km 0,7  | 06.11.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 5                    |
| Mur bei Spielfeld | E km 0,1  | 06.11.2008 | ÖKZ 2 verfehlt        | 5                    |
| Kamp              | Referenz  | 27.04.2000 | 1                     | 1                    |
| Kamp              | Referenz  | 25.07.2000 | 1                     | 2                    |
| Kamp              | Stelle 2  | 27.04.2000 | 2                     | 1                    |
| Kamp              | Stelle 2  | 25.07.2000 | 1                     | 2                    |
| Kamp              | Stelle 3  | 27.04.2000 | 2                     | 2                    |
| Kamp              | Stelle 3  | 25.07.2000 | 2                     | 2                    |
| Kamp              | Stelle 4  | 27.04.2000 | ÖKZ 2 verfehlt        | 3                    |
| Kamp              | Stelle 4  | 25.07.2000 | ÖKZ 2 verfehlt        | 3                    |
| Naarn             | Referenz  | 28.04.2000 | 1                     | 1                    |
| Naarn             | Referenz  | 25.07.2000 | 2                     | 2                    |
| Naarn             | Stelle 2  | 28.04.2000 | 1                     | 1                    |
| Naarn             | Stelle 2  | 25.07.2000 | 2                     | 2                    |
| Naarn             | Stelle 3  | 28.04.2000 | 2                     | 2                    |
| Naarn             | Stelle 3  | 25.07.2000 | ÖKZ 2 verfehlt        | 3                    |
| Waldaist          | Referenz  | 28.04.2000 | 1                     | 1                    |
| Waldaist          | Referenz  | 26.07.2000 | 1                     | 1                    |
| Waldaist          | Stelle 2  | 28.04.2000 | 1                     | 1                    |
| Waldaist          | Stelle 2  | 26.07.2000 | 2                     | 2                    |
| Waldaist          | Stelle 3  | 28.04.2000 | 2                     | 2                    |
| Waldaist          | Stelle 3  | 26.07.2000 | ÖKZ 2 verfehlt        | 3                    |
| Waldaist          | Stelle 4  | 28.04.2000 | ÖKZ 2 verfehlt        | 4                    |
| Waldaist          | Stelle 5  | 28.04.2000 | ÖKZ 2 verfehlt        | 5                    |

Eine nähere Betrachtung der Ergebnisse macht deutlich, dass an zwei der insgesamt vier divergierenden Untersuchungsstellen die Screening-Methode ein grenzwertnahes Ergebnis liefert.

Tabelle 46: Details zu den Ergebnissen der abweichenden Bewertung der Screening –Methode und detaillierten MZB-Methode für 33 Stauräume (entnommen Ofenböck et al. 2011)

| Ab-schnitt    | Ust   | Datum     | Sap. GZ | AB-EQR I/II | AB-EQR II/III | ÖKZ AB | OB-EQR I/II | OB-EQR II/III | ÖKZ OB | ÖKZ Screening-Methode | SI/ÖKZ | MMI 1/ÖKZ | MMI 2/ÖKZ | ÖKZ Det. MZB-Methode |
|---------------|-------|-----------|---------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|-----------------------|--------|-----------|-----------|----------------------|
| Mur Spielfeld | B     | 06.11. 08 | 1,75    | 0,75        | 1,28          | 2      | 1,2         | 0,86          | 2      | 2                     | 1,88/2 | 0,57/3    |           | 3                    |
| Kamp          | Ref.  | 25.07. 00 | 1,75    | 1,17        | 1,83          | 1      | 0,98        | 0,71          | 1      | 1                     | 1,81/2 | 0,89/1    | 0,94/1    | 2                    |
| Kamp          | St. 2 | 27.04. 00 | 1,75    | 0,93        | 1,46          | 2      | 0,96        | 0,70          | 1      | 2                     | 1,7/1  | 0,83/1    | 0,8/1     | 1                    |
| Kamp          | St. 2 | 25.07. 00 | 1,75    | 1,02        | 1,60          | 1      | 1,00        | 0,72          | 1      | 1                     | 1,93/2 | 0,8/1     | 0,83/1    | 2                    |

Die rot hervorgehobenen Werte in Tabelle 46 markieren die grenzwertnahen EQRs (Schema zur Umlegung der EQRs siehe Kapitel 8.5). An beiden Stellen ist der Saprobienindex ausschlaggebend für die Gesamtbewertung der detaillierten MZB-Methode. Bei einem Grundzustand von 1,75 ergibt ein Saprobienindex von 1,81 bzw. 1,93 deutlich den guten saprobiellen Zustand (siehe Tabelle 13). Der MMI 1 (bzw. MMI 2) hingegen initiiert für die Referenzstelle des Kamp mit Werten von 0,89 und 0,94 den sehr guten Zustand. Während der MMI 1 der Stelle 2 des Kamps (Datum vom 25.07.2000) mit einem Index-Wert von 0,8 direkt an der Grenze zum sehr guten Zustand liegt, zeigt der MMI 2 mit 0,83 den sehr guten Zustand an (zur Umlegung des Multimetrischen Index in ökologische Zustandsklassen siehe Ofenböck et al. 2005, 2010). Äquivalent dazu ergibt das Modul Allgemeine Belastung (AB) der Screening-Methode für beide Untersuchungsstellen

den sehr guten Zustand. Betrachtet man das Ergebnis der Saprobie-Scores lässt sich feststellen, dass der EQR-Wert des Moduls Organische Belastung (OB) an der Referenzstelle des Kamps mit 0,98 nur 0,02 Punkte von der Klassengrenze zum guten ökologischen Zustand entfernt liegt. Besonders deutlich wird die Grenzwertigkeit an der Untersuchungsstelle 2 (Datum vom 25.07.2000) am Kamp. Hier kommt das Ergebnis des Moduls Organische Belastung mit einem EQR von 1 direkt an der Klassengrenze zum Liegen. Anders als beim Multimetrischen Index gibt es für die Screening-Methode derzeit noch keine offizielle Regelung für die Vorgehensweise bei „grenzwertigen Ergebnissen“. Wie in einem der vorhergehenden Kapitel bereits beschrieben (siehe Kapitel 9.5 und 9.7), bewertet der Saprobie-Score im Bereich der traditionellen Güteklasse I tendenziell zu schlecht. Die Anwendung eines bereits in Diskussion befindlichen Toleranzbereiches von 0,02 Indexpunkten würde ein konkordantes Ergebnis der beiden Bewertungsmethoden ergeben. Für einen weiterführenden Test der Übereinstimmung der Bewertungsmethoden wurden daher diese beiden Stellen nicht als abweichende Ergebnisse angenommen.

Plausibilität und Verlässlichkeit der Ergebnisse der Screening-Methode wurden mit Hilfe eines Reliabilitätstests sowie einer allgemeinen Fehlerabschätzung (vgl. Kapitel 6.2.3) überprüft.

Von allen Stellen, die nach der detaillierten MZB-Methode als ÖKZ 1 bewertet wurden, wurde mit der Screening-Methode in 85,7% die ÖKZ 1 und in 14,3% die ÖKZ 2 ermittelt. Für alle ÖKZ 2 Stellen ergibt sich eine Übereinstimmung von 100%. In der Kategorie „guter Zustand verfehlt“ lag die Übereinstimmung bei 93,3%. Die abweichenden 6,7 % wurden nach der Screening-Methode mit ÖKZ 2 bewertet. Mit einem Kappa Koeffizient von 0,9 kann von **einer (fast) vollständigen Übereinstimmung** gesprochen werden (vgl. Kapitel 6.2.3.2).

Tabelle 47: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode \* Screening-Methode: Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode und der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „ÖKZ 2 verfehlt“ zusammengefasst. Die Kategorie „HB“ der Screening-Methode wird ebenso als „ÖKZ 2 verfehlt“ bezeichnet; Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,9; N= 33

|                         |                | ÖKZ - Detaillierte MZB-Methode |       |        |      |                |       |
|-------------------------|----------------|--------------------------------|-------|--------|------|----------------|-------|
|                         |                | 1                              |       | 2      |      | ÖKZ 2 verfehlt |       |
| ÖKZ – Screening-Methode |                | Anzahl                         | %     | Anzahl | %    | Anzahl         | %     |
|                         | 1              | 6                              | 85,7% | 0      | 0%   | 0              | 0%    |
|                         | 2              | 1                              | 14,3% | 11     | 100% | 1              | 6,7%  |
|                         | ÖKZ 2 verfehlt | 0                              | 0%    | 0      | 0%   | 14             | 93,3% |
|                         | Gesamt         | 7                              | 100%  | 11     | 100% | 15             | 100%  |
| Maß der Übereinstimmung | Kappa          | 0,9                            |       |        |      |                |       |

Die Bestimmung des Fehlers 1. und 2. Art (siehe Kapitel 6.2.3.1) der Screening-Methode im Vergleich mit der detaillierten MZB-Methode ergibt eine Übereinstimmung von 94 % der Einstufung in Zustandsklassen. 3 % aller herangezogenen Untersuchungsstellen werden von der Screening-Methode um eine Zustandsklasse besser (Fehler 1. Art) und 3 % schlechter (Fehler 2. Art) als die detaillierte MZB-Methode bewertet (vgl. Abbildung 49).

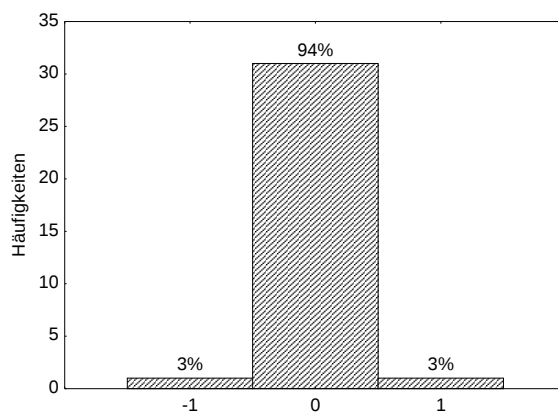


Abbildung 49: Vergleich der detaillierten MZB-Methode mit der Screening-Methode; „-1“: Fehler 1. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu gut eingeschätzt), „0“: übereinstimmendes Ergebnis, „1“: Fehler 2. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu schlecht eingeschätzt)

Das Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten von 0,9 ((fast) vollständige Übereinstimmung) belegt eindrücklich die Praxistauglichkeit der Screening-Methode für die Bewertung von Stauen. Die Stabilität und Zuverlässigkeit der Screening-Methode bei der Bewertung von Stauen zeigt sich auch in der Darstellung der Fehlerwahrscheinlichkeit mit einer Übereinstimmung von 94% mit der detaillierten MZB-Methode. Diese Ergebnisse entsprechen auch den in Kapitel 9.7) gewonnenen Erkenntnissen (hierzu siehe auch Studie zur Validierung der Screening-Methode, Hartmann 2011), wobei die in eben diskutierter Studie ermittelten Konkordanz-Werte deutlich höher ausfallen. Bei den wenigen Untersuchungsstellen mit abweichenden Ergebnissen können zwei als deutlich grenzwertnah beschrieben werden und geben auch hier einen Hinweis darauf wie gut diese Feldmethode die Expertenmeinung bei der Beurteilung von Stauräumen trifft.

### 9.9.2 Reaktion der Screening Metrics am Beispiel eines Staurumes

Am Beispiel eines Staues innerhalb oben genannter Studie (Ofenböck et al. 2011) soll die Reaktion der Screening Metrics im Stauraum mit abnehmender Distanz zum Wehr demonstriert werden.

Die Untersuchungsstelle an der Waldaist im Mühlviertel liegt oberhalb der Straßenbrücke der B124 zwischen Tragwein und Pregarten. Der rückgestaute Bereich bei der Pfahlmühle ist ca. 500m lang. Im untersuchten Abschnitt wurden eine Referenzstelle in der frei fließenden Strecke sowie vier unterschiedlich stark rückgestaute Stellen im Staubereich untersucht. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des AQEM-Projektes durchgeführt und stammen aus dem Jahr 2000.

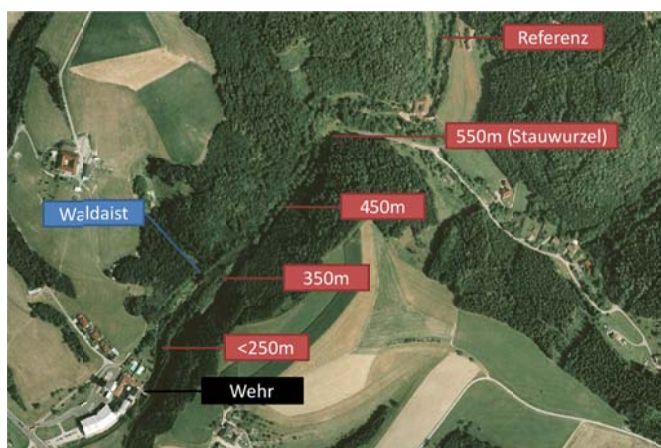


Abbildung 50: Lage der Ust. beim Stau Pfahlmühle an der Waldaist; Quelle: Google Earth; die Meterangaben bezeichnen den Abstand zum Wehr

Tabelle 48: Ergebnisse der Screening-Methode und detaillierten MZB-Methode am Stau Pfahlmühle der Waldaist; Screening Metrics, Multimetrische Indices sowie Saprobienindex sind für jede Untersuchungsstelle einzeln angegeben; die Kategorie HB der Screening-Methode wird im Zusammenhang mit Stauen als „guter Zustand verfehlt“ bezeichnet; saprobieller Grundzustand: 1,75

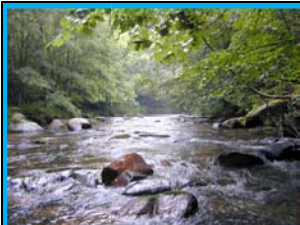
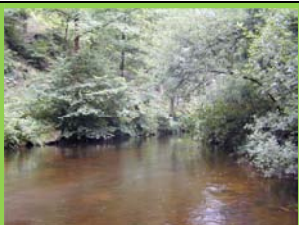
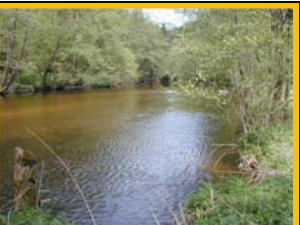
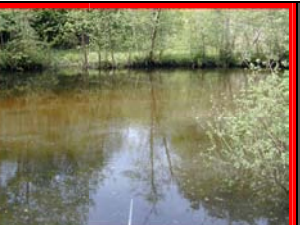
|                                |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                |  |  |  |  |  | WEHR |
| Abschnitt/<br>Abstand zum Wehr | Referenzstelle                                                                    | 550 m (Stauwurzel)                                                                 | 450m                                                                                | 350m                                                                                | <250m                                                                               |      |
| SCREENING-METHODE              |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |
| # Sensitive Taxa               | 19                                                                                | 12                                                                                 | 7                                                                                   | 9                                                                                   | 0                                                                                   |      |
| Degradations-Score             | 122                                                                               | 91                                                                                 | 62                                                                                  | 42                                                                                  | 0                                                                                   |      |
| Saprobie-Score                 | 81                                                                                | 87                                                                                 | 89                                                                                  | 95                                                                                  | 165                                                                                 |      |
| ÖKZ Screening                  | sehr gut                                                                          | gut                                                                                | guter Zustand verfehlt                                                              | guter Zustand verfehlt                                                              | guter Zustand verfehlt                                                              |      |
| DETAILLIERTE MZB-METHODE       |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |      |
| MMI 1                          | 0,82                                                                              | 0,71                                                                               | 0,61                                                                                | 0,43                                                                                | 0,2                                                                                 |      |
| MMI 2                          | 0,8                                                                               | 0,7                                                                                | 0,5                                                                                 | 0,34                                                                                | 0,13                                                                                |      |
| Saprobienindex                 | 1,72                                                                              | 1,91                                                                               | 1,96                                                                                | 1,89                                                                                | 2,43                                                                                |      |
| ÖKZ Det. MZB                   | sehr gut                                                                          | gut                                                                                | mäßig                                                                               | unbefriedigend                                                                      | schlecht                                                                            |      |

Tabelle 48 zeigt die gerichtete Reaktion der Screening Metrics auf eine abnehmende Distanz zu Wehranlage. Während an der Referenzstelle 19 Sensitive Taxa anzutreffen sind, sinkt die Anzahl von 12 Sensitiven in der Stauwurzel auf letztlich 0 unmittelbar (<205m) vor der Wehranlage. Genauso deutlich gerichtet präsentiert sich der Degradations-Score. Pro 100m sinkt der Degradations-Score von 122 an der Referenzstelle um 20-30 Score-Punkte bis hin zu 0. Der Saprobie-Score nimmt mit abnehmender Distanz zum Wehr kontinuierlich zu und erreicht kurz vor der Wehranlage mit einem Score von 165 einen doppelt so hohen Wert wie an der Referenzstelle.

Die Screening Metrics und die damit verbundene Bewertung des ökologischen Zustandes korrelieren ausgezeichnet mit den Indices und der Gesamtbewertung der detaillierten MZB-Methode. Ebenso wie der Saprobie-Score nimmt der Saprobieindex mit zunehmender Nähe zum Wehr stetig zu. Eine Ausnahme bildet der Saprobienindex mit 1,89 350m vor der Wehranlage. Auch die multimetrischen Indices nehmen auf der nur rund 500m langen Strecke stetig ab, bis schließlich vor der Wehranlage nurmehr ein MMI 2 Wert von 0,13 (MMI 1 = 0,2) ermittelt werden kann.

Die methodische Anforderung, dass ein guter Metric (Core-Metric nach Barbour et al. 1999) gerichtet und vorhersagbar auf einen Stressor reagiert, wird von den Screening Metrics einwandfrei erfüllt.



## 10 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

---

Die Reformen der Europäischen Wasserpoltik zogen einen großen Umbruch in der österreichischen Gewässerbewertung und -bewirtschaftung nach sich. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) stellt dabei das rechtliche Dach dar, unter dem die Richtlinien der Gemeinschaft zum Schutz der Gewässer neu geordnet wurden. Der Fokus der EU-liegt auf einer gesamtheitlichen Betrachtung des Gewässers als Lebensraum und soll die Erhaltung und Wiederherstellung einer funktionsfähigen Gewässerbiozönose in allen europäischen Oberflächengewässern gewährleisten. Neben der bisherigen Beurteilung der Auswirkungen von organischer Verschmutzung und Schadstoffeinträgen sollen mit Hilfe der biologischen Qualitätskomponenten (Fische, Makroinvertebraten, Makrophyten und Phytobenthos sowie Phytoplankton) auch Eingriffe in die Hydrologie und Morphologie der Fließgewässer erfaßt und bewertet werden. Weitere Vorgaben der EU-WRRL sind eine gewässertypspezifische Bewertung sowie die Aufnahme der Auswirkungen möglichst aller relevanten Einflussfaktoren. Das herkömmliche verwendete Saprobien-system in Österreich, das auf die Beurteilung der organischen Belastung eines Gewässers fokussiert ist, verlor an Bedeutung und neue Bewertungsverfahren wurden erforderlich.

In einem vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft geförderten Forschungsprojekt wurden in den Jahren 2003 bis 2007 **neue Verfahren zur Fließgewässerbewertung** auf Basis des Makrozoobenthos entwickelt. Neben der Entwicklung eines multimetrischen Bewertungsverfahrens für die Ermittlung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern wurde im Zuge dieses Forschungsvorhabens auch eine **Screening-Methode**, die eine rasche Abschätzung des ökologischen Zustandes erlaubt, entworfen. Vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung dieser Screening-Methode, die den **Nachfolger des Basismoduls „orientierender saprobiologischen Überblick“ (Modul 1)** der „Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern“ des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, darstellt.

Für eine eindeutige Abgrenzung des legislativen „Spielraumes“ wird in vorliegender Arbeit eingangs ein kurzer Überblick über die **EU-WRRL** inklusive dem Referenzbedingungsprinzip sowie die als typologische Grundlage herangezogenen aquatischen (Fließgewässer-) Bioregionen gegeben. Neben der bisherigen Gewässergütebeurteilung in Österreich werden auch das Saprobien-system sowie weite-

re, für die Methodenentwicklung relevante, international gebräuchliche Bewertungsansätze der Fließgewässerbewertung vorgestellt.

**Datengrundlage** für die Entwicklung einer Screening-Methode ist die Projektdatenbank ECOPROF mit einem Gesamtdatensatz von **921** mittels **Multi Habitat Sampling** (MHS) beprobten Untersuchungsstellen. Die Auswertung der Daten erfolgt in erster Linie unter Anwendung graphisch-deskriptiver Verfahren sowie Korrelationsanalysen mit Hilfe der Computerprogramme SPSS, Statistica und Excel. Als Visualisierung der Diskriminanzfähigkeit der einzelnen Screening Metrics wurden hauptsächlich Box- und Whisker-Plots verwendet. Die Box- und Whisker-Plots dienten außerdem als Basis für die Festlegung der Untergrenzen für den sehr guten und guten ökologischen Zustand. Zur Entwicklung geeigneter Metrics sowie für den Eignungstest der Metrics zum Aufzeigen von Stressoren wurden Spearman-Rangkorrelationen herangezogen. Zur Validierung der neu entwickelten Methode wurde ein Reliabilitätstest mittels Cohens Kappa Koeffizient sowie eine Fehlerabschätzung zwischen der ökologischen Zustandsklasse gemäß der detaillierten MZB-Methode und der Screening-Methode durchgeführt.

