

# DIE ANPASSUNGSFÄHIGKEIT DER EPHEMEROPTEREN AN DIE VERUNREINIGUNG DER GEWÄSSER UND DIE MÖGLICHKEIT IHRER AUSNÜTZUNG ALS LIMNOSAPROBE BIOINDIKATOREN

BORIS K. RUSSEV

*Zoologisches Institut und Museum  
Bulgarische Akademie der Wissenschaften,  
Boulev. Ruski 1, Bulgarien*

Die Fähigkeit der eurybionten Larven verschiedener Ephemeropteren, sich in weitem Maße an die Veränderungen der sie umgebenden Gewässer anzupassen, ist von großer Bedeutung für die Erhaltung dieser Arten, für die Ausdehnung ihres Areals (Verbreitungsgebietes) sowie für gewisse Vorzüge im Ernährungswettbewerb. Die stenobionten und stenotopen Ephemeropteren sind bedeutend empfindlicher und reagieren auf die geringsten Veränderungen des Wasserzustandes. Je inniger sie ans Milieu, in dem sie vorkommen, gebunden sind, ohne sich an eintretende Veränderungen anpassen zu können, desto geeigneter sind sie als Bioindikatoren. Von besonderer Bedeutung unter diesen Arten sind diejenigen, die uns Aufschluß geben können über den verschiedenen Verschmutzungszustand der Flüsse.

KOLKWITZ und MARSSON (1909, S. 149) lenken als erste die Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit, sechs Larvenarten von Eintagsfliegen als Bioindikatoren zu benutzen u.zw. für die oligosaprobe Zone. LIEBMANN (1951) erwähnt in seinem revidierten Saprobitätssystem 2 Arten von Ephemeropterenlarven, die als Indikatoren von beta-mesosaprobe Gewässern dienen können, sowie 3 Arten als Indikatoren von oligosaprobe Gewässern.

ZELINKA (1953) untersuchte das Verhalten von 23 Larven von Ephemeropteren gegenüber der Verunreinigung der Gewässer der Moravica.

Eine ganz besondere Bedeutung für die Entwicklung der Saprobiologie überhaupt erlangten die von ZELINKA und MARVAN (1961) eingeführten Saprobitätswertigkeiten als Widerspiegelung der ökologischen Erfordernisse und Anpassungsfähigkeit der Organismen dem verschieden starken Verunreinigungsgrad der Fließgewässer gegenüber. Unter anderem teilen sie auch die Saprobitätswertigkeiten und das Bioindikationsgewicht von 33 Ephemeropterenlarven mit.

Aufgrund dieser Angaben über die Saprobitätswertigkeiten und das Indikationsgewicht der Wirbellosen und besonders der Larven der Ephemeropteren wurden gründliche Untersuchungen der Verunreinigung u. der Selbstreinigungsfähigkeit von 15 bulgarischen Flüssen durchgeführt (RUSSEV, 1975).

In seiner Monographie über die Saprobiologie erwähnt unter anderem SLADĚČEK (1973) auch die Saprobitätswertigkeiten und das Bioindikationsgewicht von 42 Ephemeropterenlarven, wobei er gewisse Korrekturen an einigen von ZELINKA und MARVAN (1961) mitgeteilten Arten vornimmt.

JANEVA (Manuskript) erforscht die Saprobitätswertigkeiten von 15 *Baetis*-Arten, die in verschiedentlich verunreinigten Abschnitten von 5 bulgarischen Flüssen auftreten, indem sie von den von MÜLLER-LIEBENAU (1969) gründlich revidierten Daten über die Gattung *Baetis* ausgeht.

Die Ergebnisse der mehrjährigen Untersuchungen der Hydrobiologie und Saprobologie der bulgarischen Flüsse gestatten uns, einige Gedanken über die Anpassungsfähigkeit der bisher in den bulgarischen Gewässern festgestellten Ephemeropteren sowie über ihre Fähigkeit als limnosaprobe Bioindikatoren zu dienen, zu entwickeln. Von den insgesamt festgestellten 78 Arten bleiben hierbei die von Janeva 15 Arten der Gattung *Baetis* erwähnten, sowie die Arten *Ametropus fragilis* (BURMEISTER, 1839), *Rhithrogena buresi* SOWA, 1973, *Ecdyonurus helveticus* (EATON, 1883) — für Bulgarien nur im Imaginalstadium bekannt, sowie die Larve *Leptophlebia* sp. in Bulgarien bereits von SCHOENEMUND (1926) festgestellt, unberücksichtigt.

