



XIXth CONFERENCE OF THE DANUBE COUNTRIES
on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases
of Water Management

XIX. KONFERENZ DER DONAU-ANRAINERSTAATEN
über hydrologische Prognosen und die hydrologischen
Grundlagen der Wasserbewirtschaftung



Osijek, 15-19 June 1998.

PAPER/BEITRAG N^o: 5.01.

Harmonisierung nationaler Methoden zur Bewertung der Gewässergüte der Donau¹

Thomas Tittizer, Isabel Just und Franz Schöll

Zusammenfassung: Die biologisch-ökologische Gewässergütebewertung hat gegenüber den chemisch-physikalischen Methoden bedeutende Vorteile und kommt daher in vielen Donauländern routinemäßig zum Einsatz. Da in den einzelnen Ländern zum Teil recht unterschiedliche Verfahren entwickelt wurden, ist eine Vereinheitlichung der Methoden dringend notwendig.

Ziel des in Kooperation mit dem ungarischen Institut VITUKI Budapest durchgeführten Projektes war der Vergleich sowie gegenseitige Abgleichung des deutschen und des noch in der Entwicklung befindlichen ungarischen Verfahrens zur Gewässergütebewertung. Bei dem deutschen Verfahren handelt es sich um das Saprobiensystem nach DIN 38410, bei dem ungarischen Verfahren um eine Modifikation des britischen Score-Systems.

Zum Vergleich der beiden genannten Verfahren wurde der Versuch unternommen, die Auswirkungen der Abwässer der Stadt Budapest auf die Wasserqualität der Donau aufgrund physikalisch-chemischer, mikrobiologischer und biologischer Untersuchungen zu ermitteln. Von Oktober 1995 bis September 1996 wurden in einem etwa 200 km langen Abschnitt der Donau von oberhalb Budapest bis Mohács an insgesamt 22 Untersuchungsbereichen mehrmals Wasserproben entnommen und das Makrozoobenthos untersucht. Die erhobenen Faunenbestände wurden jeweils nach dem Saprobiensystem sowie nach dem Score-System ausgewertet.

Der durchgeführte Methodenvergleich zeigt, daß die Berechnung der Gewässergüte anhand des Score-Systems keine zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse liefert. Aus diesem Grund wird die Anwendung des Saprobiensystems (DIN 38410) im Donaauraum empfohlen.

Schlüsselwörter: Gewässergüte, Harmonisierung, Methodenvergleich, Saprobiensystem, Score-System, Donau.

¹ Durchgeführt im Rahmen des Abkommens über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Umweltschutzes zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Ungarn (Transformprogramm) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Harmonization of National Methods for Water Quality Assessment in River Danube²

Abstract: *The assessment of the quality of natural waters by biological-ecological methods has significant advantages over physico-chemical methods, so that it has become the preferred routine in many Danube countries. However, as individual countries have developed sometimes rather diverting approaches, methodological harmonization is urgently needed.*

The objective of the cooperative project between the German Federal Institute of Hydrology (BfG) and the Hungarian Institute VITUKI Budapest was the mutual comparability of the German method of assessing waters and the procedure being under development in Hungary. The German method is the saprobic system according to the German Standard DIN 38410, while the Hungarian method is a modification of the British "score system".

For a comparison of these two methods it was attempted by physico-chemical, microbiological, and biological investigations to determine the impacts of sewage effluents from the city of Budapest on water quality in river Danube. Between October 1995 and September 1996, repeatedly water samples were taken and macro-zoobenthos inventories were made at 22 sites on a 200-km Danube reach from upstream of Budapest to Mohács. The faunistic inventories were evaluated both by the saprobic system and the score system.

The comparison of methods revealed that the computation of water quality by means of the score system does not yield reliable and reproducible results. This is the reason why it is recommended to apply the saprobic system (DIN 38410) also in the Danube basin.

Key words: *quality of natural waters, harmonization, methodic comparison, saprobic system, score system, Danube*

1. Einleitung

Die Bewertung der Gewässergüte im Längsprofil grenzüberschreitender Flüsse wird dadurch erschwert, daß einheitliche Standards zur Bestimmung der Gewässergüte fehlen. Die einzelnen Länder verfahren bei der Bewertung der Gewässergüte nach ihren eigenen, nationalen Methoden, die oft sehr schwer oder gar nicht miteinander vergleichbar sind. Um die Probleme an grenzüberschreitenden Fließgewässern lösen zu können, ist eine Harmonisierung der Bewertungsmethoden dringend notwendig (Tittizer 1975, Tittizer & Kothé 1979, Tittizer 1988).