Ausgangsbasis für die Entwicklungsarbeiten einer Screening-Methode ist **eine makrozoobenthische Indikatorliste** von 287 (Screening-) Taxa, die grundsätzlich im Freiland (ohne weitere Hilfsmittel) bestimmt werden können. Die Indikatorliste beinhaltet 112 Arten, 65 Gattungen, 81 Familien, 25 (Unter)ordnungen und 4 Taxa aus taxonomisch höher zusammengefassten Gruppen. Auf Basis dieser makrozoobenthischen Indikatorliste wurden schließlich **vier Screening Metrics** entwickelt, um die Reaktion der Fauna auf die drei unterschiedlichen Stressorengruppen **organische Belastung, hydromorphologische Degradation und allgemeine Degradation** aufzuzeigen. Die ökologischen Informationen der Screening Metrics entsprechen den in der WRRL geforderten Kriterien „Artenvielfalt“, „Artenzusammensetzung“ und „Anteil störungsempfindlicher Taxa im Verhältnis zu robusten Taxa (Toleranz)“.

Das neue Screening -Verfahren folgt in seinen Grundzügen einem multimetrischen Bewertungssystem, indem es für jeden Metric *vorab* eine Referenzsituation postuliert (durch die Ausweisung von gewässertypspezifischen Klassengrenzen), und schließlich die Einzelergebnisse in einen Indexwert zusammenführt, der den Gesamtzustand des Gewässers beschreibt.

Der Metric dem die größte Sensibilität gegenüber genannten Stressoren beige-messen werden kann, ist die **Anzahl Sensitiver Taxa**. 109 der in der Screening-Taxaliste aufgelisteten benthischen Organismen sind als sensitiv eingestuft, d.h. sie reagieren gegenüber physikalischen, chemischen und hydromorphologischen Veränderungen durch Verringerung ihrer Individuenzahl bis hin zum völligen Abwandern. Mittels Korrelationsanalysen konnte die gerichtete Reaktion dieser Sensitiven Taxa sowohl auf physikalisch-chemische wie auch morphologisch-strukturelle Einflussfaktoren bewiesen werden. Im Gegenzug konnte auch die deutliche Zunahme sensibler Benthosorganismen bei steigender Strukturvielfalt eines Gewässerabschnittes belegt werden. Ähnliche Analysen wurden auch mit dem Metric **Anzahl der Screening-Taxa** durchgeführt, die ein ebenfalls zufriedenstellendes Ergebnis erzielten. Der **Degradations-Score**, der als Indikator für strukturelle Defizite an Gewässern in die Bewertung mit eingeht, wurde versuchsweise, mit in anderen europäischen Ländern gebräuchlichen Indices und Scores und dem aus der taxonomisch vollständig bearbeiteten Hauptprobe berechneten, multi-metrischen Index korreliert. Der Degradations-Score lieferte sowohl bei diesen Analysen wie auch bei weiteren Korrelationsanalysen zum Test der Indikationsfähigkeit des Kriteriums auf hydromorphologische Strukturdefizite sehr wertvolle und plausible Ergebnisse. Die Kompatibilität des **Saprobie-Scores**, als Maß für eine saprobiellen Belastung, mit dem Saprobienindex nach Zelinka und Marvan (1961) und den saprobiellen Grundzuständen, konnte in dieser Arbeit hinreichend belegt werden. Von den insgesamt 196 der 287 im Freiland stimmbaren Taxa konnte ein Saprobie-Score, mit Schwerpunkt auf den traditionellen Güteklassen I, I-II, II und II-III vergeben werden. Im Vergleich mit international gängigen Indices korreliert der Saprobie-Score am besten mit dem auf Artniveau berechneten Saprobienindex.

Grundlage für das Ergebnis nach der Screening-Methode ob ein Gewässerabschnitt das Qualitätsziel erreicht (sehr gute oder gute ökologische Zustandsklasse) oder nicht (Handlungsbedarf) sind Tabellen mit dem Grenzwert für den sehr guten respektive guten ökologischen Zustand für den jeweiligen Gewässertyp, wobei die Ausweisung der Grenzwerte für die einzelnen Metrics auf einer Voreinstufung der ökologischen Zustandsklasse basiert.

Zur **Validierung** der entwickelten Methode wurden anhand eines unabhängigen Datensatzes von 347 MHS Stellen vergleichende Analysen zwischen der ökologischen Zustandsklasse gemäß detaillierter MZB-Methode und dem Ergebnis der Screening-Methode durchgeführt. Dabei wurde in 82% ein übereinstimmendes

Ergebnis erzielt. 11% aller herangezogenen Untersuchungsstellen sind zu gut eingeschätzt (Fehler 1. Art), bei 7% der Stellen liefert die Screening-Methode ein zu schlechtes Ergebnis (Fehler 2. Art). Ein Reliabilitätstest, der Aufschluss über Stabilität und Zuverlässigkeit einer Methode gibt, interpretiert dieses Ergebnis in ähnlicher Weise. Mit dem Ergebnis eines Cohens Kappa Koeffizient von 0,69 („starke Übereinstimmung“) kann von einer statistisch abgesicherten hohen Zuverlässigkeit der Screening-Methode gesprochen werden.

Die primäre Anforderung an eine Überblicksuntersuchung stellt die sowohl **zeitliche wie auch finanzielle Minimierung des Arbeitsaufwandes** dar. Die Probenahme der Screening-Methode folgt dem Prinzip des Multi Habitat Samplings und unterscheidet sich daher nicht erheblich von der Probennahme der detaillierten MZB-Methode. Die wesentliche Zeitersparnis liegt in der Probenbearbeitung und taxonomischen Bestimmung der Organismen. Während die detaillierte MZB-Methode eine normgerechte Sortierung, Zählen der Organismen und Bestimmung auf Artniveau vorsieht (Moog et al. 2004, Ofenböck et al. 2010), beschränkt sich die Laborarbeit der Screening-Methode auf eine Überprüfung und gegebenenfalls Ergänzung der im Freiland erhobenen Taxa, eine Schätzung ihrer Häufigkeiten und eine Bestimmung auf Basis der Freiland Taxaliste. Auch die Dateneingabe und -auswertung, die über die Software ECOPROF (Moog et al. 2010) erfolgt, ist auf ein Minimum beschränkt und liefert ein unmittelbares Ergebnis. Durch die Ausgabe des Screening-Ergebnisses in dem Software-Programm ist in jedem Fall eine allgemeine verständliche Berichtserstattung garantiert (vgl. Schmidt-Kloiber & Vogl 2010).

Hinsichtlich des Zeitpunktes der **Probennahme** und der **Bearbeitung des Probenmaterials** sind dem Anwender genaue Vorgaben gegeben. Beispielhafte Analysen konnten zeigen, dass Fehlinterpretationen der Zustandssituation durch die Screening-Methode vermieden werden können, indem sowohl eine Qualitätssicherung in Form von Post-Sorting und Vergleich der Freilanderhebungen mit den Laborerhebungen sowie eine Einhaltung des Beprobungszeitpunktes in Abhängigkeit der Abflussregimetypen erfolgen.

Für einen **Praxistest** wurde die **Bewertung von Stauräumen** durch die Screening-Methode analysiert. Österreichs Fließgewässer werden durch eine Vielzahl anthropogener Eingriffe gestört. Einen großen Anteil nimmt dabei die energiewirtschaftliche Nutzung ein. In der Mehrheit aller Kraftwerkstypen wird dabei das Arbeitswasser in Stauhaltungen gespeichert. Für eine Analyse der Praxistauglich-

keit wurde auf eine Studie („Abschätzung des ökologischen Zustandes von Stauen auf Basis von Milieufaktoren“ (Ofenböck et al. 2011)) der Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung, die im Auftrag des BMLFUW erstellt wurde, Bezug genommen. Ein Vergleich mit dem Ergebnis nach der detaillierten MZB-Methode in Form eines Reliabilitätstests dokumentiert die Stabilität und Zuverlässigkeit der Screening-Methode für die Bewertung von Stauen. Das Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten von 0,9, das eine (fast) vollständige Übereinstimmung mit der detaillierten Methode belegt, wird von einer Übereinstimmung von 94% der Einstufung in Zustandsklassen bestätigt.

Ein ausgewähltes Beispiel eines Stauraumes an der Waldaist erbringt den Beweis der gerichteten und vorhersagbaren Reaktion der Screening Metrics auf den Stressor „Stauhaltung“. Mit abnehmender Distanz zu Wehranlage sinkt die Anzahl der 19 Sensitive Taxa von 12 Sensitiven in der Stauwurzel auf letztlich 0 unmittelbar vor der Wehranlage. Genauso deutlich gerichtet präsentieren sich die restlichen Screening Metrics und korrelieren in ihrer Gesamtbewertung ausgezeichnet mit der detaillierten MZB-Methode.

Zentrale Aufgabe einer fließgewässerökologischen Screening-Methode ist das **Aufzeigen der größten Defizite** einer befundeten Fließgewässerstrecke. Die Screening-Methode baut auf lediglich vier Metrics auf, die in der Lage sind, die wesentlichen Defizite eines Gewässers, nämlich eine allgemeine, hydromorphologische und saprobielle Belastung nachzuweisen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Screening-Methode ein adäquates Instrumentarium für die überblicksmäßige Erhebung der ökologischen Zustandsituation in einem Gewässernetz gemäß den Vorgaben der WRRL darstellt.



## 11 LITERATUR

---

- ALBA-TERCEDOR, J. & SANCHEZ-ORTEGA, A. (1988): Un metodo rapido y simple para evaluar la calidad biologica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* 4: 51–56.
- ALBA-TERCEDOR, J., JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., ÁLVAREZ, M., AVILÉS, J., BONADA, N., CASAS, J., MELLADO, A., ORTEGA, M., PARDO, I., PRAT, N., RIERADEVALL, M., ROBLES, S., SÁINZ-CANTERO, C., SÁNCHEZ-ORTEGA, A., SUÁREZ, M. L., TORO, M., VIDAL-ABARCA, M. R., VIVAS, S. & ZAMORA-MUÑOZ, C. (2002): Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica* 21: 175–185.
- AQEM CONSORTIUM (2002): Manual for the application of the Aqem system: A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1. [www.aqem.de/mains/products.php](http://www.aqem.de/mains/products.php), 198 pp.
- ARMITAGE, P.D., MOSS, D., WRIGHT, J.F., & FURSE, M.T. (1983): The performance of a new biological water quality scores system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites.- *Water Research* 17: 333-347.
- ASSESS-HKH (2005-2008): Entwicklung eines Bewertungssystems für die Beurteilung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern in der Hindu Kush-Himalaya Region. EU-Projekt, gefördert durch: Europäische Kommission, Rue de la Loi, Brussels, Europäische Union unter FP6, INCO DEV, Inco Nr. 2005-003659, [www.assess-hkh.at](http://www.assess-hkh.at).
- BARBOUR, M. T., PLAFKIN, J. L., BRADLEY, B. P., GRAVES, C. G. & WISSEMAN, R. W. (1992): Evaluation of EPA's rapid bioassessment benthic metrics: Metric redundancy and variability among reference stream sites. *Environmental Toxicology and Chemistry* 11:437-449.
- BARBOUR, M. T., STRIBLING, J. B., & KARR, J. R. (1995): Multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition. Pages 63-77 in DAVIS, W. S. & SIMON, T. P (EDS): *Biological assessment and criteria. Tools for water resource planning and decision making*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- BARBOUR, M. T., GERRITSEN, J., GRIFFITH, G. E., FRYDENBORG, R., MCCARRON, E., WHITE, J. S. & BASTIAN, M. L. (1996b): A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society* 15(2): 185-211.

- BARBOUR, M. T., GERRITSEN, J., SNYDER, B. D. & STRIBLING, J. B. (1999): Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- BARBOUR, M. T., SWIETLIK, W. F., JACKSON, S. K., COURTEMANCH, D. L., DAVIES, S. P. & YODER, C. O. (2000): Measuring the attainment of biological integrity in the USA: a critical element of ecological integrity. *Hydrobiologia* 422/423, 453-464.
- BMLFUW (2006): Eine Leitlinie für unser Wasser. Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 2006.
- BÖHMER, J., RAWER-JOST, C. & KAPPUS, B. (1999): Ökologische Fließgewässerbewertung VIII - 7.1. Biologische Grundlagen und Verfahren - Schwerpunkt Makrozoobenthos.- Handbuch Angewandte Limnologie 8. Erg. Lief. 12/99: 1-59.
- BÖHMER, J., RAWER-JOST, C. & ZENKER, A. (2004a): Multimetric assessment of data provided by water managers from Germany: assessment of several different types of stressors with macrozoobenthos communities. *Hydrobiologia* 516: 215-228.
- BORTZ, J. & LIENERT, G. A. (2003): Kurzgefasste Statistik für die Klinische Forschung – Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben (2. Aufl.). Berlin: Springer.
- BRATRICH, C. (2004): Planung, Bewertung & Entscheidungsprozesse im Fließgewässer Management - Kennzeichen erfolgreicher Revitalisierungsprojekte. Dissertation ETH Zürich & Eawag Kastanienbaum. Diss Nr. 15440. 343 pp.
- BRAUKMANN, U. (1987): Zooökologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie.- Arch. Hydrobiol. Heft 26: 355 pp.
- CHAPMAN, K. G. (1984): The PAR Approach to Process Validation. *Pharmaceutical Technology*, 8 (12), 22-36.
- CHESSMAN, B. C. (1995): Rapid river assessment using macroinvertebrates: A procedure based on habitat-specific family level identification and a biotic index. *Aust. J. Ecol.*, 20: 122-129.
- CHUTTER, F. B. M. (1998): Research on the rapid biological assessment of water quality impacts in streams and rivers. Water Research Commission Report 422/1/98, Pretoria. 240 pp.
- COHEN, J. (1960): A coefficient of agreement for nominal scales. In: *Educational and Psychological Measurement*. 20, 1960, 37-46.

- COYSH, J. L., NICHOLS, S. J., SIMPSON, J. C., NORRIS, R. H., BARMUTA, L. A., CHESSMAN, B. C. & BLACKMAN, P. (2000): AUStralian RIVer Assessment System (AUSRIVAS) National River Health Program Predictive Model Manual. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Building 15, University of Canberra, ACT, 2601.
- DAVIES, P. E. (1994): National River Processes and Management Program Monitoring River Health Initiative. River Bioassessment Manual Version 1.0. Department of the Environment, Sport and Territories, Canberra.
- DAVIS, W. S. & SIMON, T. P. (EDS.) (1995): Biological assessment and Criteria: tools for water resource planning and decision making.- Lewis publishers, Boca Raton, Florida: 415pp.
- DE PAUW, N. & HAWKES, H. A. (1993): Biological monitoring of water quality.- p. 87-111 in: WALLEY, W. J. & S. JUDD (EDS.): River water quality monitoring and control, Ashton University, UK, 249 pp.
- DERTINGER, G., GÄNSHIRT, H. & STEINIGEN, M. (1985): GAP, Praxisgerechtes Arbeiten in pharmazeutisch-analytischen Laboratorien. Wiss. Verlagsges. mbH, Stuttgart 1984. 133 pp.
- DIN 38410 Teil 2 (1991): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser und Schlammuntersuchung: Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung; Bestimmung des Saprobienindex.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. European Commission PE-CONS 3639/1/100 Rev 1, Luxemburg.
- FELD, C. K. (2005): Assessing hydromorphological degradation of sand-bottom lowland rivers in Central Europe using benthic macroinvertebrates. Inaugural-Dissertation an der Universität Duisburg-Essen. 142pp.
- FINK, M., MOOG, O. & WIMMER, R. (2000): Fließgewässer-Naturräume Österreichs. – UBA Monographien Nr. 128, Wien: 110 pp.
- FITTKAU, E. J. & REISS, F. (1983): Versuch der Rekonstruktion der Fauna europäischer Ströme und ihrer Auen. - Arch. Hydrobiol. 97: 1-6.
- GIBSON, P. R., CHEAVENS, J., & WARREN, M. L. (1996). Multiple chemical sensitivity/environmental illness and life disruption. Women & Therapy, 19, 63-79.
- GROUVEN, U., BENDER, R., ZIEGLER, A. & LANGE, S. (2007a). Der Kappa-Koeffizient. Dtsch. Med. Wochenschrift 132: 65-68.
- GROUVEN, U., BENDER, R., ZIEGLER, A. & LANGE, S. (2007b): Vergleich von Messmethoden. Dtsch. Med. Wochenschrift 132: 69-73.

- HARPER, D. M., SMITH, C., BARHAM, P. & HOWELL, R. (1995): The ecological basis for the management of natural river environment. In *The ecological basis for river management* (ed. D. M. HARPER), 219-238.
- HARTMANN, A. (2011): Validierung der Screening-Methode. Qualitätselement Makrozoobenthos. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 23 pp.
- HARTMANN, A., MOOG, O. & STUBAUER, I. (2010): "HKH screening": a field bio-assessment to evaluate the ecological status of streams in the Hindu Kush-Himalayan region. *Hydrobiologia* 2010; 651(1): 25-37.
- HAWKINS, C. P., NORRIS, R. H., GERRITSEN, J. HUGHES, R. M., JACKSON, S. K., JOHNSON, R. K. & STEVENSON, R. J. (2000): Evaluation of the use of landscape classifications for the prediction of freshwater biota: synthesis and recommendations. *Journal of the North American Benthological Society* 19(3): 541-556.
- HERING, D., FELD, C. K., MOOG, O. & OFENBÖCK, T. (2006): Cook book for the development of a Multimetric Index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. - *Hydrobiologia* 566: 311-324.
- HILSENHOFF, W. L. (1988): Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7(1): 65 - 68.
- HRUBY, T. (2001): Testing the Basic Assumption of the Hydrogeomorphic Approach to Assessing Wetland Function. *Environmental Management* 27(5), 749-761.
- HÜTTE, M. (2000): Ökologie und Wasserbau. Ökologische Grundlagen von Gewässerverbauungen und Wasserkraftnutzung. - Parey Buchverlag Berlin: 1-275.
- HYDROGRAPHISCHES JAHRBUCH. Ausgaben 1994 – 2006. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- HYGUM B. (2001): WWF Water and Wetland Index: Assessment of 16 European Countries - Phase 1. WWF. Copenhagen.
- JOHNSON, R.K. & SANDIN, L. (2001): Development of a prediction and classification system for lake (littoral, SWEPAC<sub>LLI</sub>) and stream (riffle SWEPAC<sub>SRI</sub>) macroinvertebrate communities. Rapport 2001:23 Department of Environment Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- JONES C., SOMERS, K. M., CRAIG, B. & REYNOLDS, T. B. (2004): Ontario Benthos Biomonitoring Network protocol manual, version 1.0. Ontario Ministry of Environment.

- JUNGWIRTH, M., HAIDVOGEL, G., MOOG, O., MUHAR, S. & SCHMUTZ, S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. –Facultas Universitätsverlag. Wien.
- JUNGWIRTH, M., MOOG, O. & SCHMUTZ, S. (2006): Auswirkungen der Stauregelung großer Flüsse auf die aquatische Tierwelt (Fische und Makrozoobenthos) (Impact of impounding in great rivers on the aquatic fauna (fishes and macrozoobenthos). In: Müller/Schöl/Bergfeld/Strunck, Limnologie aktuell, Staugeregelte Flüsse in Deutschland, 12, 79 – 98; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart.
- JUNK, W. J., BAYLEY, P. B. & SPARKS, R. E. (1989): The flood pulse concept in river-floodplain systems. In Proceedings of the International Large River Symposium (LARS), ed. by D. P. Dodge, pp. 110–127. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, Canada.
- KARR, J. R. (1981): Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6: 21-27.
- KARR J. R., FAUSCH, K. D., ANGERMEIER, P. L., YANT, P. R. & SCHLOSSER, I. J. (1986): Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Illinois Natural History Survey Special Publication 5: 1-28. Urbana, IL.
- KARR, J. R. & CHU, E. W. (1997): Biological Monitoring and Assessment: Using Multimetric Indexes Effectively. EPA 235-R97-001. Seattle: University of Washington.
- KARR, J. R. & CHU, E. W. (1999): Restoring life in running waters: Better Biological Monitoring. Island Press, Washington D.C.
- KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1902): Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna.- Mitt. Kgl. Prüfungsanst. Wasserversorg. Abwasserbeseitigung Berlin 1: 33-72.
- KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien.- Ber. Dt. Botan. Ges. 26a: 505-519.
- KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1909): Ökologie der tierischen Saprobien.- Int. Revue ges. Hydrobiol. 2: 126-152.
- KOLLER-KREIMEL, V. & JÄGER, P. (2001): Guter Zustand und gutes ökologisches Potential, - neue Schutz- und Sanierungsziele in der europäischen Wasserpoltik.- Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft Nr. 5/6, 2001, 117-123.
- KOLLER-KREIML, V. (2008): Ausweisung von „künstlichen“ und „erheblich veränderten Oberflächenwasserkörpern“ in Österreich. Stand 2008. BMLFUW, 14 pp.

- KOKEŠ, J., ZAHŘÁDKOVÁ, S., NEŽMEJCOVÁ, D., HODOVSKÝ, J. JARKOVSKÝ, J. & SOLDÁN, T. (2006): The PERLA system in the Czech Republic: A multivariate approach to assess ecological status of running waters. – *Hydrobiologia* 566: 343–354.
- LORENZ, A., HERING, D., FELD, C. K. & ROLAUFFS, P. (2004b): A new method for assessing the impact of hydromorphological degradation on the macroinvertebrate fauna in five German stream types. *Hydrobiologia* 516: 107-127.
- MADER H., STEIDL T. & WIMMER R. (1996): Abflussregime österreichischer Fließgewässer. Monographien Bd. 82, Umweltbundesamt, Wien.
- MEIER, C. (2008): Die Bewertung der Degradation deutscher Fließgewässer mit dem Makrozoobenthos. Ein multimetrischer gewässertypspezifischer Ansatz. 147 pp.
- MINSHALL, G. W. (1988): Stream ecosystem theory: a global perspective. *Journal of the North American Benthological Society* 7:263–288.
- MOOG, O. (Ed.) (1995): Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung 1995. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- MOOG, O. (Ed.) (2002): Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung 2002. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- MOOG, O. (Ed.) (2004): Fauna Aquatica Austriaca - Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Teil V – Ergänzungen 2003. – Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt & Wasserwirtschaft, Wien.
- MOOG, O. (2004): Standardisierung der habitatanteilig gewichteten Makrozoobenthos-Aufsammlung in Fließgewässern (Multi-Habitat-Sampling; MHS). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 20 pp.
- MOOG, O. & JANECEK, B. F. U. (1991): River flow, substrate type and Hydrurus density as major determinants of benthic macroinvertebrate abundance, composition, and distribution.. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24, 1888-1896.
- MOOG, O., CHOVANEC, A., HINTEREGGER, H. & RÖMER, A. (1999): Richtlinie für die saprobiologische Gewässergütebeurteilung von Fließgewässern. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien: 144 pp.
- MOOG O., SCHMIDT-KLOIBER A., OFENBÖCK T. & GERRTSEN, J. (2001): Aquatische Ökoregionen und Fließgewässer-Bioregionen Österreichs – eine Gliederung nach geoökologischen Milieufaktoren und Makrozoobenthoszönosen. – Wasserwirtschaftskataster, BMLFUW, Wien.

