

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N. F. 14	3	615-620	1988	Freiburg im Breisgau 1. Dez. 1988
----------------------------------------------------	----------	---	---------	------	--------------------------------------

# Regionale zooökologische Untersuchungen an Makroinvertebraten-Gemeinschaften in verschiedenen Bachtypen: Methodik und ausgewählte Ergebnisse\*

von

ULRICH BRAUKMANN, Karlsruhe\*\*

## Abstract

First of all the possibility of delimiting zoocoenological structural elements within streams is mentioned. In this connection the importance of substrate-types is stressed. The example of highmountain/mountain brooks in the area of the Black Forest is given to present a step by step method to characterize different choriocoenoses and their denomination by means of cluster analyses using the coenological parameters presence, dominance and the degree of association between the most present taxa. The examples are illustrated by one table and one figure.

Die nachfolgend vorgestellten zooökologischen Aspekte aus der limnologischen Fließgewässerforschung resultieren aus einem interdisziplinären Untersuchungsprogramm an der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz. Gegenstand dieser Untersuchungen sind die Lebensgemeinschaften des Makrozoobenthons (Makroinvertebraten) naturnaher Bäche verschiedener Landschaftsräume des Bundesgebiets vom Flachland bis zum Hochgebirge. Methodisches Vorgehen und Ergebnisdarstellung erfolgen exemplarisch am Beispiel eines Untersuchungsgebietes, dem Schwarzwald.

Detailliertere Angaben über weitere Lebensgemeinschaften anderer regionaler Bachtypen finden sich bei BRAUKMANN (1987), das in diesem Zusammenhang entwickelte regionale Bachtypensystem wurde von OTTO & BRAUKMANN (1983) vorgestellt. Regional vergleichende zooökologische Untersuchungen sind in der Limnologie – der Lehre von den Binnengewässern – bislang von nachgeordneter Bedeutung gewesen, obwohl einer ihrer bedeutendsten Vertreter, THIENEMANN (1936, 1954), bereits frühzeitig Ansätze zu einer generellen Unterscheidung und

\* Nach einem Vortrag, gehalten bei der 1. Tagung des Arbeitskreises „Bioökologie“ in der GfÖ (Freiburg, 14./15. Mai 1988).

\*\* Anschrift des Verfassers: Dr. U. BRAUKMANN, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Postfach 21 07 52, D-7500 Karlsruhe 21.

Charakterisierung verschiedener regionaler Fließgewässertypen (der Ebene, der Mittel- und Hochgebirge) und deren Lebensgemeinschaften formulierte. Im Gegensatz zu den terrestrischen und meist auch aquatischen Pflanzengesellschaften, die sich in ihren Formationen in der Regel unmittelbar und mit bloßem Auge erkennen und unterscheiden lassen, sieht man von den Tieren, die den Boden fließender Gewässer besiedeln, meistens nichts. Man muß sie zunächst mittels spezieller Methoden aufsammeln. In den meisten Fließgewässern kann man auch nicht ohne weiteres die dort vorherrschenden Pflanzengesellschaften als vorgegebenen pflanzensoziologischen Rahmen zur Abgrenzung dazugehöriger Tiergemeinschaften verwenden. So gibt es in vielen Berg- und Gebirgsbächen auf großen Strecken überhaupt keine Makrophyten, wohl aber zahlreiche Makrozoen. Es sind vielmehr eindeutig die verschiedenen, oft sehr kleinräumig mosaikhaft wechselnden Substratverhältnisse, nach denen eine Zuordnung spezifischer Tiervergesellschaftungen möglich ist.

Für die Abgrenzung der Makroinvertebratengemeinschaften der Bäche spielen die verschiedenen Substrat- und Strömungstypen, nicht zuletzt wegen ihrer im Freiland möglichen Klassifizierbarkeit, eine wesentliche Rolle. Die Lebensgemeinschaften dieser Substrat-Typen, wie z.B. diejenigen der Stein-, Kies-, Sand- oder Schlammbereiche innerhalb eines Fließgewässers, werden nach STEFFAN (1965) mit dem von TISCHLER (1947) geprägten Begriff der Choriozönose bezeichnet. Der betreffende Lebensraum wird nach STEFFAN Choriotope genannt. Aufgrund einer zoologischen Analyse von 29 Bächen des Schwarzwaldes sind in Abbildung 1 die charakteristischen Makroinvertebraten-Choriozönosen für verschiedene Substrate typischer Bäche dieses Gebiets zusammengestellt.