2. Untersuchungsverfahren

2.1 Verfahren zur Gewässergütebewertung in Deutschland

In Deutschland gilt die DIN 38410, ein auf dem Sapobiensystem basierendes Verfahren, als Richtlinie zur biologisch-ökologischen Bewertung der Gewässergüte. Als Indikatororganismen werden hierbei benthische Mikro- und Makroorganismen verwendet, denen je nach ihrem Vorkommen in bestimmten Saprobiebereichen (oligo-, meso- oder polysaprobe Gewässer) und ihren ökologischen Ansprüchen (stenök oder

² Implement under the Agreement on Cooperation in the Field of Environmental Protection between the Federal Republic of Germany and the Republic of Hungary (Transform-Programme) with funds provided by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Protection and Nuclear Safety.

eurýök) ein Saprobiewert (s) und ein Indikationsgewicht (G) zugeordnet wird. Die Individuendichte der vorgefundenen Taxa geht in Form der Abundanzziffer (A) in die Berechnung des Saprobienindex ein. Die Abundanzziffer kennzeichnet die Individuendichte eines Taxons in Form einer Zahl von 1 bis 7, wobei "1" einen Einzelfund und "7" ein Massenvorkommen beschreibt. Aus Saprobiewert (s), Indikationsgewicht (G) und Abundanzziffer (A) der vorgefundenen Arten (i = laufende Nummer des Taxon, n = Anzahl der Taxa) wird der **Saprobienindex (S)** nach folgender Formel berechnet:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i G_i A_i}{\sum_{i=1}^n G_i A_i}$$

Der Saprobienindex beschreibt die Gewässergüte auf einer Skala von 1 bis 4, wobei $S = 1$ oligosaprobe (unbelastete) und $S = 4$ polysaprobe (stark belastete) Gewässer kennzeichnet.

Als Voraussetzung für eine zuverlässige Bewertung der Gewässergüte gilt, daß die Summe der Abundanzziffern A_i größer als 15 ist.

2.2 Verfahren zur Gewässergütebewertung in Ungarn

Zur Bewertung der Gewässergüte in Ungarn werden zur Zeit hauptsächlich physikalische und chemische Kenngrößen verwendet. Als biologische Parameter dienen die Planktongesellschaft (Flagellaten, Ciliaten sowie bestimmte Phytoplanktongruppen) und der Chlorophyll a-Gehalt. Makroinvertebraten wurden in den ungarischen Standarduntersuchungen zur Gewässergüte bisher nicht berücksichtigt, jedoch wurde mittlerweile von Csányi (unveröff.) ein Verfahren zur Bewertung der Gewässergüte mit Hilfe von benthischen Invertebraten ausgearbeitet. Dieses von Csányi vorgeschlagene Verfahren basiert auf dem britischen **Score-System** nach Woodiwiss (1964). Beim Score-System werden bestimmten taxonomischen Gruppen, es handelt sich meistens um Familien, jeweils Score-Werte von 1 bis 10 zugeordnet, die als Maß für die Empfindlichkeit dieser Organismen gegenüber organischer Verschmutzung gelten (10 = höchste Empfindlichkeit; 1 = sehr verschmutzungstolerant). Durch Addition der Score-Werte aller in einer Probe befindlichen Familien erhält man den **Total Score**. Dividiert man den Total Score durch die Anzahl der Familien so erhält man den **ASPT** ("average score per taxon"). Csányi (unveröff.) modifizierte das ursprünglich für England entwickelte System, indem er einige neue Taxa in die Liste aufnahm und in einigen Fällen die Score-Werte den ungarischen Verhältnissen anpaßte.

Die Einführung des **Quality Index** sollte eine Klassifizierung der durch ASPT und Total Score errechneten Gewässergüte ermöglichen. Je nach Habitattyp (Riffle oder Pool) werden die Total Score- und ASPT-Werte einer Probe jeweils einem Quality Index zugeordnet. Das arithmetische Mittel dieser beiden so erhaltenen Quality Indices ergibt schließlich die Gewässergütekategorie.