- MOOG, O., NESEMANN, H. & OFENBÖCK, T. (2001): Österreichs Anteil an den österreichischen Ökoregionen gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie – eine deduktive Analyse landschaftsprägender Milieufaktoren.- Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft Wien, 52 (7/8): 204- 209.
- MOOG, O., OFENBÖCK, T. & GRAF, W. (2003): Unveröffentlichter Bericht: Anpassung von Modul 1 an die Anforderungen der WRRL. Teil.1) Adaptierung der "saprobiellen Kurzcharakteristik" an die Erfordernisse der WRRL.
- MOOG, O., SCHMIDT-KLOIBER, A., OFENBÖCK, T. & GERRITSEN, J. (2004): Does the ecoregion approach support the typological demands of the EU 'Water Framework Directive'? *Hydrobiologia*, 516, 21-33.
- MOOG, O., GRAF, W., JANECEK, B. F. U. & OFENBÖCK, T. (2004): Inventory of Sensitive taxa of Austrian rivers and streams.- in: MOOG, O. (Ed.) (2004): *Fauna Aquatica Austriaca - Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Teil V – Ergänzungen 2003.*- Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt & Wasserwirtschaft, Wien.
- MOOG, O., BLOCH, A., GRAF, W., OFENBÖCK, T. & STUBAUER, I. (2005a): Anpassung von Modul 1 an die Anforderungen der Wasser-Rahmen-Richtlinie. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 81 pp.
- MOOG O., SCHMIDT-KLOIBER A., VOGL R., KOLLER-KREIMEL V. (2010): *ECOPROF - Version 3.2. Software zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern nach WRRL.*
- MOSS, D., FURSE, M.T., WRIGHT, J.F. & ARMITAGE, P.D. (1987): The prediction of the macroinvertebrate fauna of unpolluted running-water sites in Great Britain using environmental data. *Freshwater Biology* 17: 41-52.
- MÜHLMANN, H. (2005): Handbuch für die Erhebung des hydromorphologischen Ist-Bestandes der Gewässer mit Einzugsgebieten zwischen 10 bis 100 km<sup>2</sup>, *creeningmethode*. BAW-Institut für Wassergüte, Wien, pp. 46.
- MUHAR, S. (1992): Eingriffe an den großen Flüssen Österreichs – ein Bilanzierungsversuch. *Landschaftswasserbau*, 13:29-49.
- MUHAR, S. (1996): Habitat Improvement of Austrian Rivers with regard to different scale. *Reg. Rivers: Research & Mangement*, 12:471-482.
- NORRIS, R. H. & HAWKINS, C. P. (2000): Monitoring river health. *Hydrobiologia* 435:5-17.
- OFENBÖCK, G. & KOLLER-KREIMEL, V. (2001): der ökologische Ansatz der Wasserrahmenrichtlinie. *Aqua press international*, Heft 6A: 12-14.

- OFENBÖCK, T., MOOG, O., GERRITSEN, J. & BARBOUR, M. (2004): A stressor specific multimetric approach for monitoring running waters in Austria using benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 516: 251-268.
- OFENBÖCK, T., MOOG, O., STUBAUER, I., GRAF, W., HUBER, T. & LEITNER, P. (2005): Entwicklung eines flächendeckend anwendbaren Systems zur Beurteilung des ökologischen Zustandes auf Basis des Makrozoobenthos. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 90 pp.
- OFENBÖCK, T., MOOG, O., HARTMANN, A. & STUBAUER, I. (2010): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente, Teil A2 – Makrozoobenthos. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 211 pp.
- OFENBÖCK, T., GRAF, W., HARTMANN, A., HUBER, T., LEITNER, P., STUBAUER, I. & O. MOOG (2011): Abschätzung des ökologischen Zustandes von Stauen auf Basis von Milieufaktoren. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 92 pp.
- ÖNORM M 6232 (1997): Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern (zweisprachige Fassung).- Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 84 pp.
- PANTLE, R. & BUCK, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse.- *Bes. Mitt. dt. Gewässerkundl. Jb.* 12: 135-143.
- PLAFKIN, J. L., BARBOUR, M. T., PORTER, K. D., GROSS, S. K., & HUGHES, R. M. (1989): Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C. EPA 440-4-89-001.
- RAMSAR CONVENTION BUREAU (Ed.) (1997): The Ramsar Convention Manual: A Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran 1971). 2nd. ed., Gland, 161 pp.
- RESH, V. H., BROWN, A. V., COVICH, A. I., GURTZ, M. E., LI, H. W., MINSHALL, G. W., REICE, S. R., SHELDON, A. L., WALLACE, J. B., & WISSMAR, R. C. (1988): The role of disturbance in stream ecology. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 433-455.
- RESH, V. H., NORRIS, R. H. & BARBOUR, M. T. (1995): Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. *Austral. J. Ecol.* 20, 108-121.

- REYNOLDSON, T. B., BAILEY, R. C., DAY, K. E. & NORRIS, R. H. (1995): Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. *Australian journal of ecology*. Oxford, 20, 198-219.
- ROLAUFFS, P. (2006): Modellierung ökologischer Zusammenhänge bei Mittelgebirgsbächen unter Berücksichtigung von Gewässermorphologie und Landnutzung im Hinblick auf die biozönotische Bewertung mittels Makroinvertebraten. Inaugural-Dissertation an der Universität Duisburg-Essen. 137 pp.
- ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. (EDS.): (1992) Freshwater biomonitoring and benthic invertebrates.- Chapman & Hall: 488 pp.
- ROSENBERG, D. M., DAVIES, I. J., COBB, D. G. & WIENS A. P. (1998). Protocols for measuring biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Fresh Waters. Freshwater Institute, Department of Fisheries and Oceans, Winnipeg, Manitoba.
- SCHMIDT-KLOIBER, A. (2002): Deduktion der Fließgewässer-Bioregionen auf Basis multivariater Analysen der wirbellosen Bodenfauna.. Dissertation, Universität für Bodenkultur, 150 pp.
- SCHMIDT-KLOIBER, A., MOOG, O., GERRITSEN, J. (2001): Die aquatischen Ökoregionen Österreichs – Ergebnisse multivariater Analysen von Makrozoobenthos-Zönosen.- Österreichs Fischerei 54: 154-161.
- SCHMIDT-KLOIBER, A., OFENBÖCK, T., MOOG, O. (2002): Aquatische Bioregionen – Beispiele zur räumlichen Gliederung der österreichischen Fließgewässerlandschaften auf Basis makrozoobenthischer Zönosen. - Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2001 (Kiel): 145-150.
- SCHMIDT-KLOIBER, A. & VOGL, R. (2010): Handbuch zur Ecoprof Version 3.2.
- SCHÖNBORN, W. (1992): Fließgewässerbiologie. - Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- SHARMA, S. (1996): Biological Assessment of Water Quality in the Rivers of Nepal. PhD-Thesis, Universität für Bodenkultur Wien, 398 pp.
- SIMON, T.P. & LYONS, J. (1995): Application of the index of biotic integrity to evaluate water resource integrity in freshwater ecosystems. Pp. 245–262, Chapter 16, In DAVIS, W.S. & SIMON, T.P. (EDS.). Biological Assessment and Criteria, Tools for Water Resource Planning and Decision Making. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 415 pp.

- SPIEGLER, A., KATZMANN, M., PELIKAN, B., IMHOF, G., GODINA, R., GRASS, V., NACHTNEBEL, H. P., OHNMACHT, A. & SABAT, C. (1989): Strukturökologische Methode zur Bestandsaufnahme und Bewertung von Fließgewässern. — Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster, Wien.
- STAVROS, K. (2011): Handbuch Validierung in der Analytik; 2. überarb. u. erg. Auflage Weinheim: Wiley-VCH, 2011. - XXII, 648 pp.
- STRELEC, H. (2000): Multivariate Statistik.- unveröffentlichte Vorlesungsunterlagen, WS 2000/01, Universität für Bodenkultur.
- STUBAUER, I. (2002): Ausweisung saprobieller Grundzustände österreichischer Fließgewässer.. Dissertation, Universität für Bodenkultur, 136 pp.
- STUBAUER, I. & MOOG, O. (2000): Saprobielle Grundzustände österreichischer Fließgewässer.- Kapitel 7. In: Moog, O. (Ed.): Erstellung typspezifischer benthoszönotischer Leitbilder österreichischer Fließgewässer.- Studie i.A. BM:LFUW und UBA, Wien.
- STUBAUER, I. & MOOG, O. (2002): Verfahren zur Anpassung des Saprobien-systems an die Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Österreich. Deutsche Gesellschaft für Limnologie - Tagungsbericht der Jahrestagung 2001 (Kiel).
- STUBAUER, I. & MOOG, O. (2003): Saprobielle Grundzustände österreichischer Fließgewässer.- Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- SUNDERMANN, A. (2005): Variabilität von Makrozoobenthosproben und Bewertungsergebnissen der Fließgewässer vor dem Hintergrund der Umsetzung der EG-Wasser-rahmenrichtlinie. Dissertation an der Philipps-Universität Marburg.
- THIENEMANN A. (1918): Lebensgemeinschaft und Lebensraum. — Naturwiss. Wochenschr. N.F. 17: 281-290, 297-303.
- TILLER, D. & METZELING, L. H. (1998): Rapid Bioassessment of Victorian Streams. EPA publication 604, Environment Protection Authority, Victoria.
- TOLKAMP, H. H. (1985): Using several indices for biological assessment of water quality in running waters.- Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 2281-2286.
- TOWNSEND, C. R. (1989): The patch dynamics concept of stream community ecology. J. N. Am. Benthol. Sot. 8: 36-50.
- ULFSTRAND, S. (1967): Microdistribution of benthic species (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae) in Lapland streams. Oikos 18: 293-310.

- UN/ECE TASK FORCE ON MONITORING & ASSESSMENT (1995): Biological assessment methods for watercourses, draft report III.- unveröffentl. Studie, RIZA, Niederlande.
- VLEK, H. E., VERDONSCHOT, P. F. M. & NIJBOER, R. C. (2004): Towards a multimetric index for the assessment of Dutch streams using benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia* 516: 173-189.
- WARD, J. V. (1989): The 4-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, 8, 2-8.
- WENZL, P. (2004): Methodenvergleich standardisierter Bearbeitungstechniken von Makrozoobenthos-Proben: AQEM – RIVPACS. Diplomarbeit am Departement für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement. Arbeitsgruppe Benthosökologie und Gewässerbewertung. Universität für Bodenkultur. Wien.
- WERTH, W. (1987): Ökomorphologische Gewässerbewertung in Oberösterreich. - *Österr. Wasserwirtschaft*, Jg. 39, Heft 5/6: 122-128.
- WIMMER, R. & CHOVANEC, A. (2000): Fließgewässertypen in Österreich als Grundlage für die Erarbeitung eines Überwachungsnetzes im Sinne des Anhangs II der Wasserrahmenrichtlinie. Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt u. Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster: 37 pp.
- WIMMER, R., CHOVANEC, A., GRUBER, D., FINK, M. H., MOOG, O. (2000a): Umsetzung der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie – Fließgewässertypisierung in Österreich auf der Grundlage abiotischer Kenngrößen. - *Österreichs Fischerei* 53: 13-21.
- WIMMER, R., PARTHL, G. & WINTERSBERGER, H. (2007): Hydro-morphologische Leitbilder in Österreich, i. A. BMLFUW.
- WOOTTON, J. T., PARKER, M. S. & POWER, M. E. (1996): Effects of disturbances on river food webs. *Science* 273: 1558-1561.
- WRIGHT, J. F. (1995): Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. *Australian Journal of Ecology* 20, 181-197.
- WRIGHT, J. F. (2000): An introduction to RIVPACS. In: WRIGHT, J. F., SUTCLIFFE, D. W. & FURSE, M. T. (EDS.): *Assessing the Biological Quality of Fresh Waters*. Freshwater Biological Association, Ambleside, 1-24.
- WRIGHT, J. F., SUTCLIFFE, D. W. & FURSE, M.T. (EDS.) (2000): *Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques*. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, UK. The RIVPACS International Workshop, 16-18 September 1997, Oxford, UK. Chapter 17: 241-262.

ZELINKA, M. & MARVAN, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer.- Arch. Hydrobiol. 57: 389-407.

ZWICK, P. (1992): Stream habitat fragmentation - a threat to biodiversity. Biodiversity and Conservation 1, 80-97.

## 12 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

|         |                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|
| BMLFUW  | Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft |
| EZG     | Einzugsgebiet                                                                 |
| EU-WRRL | EU-Wasserrahmenrichtlinie                                                     |
| EU      | Europäische Union                                                             |
| MMI     | Multimetrischer Index                                                         |
| MHS     | Multi Habitat Sampling                                                        |
| MZB     | Makrozoobenthos                                                               |
| ÖKZ     | Ökologische Zustandsklasse                                                    |
| Sap. GZ | Saprobieller Grundzustand                                                     |
| SI      | Saprobienindex                                                                |
| UST     | Untersuchungsstelle                                                           |



### 13 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Fließgewässer-Bioregionen Österreichs (Moog et al. 2004) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 33 |
| Abbildung 2: Beispiel eines Box- und Whisker-Plots .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 51 |
| Abbildung 3: Verteilung der Sensitiven Taxa in unterschiedlichen ökologischen<br>Zustandsklassen in Gewässern der Bioregion 11 (Bayerisch-<br>Österreichisches Alpenvorland), saprobieller Grundzustand 1,75, N=88                                                                                                                                                                                                                                                             | 52 |
| Abbildung 4: Verteilung der Sensitiven Taxa in unterschiedlichen ökologischen<br>Zustandsklassen in Gewässern der Bioregion 11 (Bayerisch-<br>Österreichisches Alpenvorland), saprobieller Grundzustand 1,75;<br>Einzugsgebietsklasse 1, N=16.....                                                                                                                                                                                                                             | 53 |
| Abbildung 5: Verteilung der Sensitiven Taxa in unterschiedlichen ökologischen<br>Zustandsklassen in Gewässern der Bioregion 11 (Bayerisch-<br>Österreichisches Alpenvorland), saprobieller Grundzustand 1,75;<br>Einzugsgebietsklasse 2, N=41 .....                                                                                                                                                                                                                            | 53 |
| Abbildung 6: Anzahl der Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis<br>3, Bioregion 3 (Bergrücken), saprobieller Grundzustand 1,5. Die blaue<br>Linie kennzeichnet den vorgeschlagenen Grenzwert des sehr guten, die<br>grüne Linie den vorgeschlagenen Grenzwert des guten Zustandes. Als<br>Grenzwert des sehr guten bzw. guten Zustandes wird die 25%-Perzentile<br>des sehr guten bzw. guten ökologischen Zustandes verwendet. N=45...                       | 54 |
| Abbildung 7: Degradations-Score für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3,<br>Bioregion 5 (Kalkvoralpen), saprobieller Grundzustand 1,75. Die blaue<br>Linie kennzeichnet den vorgeschlagenen Grenzwert des sehr guten, die<br>grüne Linie den vorgeschlagenen Grenzwert des guten Zustandes. Als<br>Grenzwert des sehr guten Zustandes wird die 75%-Perzentile der<br>Zustandsklasse 2 verwendet. N=71 .....                                                               | 54 |
| Abbildung 8: Anzahl der Sensitiven Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1<br>bis 3, Bioregion 3 (Bergrücken), saprobieller Grundzustand 1,5. Die blaue<br>Linie kennzeichnet den vorgeschlagenen Grenzwert des sehr guten, die<br>grüne Linie den vorgeschlagenen Grenzwert des guten Zustandes. Als<br>Grenzwert des guten Zustandes wird die mittlere Entfernung der 25%-<br>Perzentile des guten und der 75%-Perzentile des mäßigen Zustandes<br>verwendet. N=45 ..... | 54 |
| Abbildung 9: Anzahl der Kriterien in den biologischen Qualitätselementen für eine<br>Befundung nach Modul 1 der Richtlinie Saprobologie (Moog et al. 1999)<br>.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 65 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 10: Anzahl Kriterien für den Phytobentos-Befund und Anzahl ihrer Einträge in das Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“ für den Modul 1 Befund der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999) .....                                                                                                                      | 66 |
| Abbildung 11: Überblick über allgemein formulierte Aufgaben und Anforderungen eines wasserrechtskonformen Screening-Verfahrens.....                                                                                                                                                                                                     | 68 |
| Abbildung 12: Verteilung der saprobiell eingestuften Screening-Taxa in den einzelnen Gewässergüteklassen nach Zelinka & Marvan (1961) .....                                                                                                                                                                                             | 77 |
| Abbildung 13: Bewertungsschema nach der Screening-Methode .....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 84 |
| Abbildung 14: schematische Darstellung zur Ermittlung des ökologischen Qualitätsquotienten .....                                                                                                                                                                                                                                        | 85 |
| Abbildung 15: Schema der Klassifikation für Screening – Allgemeine Belastung ...                                                                                                                                                                                                                                                        | 86 |
| Abbildung 16: Schema der Klassifikation für Screening – Organische Belastung ...                                                                                                                                                                                                                                                        | 86 |
| Abbildung 17: Vergleich der detaillierten MZB-Methode mit der Screening-Methode (Gesamtdatensatz); „-1“: Fehler 1. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu gut eingeschätzt), „0“: übereinstimmendes Ergebnis, „1“: Fehler 2. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu schlecht eingeschätzt), N=347 ..... | 91 |
| Abbildung 18: Anzahl der Screening-Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 4 (Flysch- oder Sandstein-Voralpen): N=20, r=0,59, p<0,05 .....                                                                                                                                                        | 95 |
| Abbildung 19: Anzahl der Screening-Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 12 (Österreichisches Granit-und Gneisgebiet der Böhmisches Masse): N=26, r=0,60, p<0,05 .....                                                                                                                          | 95 |
| Abbildung 20: Abnahme der Anzahl der Screening-Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 13 (östliche Flach-und Hügelländer), N=29 .....                                                                                                                                              | 95 |
| Abbildung 21: Abnahme der Anzahl der Screening-Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 3 (Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen), N=37 .....                                                                                                                          | 95 |
| Abbildung 22: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Leitfähigkeit; Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24, r=-0,84, p<0,05 .....                                                                                                                                                                         | 97 |
| Abbildung 23: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlichen Phosphorgehalts; Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24, r=0,63, p<0,05.....                                                                                                                                                                         | 97 |
| Abbildung 24: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlichen BSB <sub>5</sub> Gehalts Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24, r=-0,43, p<0,05 .....                                                                                                                                                               | 97 |

|                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 25: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlichen Nitritgehalts; Bioregion 13 (Östliche Flach- und Hügelländer): N=24, $r=-0,59$ , $p<0,05$ .....                                                                                         | 97  |
| Abbildung 26: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Choriotopt-Vielfalt; Bioregion 12 (Österreichisches Granit-und Gneisgebiet der Böhmisches Masse): N=37, $r=0,63$ , $p<0,05$ .....                                                       | 98  |
| Abbildung 27: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Choriotopt-Vielfalt; Bioregion 5 (Kalkvoralpen): N=26, $r=0,83$ , $p<0,05$ .....                                                                                                        | 98  |
| Abbildung 28: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 5 (Kalkvoralpen): N=26, $r=0,83$ , $p<0,05$ .....                                                                                          | 99  |
| Abbildung 29: Anzahl der Sensitiven Taxa in Bächen unterschiedlicher Struktur-Vielfalt (Strukturindex); Bioregion 12 (Österreichisches Granit-und Gneisgebiet der Böhmisches Masse); N=37, $r=0,63$ , $p<0,05$ .....                                         | 99  |
| Abbildung 30: Abnahme der Anzahl der Sensitiven Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 3 (Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen), sap. Grundzustand 1,5; N=45.....                        | 99  |
| Abbildung 31: Abnahme der Anzahl der Sensitiven Taxa mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. Grundzustand 1,75; N=71.....                                                              | 99  |
| Abbildung 32: Beziehung von Degradations-Scores mit der numerisch charakterisierten morphologischen Situation (Strukturindex) in Gewässern der Bioregion 12 (Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse): N=26, $r=0,72$ , $p<0,05$ ..... | 104 |
| Abbildung 33: Beziehung von Degradations-Scores mit der numerisch charakterisierten morphologischen Situation (Strukturindex) in Gewässern der Bioregion 4 (Flysch- oder Sandstein-Voralpen): N=20, $r=0,64$ , $p<0,05$ .....                                | 104 |
| Abbildung 34: Abnahme der Degradations-Scores mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. Grundzustand 1,75; N=71.....                                                                     | 104 |
| Abbildung 35: Abnahme der Degradations-Scores mit zunehmender Degradation der ökologischen Zustandsklasse in Gewässern der Bioregion 10 (Vorarlberger Alpenvorland); N=28.....                                                                               | 104 |
| Abbildung 36: Vergleich von Saprobie-Score und den auf Artniveau berechneten Saprobienindices der Probenstellen, gesamter Datensatz Österreich, N=921.....                                                                                                   | 107 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 37: Vergleich von Saprobie-Score und den auf Artniveau berechneten Saprobienindices von Probenstellen der Bioregion 13, saprobieller Grundzustand 1,75, N=58 .....                                                                                                                                   | 108 |
| Abbildung 38: Korrelation von Saprobie-Scores und den auf Artniveau berechneten Saprobienindices der Probenstellen, gesamter Datensatz Österreich: N=921, r=0,85, p<0,05 .....                                                                                                                                 | 109 |
| Abbildung 39: Vergleich der im Freiland erhobenen Sensitiven Taxa mit den Laborwerten für die verschiedenen Institute .....                                                                                                                                                                                    | 118 |
| Abbildung 40: Vergleich der im Freiland erhobenen Screening-Taxa mit den Laborwerten für die verschiedenen Institute .....                                                                                                                                                                                     | 118 |
| Abbildung 41: Triesting oberhalb der Einmündung des Werkskanals ARA Trumau .....                                                                                                                                                                                                                               | 119 |
| Abbildung 42: Monotone Substratverteilung an der Untersuchungsstelle der Triesting .....                                                                                                                                                                                                                       | 119 |
| Abbildung 43: Rosenbach oberhalb des Rosentals .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 120 |
| Abbildung 44: Für Wienerwaldbäche typischer hoher Laubanteil .....                                                                                                                                                                                                                                             | 120 |
| Abbildung 45: Vergleich der Freiland- und Laborerhebung der Sensitiven Taxa an Rosenbach und Triesting .....                                                                                                                                                                                                   | 121 |
| Abbildung 46: Vergleich der Freiland- und Laborerhebung der Screening-Taxa an Rosenbach und Triesting .....                                                                                                                                                                                                    | 121 |
| Abbildung 47: Vergleich der Anzahl der Sensitiven Taxa und Mittelwasserabfluss (m³/s) an der Untersuchungsstelle Piesting oh. ARA aus den Jahren 1994 – 2006, qualitativer Datensatz; Pegel Wöllersdorf (Quelle: Hydrographisches Jahrbuch 1994-2006) .....                                                    | 124 |
| Abbildung 48: Anzahl der Sensitiven Taxa an der Untersuchungsstelle Piesting oh. ARA im jahreszeitlichen Verlauf (Zeitreihe 1993 – 2007), qualitativer Datensatz; die blaue Linie kennzeichnet den Grenzwert des sehr guten, die grüne Linie den Grenzwert des guten Zustandes. N=35 .....                     | 125 |
| Abbildung 49: Vergleich der detaillierten MZB-Methode mit der Screening-Methode; „-1“: Fehler 1. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu gut eingeschätzt), „0“: übereinstimmendes Ergebnis, „1“: Fehler 2. Art (Untersuchungsstelle wird von Screening-Methode zu schlecht eingeschätzt) ..... | 132 |
| Abbildung 50: Lage der Ust. beim Stau Pfahlmühle an der Waldaist; Quelle: Google Earth; die Meterangaben bezeichnen den Abstand zum Wehr .....                                                                                                                                                                 | 133 |