Vom verschiedenartigen Charakter der untersuchten bulgarischen Gewässer, sowie der von ILLIES (1958, 1961, 1962) und ILLIES und BOTOȘANEANU (1963) durchgeführten Kategorisierung der Fließgewässer ausgehend und unter Berücksichtigung gleichzeitiger der Anpassungsfähigkeit der Ephemeropteren dem verschiedenen Verunreinigungsgrade gegenüber ließe sich eine Unterteilung in folgende ökologische Gruppen vornehmen:

### I. Stenobionte Ephemeropteren (sehr zuverlässige Indikatoren mit Indikationsgewicht 4 und 5)

1. Bewohner reiner Gebirgsbäche mit xenosaprobem und oligosaprobem Charakter. Vorwiegend im Epirhithron, seltener im Metarhithron.

A r t	S	X	O	β	β-α	G	Vorwiegende Biozönose
<i>Ameletus inopinatus</i> EATON	x	10				5	lith.
<i>Rhithrogena semicolorata</i> (CURTIS)	x	7	3			4	lith.
<i>Rhithrogena loyolae</i> NAVÁS	x	10				5	lith.
<i>Rhithrogena hybrida</i> EATON	x	10				5	lith.
* <i>Epeorus alpicola</i> (EATON)	x	10				5	lith.
* <i>Ecdyonurus torrentis</i> KIMMINS	x-o	7	3			4	lith.
* <i>Ecdyonurus austriacus</i> KIMMINS	x-o	7	3			4	lith.

S — Saprobität

X — xenosaprob

O — oligosaprob

β — beta-mesosaprob

β-α — Beta-alpha-mesosaprob

α — alpha-mesosaprob

G — Indikationsgewicht

lith — lithorheophile (Stein- und kiesliebende Biozönose)

2. Bewohner von Flüssen mit stabilem beta-mesosaprobem Charakter; vorwiegend im Metapotamon und Hypopotamon, jedoch, obwohl seltener, auch im Epipotamon.

A r t	S	X	O	β	α	G	Vorwiegende Biozönose
* <i>Ametropus</i> sp.	β			+			ps.
* <i>Isonychia ignota</i> (WALKER)	β		3	7		4	ph.
<i>Heptagenia coeruleans</i> ROSTOCK	β		1	8	1	4	lith.
* <i>Ephemerella mesoleuca</i> (BRAUER)	β			+			ph.
* <i>Brachycercus harrisella</i> CURTIS	β			+			ps.
* <i>Brachycercus minutus</i> TSHERNOVA	β			+			ps.
<i>Choroterpes picteti</i> (EATON)	β		2	8		4	lith.
* <i>Neophemera maxima</i> (JOLY)	β			+			lith.
* <i>Palingenia longicauda</i> (OLIV.)	β		3	7		4	arg.
<i>Ephoron virgo</i> (OLIV.)	β		+	7	3	4	arg.

## II. Eurybionte Ephemeropteren

## A. Zuverlässige und relativ gute Indikatoren mit einem Indikationsgewicht von 3 und 2.

## 1. Bewohner vorwiegend von Epi- und Metarhithron

A r t	S	X	O	$\beta$	$\beta-\alpha$	$\alpha$	G	Vorwiegende Biozönose
<i>Epeorus sylvicola</i> E. PICT.	o	5	4	1			2	lith.
<i>Heptagenia fuscogrisea</i> (RETZIUS)	$\beta$	3	6	1			3	lith.
<i>Ephemerella krieghoffi</i> (ULMER)	x-o	6	4	+			3	lith.
* <i>Caenis macrura</i> STEPHENS	o	3	4	3	+		2	lith.