6. Literatur

- Csányi, B. (unveröff.): Proposal for a National Biodiversity Monitoring Programm for running waters based on the macrozoobenthon community. *PhD Paper*
- DIN 38410 Teil 2 (1990): Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung, (Gruppe M) in Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. *Deutsches Institut für Normung*
- Moog, O. (Ed.) (1995): Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung Mai/95, Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen, *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft*, Wien.
- Stubauer, I. & Moog, O. (1995): Gütebewertung österreichischer Fließgewässer mittels BMWP/ASPT – ein Methodenvergleich mit dem Saprobien-system. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1995* (Berlin), Krefeld 1996.
- Tittizer, T. (1995): Comparison of biological-ecological procedures for assessment of water quality. – Principles and methods für determining ecological criteria on hydrobiocoenosis. Pergamon Press, Oxford New York Paris Frankfurt: 403–463.
- Tittizer, T. (1988): Möglichkeiten und Grenzen der biologischen Gewässerbeurteilung: Die deutsche Erfahrung. – La qualità delle acque superficiali; criteri per una metodologia omogenea di valutazione. Provincia Autonoma di Trento: 130–148.
- Tittizer, T. & P. Kothé (1979): Possibilities and limitations of biological methods of water analysis. – Biological indicators of water quality. I. Wiley & Sons, Chichester New York Brisbane Toronto: 4/1–4/21.
- Woodiwiss, F.S. (1964): The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chem. Indust.* 11, 443–447

Authors

Dr. Thomas Tittizer, Isabel Just, Dr. Franz Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Kaiserin-Augusta-Aulagen 15–17 D-56068, Koblenz, Deutschland

2.3 Vergleich der Verfahren

In einem ca. 200 km langen Donauabschnitt zwischen Budapest und Mohács (Donau-km 1660 bis 1447) wurden an insgesamt 22 Bereichen der Donau sowie 5 Bereichen im großen Nebenarm (Ráckevei-Soroksári-Donau) physikalisch-chemische, mikrobiologische und faunistische Untersuchungen zur Gewässergüte durchgeführt. Die Auswertung der faunistischen Daten erfolgte nach den zwei beschriebenen Verfahren, der DIN 38410, und Score-System nach Csányi.

Die Ergebnisse wurden sowohl untereinander als auch mit den Ergebnissen der physikalisch-chemischen Untersuchung sowie den Planktonuntersuchungen verglichen. Damit sollte überprüft werden, welches Verfahren die Gewässergüte besser – das heißt genauer und zuverlässiger beschreibt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Nach **physikalisch-chemischen Parametern** kann die Donau zwischen Budapest und Mohács als überwiegend mäßig belastet eingestuft werden. Nach den Grenzwerten ungarischer Gewässergüteklassen liegen die meisten der untersuchten Parameter innerhalb der Gewässergüteklasse II ("gute Wasserqualität"), einige Meßwerte überschreiten den Grenzwert zur Güteklasse III ("tolerierbare Wasserqualität"), die Güteklasse IV ("verschmutzt") wird nur in Einzelfällen erreicht.

Der **Saprobienindex** beschreibt den untersuchten Donauabschnitt im Stadtgebiet von Budapest als β -mesosaprobies Fließgewässer. Im weiteren Verlauf, ab Donau-km 1633 verschlechtert sich die Gewässergüte etwas und erreicht den unteren Bereich der Zwischenstufe " β -mesosaprob bis -mesosaprob".

Der **ASPT nach Csányi** als auch der **Quality Index** lassen kaum eine eindeutige Aussage über die Gewässergüte zu, da die einzelnen Werte nicht nur räumlich sondern auch innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraumes erheblich schwanken. Der mittlere ASPT nach Csányi beträgt 4,6, der Quality Index aller Proben liegt im Mittel bei 4,19 und beschreibt damit insgesamt eine "gute Wasserqualität".

Die Einleitungen von überwiegend unbehandeltem Abwasser der Stadt Budapest sind beträchtlich, sie bewirken jedoch abgesehen von der bakteriellen Belastung nur eine mäßige Verschlechterung der Gewässergüte. Die verhältnismäßig geringen Auswirkungen auf die Wasserqualität der Donau sind auf die Abflußverhältnisse und auf die hohe Strömungsgeschwindigkeit zurückzuführen. Bei Mittelwasser führt die Donau etwa $190 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$. Die gesamte Abwasserfracht von Budapest – insgesamt $900.000 \text{ m}^3/\text{d}$ ungeklärtes und $140.000 \text{ m}^3/\text{d}$ biologisch gereinigtes Abwasser – wird dann etwa um Faktor 200 verdünnt. Bei Niedrigwasser ist immerhin noch eine knapp 100-fache Verdünnung vorhanden. Die starke Strömung (bei Budapest ca. 1–1,3 m/s) fördert durch physikalische Belüftung die Selbstreinigungsleistung der Donau. Außerdem wird die Durchmischung durch die Strömung beschleunigt, sodaß extreme Belastungen nur in unmittelbarer Nähe der Einleitungsstellen auftreten. In der Ráckevei-Soroksári-Donau hingegen wirkt sich die Abwasserbelastung aufgrund der geringen Strömung (Stauregelung) wesentlich stärker aus.