## 14 TABELLENVERZEICHNIS

---

|                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Bewertung des ökologischen Gewässerzustandes gemäß Anhang V der WRRL .....                                                                                                                                 | 16 |
| Tabelle 2: System A, Anhang II der WRRL.....                                                                                                                                                                          | 16 |
| Tabelle 3: System B, Anhang II der WRRL.....                                                                                                                                                                          | 17 |
| Tabelle 4: Begriffsbestimmungen für den sehr guten, guten und mäßigen ökologischen Zustand von Flüssen auf Basis der benthischen wirbellosen Fauna gemäß WRRL, Anhang V .....                                         | 18 |
| Tabelle 5: Modularer Aufbau Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern (Moog et al. 1999) .....                                                                                  | 26 |
| Tabelle 6: Qualitätselemente nach Modul 1 .....                                                                                                                                                                       | 27 |
| Tabelle 7: Bakterien- und Protozoen-Befund; Auszug aus dem Formblatt „Saprobielle Kurzcharakteristik“ der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999).....                                                            | 28 |
| Tabelle 8: Auszug aus dem Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“ der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999) - Einträge „Phytobenthos-Befund“ - kombinierte Version (Moog et al. unveröffentlichte Arbeit)... | 29 |
| Tabelle 9: Auszug aus dem Formblatt „saprobielle Kurzcharakteristik“ der Richtlinie Saprobiologie (Moog et al. 1999) - Einträge „Makrozoobenthosbefund“ .....                                                         | 30 |
| Tabelle 10: Fließgewässer-Bioregionen und „Große Flüsse“ Österreichs .....                                                                                                                                            | 33 |
| Tabelle 11: Liste der speziellen Gewässertypen der Österreichischen Fließgewässer (Wimmer et al. 2007).....                                                                                                           | 35 |
| Tabelle 12: Liste von speziellen Typausprägungen Österreichischer Fließgewässer (Wimmer et al. 2007) .....                                                                                                            | 36 |
| Tabelle 13: Festlegung der Grenzwerte für die saprobiellen Zustandsklassen gemäß prozentueller Abweichungen vom Grundzustand; SI max = 3,6 (Ofenböck et al. 2005) .....                                               | 37 |
| Tabelle 14: Saprobielle Grundzustände in Abhängigkeit von Bioregion, Seehöhe und Einzugsgebiet (aus Moog et al. 2010 nach Stubauer & Moog 2003, verändert).....                                                       | 37 |
| Tabelle 15: Saprobielle Grundzustände der Großen Flüsse (aus Moog et al. 2010 nach Stubauer & Moog 2003, verändert) .....                                                                                             | 38 |
| Tabelle 16: Saprobielle Grundzustände der speziellen Gewässertypen (aus Moog et al. 2010 nach Stubauer & Moog 2003, verändert) .....                                                                                  | 38 |
| Tabelle 17: Innere Differenzierung für Fließgewässertypen gemäß Screening-Methode .....                                                                                                                               | 38 |
| Tabelle 18: Parameter, die pro Untersuchungsstelle erhoben wurden .....                                                                                                                                               | 45 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 19: Umlegungsschema des 7-skaligen Klassifikationsschemas von Spiegler et al. (1989) in das 5-stufige Schema des ökologischen Zustandes nach WRRL.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 48 |
| Tabelle 20: Proben-Spiegel: Anzahl der Untersuchungsstellen pro Bioregion, saprobiellem Grundzustand und Voreinstufung der ökologischen Zustandsklasse (ÖKZ); k.V.: keine Voreinstufung möglich.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 49 |
| Tabelle 21: Beispiel einer Kreuztabelle .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 59 |
| Tabelle 22: Vorschlag einer Umrechnungstabelle zur Umwandlung des Ergebnisses der „Saprobiellen Kurzcharakteristik“ von einem achtstufigen in ein fünfstufiges Bewertungssystem (Moog et al. 2003, unveröffentlichter Bericht) .....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 63 |
| Tabelle 23: Aussagekraft der Screening Metrics zur Indikation unterschiedlicher Stressoren .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 71 |
| Tabelle 24: Einteilung der Screening Metrics zur Abschätzung des ökologischen Zustandes.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 71 |
| Tabelle 25: Liste der Sensitiven Taxa (Moog et al. 2004).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 73 |
| Tabelle 26: Untergrenze der Screening Metrics, die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt, festgelegt für den jeweiligen Fließgewässertyp (Kombination aus Bioregion, sap. Grundzustand, optional Seehöhenklasse, Einzugsgebietsklasse); die Ziffern in Klammern sind vorläufige Grenzwerte, die bei entsprechend verbesserter Datenlage angepasst werden; „-“ signalisiert, dass der Metric für diesen Fließgewässertyp nicht in die Berechnung mit eingeht. .... | 79 |
| Tabelle 27: Untergrenze der Screening Metrics, die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt; festgelegt für Große Flüsse; „-“ signalisiert, dass der Metric für diesen Fließgewässertyp nicht in die Berechnung mit eingeht. ....                                                                                                                                                                                                                                    | 82 |
| Tabelle 28: Untergrenze der Screening Metrics, die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt; festgelegt für spezielle Gewässertypen und Typausprägungen; „-“ signalisiert, dass der Metric für diesen Fließgewässertyp nicht in die Berechnung mit eingeht. ....                                                                                                                                                                                                     | 83 |
| Tabelle 29: Untergrenze des Saprobie-Scores (in Abhängigkeit vom saprobiellen Grundzustand), die gerade noch eine Einstufung in die ökologische Zustandsklasse 1 und 2 erlaubt; .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 83 |
| Tabelle 30: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode * Screening-Methode: Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf                                                                                                                                                     |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,69; N= 347.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 88  |
| Tabelle 31: Kreuztabelle ÖKZ - MMI (Modul Allgemeine Belastung) * ÖKZ Screening – Allgemeine Belastung: Vergleich der Ergebnisse nach dem Modul Allgemeine Belastung (Multimetrischer Index) der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und dem Modul Allgemeine Belastung der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,52; N= 347.....                            | 89  |
| Tabelle 32: Kreuztabelle ÖKZ - Saprobienindex (Modul Saprobie) * ÖKZ Screening – Organische Belastung: Vergleich der Ergebnisse nach dem Modul Saprobie der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) nach dem Saprobienindex (Zelinka & Marvan 1961) und dem Modul Organische Belastung der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen (saprobiellen) Zustandsklassen (ÖKZ). Die saprobiellen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,61; N= 347 ..... | 90  |
| Tabelle 33: Skala zur Schätzung der Abundanz von Makrozoobenthosorganismen (Moog et al. 1999) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 92  |
| Tabelle 34: Korrelation der für Österreich adaptierten bzw. neu entwickelten Metrics mit der ökologischen Zustandsklasse nach multimetrischem Index (Ofenböck et al. 2005, 2010) von hydromorphologisch beeinträchtigten Untersuchungsstellen der Bioregion 12 (Granit-Gneisgebiet der Böhmischen Masse).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 100 |
| Tabelle 35: Korrelation der für Österreich adaptierten bzw. neu entwickelten Metrics mit der ökologischen Zustandsklasse nach multimetrischem Index (Ofenböck et al. 2005, 2010) von hydromorphologisch beeinträchtigten Untersuchungsstellen des Alpenvorlandes und der Ungarischen Tiefebene.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 101 |
| Tabelle 36: Parameter, die für die Berechnung des Strukturindex erhoben wurden .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 102 |
| Tabelle 37: Korrelationsanalyse der ausländischen BMWP- und ASPT-Metrics und dem Saprobie-Score mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 105 |
| Tabelle 38: Korrelation der neu adaptierten Indices und Scores mit dem Saprobienindex nach Zelinka & Marvan (1961) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 106 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 39: Punkteverteilung gemäß den Reduktionserscheinungen in den Gewässergüteklassen und ökologische Zustandsklassen nach detaillierter MZB-Methode (ÖKZ MMI) und Screening-Methode (HB=Handlungsbedarf). Die dunkelgrau markierten Zellen zeigen den Klassensieger, in Abstufung der Farbe auch den Klassenzweiten und - dritten; .....                                                                                                                                                                                | 110 |
| Tabelle 40: Bedingungen, unter denen Reduktionserscheinungen als K.O.- Kriterium angewendet werden; die Aufnahme des Kriteriums erfolgt in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 112 |
| Tabelle 41: Cohens Kappa Koeffizient für die im Datensatz enthaltenen aquatischen Bioregionen; für Probenstellen mit einer Anzahl $\leq 11$ wurde kein Kappa Koeffizient berechnet.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 115 |
| Tabelle 42: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode * Screening-Methode für die Bioregion 17 (Große Alpine Flüsse): Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,56; N= 47 .....            | 116 |
| Tabelle 43: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode * Screening-Methode für die Bioregion 13 (Östliche Flach-und Hügelländer): Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode (Ofenböck et al. 2005, 2010) und der Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „Handlungsbedarf (HB)“ zusammengefasst. Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,58; N= 98 ..... | 117 |
| Tabelle 44: Übersicht über die Anzahl der untersuchten Transekte und Einzelproben, sowie Sammelmethode an den ausgewerteten Stauhaltungen (entnommen Ofenböck et al. 2011) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 127 |
| Tabelle 45: Ergebnisse der Screening-Methode und der detaillierten MZB-Methode von 33 Stauräumen (Ofenböck et al. 2011); die Kategorie HB wird im Zusammenhang mit Stauen als „guter Zustand verfehlt“ bezeichnet .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 128 |
| Tabelle 46: Details zu den Ergebnissen der abweichenden Bewertung der Screening –Methode und detaillierten MZB-Methode für 33 Stauräume (entnommen Ofenböck et al. 2011) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 130 |
| Tabelle 47: Kreuztabelle detaillierte MZB-Methode * Screening-Methode: Vergleich der Ergebnisse nach der detaillierten MZB-Methode und der                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |

---

Screening-Methode ausgedrückt in ökologischen Zustandsklassen (ÖKZ). Die ökologischen Zustandsklassen 3-5 der detaillierten MZB-Methode sind in der Gesamtklasse „ÖKZ 2 verfehlt“ zusammengefasst. Die Kategorie „HB“ der Screening-Methode wird ebenso als „ÖKZ 2 verfehlt“ bezeichnet; Ergebnis des Cohens Kappa Koeffizienten (Maß der Übereinstimmung) = 0,9; N= 33 ..... 132

Tabelle 48: Ergebnisse der Screening-Methode und detaillierten MZB-Methode am Stau Pfahnmühle der Waldaist; Screening Metrics, Multimetrische Indices sowie Saprobienindex sind für jede Untersuchungsstelle einzeln angegeben; die Kategorie HB der Screening-Methode wird im Zusammenhang mit Stauen als „guter Zustand verfehlt“ bezeichnet; saprobieller Grundzustand: 1,75 ..... 134



15 ANHANG

I. Verteilung der Screening Metrics in den ökologischen Zustandsklassen für alle Fließgewässertypen

Für alle Fließgewässertypen sind die Grenzwerte für den sehr guten und guten ökologischen Zustand dargestellt. Die blaue Linie kennzeichnet den vorgeschlagenen Grenzwert des sehr guten, die grüne Linie den vorgeschlagenen Grenzwert des guten Zustandes. Gestrichelte Linien signalisieren einen vorläufigen Grenzwert.

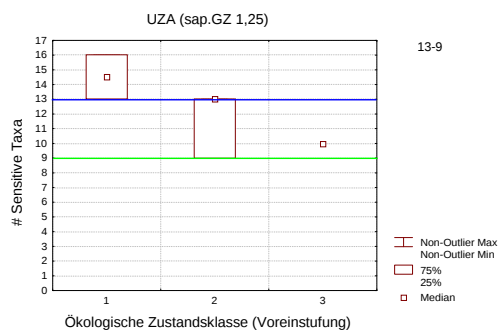


Abbildung A 1: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,25, N=5

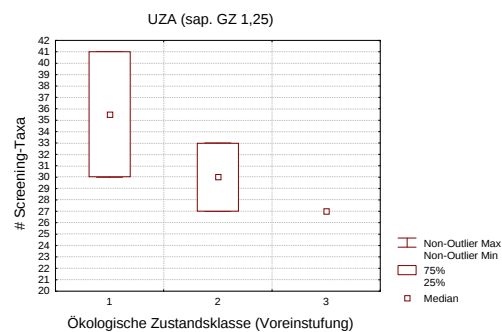


Abbildung A 2: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,25, N=5

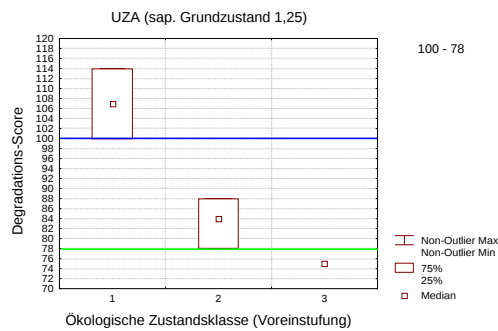


Abbildung A 3: Degradations-Score für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,25, N=5

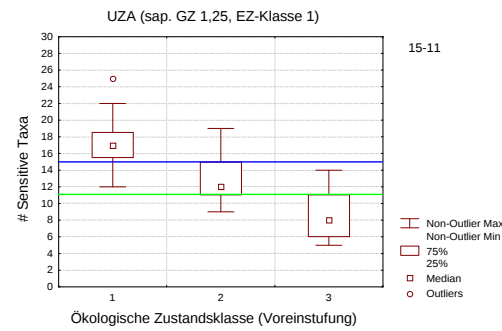


Abbildung A 4: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 1, N=64

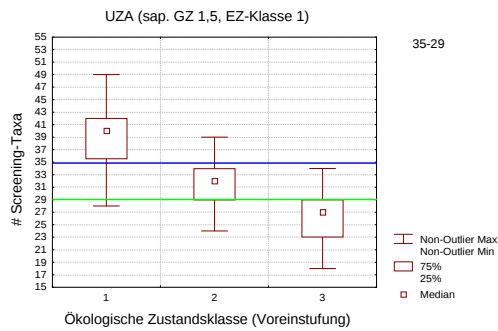


Abbildung A 5: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 1, N=64

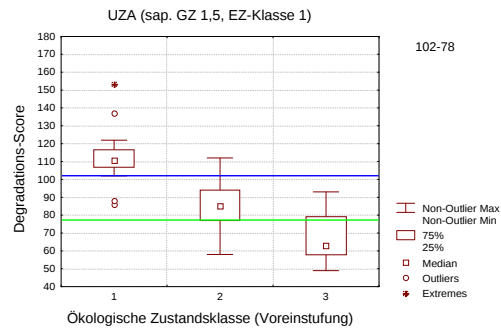


Abbildung A 6: Degradations-Score für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 1, N=64

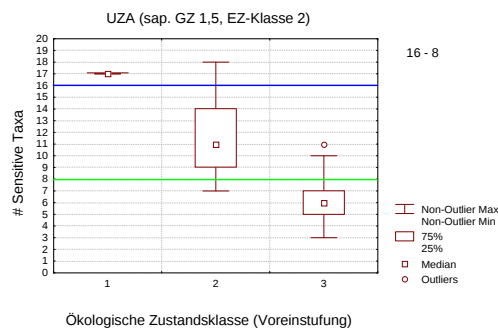


Abbildung A 7: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 2, N=64

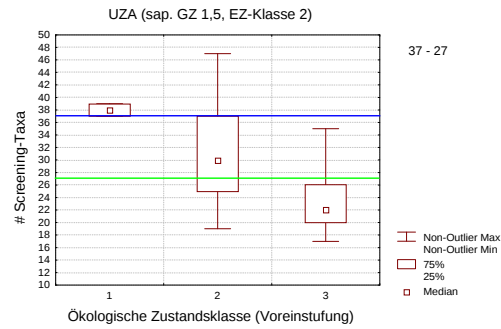


Abbildung A 8: Anzahl Screening Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 2, N=64

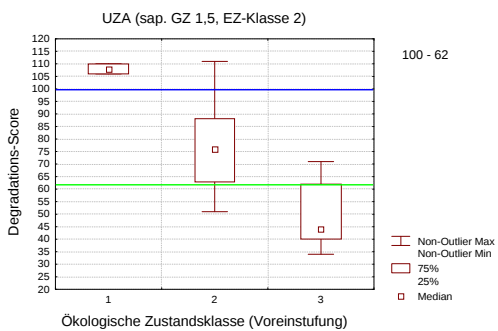


Abbildung A 9: Degradations-Score für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 2, N=64

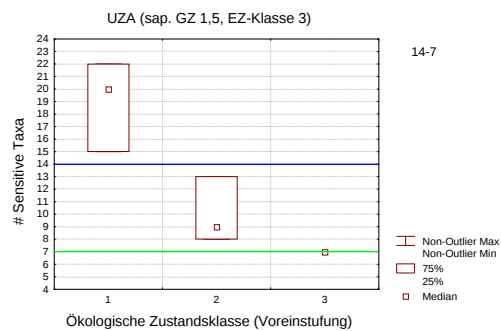


Abbildung A 10: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 3, N=8

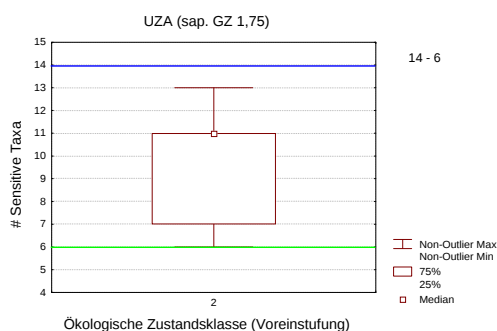


Abbildung A 11: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologische Zustandsklasse 2, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,75, N=9

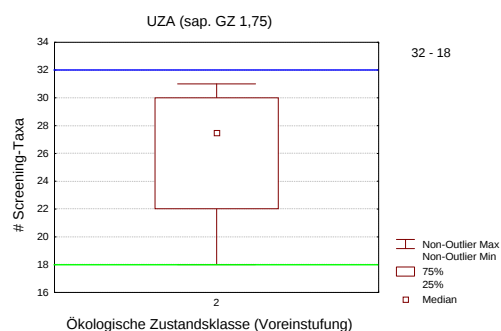


Abbildung A 12: Anzahl Screening-Taxa für die ökologische Zustandsklasse 2, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,75 N=9

