

## **Charakterisierung / Typisierung von Fliessgewässern - Methodik und Anwendungen -**

---

*Die Beurteilung von Fliessgewässern hat in den vergangenen Jahrzehnten wesentliche Veränderungen erfahren. Ausgehend von einer in erster Linie chemischen Beurteilung haben sich biologische und hydromorphologische Aspekte in der Bewertung etabliert (Karr 1991, Karr 1999, Karr and Chu 2000, Chessman, Growns et al. 1999). Nicht nur die bewerteten Eigenschaften der Gewässer, auch der angelegte Bewertungsmassstab sind Veränderungen unterworfen. In der Überwachung des chemischen Zustandes der Gewässer werden in der Regel festgelegte Qualitätsanforderungen als Beurteilungskriterien herangezogen. Der Einbezug biologischer und hydromorphologischer Qualitätskomponenten in der Gewässerbewertung macht eine differenziertere Definition der Anforderungen an den Gewässerzustand nötig. Die im Jahr 2000 in Kraft getretene Wasserrahmenrichtlinie der EU (Europäische Kommission 2000) misst das Erreichen des „guten ökologischen Zustandes“ primär an den biologischen Qualitätselementen, die im Vergleich mit einem Gewässertyp-spezifischen Referenzzustand zu beurteilen sind. Im Zuge der Umsetzung der EU-WRRL wurden in den EU-Staaten typspezifische Beurteilungssysteme für Gewässer entwickelt.*

*Die Diskussion in Bezug auf eine typspezifische Differenzierung der Gewässerbeurteilung steckt in der Schweiz erst in den Anfängen. Die Methoden zur Fliessgewässerbewertung in der Schweiz haben bisher die unterschiedlichen Charakteristika der einzelnen Gewässer nicht berücksichtigt und alle Gewässer nach demselben Bewertungsmassstab beurteilt. Das Modul-Stufen-Konzept sieht auf der Stufe S (systembezogene Untersuchungen) vor, die Gewässer im Vergleich mit einem naturnahen Referenzzustand zu bewerten. Für die Schweiz wurden bisher allerdings weder Gewässertypen noch ein typspezifischer Referenzzustand definiert. In letzter Zeit haben sich verschiedene Projekte oder Aktivitäten mit der Charakterisierung von Fliessgewässern befasst.*

*Am Workshop vom 22.09.2006 in Bern sollen in der Diskussion mit Fachleuten aus Behörden sowie Experten, auch aus EU-Ländern, aktuelle Ansätze zur Gewässertypisierung diskutiert und ein mögliches weiteres Vorgehen für die Schweiz skizziert werden.*

### **Eine (sehr) kurze Einführung in die Thematik**

Fliessgewässer werden von verschiedenen Faktoren geprägt: Abhängig von der Grösse, Topographie, geographischen Lage, Meereshöhe und Geologie des Einzugsgebietes, der Vegetation und dem Klima bilden sich Gewässer mit einer Vielzahl unterschiedlicher Merkmale und unterschiedlichen Lebensgemeinschaften aus. Neben diesen natürlichen Faktoren bestimmen insbesondere in dicht besiedelten Räumen anthropogene Einflüsse den Charakter der Gewässer.

Die Herausforderung bei der Beurteilung des Gewässerzustandes besteht darin, durch menschliche Einflüsse verursachte Veränderungen der Gewässerökosysteme innerhalb der natürlichen Variabilität der Gewässer zu eruieren und von dieser unterscheiden zu können (Johnson 1998). Dies ist umso schwieriger, je grösser die natürliche Variabilität der Gewässereigenschaften ist.

Eine Charakterisierung oder Typisierung strukturiert die Gewässer aufgrund ihrer Eigenschaften. Gewässer mit ähnlichen Merkmalen werden zu Gruppen oder Typen zusammengefasst, innerhalb derer die Variabilität der Merkmale geringer ist als zwischen verschiedenen Typen (z.B. Hughes 1995, Wimmer, Chovanec et al. 2000). Die Charakterisierung bzw. Typisierung von Gewässern ermöglicht eine systematische Ordnung der Vielzahl verschiedener individueller Gewässer und schafft damit die Voraussetzungen, zu generalisieren, zu extrapolieren und Prognosen zu machen.