Tabelle 1. Einstufung der Gewässergüte nach den untersuchten Parametern; für die chemischen Parameter und die Planktonbiomasse wurden die Einteilungen nach ungarischen Grenzwerten angewendet.

Parameter	Donau / Hauptstrom Donau-km 1659,2–1447	RS-Donau / Nebenarm RSD-km 57,3–9,8
gel. Sauerstoff	I	I
BSB ₅	II–III	I–II
CSB _{Cr}	III	I–II
Ammonium	II	II–III
Nitrit	II–III	III
Nitrat	II–III	II
Orthophosphat	II–III	II–III
Gesamtphosphat	III–IV	II–III
Gesamtstickstoff	II	II
Chlorophyll a	IV	III–IV
Phytoplanktonbiomasse	II	-
Zooplanktonbiomasse	III	III
Quality Index (Csányi)	2–6	2,5–5,5
ASPT (Csányi)	2,67–7,6	3,0–4,2
Saprobienindex	1,98–2,42	2,21–2,52

4. Vergleich des deutschen und des ungarischen Verfahrens zur Bewertung der Gewässergüte

Vergleicht man den Quality Index bzw. ASPT nach Csányi mit dem Saprobienindex, so fällt besonders die starke Streuung der Werte innerhalb der einzelnen Untersuchungsbereiche auf. Außerdem zeigt das ungarische Verfahren im Vergleich zum Saprobienindex insgesamt eine schlechtere Gewässergüte an.

Um die Übereinstimmung der Aussagen der beiden Verfahren zu verbessern, wurde zunächst eine lineare Angleichung vorgenommen, indem die Bewertungsskalen gegeneinander verschoben wurden. Die beste Übereinstimmung ergab sich durch eine Definition der ASPT-Skala von 8 (Optimalzustand) bis 1 (Pessimalzustand) gegenüber einer entsprechenden SI-Skala von 1,0 (Optimalzustand) bis 3,3 (Pessimalzustand). Abb. 1 zeigt die nach dem Saprobienindex und nach dem ASPT (nach Csányi) berechneten Güteinstufungen mit dieser angepassten Skalierung.

Der Versuch einer gegenseitigen Übertragung der Ergebnisse erwies sich wegen der starken Streuung der QI- bzw. ASPT-Werte als problematisch. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsbereiche traten häufig sehr unterschiedliche Werte auf (Abb.1). Für die meisten der unterschiedlichen oder sogar widersprüchlichen Ergebnisse, die das ungarische Verfahren liefert, gibt es keine plausiblen, ökologisch begründeten Erklärungen.

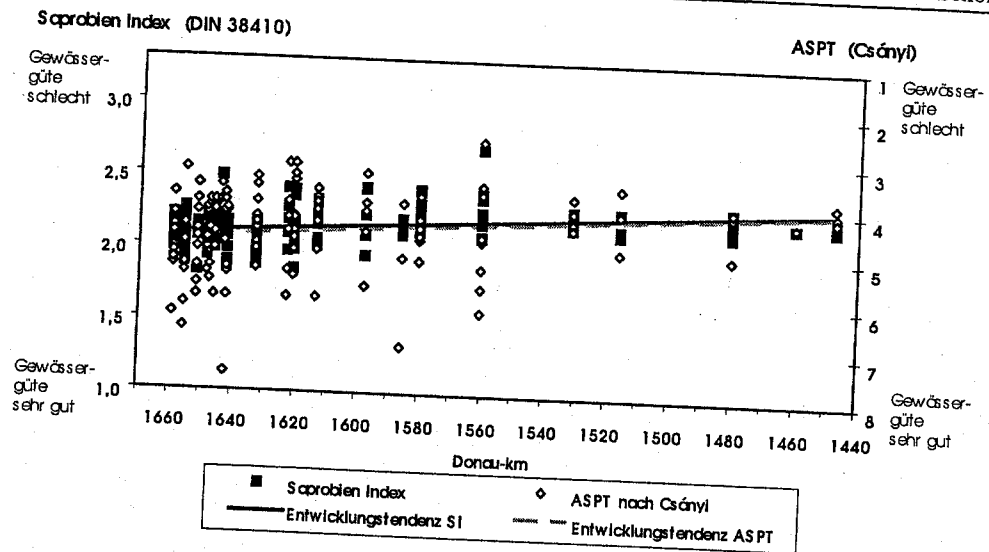


Abb. 1. Ergebnisse der Gewässergütemessung nach DIN 38410 und Csányi mit angeglichenen Skalen. Die Skala für Gewässergüte reicht von sehr gut: SI = 1,0 entsprechend ASPT Csányi = 8 bis schlecht: SI = 3,3 entsprechend ASPT Csányi = 1.