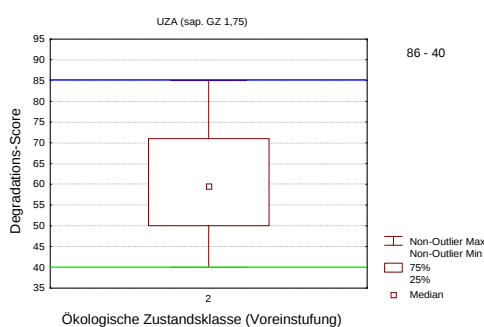


Abbildung A 13: Degradations-Score für die ökologische Zustandsklasse 2, Bioregion 2 (Unvergletscherte Zentralalpen), sap. GZ 1,75 N=9

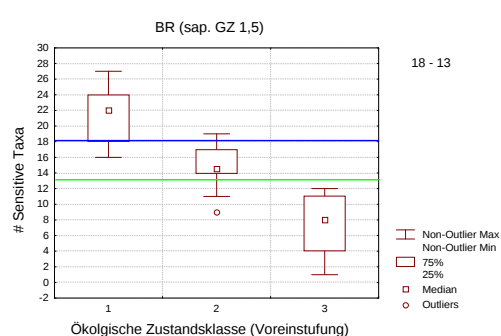


Abbildung A 14: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 3 (Bergrücken), sap. GZ 1,5, N=37

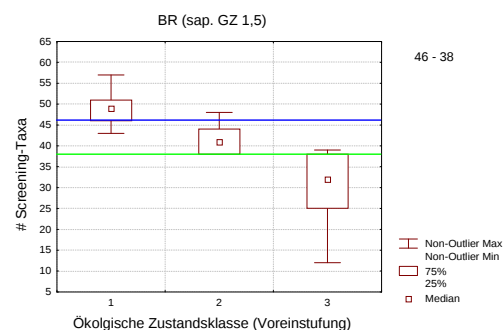


Abbildung A 15: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 3 (Bergrücken), sap. GZ 1,5, N=37

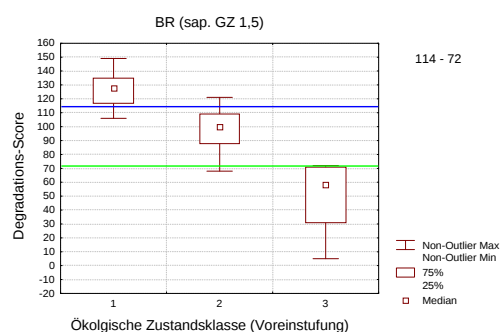


Abbildung A 16: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 3 (Bergrücken), sap. GZ 1,5, N=37

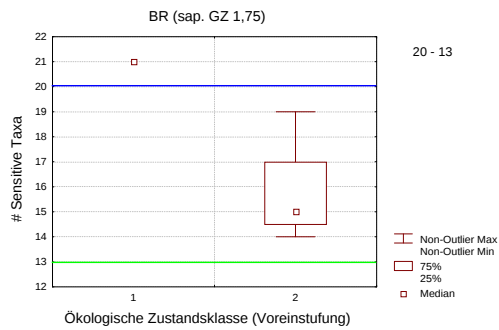


Abbildung A 17: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 3 (Bergrücken), sap. GZ 1,75, N=4

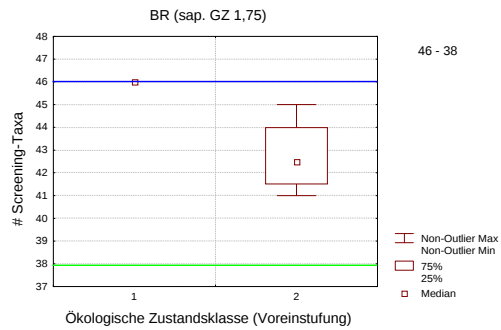


Abbildung A 18: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 3 (Bergrücken), sap. GZ 1,75, N=4

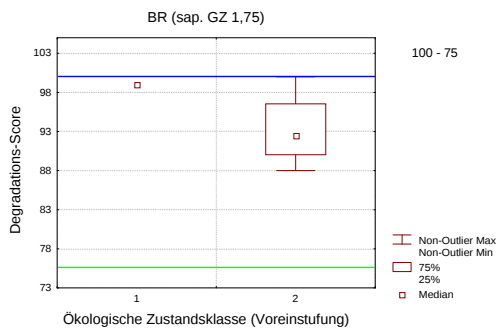


Abbildung A 19: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 3 (Bergrücken), sap. GZ 1,75, N=4

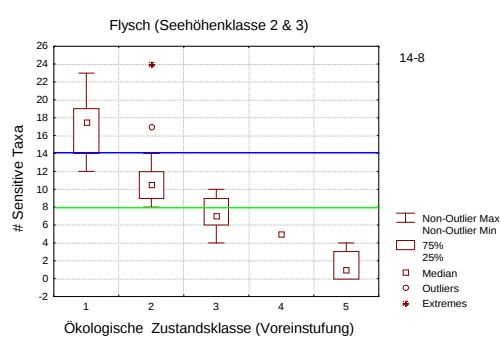


Abbildung A 20: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 4 (Flysch), Seehöhenklasse 2 & 3, N=46

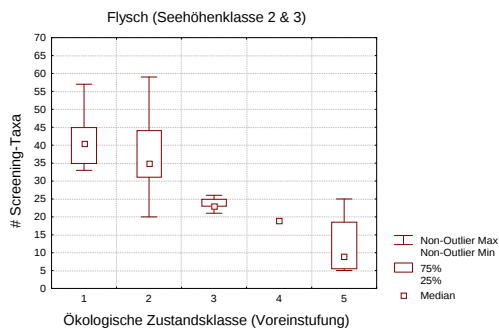


Abbildung A 21: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 4 (Flysch), Seehöhenklasse 2 & 3, N=46

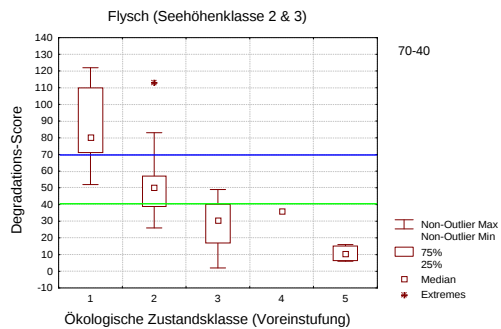


Abbildung A 22: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 4 (Flysch), Seehöhenklasse 2 & 3, N=46

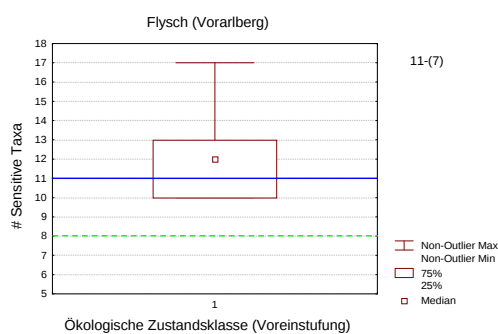


Abbildung A 23: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologische Zustandsklasse 1, Bioregion 4 (Flysch), Vorarlberger Untersuchungsstellen, N=9

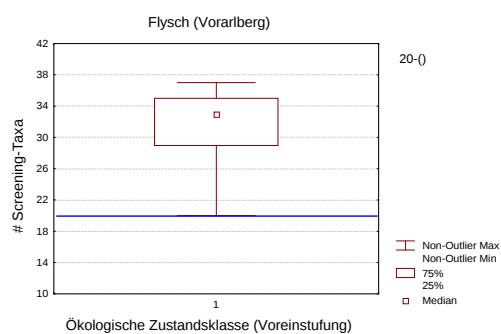


Abbildung A 24: Anzahl Screening-Taxa für die ökologische Zustandsklasse 1, Bioregion 4 (Flysch), Vorarlberger Untersuchungsstellen, N=9

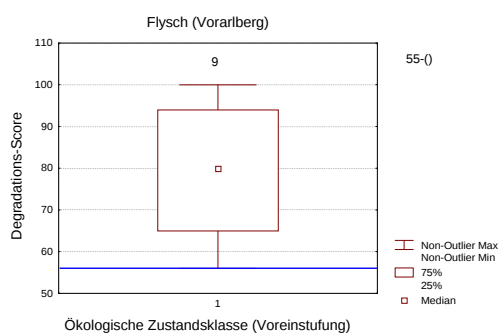


Abbildung A 25: Degradations-Score für die ökologische Zustandsklasse 1, Bioregion 4 (Flysch), Vorarlberger Untersuchungsstellen, N=9

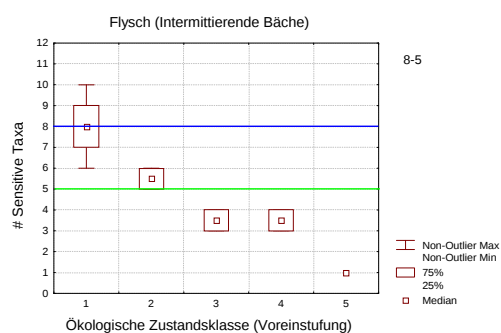


Abbildung A 26: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologische Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 4 (Flysch), Intermittierende Bäche, N=15

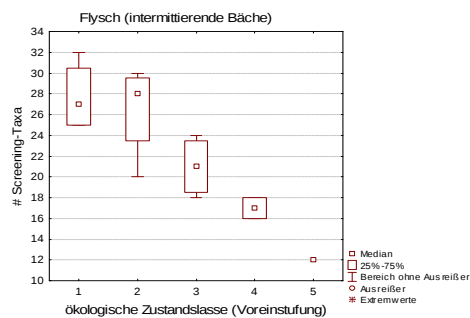


Abbildung A 27: Anzahl Screening-Taxa für die ökologische Zustandsklasse 1 bis 5, Bioregion 4 (Flysch), Intermittierende Bäche, N=15

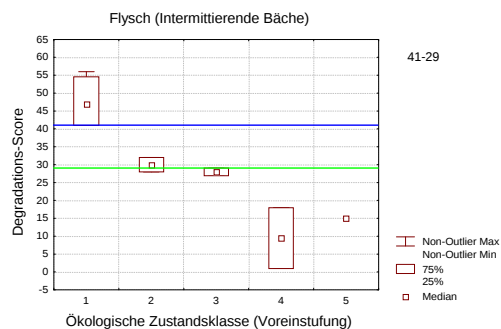


Abbildung A 28: Degradations-Score für die ökologische Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 4 (Flysch), Intermittierende Bäche, N=15

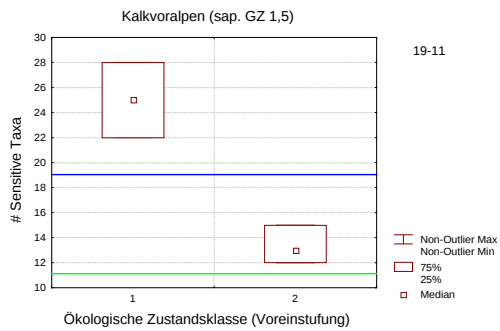


Abbildung A 29: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. GZ 1,5, N=7

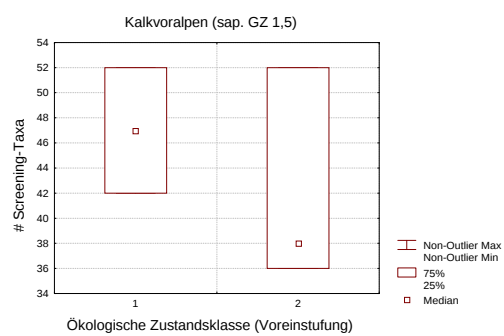


Abbildung A 30: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. GZ 1,5, N=7

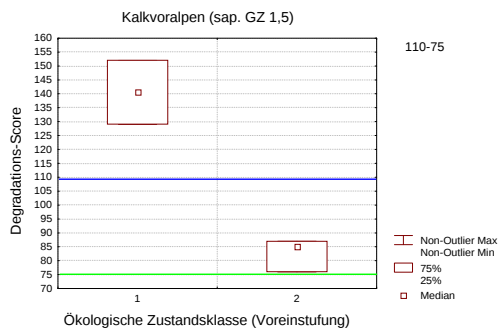


Abbildung A 31: Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. GZ 1,5, N=7

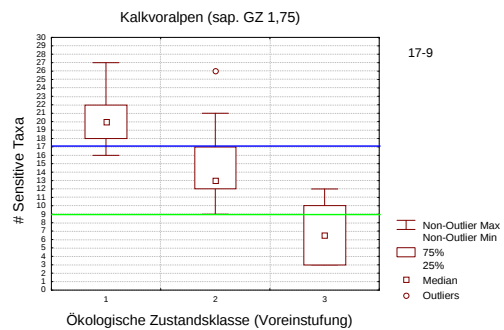


Abbildung A 32: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. GZ 1,75, N=64

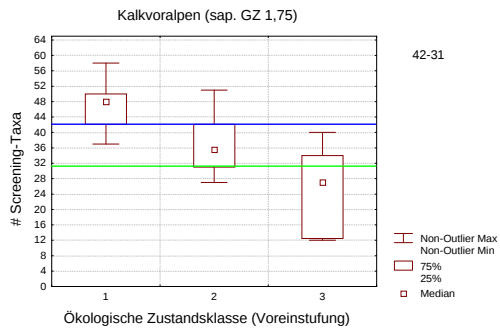


Abbildung A 33: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. GZ 1,75, N=64

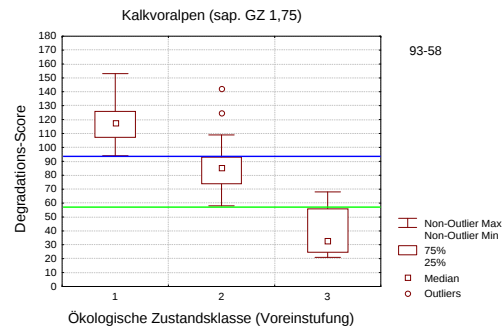


Abbildung A 34: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 5 (Kalkvoralpen), sap. GZ 1,75, N=64

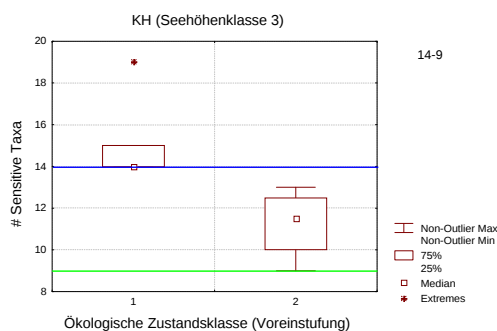


Abbildung A 35: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 6 (Kalkhochalpen), sap. GZ 1,5, Seehöhenklasse 3, N=11

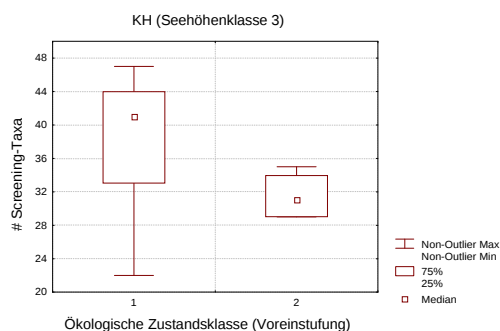


Abbildung A 36: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 6 (Kalkhochalpen), sap. GZ 1,5, Seehöhenklasse 3, N=11

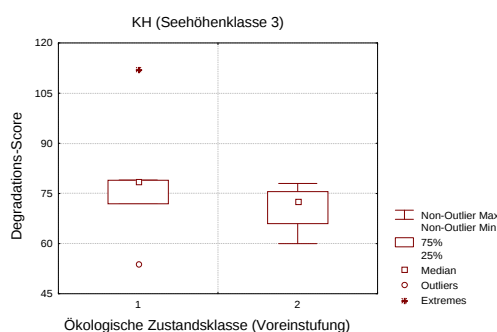


Abbildung A 37: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 6 (Kalkhochalpen), sap. GZ 1,5, Seehöhenklasse 3, N=11

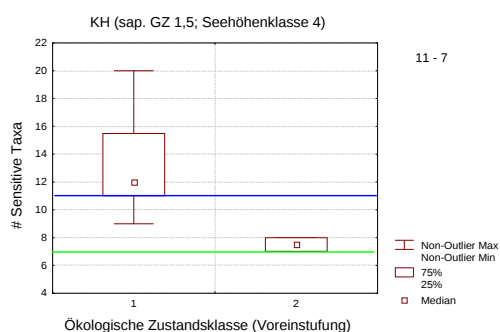


Abbildung A 38: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 6 (Kalkhochalpen), sap. GZ 1,5, Seehöhenklasse 4, N=10

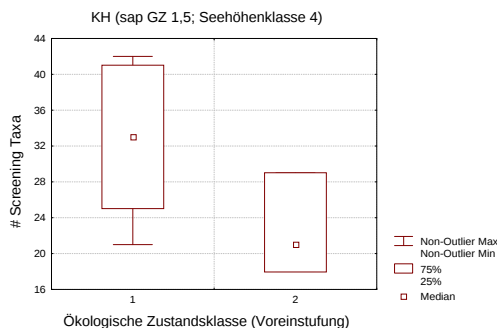


Abbildung A 39: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 6 (Kalkhochalpen), sap. GZ 1,5, Seehöhenklasse 4, N=10

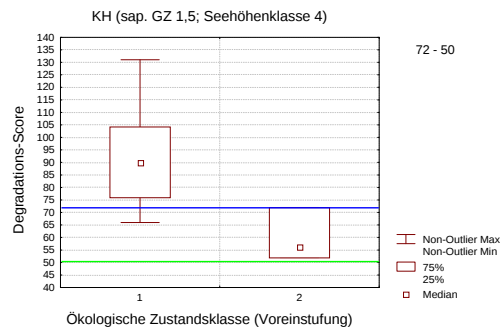


Abbildung A 40: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 6 (Kalkhochalpen), sap. GZ 1,5, Seehöhenklasse 4, N=10

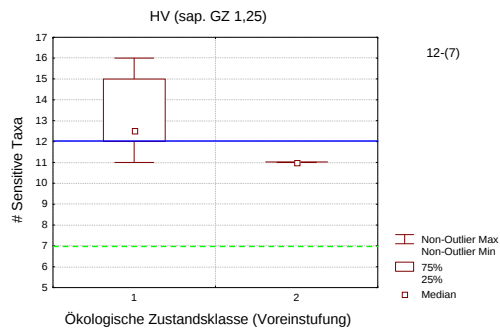


Abbildung A 41: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 8 (Helvetikum), sap. GZ 1,25, N=9

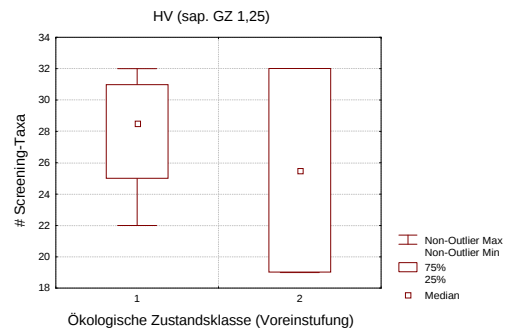


Abbildung A 42: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 8 (Helvetikum), sap. GZ 1,25, N=9

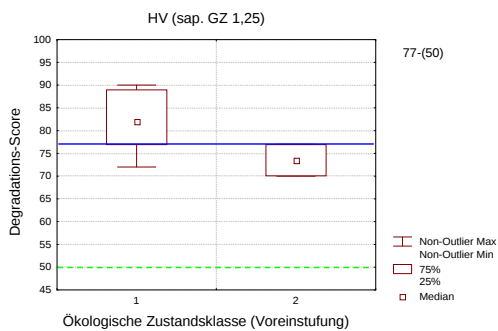


Abbildung A 43: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 8 (Helvetikum), sap. GZ 1,25, N=9

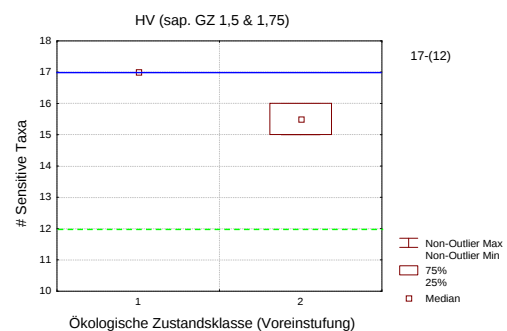


Abbildung A 44: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 8 (Helvetikum), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=3

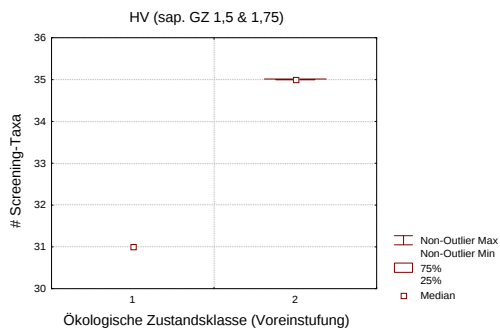


Abbildung A 45: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 8 (Helvetikum), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=3

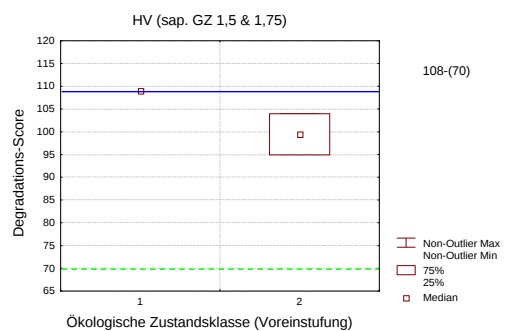


Abbildung A 46: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Bioregion 8 (Helvetikum), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=3

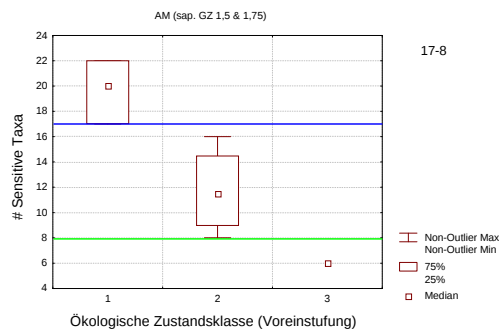


Abbildung A 47: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 9 (Alpine Molasse), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=22