## 2. Bewohner vorwiegend des Hyporhithron

<i>Centroptilum luteolum</i> (MÜLLER)	$\beta$		2	7		1	3	lith.
<i>Ecdyonurus lateralis</i> (CURTIS)	o- $\beta$	+	4	6	+		3	lith.
* <i>Ecdyonurus mazedonicus</i> (IKONOMOV)	$\beta$		+	+	+			lith.
<i>Ecdyonurus dispar</i> (CURTIS)	$\beta$		1	7		2	3	lith.
* <i>Ephemerella mucronata</i> BENGTTSSON	$\beta$		+	+	+			lith.
* <i>Ephemerella notata</i> EATON	o- $\beta$	+	+	+				lith.
* <i>Caenis rivulorum</i> EATON	o- $\beta$		+	+				lith.
<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (STEPHENS)	o- $\beta$		5	5			3	lith.
* <i>Paraleptophlebia weneri</i> ULMER	$\beta$		+	+	+			ph.

## 3. Bewohner vorwiegend des Epipotamon

* <i>Centroptilum pennulatum</i> EATON	$\beta$		+	+				lith.
<i>Oligoneuriella rhenana</i> (IMHOFF)	$\beta$		3	6		1	3	lith.
* <i>Oligoneuriella mikulskii</i> SOWA	$\beta$		3	6	1		3	lith.
<i>Heptagenia flava</i> ROSTOCK	$\beta$		1	6		3	3	lith.
<i>Heptagenia sulphurea</i> (MÜLLER)	$\beta$		1	6		3	3	lith.
<i>Ecdyonurus insignis</i> (EATON)	$\beta$		2	6		2	3	lith.
* <i>Caenis moesta</i> BENGTTSSON	$\beta$		+	+				lith.
* <i>Paraleptophlebia cincta</i> (RETZIUS)	$\beta$		+	+				ph.
<i>Ephemera lineata</i> EATON	$\beta$		+	+				pel.
<i>Potamanthus luteus</i> (L.)	$\beta$		1	6		3	3	lith.

ps. — psammorheophile (sandliebende) Biozönose  
 pel. — pelorheophile (schlammliebende) Biozönose  
 ph. — phytorheophile (pflanzenliebende) Biozönose  
 arg. — argillorheophile (lehmliebende) Biozönose

## 4. Bewohner von langsam fließenden und Stehgewässern

A r t	S	X	O	$\beta$	$\beta-\alpha$	$\alpha$	G	Vorwiegende Biozönose
* <i>Siphonurus lacustris</i> (EATON)	$\beta$		+	+				ph.
* <i>Siphonurus aestivalis</i> (EATON)	$\beta$		+	+	+			ph.
* <i>Siphonurus armatus</i> (EATON)	$\beta$		+	+				ph.
<i>Cloeon dipterum</i> (L.)	$\beta$		3	4		3	2	ph. + lith.
* <i>Cloeon simile</i> EATON	$\beta$		+	+	+			ph.
* <i>Procloeon bifidum</i> (BNGTSS.)	$\beta$			+				ph.
* <i>Caenis robusta</i> EATON	$\beta$			+	+			ph.
* <i>Caenis horaria</i> (L.)	$\beta$			+	+			pel.
* <i>Traulus</i> sp.	$\beta$			+				pel.
<i>Ephemera vulgata</i> L.	$\beta$			+				pel.

## B. Schlechte Indikatoren mit Indikationsgewicht 1

A r t	S	X	O	$\beta$	$\beta-\alpha$	$\alpha$	G	Vorwiegende Biozönose
<i>Ecdyonurus venosus</i> (FABR.)	o	2	5	3		+	1	lith.
<i>Ephemerella ignita</i> (PODA)	$\beta$	1	3	3		3	1	lith.
<i>Ephemerella major</i> (KLAP.)	$\beta$ -o	1	4	4		1	1	ph.
<i>Habroleptoides modesta</i> (HAG.)	o	3	4	2		1	1	lith.
<i>Habrophlebia fusca</i> (CURTIS)	o- $\beta$	1	4	2		1	1	lith.
<i>Habrophlebia lauta</i> EATON	$\beta$ -o	1	4	4		1	1	lith.
<i>Ephemera danica</i> MÜLLER	o- $\beta$	1	4	4		1	1	ps.