Eine Typisierung befindet sich immer im Spannungsfeld zwischen einer der Übersichtlichkeit dienenden Verallgemeinerung und der aussagekräftigen individuellen Beschreibung von Gewässern. Das Problem besteht darin, mit der Typisierung einen adäquaten Detaillierungsgrad zu erreichen. Einerseits muss die Variabilität der Merkmale innerhalb eines Gewässertyps möglichst gering sein, andererseits sollen nicht zu viele Gewässertypen gebildet werden. Eine Typisierung mit vielen Parametern kann eine grosse Zahl klar definierter Typen beschreiben, die die realen Gewässer mit hinreichender Genauigkeit charakterisieren, aber für eine praktische Anwendung nicht mehr handhabbar sind. Werden hingegen mit einer minimalen Anzahl Kriterien nur wenige Typen gebildet, ist die Variabilität innerhalb der Typen gross und diese bilden einzelne Gewässer nur sehr unscharf ab.

## **Entwicklung der typspezifischen Gewässerbewertung**

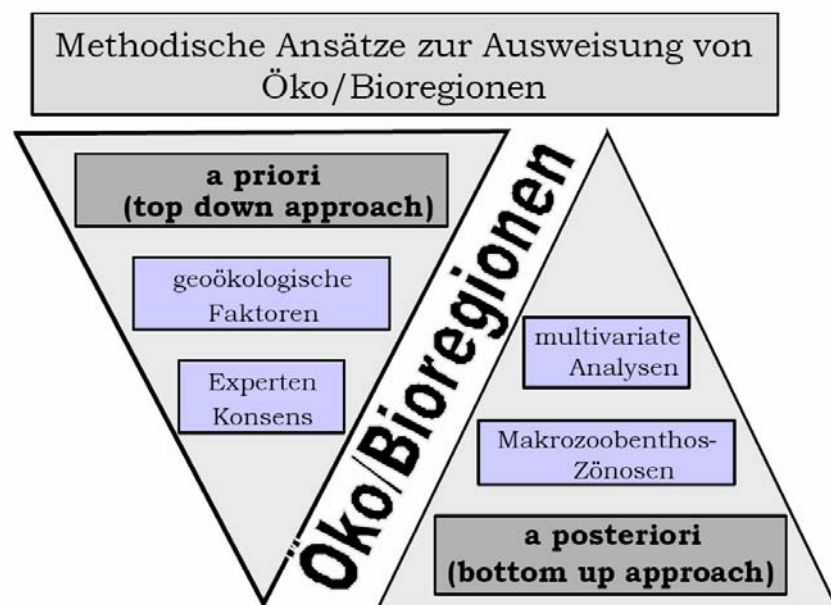
Die Typisierung von Fließgewässern ist ein altes Thema in der Limnologie, das in einer Vielzahl von Arbeiten eingehend diskutiert wurde. Eine Übersicht über verschiedene Typisierungsansätze geben z.B. Naiman, Lonzarich et al. 1992. An dieser Stelle werden ausschliesslich grundlegende Prinzipien, die für die Bewertung und das Management der Gewässer relevant sind, kurz erläutert.

Erste Konzepte zu einer regionalen Differenzierung als Instrument für die Bewertung und das Management von Gewässern wurden in den USA mit dem Konzept der Ökoregionen entwickelt. Ökoregionen bezeichnen Gebiete, die in Bezug auf relevante Merkmale wie Klima, Geologie, Topographie, Vegetation etc. einheitlich sind (siehe z.B. Larsen, Omernik et al. 1986, Omernik 1987, Whittier, Hughes et al. 1988, Hughes, Whittier et al. 1990, Omernik 1995). Allerdings ist die Variabilität der Gewässer innerhalb von Ökoregionen noch immer sehr gross. Eine präzisere Klassifizierung ermöglichen Ansätze, die auch lokale Faktoren wie Gewässergrosse, -tiefe, Substrat oder Wasserchemie berücksichtigen (Hawkins, Norris et al. 2000). Bei diesem sog. top down oder a priori Ansatz werden die Gewässertypen aufgrund von Unterschieden in ökologisch relevanten

Merkmale und oft mittels Expertenwissen gebildet. Für diese Art der Typisierung muss keine umfassende Datengrundlage über die Biozönosen der Gewässer vorliegen.