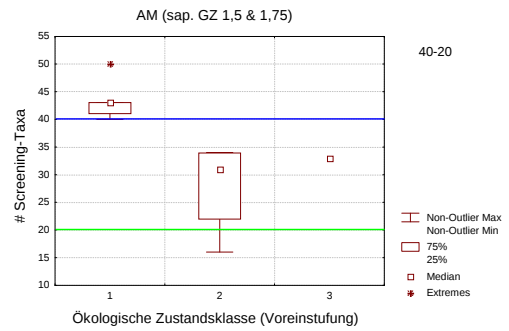


Abbildung A 48: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 9 (Alpine Molasse), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=22

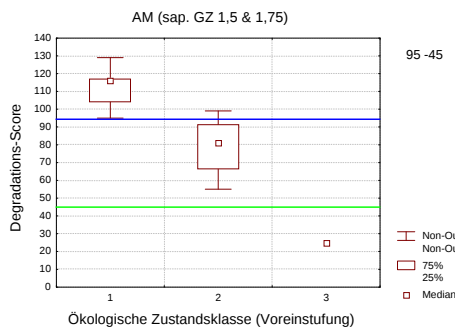


Abbildung A 49: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 9 (Alpine Molasse), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=22

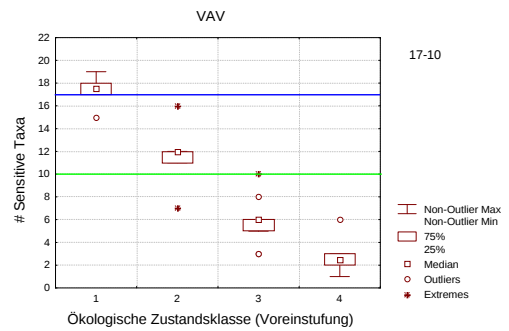


Abbildung A 50: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 4, Bioregion 10 (Alpine Molasse), sap. GZ 1,5 & 1,75 & 2,0, N=29

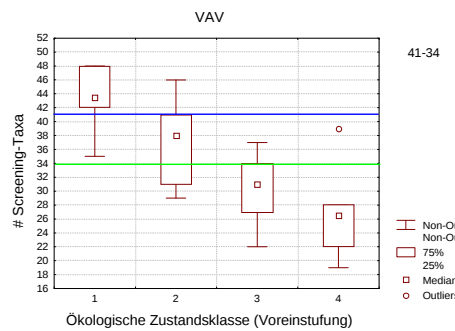


Abbildung A 51: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 4, Bioregion 9 (Alpine Molasse), sap. GZ 1,5 & 1,75 & 2,0, N=29

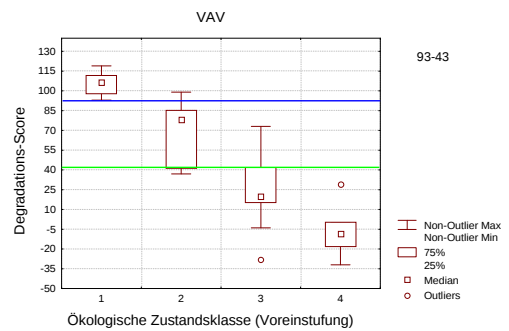


Abbildung A 52: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 4, Bioregion 9 (Alpine Molasse), sap. GZ 1,5 & 1,75 & 2,0, N=29

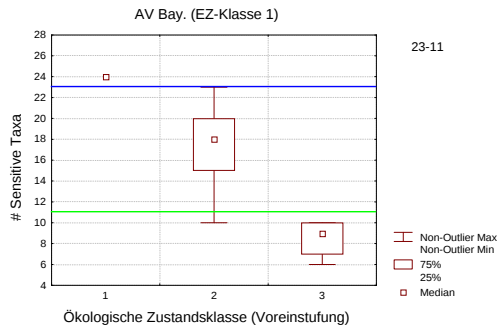


Abbildung A 53: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 11 (bayr.- österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 1, N=16

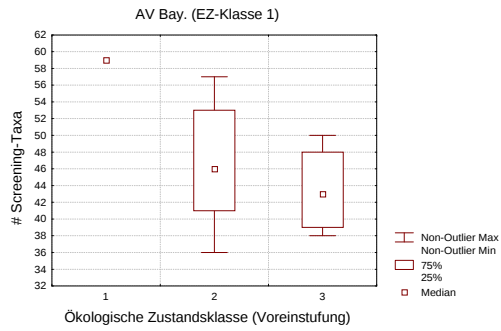


Abbildung A 54: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 11 (bayr.- österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 1, N=16

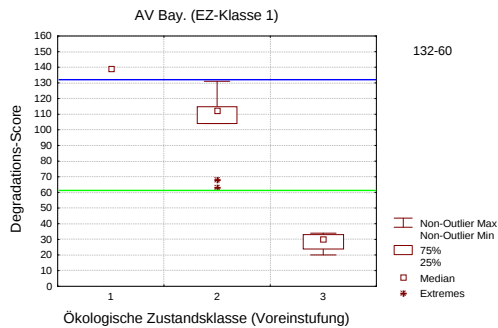


Abbildung A 55: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 11 (bayr.- österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 1, N=16

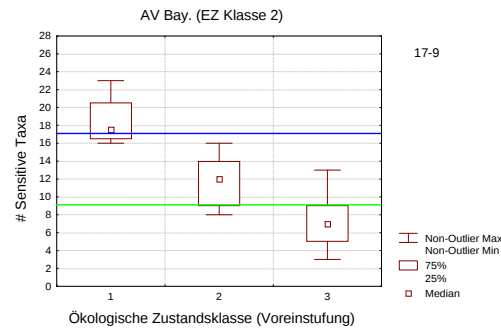


Abbildung A 56: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 11 (bayr.- österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 2, N=39

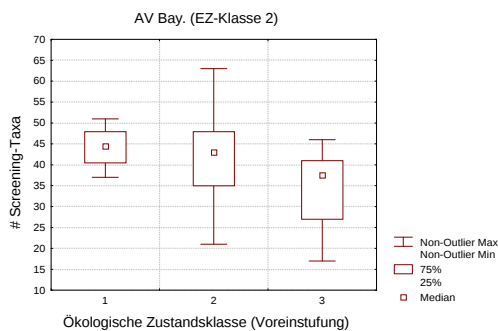


Abbildung A 57: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 11 (bayr.- österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 2, N=39

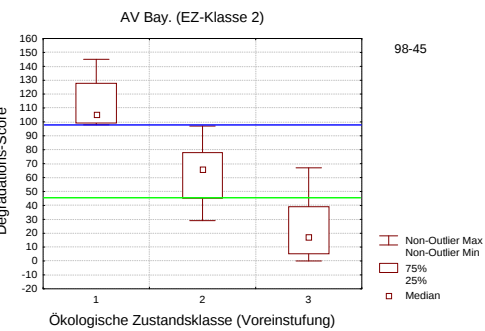


Abbildung A 58: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 11 (bayr.- österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 2, N=39

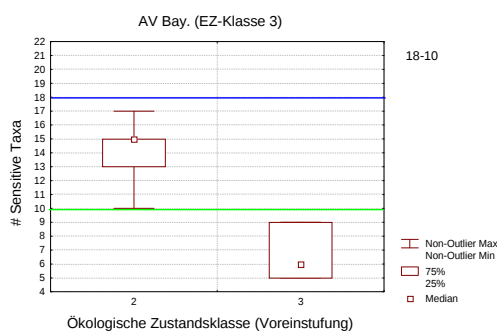


Abbildung A 59: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 11 (bayr.-österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 3, N=9

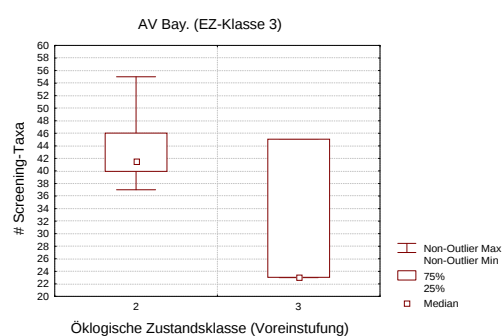


Abbildung A 60: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 11 (bayr.-österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 3, N=9

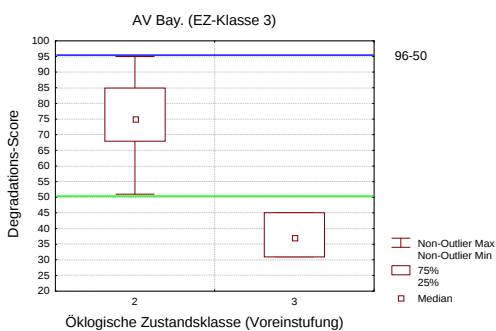


Abbildung A 61: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 11 (bayr.-österr. Alpenvorland), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 3, N=9

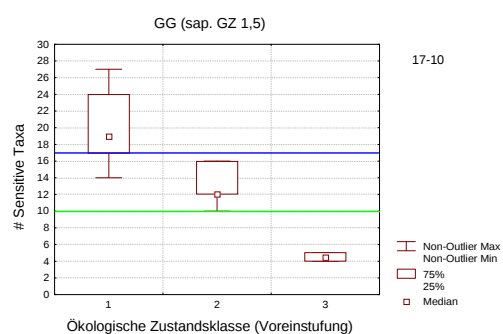


Abbildung A 62: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 12 (Granit-Gneis), sap. GZ 1,5, N=20

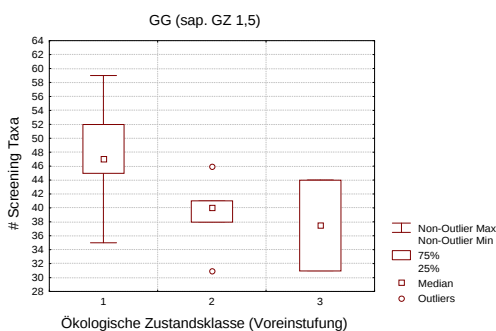


Abbildung A 63: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 12 (Granit-Gneis), sap. GZ 1,5, N=20

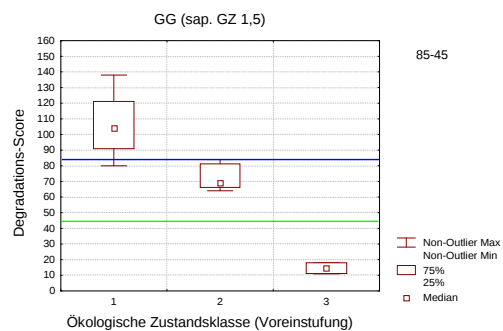


Abbildung A 64: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 12 (Granit-Gneis), sap. GZ 1,5, N=20

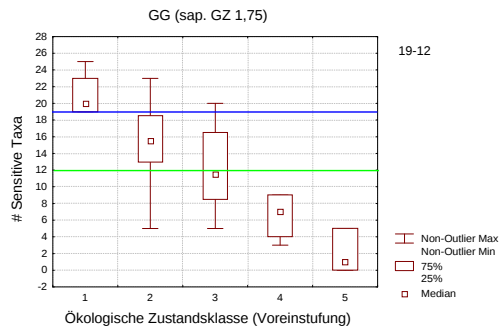


Abbildung A 65: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 12 (Granit-Gneis), sap. GZ 1,75, N=72

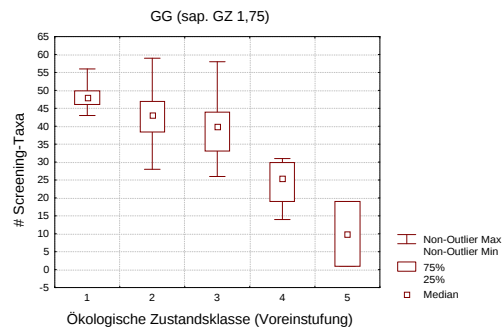


Abbildung A 66: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 12 (Granit-Gneis), sap. GZ 1,75, N=72

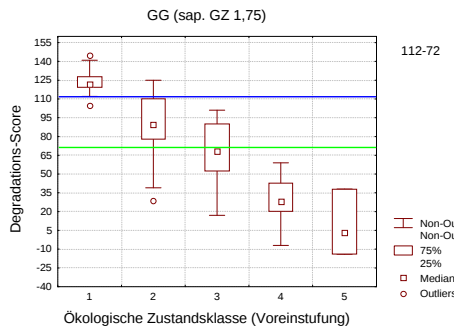


Abbildung A 67: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5, Bioregion 12 (Granit-Gneis), sap. GZ 1,75, N=72

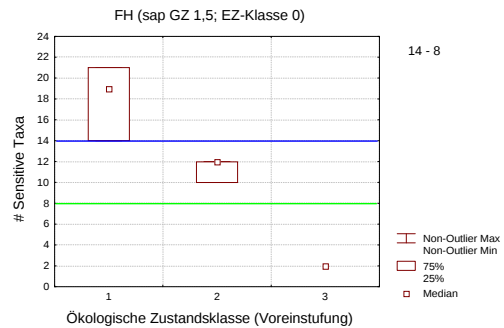


Abbildung A 68: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,5 , Einzugsgebietsklasse 0, N=7

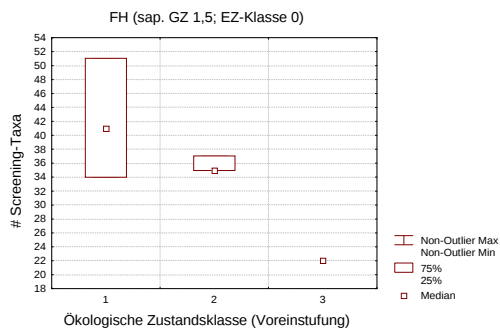


Abbildung A 69: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,5 , Einzugsgebietsklasse 0, N=7

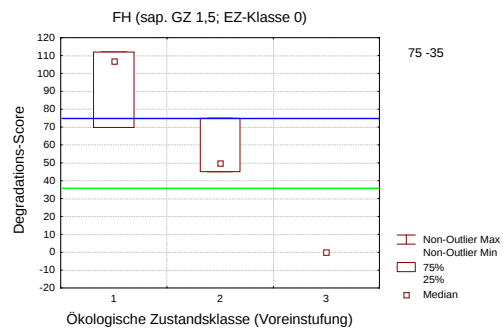


Abbildung A 70: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,5 , Einzugsgebietsklasse 0, N=7

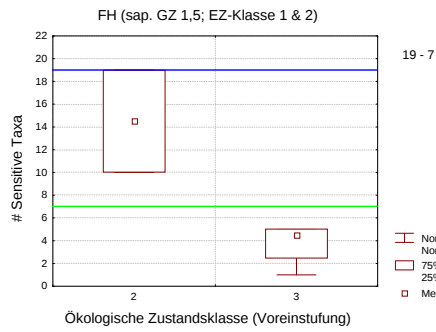


Abbildung A 71: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 1 & 2, N=9

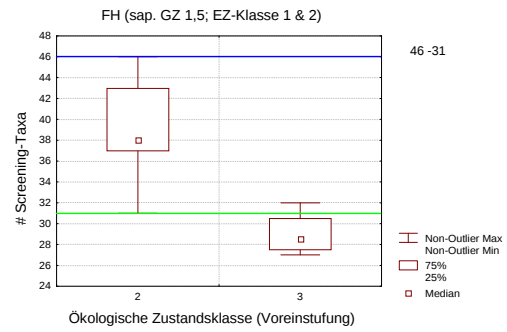


Abbildung A 72: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 1 & 2, N=9

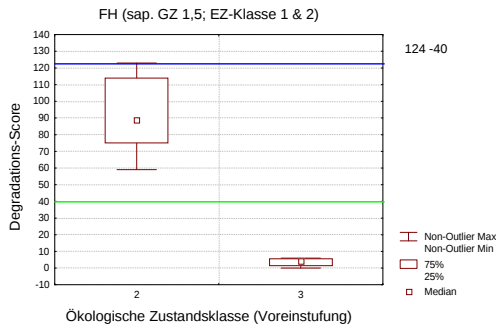


Abbildung A 73: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,5, Einzugsgebietsklasse 1 & 2, N=9

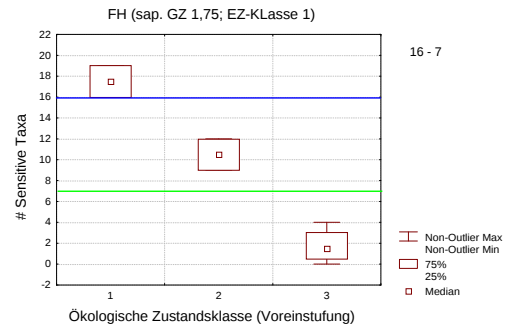


Abbildung A 74: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 1, N=8

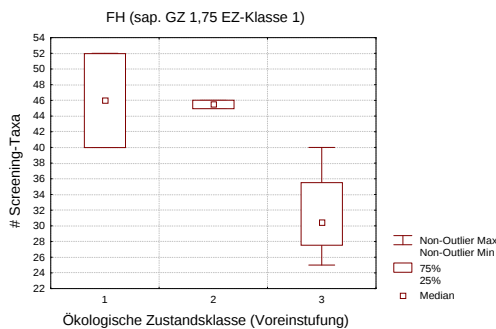


Abbildung A 75: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse, N=8

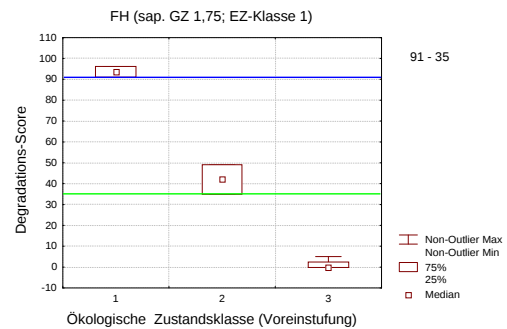


Abbildung A 76: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 1, N=8

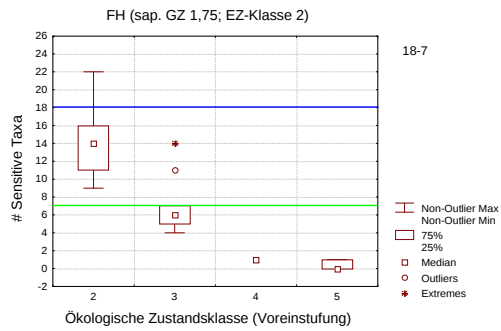


Abbildung A 77: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75 , Einzugsgebietsklasse 2, N=35

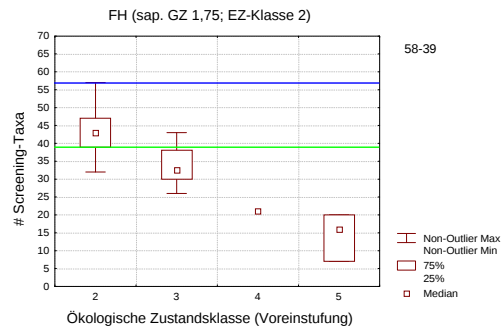


Abbildung A 78: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5 Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75 , Einzugsgebietsklasse 2, N=35

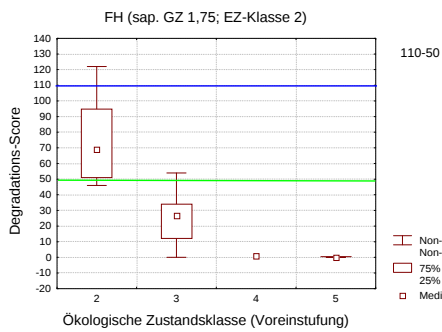


Abbildung A 79: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75 , Einzugsgebietsklasse 2, N=35

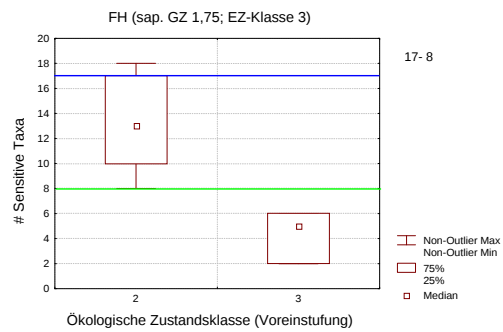


Abbildung A 80: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 3, N=12

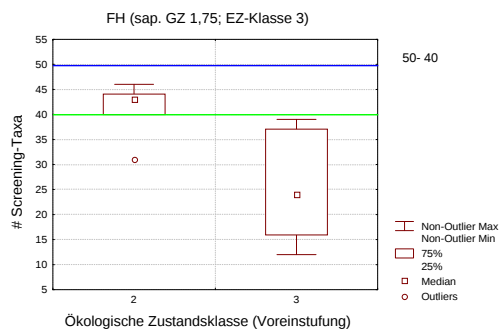


Abbildung A 81: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 3, N=12

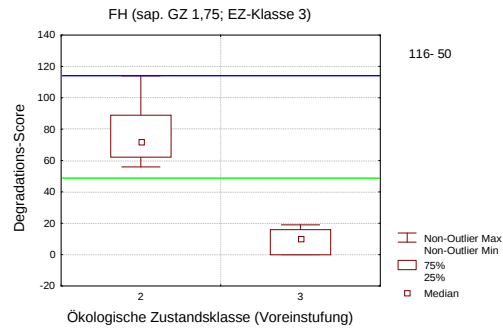


Abbildung A 82: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 2 & 3, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 1,75, Einzugsgebietsklasse 3, N=12