Die Bestimmung der Saprobität oder der Saprobitätswertigkeit der Ephemeropteren erfolgt einerseits aufgrund von Ermittlungen der Antreffhäufigkeit einer jeden Art in den verschiedenen stark verunreinigten Flußzonen und andererseits aufgrund ihrer relativen Menge in jeder der Zonen. Die Arten, über die neue Angaben über ihre Saprobität oder Saprobitätswertigkeit, sowie über ihr Indikationsgewicht gemacht werden, sind vor ihrer Bezeichnung durch das Zeichen „\*“ gekennzeichnet. Wegen immer noch ungenügender Daten über den größeren Teil (21 Arten) werden keine Saprobitätswertigkeiten angegeben, sondern nur die saproben Zonen ihres Auftretens. Die Daten über die übrigen Arten sind SLADČEK (1973) entlehnt. Obwohl unsere Ergebnisse über manche von ihnen nur unwesentlich von letzteren abweichen, teilen wir sie noch nicht mit, da wir die von uns durchgeführten Untersuchungen immer als noch unzureichend betrachten. Einzig über die Art *Caenis macrura* führen wir neue Angaben an, die sich von den früheren hauptsächlich durch das seltenere Auftreten der Art in der xenosaproben zugunsten der beta-mesosaproben Zone unterscheiden.

Eine ähnliche Tendenz läßt sich auch bei den festgestellten Unterschieden in bezug auf die Saprobitätswertigkeiten zwischen einem Teil der bulgarischen und den mitteleuropäischen Ephemeropteren bemerken. Die Tendenz nach einer größeren Widerstandsfähigkeit in den mehr verunreinigten Zonen ist unseres Erachtens nach auf den länger anhaltenden und wärmeren Sommer, bzw. auf die länger anhaltenden höheren Wassertemperaturen zurückzuführen.

Wir erachten die selbständige Anwendung des Zwischensaprobitätsgrades „beta-alpha-Mesosaprobie“ als gleichwertig den anderen Saprobitätsgraden als angebracht. Die Notwendigkeit von der Einführung dieses Grades tritt besonders in Augenschein bei der Arbeit mit widerstandsfähigeren Larven von Ephemeropteren, die meistens einer beta-alpha-mesosaproben Verschmutzung standhalten, während sie in der typischen alpha-mesosaproben Zone fehlen. Die „beta-alpha-mesosaprobe Zone“ ist durch eine bedeutende Dynamik der Oxydations- und Reduktionsprozesse gekennzeichnet, durch beschleunigte qualitative und quantitative Veränderungen des Bestandes der Biozönosen in Abhängigkeit vom Vorherrschen diverser Gleichgewichtsprozesse zwischen Verschmutzung und Selbstreinigung. In der Abhandlung von ROTHSCHEIN (1972) über „die Saprobität als Kriterium des Sauerstoffhaushaltes“ werden Angaben über die Grenz- und mittleren Konzentrationen an Sauerstoff ( $O_2$  mg/l, % $O_2$ , BSB<sub>5</sub> mg  $O_2$ /l, CHSB mg  $O_2$ /l) in der „beta-alpha-mesosaproben Zone“ angeführt. Die Analyse dieser Angaben weist gleichfalls auf die Notwendigkeit einer ständigen Benützung der „beta-alpha-mesosaproben“ Zone bei der Ermittlung der Saprobität der Flüsse hin.

Die Analyse der angeführten Angaben über die Saprobität, die Saprobitätswertigkeiten und das Bioindikationsgewicht der in Bulgarien festgestellten 73 Arten von Ephemeropterenlarven (einschließlich der von JANEVA erwähnten 15 Arten der Gattung *Baetis*) zeigt die außerordentlich große Bedeutung dieser Gruppe von Wasser-Luftinsekten für die richtige Beurteilung des Gütezustandes der Fließgewässer. Eine Bestätigung hierfür ist die weite Verbreitung verschiedener Arten von stenobionten und vor allem von eurybionten Larven von Eintagsfliegen, die von der xenosaproben bis zur alpha-mesosaproben Zone reicht.