Den umgekehrten Ansatz (bottom up / a posteriori) verfolgt das in Grossbritannien entwickelte RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System, Wright, Moss et al. 1984, Wright 2000). Bei RIVPACS handelt es sich um ein multivariates Verfahren zur Klassifizierung und Vorhersage der Invertebraten-Besiedlung von Fließgewässern. Die Makrozoobenthos-Besiedlung von ursprünglich 268 (heute ca. 700) Referenzstellen sowie deren abiotische Charakteristika wurden analysiert und die Gewässer aufgrund der Ähnlichkeit der Invertebratenbesiedlung klassifiziert. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen abiotischen Charakteristika und der Besiedlung an Referenzstellen kann für eine gegebene Untersuchungsstelle und deren abiotischen Charakteristika das erwartete Artenspektrum des Benthos errechnet werden. Der Vergleich des theoretisch zu erwartenden Artenspektrums mit der tatsächlich gefundenen Besiedlung erlaubt eine differenzierte Beurteilung des Gewässers aufgrund des Benthos. Analoge Verfahren wurden in Australien (AusRivAs: Wright, Sutcliffe et al. 2000), Kanada, Spanien, Schweden und Tschechien entwickelt.

Das Prinzip der a priori / a posteriori Klassifikation zur Definition von Ökoregionen ebenso wie zur Ausweisung von Fließgewässertypen ist in der unten stehenden Abbildung (aus Moog, Schmidt-Kloiber et al. 2001) dargestellt.



**Top down / a priori Approach:** Fließgewässer werden aufgrund abiotischer Parameter (Gewässergröße, Höhenlage, Geologie, Gefälle, ...) sowie ihrer biogeographischen Lage in Typen eingeteilt. Die Merkmale, die zur Differenzierung der Typen herangezogen werden, sind nicht anthropogen beeinflusst.

**Bottom up / a posteriori Approach:** Die Klassifizierung erfolgt auf Basis eines umfassenden Datensatzes nicht nur abiotischer, sondern auch biotischer Merkmale von Referenzstellen.

renzstellen. Die Klassen werden mit multivariaten statistischen Verfahren gebildet. Diese Verfahren erfordern eine grosse, qualitativ gute Datengrundlage.

Für eine Übersicht über Typologieansätze siehe z.B. Naiman, Lonzarich et al. 1992.

Die Berücksichtigung von Gewässertypen in der Beurteilung und im Management von Fließgewässern ist vielerorts zum Standard geworden. Die Beurteilung der Fließgewässer im Rahmen des Gewässermonitorings stützt sich in den USA in vielen Bundesstaaten auf den Vergleich mit typspezifischen Referenzgewässern (siehe z.B. Hughes, Larsen et al. 1986; Ohio EPA 1987; Mrazik 1999; Roth, Southerland et al. 1999, Herger and Hayslip 2000, Barbour, Gerritsen et al. 1999).

Auch Umweltbehörden in europäischen Ländern haben in den vergangenen Jahren typspezifische Aspekte bei der Beurteilung der Gewässer stärker einbezogen. Ein Quantensprung in Bezug auf den Gewässerschutz und das Management der Gewässer stellt aber die 2000 in Kraft getretene Wasser-Rahmenrichtlinie der EU dar (Europäische Kommission 2000). Die EU-WRRL verändert – neben einer ganzen Reihe weiterer Aspekte – das Monitoring und die Beurteilung der Gewässer in der EU grundsätzlich und stellt dieses EU-weit auf eine einheitliche Basis. Ein zentrales Ziel der EU-WRRL ist das Erreichen des guten ökologischen Zustandes für die Gewässer der Mitgliedsstaaten. Ausschlaggebend für das Erreichen des guten ökologischen Zustandes sind primär die biologischen Qualitätskomponenten. Basis für deren Beurteilung ist ein weitgehend unbeeinflusster Referenzzustand, der für die verschiedenen Gewässertypen gesondert bestimmt und ausgewiesen werden muss.

Die WRRL sieht zwei Möglichkeiten für die Definition der Gewässertypen vor: ein starres System A und ein flexibles System B, das von den einzelnen Mitgliedsstaaten an spezifische Gegebenheiten angepasst werden kann.