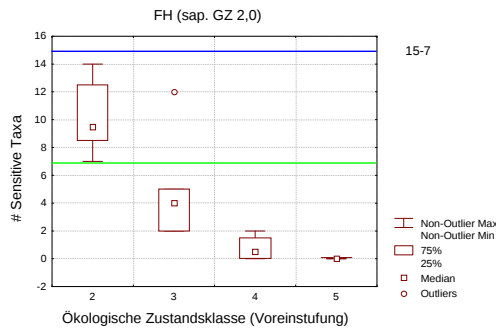


Abbildung A 83: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5, Bioregion 13 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 2,0, N=29

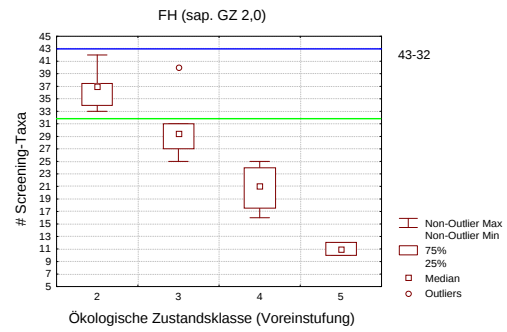


Abbildung A 84: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5, Bioregion 11 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 2,0, N=29

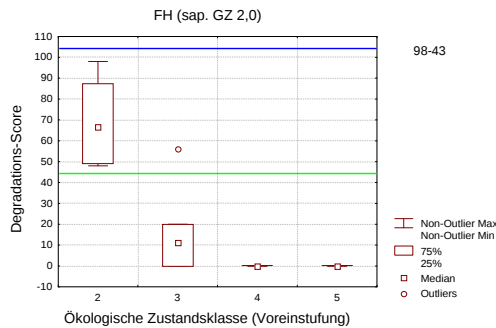


Abbildung A 85: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 2 - 5, Bioregion 11 (östl. Flach – u. Hügelländer), sap. GZ 2,0, N=29

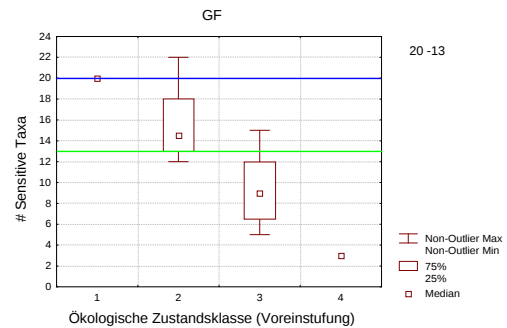


Abbildung A 86: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 - 4, Bioregion 14 (Grazer Feld und Grabenland), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=25

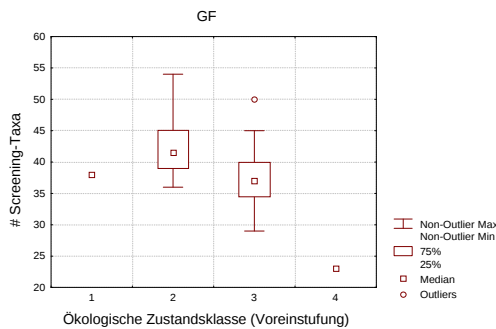


Abbildung A 87: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 4, Bioregion 14 (Grazer Feld und Grabenland), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=25

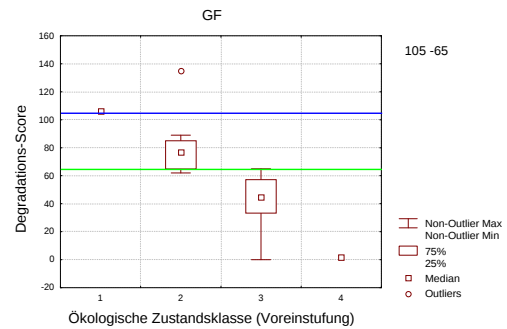


Abbildung A 88: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 4, Bioregion 14 (Grazer Feld und Grabenland), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=25

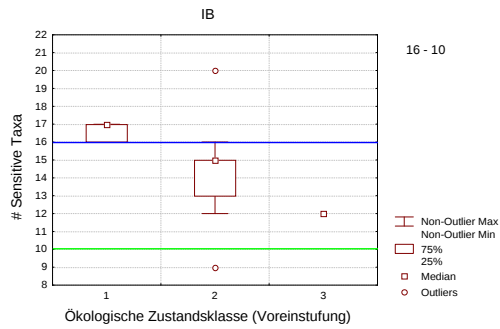


Abbildung A 89: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 14 (südl. Inneralpine Becken), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=19

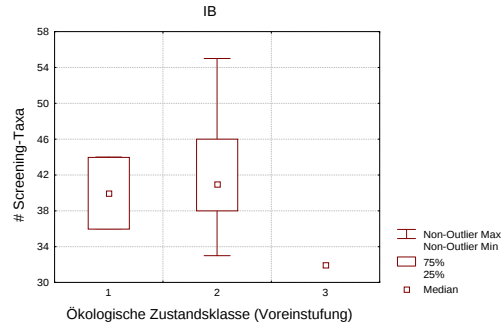


Abbildung A 90: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 14 (südl. Inneralpine Becken), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=19

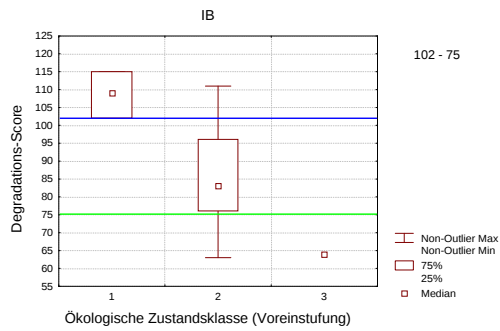


Abbildung A 91: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 14 (südl. Inneralpine Becken), sap. GZ 1,5 & 1,75, N=19

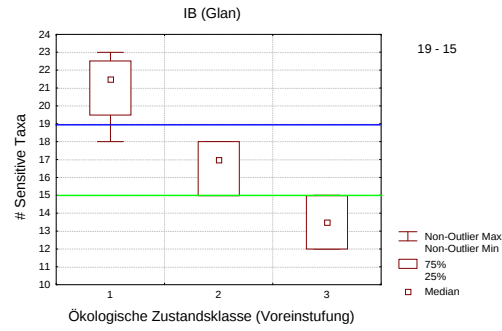


Abbildung A 92: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 14 (südl. Inneralpine Becken), Glan, N=10

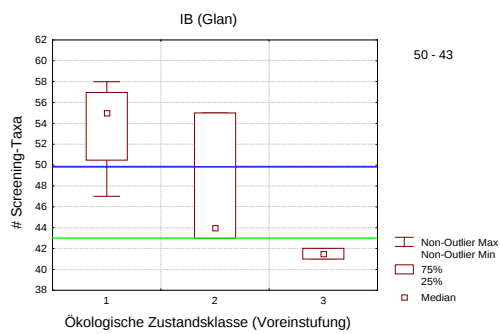


Abbildung A 93: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 14 (südl. Inneralpine Becken), Glan, N=8

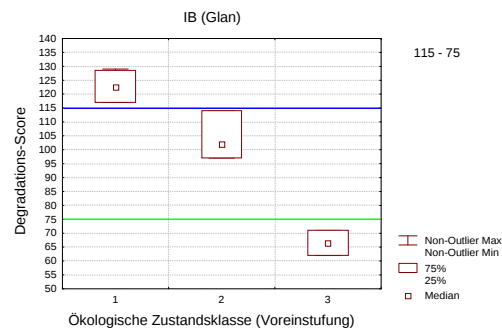


Abbildung A 94: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 3, Bioregion 14 (südl. Inneralpine Becken), Glan, N=8

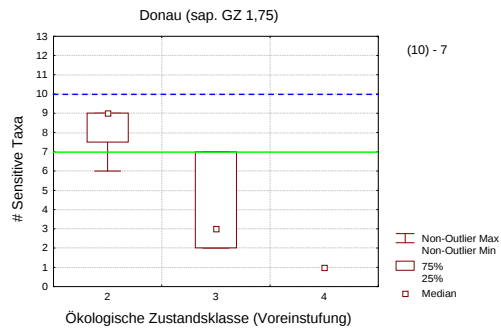


Abbildung A 95: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 4, Grosse Flüsse, Donau, N=14

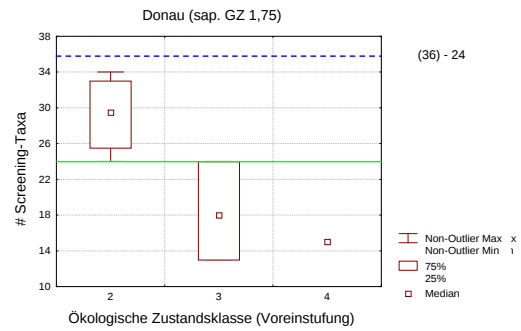


Abbildung A 96: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 4, Grosse Flüsse, Donau, N=14

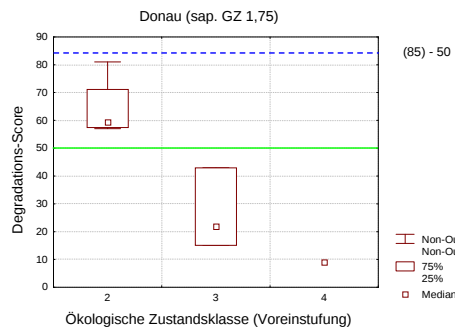


Abbildung A 97: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 4, Grosse Flüsse, Donau, N=14

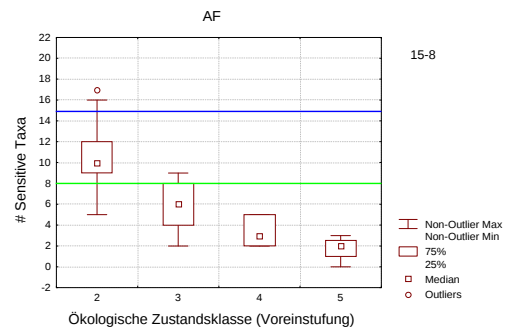


Abbildung A 98: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5, Grosse Alpine Flüsse, N=63

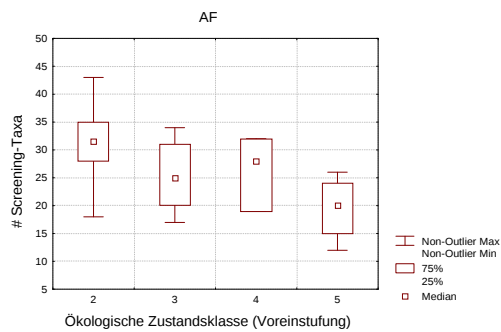


Abbildung A 99: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5, Grosse Alpine Flüsse, N=63

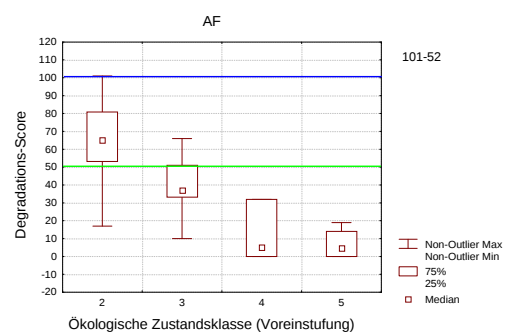


Abbildung A 100: Degradations-Score für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 5, Grosse Alpine Flüsse, N=63

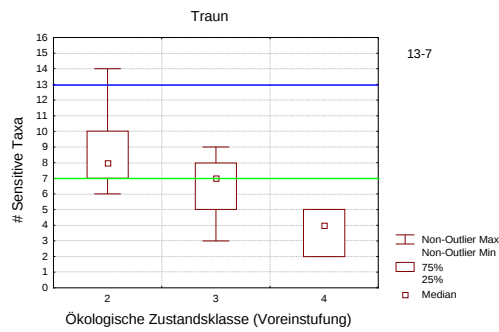


Abbildung A 101: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 4, Grosse Alpine Flüsse, Traun, N=24

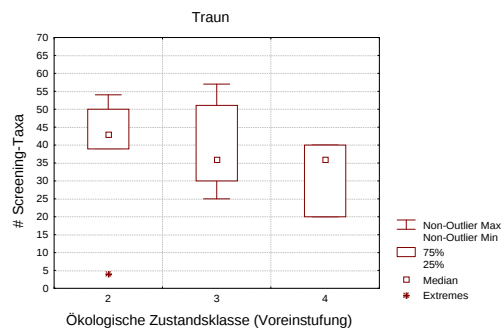


Abbildung A 102: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 4, Grosse Alpine Flüsse, Traun, N=24

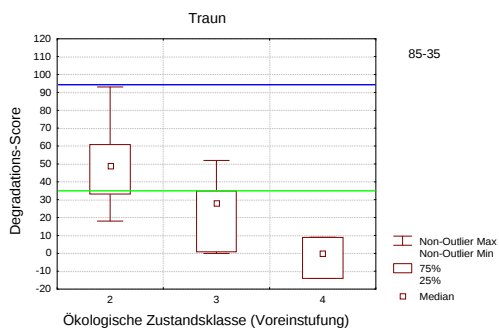


Abbildung A 103: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 2 bis 4, Grosse Flüsse, Traun, N=24

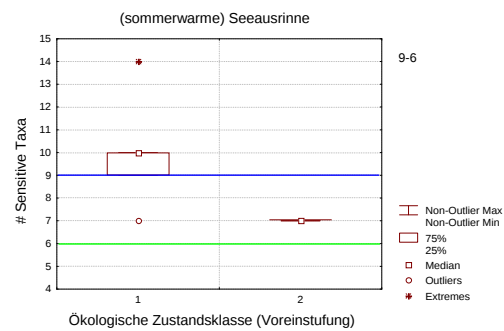


Abbildung A 104: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, sommerwarme Seeausrinne, N=10

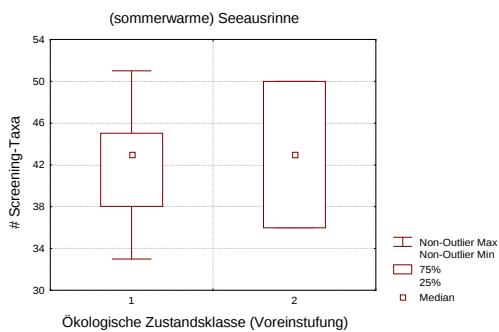


Abbildung A 105: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, sommerwarme Seeausrinne, N=10

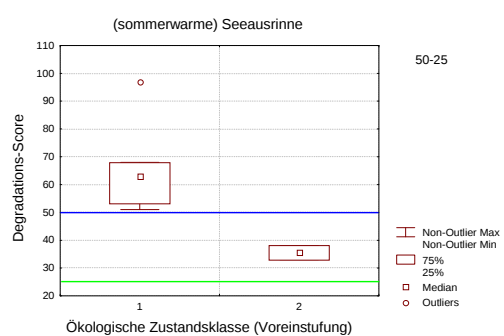


Abbildung A 106: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, sommerwarme Seeausrinne, N=17

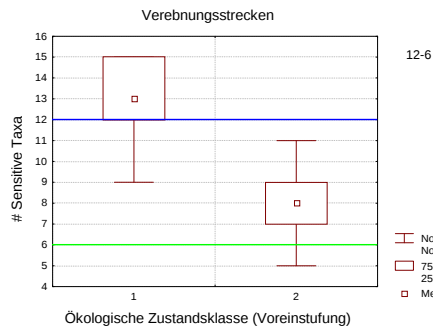


Abbildung A 107: Anzahl Sensitive Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Verebnungsstrecken, N=17

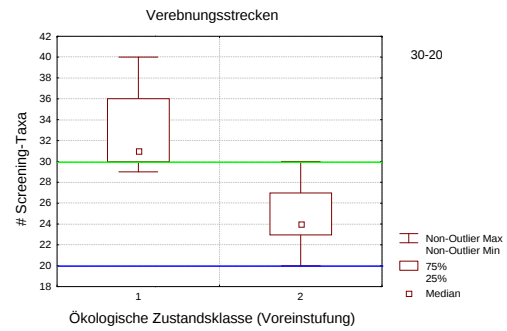


Abbildung A 108: Anzahl Screening-Taxa für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Verebnungsstrecken, N=17

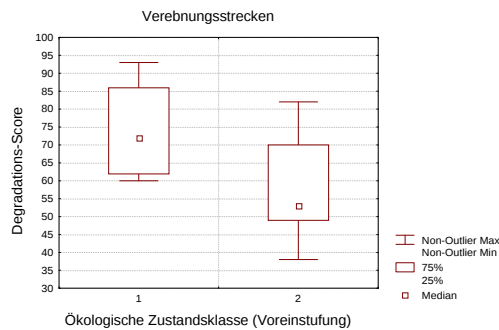


Abbildung A 109: Degradations-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, Verebnungsstrecken, N=17

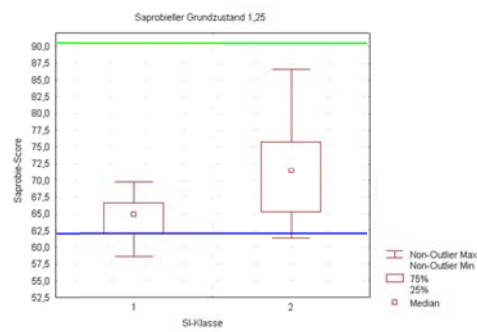


Abbildung A 110: Saprobie-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 & 2, saprobielle Zustandsklasse 1,25

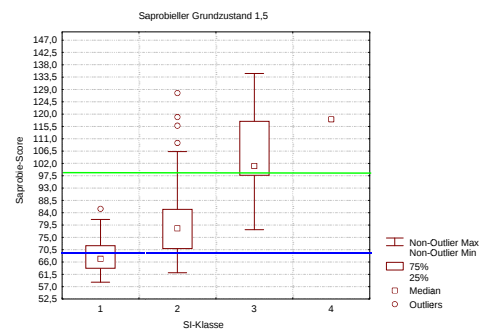


Abbildung A 111: Saprobie-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 4 saprobielle Zustandsklasse 1,5

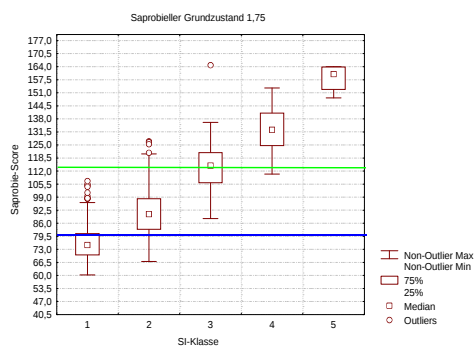


Abbildung A 112: Saprobie-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 5 saprobielle Zustandsklasse 1,75

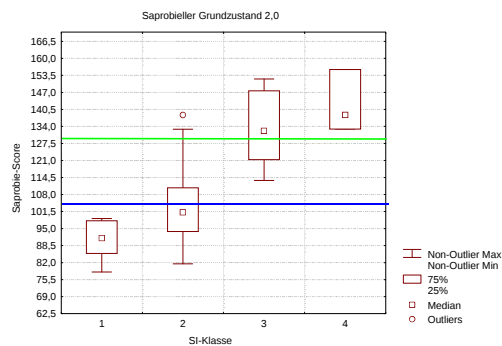


Abbildung A 113: Saprobie-Scores für die ökologischen Zustandsklassen 1 bis 4 saprobielle Zustandsklasse 2,0