Die Übereinstimmung des ASPT mit dem Saprobieindex an den einzelnen Stellen, unabhängig von Ort und Jahreszeit der Untersuchung, ist in Abb. 2 dargestellt. Mit

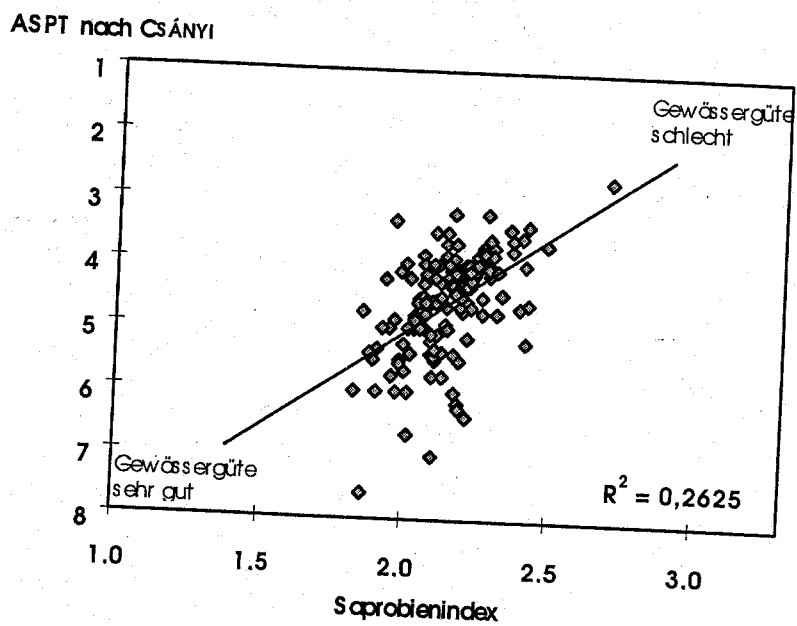


Abb. 2. Vergleich des Saprobieindex mit dem ASPT nach Csányi (Korrelationskoeffizient $r = 0,51$)

einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,51$ ist eine Übereinstimmung kaum gegeben und somit eine Übertragung der Ergebnisse aus einem System in das andere nicht zulässig.

Da das aus der ungarischen Donau gewonnene Datenmaterial sich hauptsächlich auf den mittleren Gütebereich beschränkt, wurden zusätzlich 1161 Datensätze aus mehreren deutschen Flüssen nach den beiden Verfahren (ASPT nach Csányi und Saprobienindex nach DIN 38410) ausgewertet und einem Vergleich unterzogen. Hier konnte immerhin ein Korrelationskoeffizient von 0,74 erreicht werden.

Bei einem ähnlichen Versuch, den britischen ASPT mit dem österreichischen Saprobien-System zu vergleichen, fanden Stubauer & Moog (1996) ebenfalls eine auffallend starke Streuung der ASPT-Werte (nach der britischen Score-Liste). Diese Ergebnisse zeigen, daß nicht allein die saprobielle Einstufung der Taxa für eine Angleichung der Verfahren ausschlaggebend ist, sondern daß das eigentliche Problem in der Unschärfe der "Family-Score"-Methode liegt. Eine Eichung der Verfahren im Sinne der mathematischen Angleichung kann dieses Problem daher nicht lösen.

5. Schlußfolgerungen

Als Fazit des vorliegenden Methodenvergleichs wird folgendes festgehalten:

1. Die große und willkürliche Streuung der durch das ungarische Verfahren erzielten Indexwerte erlaubt keine absolute, zuverlässige und reproduzierbare Berechnung der Gewässergüte.
2. Ein Abgleich der getesteten Verfahren zur Bewertung der Gewässergüte (DIN 38410, Quality Index und ASPT nach Csányi) ist wissenschaftlich nicht vertretbar.
3. Die Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der durch DIN 38410 erzielten Ergebnisse berechtigt uns zu der Empfehlung, das Saprobien-System auch im Donaoraum anzuwenden. Hierdurch könnten die bereits an Rhein, Mosel, Saar und Elbe im Rahmen der Internationalen Gewässerschutzkommissionen (IKSR, IKSMS und IKSE) gesammelten positiven Erfahrungen mit dem Saprobien-System auch an der Donau eingesetzt werden.