#### Fließgewässer: System A

Feststehende Typologie	Deskriptoren
Ökoregion	Ökoregionen gemäss Illies 1978
Typ	Höhenlage (< 200 m, 200-800 m; > 800 m) Grösse des Einzugsgebietes (10-100 km <sup>2</sup> ; 100-1000 km <sup>2</sup> ; 1'000-10'000 km <sup>2</sup> ; > 10'000 km <sup>2</sup> ) Geologie (kalkig, silikatisch, organisch)

**Fließgewässer: System B**

<b>Alternative Beschreibung</b>	Physikalische und chemische Faktoren, die die Eigenschaften des Flusses und somit Struktur und Zusammensetzung der Biozönosen bestimmen
Obligatorische Faktoren	Höhe, geographische Breite, geographische Länge, Grösse
Optionale Faktoren (Auszug)	Entfernung von der Quelle des Flusses; Strömungsenergie (Funktion von Strömung und Gefälle); Durchschnittliche Wasserbreite; Wassertiefe; Durchschnittliches Gefälle; Talforn; etc.

Die meisten Länder wählen für ihre länderspezifische Fließgewässertypologie System B. Die Überprüfung der in der WRRL vorgeschlagenen Typologie gemäss System A an praktischen Beispielen in mehreren europäischen Ländern und mit verschiedenen taxonomischen Gruppen (Benthos, Fische, Makrophyten, Diatomeen) hat im Vergleich mit multivariaten Modellen (z.B. RIVPACS) zu interessanten Schlüssen geführt (Davy-Bowker, Clarke et al. 2006, Sandin and Verdonschot 2006, Verdonschot 2006):

- Die Typologie A gemäss WRRL ist wenig geeignet, um kleinräumig Aussagen in Bezug auf die Biozönosen der Gewässer zu ermöglichen. Insbesondere die Ökoregionen differenzieren wenig.
- Eine Fließgewässertypologie sollte drei wesentliche Faktoren berücksichtigen: Klima (Temperatur), Gefälle (Strömung) und Gewässergrösse.
- Anthropogene Einflüsse verringern die Unterschiede zwischen den Lebensgemeinschaften in unterschiedlichen Gewässern. Typologien sollten daher auf Daten aus Referenzgewässern aufbauen.
- Multivariate Modelle ermöglichen präzisere Vorhersagen in Bezug auf die Besiedlung der Gewässer, in erster Linie, weil sie kontinuierliche anstelle von kategorisierten Vorhersagevariablen verwenden und weil die Anzahl verwendeter Variablen nicht limitiert ist.

## **Weiterführende Informationen**

---

### **Ausgewählte Literatur zur Typisierung von Fließgewässern in Österreich**

---

- Fink, M. H., O. Moog, et al. (2000). Fließgewässer-Naturräume Österreichs. Wien, Umweltbundesamt.
- Moog, O., A. Schmidt-Kloiber, et al. (2001). Aquatische Ökoregionen und Fließgewässer-Bioregionen Österreichs: Eine Gliederung nach geoökologischen Milieufaktoren und Makrozoobenthos-Zönosen. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.  
(Download: <http://wasser.lebensministerium.at/filemanager/download/6487/> )
- Moog, O., A. Schmidt-Kloiber, et al. (2004). "Does the ecoregion approach support the typological demands of the EU 'Water Framework Directive'?" Hydrobiologia 516(1): 21-33.
- Muhar, S., M. Poppe, et al. (2003). "Analyse und Ausweisung naturräumlicher Flusstypen Österreichs." Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 55(7-8): 113-121.
- Wimmer, R., A. Chovanec, et al. (2000). "Abiotic stream classification as a basis for a surveillance monitoring network in Austria in accordance with the EU Water Framework Directive." Acta hydrochim. hydrobiol. 28(4): 177-184.

### **Weitere Informationen**

Flusslandschaftstypen Österreich - Leitbilder für eine nachhaltige Entwicklung von Flusslandschaften <http://www.flusslandschaften.at/>

### **Ausgewählte Literatur zur Typisierung von Fließgewässern in Frankreich**

---

- Wasson, J.-G., A. Chandesris, et al. (2004). "Les Hydro-écorégions: une approche fonctionnelle de la typologie des rivières pour la Directive Cadre Européenne sur l'Eau." Ingénieries - Eau Agriculture Territoires 40(3-10).
- Pella, H., A. Chandesris, et al. (2004). "Constitution d'un système d'information à référence spatiale dans le contexte de la Directive cadre européenne sur l'eau." Ingénieries - Eau Agriculture Territoires 40(11-20).