## II. Screening-Taxaliste inclusive Sensitive Taxa, Saprobie-und Degradations-Scores

Tabelle A 1: Einstufungen der Screening-Taxa in Hinblick auf den Saprobie-Score und die Degradations-Scores für Alpen, Mittelgebirge und Vorländer und Vergabe des sensitiven Status eines Taxons

| Screening-Taxon                                                              | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                                                              |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| Spongillidae Gen. sp.                                                        |                  | 105            | -2                 | -1               | 1               |
| Hydrozoa                                                                     |                  | 90             |                    |                  |                 |
| <i>Craspedacusta sowerbyi</i>                                                |                  | 125            |                    |                  |                 |
| Turbellaria                                                                  |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Dendrocoelum lacteum</i> -Typ (weisslich)                                 |                  | 135            | -5                 | -4               | -4              |
| <i>Dugesia zigrina</i>                                                       |                  | 110            |                    |                  |                 |
| Nematomorpha-Gordiidae Gen. sp.                                              |                  |                |                    |                  |                 |
| Nematoda-Mermithidae Gen. sp.                                                |                  |                |                    |                  |                 |
| Gastropoda                                                                   |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Theodoxus</i> sp.                                                         | X                | 90             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Viviparus</i> sp.                                                         | X                | 105            | 3                  | 4                | 5               |
| Hydrobiidae Gen. sp. excl. <i>Potamopyrgus</i> sp. & <i>Lithoglyphus</i> sp. | X                | 10             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Bythinella</i> sp.                                                        | X                | 10             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Potamopyrgus antipodarum</i>                                              |                  | 140            | -5                 | -5               | -5              |
| <i>Lithoglyphus naticoides</i>                                               | X                | 110            |                    |                  | 5               |
| <i>Bithynia</i> sp.                                                          |                  | 110            | -3                 | -3               | -1              |
| Melanopsidae Gen. sp. ( <i>Microcolpia</i> sp., <i>Esperiana</i> sp.)        |                  |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Holandriana holandrii</i>                                                 |                  | 10             | 1                  | 1                | 1               |
| Thiaridae Gen. sp. ( <i>Melanoides tuberculata</i> )                         |                  |                |                    |                  |                 |
| Valvatidae Gen. sp.                                                          |                  | 115            | -3                 | -3               | -3              |
| <i>Acroloxus lacustris</i>                                                   |                  | 110            | -2                 | -2               | -2              |
| Lymnaeidae Gen. sp.                                                          |                  |                | -2                 |                  | 2               |
| <i>Lymnaea stagnalis</i>                                                     |                  | 100            | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Stagnicola</i> sp.                                                        |                  | 95             | -4                 | -4               | -2              |
| <i>Radix amplexa/auricularia</i>                                             |                  | 115            | -4                 | -4               |                 |

| Screening-Taxon                                                | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|----------------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                                                |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| <i>Radix ovata/peregra</i>                                     |                  | 100            | -4                 | -2               |                 |
| <i>Physa fontinalis</i>                                        |                  | 75             | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Physella acuta/heterostropha</i>                            |                  | 135            | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Aplexa hypnorum</i>                                         |                  | 80             |                    |                  |                 |
| Planorbidae Gen. sp.                                           |                  | 110            |                    |                  |                 |
| <i>Ancylus fluviatilis</i>                                     |                  | 90             | 1                  | 1                | 4               |
| <i>Planorbarius corneus</i>                                    |                  | 110            |                    |                  |                 |
| <i>Bivalvia</i>                                                |                  |                | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Margaritifera margaritifera</i>                             | X                | 40             |                    | 5                | 5               |
| <i>Unio</i> sp.                                                |                  |                | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Unio crassus</i> ssp.                                       | X                | 85             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Unio pictorum</i> ssp.                                      |                  | 95             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Unio tumidus</i> ssp.                                       | X                | 120            | 5                  | 5                | 5               |
| Anodontinae Gen. sp.                                           |                  | 105            | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Dreissena polymorpha</i>                                    |                  | 95             |                    |                  |                 |
| <i>Corbicula</i> sp.                                           |                  |                |                    |                  |                 |
| Pisidiidae Gen. sp.                                            |                  |                | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Sphaerium</i> sp.                                           |                  | 120            | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Musculium lacustre</i>                                      |                  | 120            | -4                 | -4               | -4              |
| Polychaeta                                                     |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Hypania invalida</i>                                        |                  | 115            |                    |                  |                 |
| Oligochaeta                                                    |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Haplotaxis gordioides</i>                                   |                  |                | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Eiseniella tetraedra</i>                                    |                  | 100            |                    |                  |                 |
| <i>Nais</i> sp.<br>(nur Belastungszeiger)                      |                  | 140            | -5                 | -5               | -5              |
| <i>Branchiura sowerbyi</i>                                     |                  | 120            |                    |                  |                 |
| <i>Limnodrilus</i> sp./<br><i>Tubifex</i> sp. - Aspekt         |                  | 180            | -5                 | -5               | -5              |
| <i>Stylodrilus heringianus</i> u./o.<br><i>Propappus volki</i> |                  |                |                    |                  |                 |
| Hirudinea                                                      |                  |                | -5                 | -5               | -5              |
| Piscicolidae Gen. sp.                                          |                  |                | -5                 | -5               | -5              |
| Glossiphoniidae Gen.sp.                                        |                  | 135            | -5                 | -5               | -5              |
| <i>Alboglossiphonia</i> /<br><i>Glossiphonia</i> sp.           |                  | 125            | -5                 | -5               | -5              |
| <i>Helobdella stagnalis</i>                                    |                  | 140            | -5                 | -5               | -5              |

| Screening-Taxon                                            | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|------------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                                            |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| Haemopidae/<br>Hirudinidae Gen. sp.                        |                  |                | -5                 | -5               | -5              |
| Erpobdellidae Gen. sp.                                     |                  | 150            | -5                 | -5               | -5              |
| <i>Erpobdella octoculata</i>                               |                  | 150            | -5                 | -5               | -5              |
| <i>Dina punctata</i>                                       |                  | 110            | -5                 | -5               | -5              |
| Branchiobdellidae Gen. sp.                                 | X                | 75             |                    |                  |                 |
| Crustacea                                                  |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Argulus</i> sp.                                         |                  | 125            |                    |                  |                 |
| Anostraca, Conchostraca,<br>Notostraca Gen. sp.            | X                |                | 5                  | 5                | 5               |
| Mysidacea Gen. sp.                                         |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Corophium curvispinum</i>                               |                  | 105            | -2                 | -2               | -2              |
| Gammaridae Gen. sp.                                        |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Gammarus fossarum/pulex</i>                             |                  | 85             |                    |                  |                 |
| <i>Gammarus roeselii</i>                                   |                  | 120            |                    |                  |                 |
| <i>Niphargus</i> sp.<br>(excl. <i>N. hrabei</i> )          | X                | 5              | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Asellus/Proasellus</i> sp.                              |                  | 140            | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Proasellus cavaticus</i>                                | X                | 5              | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Jaera istri</i>                                         |                  | 100            |                    |                  |                 |
| <i>Atyaephyra desmaresti</i>                               |                  | 115            |                    |                  |                 |
| Astacidae Gen. sp.                                         |                  |                | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Astacus astacus</i>                                     | X                | 90             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Astacus leptodactylus</i>                               | X                | 115            | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Pacifastacus leniusculus</i>                            |                  | 120            |                    |                  |                 |
| <i>Austropotamobius torrentium/pallipes</i>                | X                | 60             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Orconectes limosus</i>                                  |                  | 120            | -3                 | -3               | -3              |
| <i>Eriocheir sinensis</i>                                  |                  |                |                    |                  |                 |
| Arachnidia                                                 |                  |                |                    |                  |                 |
| Hydrachnidia Gen. sp.                                      |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Argyroneta aquatica</i>                                 | X                |                |                    |                  |                 |
| Uferspinnen (z.B. <i>Dolomedes</i> sp., <i>Pirata</i> sp.) |                  |                |                    |                  |                 |
| Ephemeroptera                                              |                  |                |                    |                  |                 |
| Siphonuridae Gen. sp.                                      | X                |                | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Ametropus fragilis</i>                                  | X                |                | 5                  | 5                | 5               |
| Baetidae Gen. sp.                                          |                  |                | 3                  | 3                | 3               |

| Screening-Taxon                            | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|--------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                            |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| <i>Baetis muticus</i>                      | X                | 70             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Baetopus tenellus</i>                   |                  |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Cloeon</i> sp.                          |                  | 135            | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Oligoneuriella rhenana</i>              | X                | 95             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Arthroplea congener</i>                 |                  |                |                    |                  |                 |
| Heptageniidae Gen. sp.                     | X                |                | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Epeorus</i> sp.                         | X                |                | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Epeorus alpicola</i>                    | X                | 25             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Epeorus assimilis</i>                   | X                | 70             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhithrogena</i> sp.                     | X                | 50             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Ecdyonurus</i> sp.                      | X                | 70             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Electrogena/Heptagenia</i> sp.          | X                | 100            | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Heptagenia coerulans</i>                | X                | 110            | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Heptagenia sulphurea</i>                |                  | 100            | 5                  | 5                | 5               |
| Leptophlebiidae Gen. sp.                   | X                |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Leptophlebia</i> sp.                    | X                | 110            | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Habroleptoides/Paraleptophlebia</i> sp. | X                |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Habrophlebia</i> sp.                    | X                |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Potamanthus luteus</i>                  | X                | 110            | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Ephoron virgo</i>                       | X                | 115            | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Ephemera</i> sp. excl. <i>E. danica</i> | X                | 105            | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Ephemera danica</i>                     | X                | 90             | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Ephemerella</i> sp.                     | X                |                | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Ephemerella ignita</i>                  |                  | 105            | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Ephemerella major</i>                   | X                | 90             | 3                  | 3                | 3               |
| Caenidae Gen. sp.                          |                  | 105            | 1                  | 1                | 1               |
| <i>Brachycercus harrisella</i>             | X                | 110            | 1                  | 1                | 3               |
| Odonata                                    |                  |                |                    |                  |                 |
| Zygoptera Gen. sp.                         |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Calopteryx</i> sp.                      | X                | 100            | 1                  | 1                | 1               |
| <i>Calopteryx splendens</i>                | X                | 110            | 1                  | 1                | 1               |
| <i>Calopteryx virgo</i>                    | X                | 90             | 1                  | 1                | 1               |
| <i>Chalcolestes/Lestes</i> sp.             |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Platycnemis pennipes</i>                |                  | 100            | -2                 | -2               | -2              |
| <i>Erythromma</i> sp.                      |                  | 100            |                    |                  |                 |

| Screening-Taxon                                          | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|----------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                                          |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| <i>Pyrrhosoma nymphula</i>                               |                  | 100            |                    |                  |                 |
| Anisoptera Gen. sp.                                      |                  |                |                    |                  |                 |
| Aeshnidae Gen. sp.                                       |                  |                |                    |                  |                 |
| Gomphidae Gen. sp.                                       | X                | 90             | 4                  | 3                | 3               |
| <i>Cordulegaster</i> sp.                                 | X                | 70             | 4                  | 4                | 3               |
| Corduliidae/<br>Libellulidae Gen. sp.                    |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Sympetrum pedemontanum</i>                            |                  | 100            | -1                 | -1               | -1              |
| Plecoptera                                               |                  |                |                    |                  |                 |
| Perlodidae Gen. sp.                                      | X                |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Dictyogenus/Perlodes</i> sp.                          | X                | 65             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Isoperla</i> sp.                                      | X                |                | 3                  | 3                | 3               |
| Perlidae Gen. sp.                                        | X                |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Dinocras</i> sp.                                      |                  | 100            | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Perla</i> sp.                                         | X                |                | 5                  | 5                | 5               |
| Chloroperlidae Gen. sp.                                  | X                | 50             | 4                  | 4                | 5               |
| <i>Isoptena serricornis</i>                              | X                |                | 5                  | 5                | 5               |
| Taeniopterygidae Gen. sp.                                | X                | 65             | 3                  | 3                | 5               |
| <i>Brachyptera/</i><br><i>Rhabdiopteryx</i> sp.          | X                | 60             | 3                  | 3                | 5               |
| <i>Taeniopteryx</i> sp.                                  | X                |                | 3                  | 3                | 5               |
| <i>Taeniopteryx auberti/</i><br><i>hubaulti</i>          | X                | 10             | 3                  | 3                | 5               |
| <i>Taeniopteryx kuehtreiberi/</i><br><i>schoenemundi</i> | X                | 65             | 3                  | 3                | 5               |
| <i>Taeniopteryx nebulosa</i>                             | X                | 85             | 3                  | 3                | 5               |
| Nemouridae Gen. sp.                                      |                  |                | 1                  | 1                | 3               |
| <i>Amphinemura</i> sp.                                   | X                | 50             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Nemoura/Nemurella</i> sp.                             |                  |                | 1                  | 1                | 3               |
| <i>Protonemura</i> sp.                                   | X                | 40             | 5                  | 5                | 5               |
| Capniidae/Leuctridae<br>Gen. sp.                         |                  | 75             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Leuctra geniculata</i>                                | X                | 100            | 2                  | 2                | 3               |
| Heteroptera                                              |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Nepa cinerea</i>                                      |                  | 125            | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Ranatra linearis</i>                                  |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Aphelocheirus aestivalis</i>                          | X                | 90             | -2                 | 3                | 4               |

| Screening-Taxon                                     | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|-----------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                                     |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| <i>Ilyocoris cimicoides</i>                         |                  | 125            |                    |                  |                 |
| <i>Plea minutissima</i>                             |                  | 125            | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Notonecta</i> sp.                                |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| Corixidae Gen. sp.                                  |                  | 110            | -2                 | -2               | -2              |
| <i>Mesovelia</i> sp.                                |                  |                | 1                  | 1                | 1               |
| <i>Hebrus</i> sp.                                   |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Hydrometra</i> sp.                               |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| Veliidae Gen. sp.                                   |                  |                | 2                  | 2                | 2               |
| Gerridae Gen. sp.                                   |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| Megaloptera/ <i>Sialis</i> sp.                      |                  | 105            | -1                 | -1               | -1              |
| Neuroptera/ <i>Osmylus fulvicephalus</i>            | X                | 75             | 3                  | 3                | 3               |
| Neuroptera/ <i>Sisyra</i> sp.                       | X                | 100            | -2                 | -1               | 2               |
| Coleoptera                                          |                  |                |                    |                  |                 |
| Dytiscidae Gen. Sp.                                 |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Oreodytes</i> sp.                                | X                | 75             | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Platambus maculatus</i>                          |                  | 115            | 2                  | 2                |                 |
| Elmidae Gen. sp.                                    | X                | 75             | 3                  | 3                | 4               |
| <i>Elmis</i> sp.                                    | X                | 70             | 3                  | 3                | 4               |
| <i>Esolus/Oulimnius/Riolus</i> sp.                  | X                | 75             | 3                  | 3                | 4               |
| <i>Limnius</i> sp.                                  | X                | 75             | 3                  | 3                | 4               |
| <i>Macronychus quadrituberculatus</i>               | X                | 100            | 5                  | 5                | 5               |
| Gyrinidae Gen. sp.                                  |                  | 100            | 2                  | 2                | 2               |
| Haliplidae Gen. sp.                                 |                  |                | -2                 | -2               | -2              |
| <i>Brychius elevatus</i>                            |                  | 85             | -2                 | -2               | -2              |
| <i>Peltodytes caesus</i>                            |                  | 125            | -2                 | -2               | -2              |
| Helophoridae Gen. sp.                               |                  |                | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Hydraena</i> sp.                                 | X                | 60             | 4                  | 4                | 4               |
| Hydrophilidae Gen. sp.                              |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Spercheus emarginatus</i>                        | X                | 105            | -2                 | -2               | -2              |
| Dryopidae Gen. sp.                                  |                  |                | 3                  | 3                | 3               |
| Scirtidae Gen. sp.                                  |                  |                | 3                  | 3                | 3               |
| Chrysomelidae (Donaciinae Gen. sp.)                 |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Eubria palustris</i>                             | X                | 25             | 2                  | 2                | 2               |
| "Uferkäfer" (z.B. Carabidae Staphylinidae Gen. sp.) |                  |                |                    |                  |                 |

| Screening-Taxon                                                        | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                                                        |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| Lepidoptera Gen. sp.                                                   |                  | 125            |                    |                  |                 |
| Trichoptera                                                            |                  |                |                    |                  |                 |
| Rhyacophilidae Gen. sp.                                                |                  |                | 1                  | 1                | 2               |
| <i>Rhyacophila albardana/torrentium</i>                                | X                | 55             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhyacophila aquitanica/tristis</i>                                  |                  | 70             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhyacophila (Hyporhyacophila) sp.</i>                               | X                | 25             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhyacophila bonaparti/meyeri</i>                                    | X                | 5              | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhyacophila intermedia</i>                                          | X                | 25             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhyacophila laevis</i>                                              | X                | 30             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhyacophila producta</i>                                            | X                | 15             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Rhyacophila s. str. sp.</i>                                         |                  | 75             | 1                  | 1                | 2               |
| Glossosomatidae Gen. sp.                                               | X                |                | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Ptilocolepus granulatus</i>                                         | X                | 5              | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Synagapetus sp.</i>                                                 | X                | 15             | 4                  | 4                | 4               |
| Hydroptilidae Gen. sp.                                                 |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Hydroptila sp.</i>                                                  |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Ithytrichia lamellaris</i>                                          |                  | 50             | 2                  | 2                | 2               |
| Philopotamidae Gen. sp.                                                | X                | 50             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Philopotamus sp.</i>                                                | X                | 50             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Wormaldia sp.</i>                                                   | X                | 25             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Cheumatopsyche lepida</i>                                           |                  | 110            | 1                  | 1                | 1               |
| <i>Hydropsyche sp.</i>                                                 |                  | 125            | 1                  | 1                | 1               |
| Polycentropodidae Gen. sp.                                             |                  | 75             |                    |                  |                 |
| <i>Cyrnus trimaculatus</i>                                             |                  | 120            | -1                 | -1               |                 |
| <i>Neureclipsis bimaculata</i>                                         | X                | 105            | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Plectrocnemia sp.</i>                                               | X                |                | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Polycentropus flavomaculatus</i>                                    |                  | 100            |                    |                  |                 |
| Psychomyiidae Gen. sp.                                                 |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Lype sp.</i>                                                        | X                |                | 3                  | 3                | 2               |
| <i>Ecnomus tenellus</i>                                                |                  | 135            | -3                 | -3               | -3              |
| Phryganeidae Gen. sp.                                                  |                  | 125            | -1                 | -1               | -1              |
| Brachycentridae/<br>Lepidostomatidae Gen. sp.<br>(quadratische Köcher) |                  |                | 4                  | 4                | 4               |

| Screening-Taxon                   | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|-----------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                   |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| <i>Brachycentrus montanus</i>     | X                | 60             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Brachycentrus subnubilus</i>   |                  | 105            | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Micrasema longulum</i>         | X                | 55             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Micrasema minimum</i>          | X                | 75             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Micrasema morosum</i>          | X                | 45             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Oligoplectrum maculatum</i>    |                  | 80             | 4                  | 4                | 4               |
| Limnephilidae Gen. sp.            |                  |                | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Anabolia furcata/nervosa</i>   |                  | 105            | -3                 | -3               | 1               |
| <i>Apatania</i> sp.               | X                | 20             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Drusus chrysotus</i>           | X                | 30             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Drusus discolor</i>            | X                | 40             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Halesus</i> sp.                |                  | 75             | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Potamophylax rotundipennis</i> |                  | 90             | 5                  | 5                | 5               |
| Goeridae Gen. sp.                 | X                |                | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Crunoecia</i> sp.              | X                | 10             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Lasiocephala basalis</i>       | X                | 85             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Lepidostoma hirtum</i>         |                  | 90             | 3                  | 3                | 4               |
| Leptoceridae Gen. sp.             |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Ceraclea nigronevosa</i>       | X                | 115            |                    |                  |                 |
| Sericostomatidae Gen. sp.         |                  | 65             | 4                  | 4                | 4               |
| Beraeidae Gen. sp.                | X                | 15             | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Odontocerum albicorne</i>      | X                | 60             | 3                  | 3                | 3               |
| Molannidae Gen. sp.               |                  | 100            | 1                  | 1                | 1               |
| Diptera                           |                  |                |                    |                  |                 |
| Athericidae Gen. sp.              |                  | 60             | 4                  | 4                | 4               |
| Blephariceridae Gen. sp.          | X                | 45             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Blepharicera fasciata</i>      | X                | 70             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Haplothrix lugubris</i>        | X                | 50             | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Liponeura</i> sp.              | X                | 50             | 5                  | 5                | 5               |
| Brachycera Gen. sp. („Maden“)     |                  | 190            |                    |                  |                 |
| Bezzia-Gruppe                     |                  | 125            | -4                 | -4               | -4              |
| <i>Chaoborus</i> sp.              |                  | 150            | -1                 | -1               | -1              |
| <i>Mochlonyx</i> sp.              |                  | 150            | -1                 | -1               | -1              |
| Chironomidae Gen. sp.             |                  |                |                    |                  |                 |
| Tanypodinae Gen. sp.              |                  |                |                    |                  |                 |

| Screening-Taxon                                                              | Sensitives Taxon | Saprobie-Score | Degradations-Score |                  |                 |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
|                                                                              |                  |                | Alpen-Index        | Mittelgeb.-Index | Vorländer-Index |
| <i>Diamesa</i> sp.                                                           |                  | 70             | 2                  | 2                | 2               |
| <i>Diamesa steinboeckii</i> ,<br><i>Diamesa latitarsis</i> -Gr.              |                  | 20             | 5                  | 5                | 5               |
| <i>Prodiamesa olivacea</i>                                                   |                  | 135            | -3                 | -3               | -3              |
| Orthoclaadiinae Gen. sp.                                                     |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Brillia bifida</i>                                                        |                  | 90             |                    |                  |                 |
| <i>Cardiocladius capucinus</i>                                               |                  | 125            | -2                 | -2               | -2              |
| <i>Chironomus</i> sp.<br>(„rote Formen“)                                     |                  | 190            | -5                 | -5               | -5              |
| rote Non- <i>Chironomus</i><br>Zuckmücken                                    |                  | 150            | 4                  | 4                | 4               |
| <i>Rheotanytarsus</i> sp.                                                    |                  | 100            | 1                  | 1                | 1               |
| Culicidae Gen. sp.                                                           |                  | 150            | -3                 | -3               | -3              |
| Cylindrotomidae Gen. sp.                                                     |                  |                | -1                 | -1               | -1              |
| Dixidae Gen. Sp.                                                             | X                | 50             | 2                  | 2                | 2               |
| Empididae Gen. sp.                                                           | X                | 75             | 4                  | 4                | 4               |
| Ephydriidae Gen. sp.                                                         |                  | 200            |                    |                  |                 |
| Limoniidae/Pediciidae<br>Gen. sp.                                            |                  | 85             | 5                  | 5                | 5               |
| Psychodidae Gen. sp.                                                         |                  |                | 3                  | 3                | 3               |
| Psychodidae Gen. sp.<br>„heller Typ“                                         |                  | 175            | -5                 | -5               | -5              |
| Psychodidae Gen. sp.<br>„schwarzer Typ“                                      | X                | 50             | 3                  | 3                | 3               |
| <i>Bazarella/Berdeniella</i> sp.                                             | X                | 50             | 3                  | 3                | 3               |
| Ptychopteridae Gen. sp.                                                      |                  | 200            |                    |                  |                 |
| Simuliidae Gen. sp.                                                          |                  |                |                    |                  |                 |
| <i>Prosimulium</i> sp./ <i>Simulium</i><br><i>monticola</i> / <i>maximum</i> |                  | 65             | 2                  | 2                | 2               |
| Stratiomyiidae Gen. sp.                                                      |                  | 150            | -1                 | -1               | -1              |
| Syrphidae/Eristalinae Gen.<br>sp.(„Rattenschwanzlarven“)                     |                  | 200            | -5                 | -5               | -5              |
| Tabanidae Gen. sp.                                                           |                  | 125            | -1                 | -1               | -1              |
| Thaumaleidae Gen. sp.                                                        | X                | 50             | 2                  | 2                | 2               |
| Tipulidae Gen. sp.                                                           |                  | 100            | 2                  | 2                | 2               |
| Bryozoa Gen. sp.                                                             |                  | 110            | -1                 | -1               |                 |