## SUMMARY

*Ecological plasticity of mayfly larvae and the possibility of their use as limnosaprobic bioindicators*

A brief review of the history of investigations on the use of the mayfly larvae as limnosaprobic bioindicators has been made. During the long investigations on the hydrobiology and saprobiology of some of the Bulgarian rivers both the frequency of the finding of larvae of the mayfly species in the different zones of pollution and their relative quantity in the same zones were taken into account. The saprobility, the saprobic valences, and the indicative value of larvae of 28 mayfly species in Bulgaria were determined. The valences given by SLADEČEK (1973) for the remaining 30 species were accepted. The 58 mayfly species reported (excepting g. *Baetis*) are grouped in stenobiont (very good bioindicators) and eurybiont, which in their turn are subdivided into inhabitants of epi-, meta-, and hyporhithron as well as epi-, meta- and hypopotamon. The inhabitants of the slowly flowing and stagnant waters as well as the bad bioindicators with indicative weight "1" in different groups were reported.

Certain differences in the saprobic valences established by other authors in the sense of a greater resistance of the larvae to pollution in Central Europe in comparison with those established in Bulgaria were ascertained. According to the author, this is due to the longer and warmer summer or the longer duration of the higher water temperature in Bulgaria.

Suggestions were made according to which the use of the „ $\beta$ - $\alpha$ -mesosaprobic degree" of pollution should be absolutely independent, with the class and significance as the remaining saprobic degree.

The extremely great significance of the mayfly larvae for a correct determination of the degree of pollution in running waters was considered.

## LITERATUR

- ILLIES J. (1958). Die Barbenregion mitteleuropäischer Fließgewässer. *Verh. internat. Ver. Limnol.*, **13**, 834-844, Stuttgart.
- , (1961). Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, **46**, 2, 205-213.
- , (1962). Die Bedeutung der Strömung für die Biozönose in Rhithron und Potamon. *Schweiz. Zeitschr. Hydrol.* **24**, 2, 433-435.
- ILLIES J. et L. BOTOȘANEANU (1963). Problèmes et méthodes de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Intern. Assoc. Theor. Appl. Limn., Commun.* **12**, pp. 57, Stuttgart.
- JANEVA IV. (Manuskript). Einige Vertreter der Gattung *Baetis* (Ephemeroptera) als limnosaprobe Bioindikatoren.
- KOLKWITZ E. u. MARSSON M. (1909). Ökologie der tierischen Saprobien. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, **2**, 126-152.
- LIEBMANN H. (1951). Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Bd. 1, München.
- MÜLLER-LIEBENAU I. (1969). Revision der europäischen Arten der Gattung *Baetis* LEACH, 1815 (*Insecta, Ephemeroptera*). *Gewässer u. Abwässer*, **48/49**, pp. 214, Göttingen.
- ROTSCHHEIN J. (1972). Saprobita ako kritérium kyslíkového režimu. *VUV, Práce a studie*, **63**, pp. 135.
- RUSSEV B. (1975). Die Verwertung der Methode von Zelinka und Marvan (1961) bei den saprobiologischen Untersuchungen in Bulgarien. *Wasser und Abwässer*, Wien.
- SCHOENEMUND E. (1926). Plecopteren und Ephemeren aus Bulgarien. *Zool. Anz.*, **47**, 9/10, 235-239.
- SLADEČEK VI. (1973). System of Water Quality from the Biological Point of View. *Ergebnisse der Limnologie*, **7**, pp. 218, Stuttgart.
- ZELINKA M. (1953). Larvy jepic (Ephemeroptera) z povodí Moravice a jejich vztah k čistotě vody. *Acta Acad. Sci. Nat. Moravo-Silesiaca*, **25**, 5, 181-200, Brno.
- ZELINKA M. u. MARVAN P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.*, **57**, 3, 380-407, Stuttgart.