### **Weitere Informationen** (und Download der Artikel)

<http://www.lyon.cemagref.fr/bea/lhq/HER.shtml>

### **Ausgewählte Literatur zur Typisierung von Fließgewässern in Deutschland**

---

- Pottgiesser, T., J. Kail, et al. (2004). Abschliessende Arbeiten zur Fließgewässertypisierung entsprechend den Anforderungen der EU-WRRL - Teil II. Endbericht. Essen, LA-WA Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.  
Download unter: <http://fliessgewaesserbewertung.de/download/typologie/>
- Pottgiesser, T. and M. Sommerhäuser (2004). Fließgewässertypologie Deutschlands: Die Gewässertypen und ihre Steckbriefe als Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Handbuch Angewandte Limnologie. C. Steinberg, C. Calmano, R. D. Wilken and H. Klapper. Landsberg, ecomed Verlagsgesellschaft. 19. Erg.Lfg. 7/04: VIII-2.1: 1-16 + Anhang.
- Steckbriefe“ der biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen Deutschlands.  
Download unter <http://www.wasserblick.net/servlet/is/18727>

### Weitere Informationen

Verschiedene Bundesländer haben eigenständige Beschreibungen von Fließgewässertypen (oft in Form von Leitbildern) erarbeitet. (Siehe z.B. Nordrhein-Westfalen: <http://www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/lieferbareveroeffentlichungen/vls.htm>)

### EU – Forschungsprojekte

---

STAR: Standardisation of river classifications: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive (2002 - 2004) (<http://www.eu-star.at>)

FAME: Entwicklung, Evaluierung und Implementierung einer standardisierten fischbezogenen Bewertungsmethode für den ökologischen Zustand von europäischen Fließgewässern (<http://fame.boku.ac.at>)

siehe auch: Pont, D., B. Hugueny, et al. (2006). "Assessing river biotic condition at a continental scale: a European approach using functional metrics and fish assemblages." Journal of Applied Ecology **43**(1): 70-80.

### Ausgewählte Literatur zur Typisierung von Fließgewässern in der Schweiz

---

#### Charakterisierung der Fließgewässer und Referenzsystem im Kt. Zürich:

Referenzstellen für biologische Untersuchungen an Fließgewässern des Kantons Zürich - GIS-Analyse zur Charakterisierung und Beurteilung der Fließgewässer als Basis für die Festlegung von möglichen Referenzstellen: AWEL 2002, 27 S.

Referenzsystem für den Kanton Zürich zur biologischen Beurteilung der Fließgewässer mit Makroinvertebraten: AWEL 2004, 59 S.

Die Berichte können von der folgenden WebSite heruntergeladen werden:

<http://www.gewaesserqualitaet.zh.ch/internet/bd/awel/gg/gg/de/doku/dokumente.html>

### Literatur

---

Barbour, M. T., J. Gerritsen, et al. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water.

Chessman, B., I. Growns, et al. (1999). "Predicting diatom communities at the genus level for the rapid biological assessment of rivers." Freshwater Biol **41**(2): 317-331.

Davy-Bowker, J., R. Clarke, et al. (2006). A comparison of the European Water Framework Directive physical typology and RIVPACS-type models as alternative methods of establishing reference conditions for benthic macroinvertebrates. Hydrobiologia. **566**: 91-105.

Europäische Kommission (2000). Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Massnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasser-Rahmen-Richtlinie).

Hawkins, C. P., R. H. Norris, et al. (2000). "Evolution of the use of landscape classification for the prediction of freshwater biota: synthesis and recommendations." Journal of the North American Benthological Society **19**(3): 541-556.

Herger, L. G. and G. Hayslip (2000). Ecological condition of streams in the Coast Range ecoregion of Oregon and Washington. Seattle, Washington, U.S. Environmental Protection Agency. EPA-910-R-00-002.

- Hughes, R. M. (1995). Defining acceptable biological status by comparing with reference conditions. Biological assessment and criteria. Tools for water resource planning and decision making. W. S. Davis and T. P. Simon. Boca Raton, Lewis Publishers: 31-47.
- Hughes, R. M., D. P. Larsen, et al. (1986). "Regional Reference Sites: a Method for Assessing Stream Potentials." Environmental Management **10**(5): 629-635.
- Hughes, R. M., T. Whittier, R., et al. (1990). "A regional framework for establishing recovery criteria." Environmental Management **14**(5): 673-683.
- Illies, J., Ed. (1978). Limnofauna Europaea. Stuttgart, New York, Gustav Fischer Verlag.
- Johnson, R. K. (1998). "Spatiotemporal variability of temperate lake macroinvertebrate communities: detection of impact." Ecological Applications **8**(1): 61-70.
- Karr, J. R. (1991). "Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management." Ecological Applications **1**(1): 66-84.
- Karr, J. R. (1999). "Defining and measuring river health." Freshwater Biol **41**(2): 221-234.
- Karr, J. R. and E. W. Chu (2000). "Sustaining living rivers." Hydrobiologia **422/423**: 1-14.
- Larsen, D. P., J. M. Omernik, et al. (1986). "Correspondence between spatial patterns in fish assemblages in Ohio streams and aquatic ecoregions." Environmental Management **10**(6): 815-828.
- Moog, O., A. Schmidt-Kloiber, et al. (2001). Aquatische Ökoregionen und Fließgewässer-Bioregionen Österreichs: Eine Gliederung nach geoökologischen Milieufaktoren und Makrozoobenthos-Zönosen. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Mrazik, S. (1999). Reference site selection: a six step approach for selecting reference sites for biomonitoring and stream evaluation studies. Technical Report BIO99-03. Portland, Oregon Department of Environmental Quality: 8.
- Naiman, R. J., D. G. Lonzarich, et al. (1992). General principles of classification and the assessment of conservation potential in rivers. River conservation and management. P. J. Boon, P. Calow and G. E. Petts. Chichester, John Wiley & Sons: 93-123.
- Ohio EPA (1987). Biological Criteria for the Protection of Aquatic Life. Volume II: Users Manual for Biological Field Assessment of Ohio Surface Waters. Columbus, Ohio, Ohio EPA, Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Surface Water Section.
- Omernik, J. M. (1987). "Ecoregions of the conterminous United States." Annals of the Association of American Geographers **77**: 118-125.
- Omernik, J. M. (1995). Eoregions: A Spatial Framework for Environmental Management. Biological assessment and criteria. Tools for water resource planning and decision making. W. S. Davis and T. P. Simon. Boca Raton, Lewis Publishers: 49-62.
- Roth, N. E., M. T. Southerland, et al. (1999). State of Streams: 1995-1997 Maryland Biological Stream Survey Results. Annapolis, Maryland., Maryland Department of Natural Resources.
- Sandin, L. and P. Verdonschot (2006). Stream and river typologies - major results and conclusions from the STAR project. Hydrobiologia. **566**: 33-37.
- Verdonschot, P. (2006). Evaluation of the use of Water Framework Directive typology descriptors, reference sites and spatial scale in macroinvertebrate stream typology. Hydrobiologia. **566**: 39-58.
- Whittier, T. R., R. M. Hughes, et al. (1988). "Correspondence between ecoregions and spatial patterns in stream ecosystems in Oregon." Can. J. Fish. Aquat. Sci. **45**(7): 1264-1278.
- Wimmer, R., A. Chovanec, et al. (2000). "Abiotic stream classification as a basis for a surveillance monitoring network in Austria in accordance with the EU Water Framework Directive." Acta hydrochim. hydrobiol. **28**(4): 177-184.
- Wright, J. F. (2000). An introduction to RIVPACS. Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. Proceedings of an International Workshop held in Oxford, UK, on 16-18 September 1997. J. F. Wright, D. W. Sutcliffe and M. T. Furse. Ambleside, Freshwater Biological Association: 1-23.
- Wright, J. F., D. Moss, et al. (1984). "A preliminary classification of running water sites in Great Britain based on macroinvertebrate species and prediction of community type using environmental data." Freshwater Biology **14**: 221-256.
- Wright, J. F., D. W. Sutcliffe, et al., Eds. (2000). Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. Proceedings of an International Workshop held in Oxford, UK, on 16-18 September 1997. Ambleside, Freshwater Biological Association.