Als zöologische Ordnungskriterium wurde für diese Darstellung die Stetigkeit, das heißt der Prozentsatz der Proben, in denen das betreffende Taxon im jeweiligen Choriotype angetroffen wurde, verwendet.

Für die synoptische Anordnung der Organismen in Form einer ökologischen Reihe der Substrate von lotischen (links) zu lenitischen (rechts) Strömungsbereichen wurden sehr seltene Arten mit nur geringer Stetigkeit nicht berücksichtigt.

Aus Abbildung 1 ist einerseits der Grad der Stenotopie ersichtlich, ausgeprägt etwa bei einigen Moosbesiedlern wie z.B. der Gattung *Micrasema* oder bei einigen Stillwasserformen wie *Oreodytes* oder *Micropsectra*, andererseits kann ihr die kennzeichnende Vergesellschaftung steter Besiedler der einzelnen Choriotope entnommen werden.

Um über diese choriotopspezifischen Assoziationen benthischer Invertebraten hinaus eine komprimierte Übersicht über die charakteristischen Zoozönosen der wichtigsten Bachtypen der Gebirgs-, Berg- und Flachlandbäche des Bundesgebietes zu gewinnen, wurden die Gemeinschaften der einzelnen Choriotope jedes regionalen Bachtyps zu zwei Gruppen – einer lotischen (strömungsliebender Formen) und einer lenitischen Gruppe (strömungsmeidender Formen) – zusammengefaßt.

Diese beiden Gruppen bilden in allen Bachtypen deutlich verschiedenartige Lebensgemeinschaften. Eine zoözoologische Charakterisierung dieser beiden ökologischen Gruppen (annähernd als Synusien zu bezeichnen) erfolgte in einer Reihe nachfolgend aufgeführter, methodischer Schritte:

1. Mit dem statistischen Hilfsmittel der Cluster-Analyse wurden für jeden Bachtyp alle im betreffenden Untersuchungsgebiet aufgefundenen Makroinvertebratentaxa nach der Häufigkeit ihres gemeinsamen Vorkommens geordnet. Der verwendete Assoziations-Koeffizient entspricht dem

Bachtyp Bachgebiet	Choriotypen				
	9	1	3	4/5	6
Silikat-Gebirgsbäche (sH1) Gebiet 2: Schwarzwald	Moospolster	Steine, >kopfgroß	Steine, faustgroß	Kies, Sand	Detritus
<i>Micrasema longulum</i>	■	■	■		
<i>Micrasema minimum</i>	■	■	■		
<i>Eukiefferiella</i> spp.*	■	■	■		
<i>Elmis aenea</i>	■	■	■	■	
<i>Protonemura</i> spp.*	■	■	■		
<i>Rhyacophila</i> spp.*	■	■	■	■	
<i>Baetis alpinus</i>	■	■	■	■	■
<i>Simulium monticola</i> *	■	■	■		
<i>Drusus discolor</i>	■	■	■		
<i>Taeniopteryx hubaulti</i> *	■				
<i>Ptilocolepus granulatus</i>	■				
<i>Prosimulium tomosvaryi/rufipes</i>	■	■	■		
<i>Eusimulium</i> spp.*	■	■	■		
<i>Diamesa</i> spp.*	■	■	■		
<i>Orthocladius</i> spp.*	■	■	■		
<i>Liponeura</i> spp.*	■	■			
<i>Philopotamus montanus</i> *	■	■	■		
<i>Epeorus sylvicola</i>	■	■	■		
<i>Perla marginata</i>	■	■	■	■	
<i>Haenydra lapidicola</i> *	■	■	■	■	
<i>Esolus angustatus</i>	■	■	■	■	
<i>Glossosoma boltoni</i>	■	■	■	■	
<i>Haenydra gracilis</i>	■	■	■	■	
<i>Hydropsyche</i> spp.*	■	■	■	■	
<i>Silo pallipes</i>	■	■	■		
<i>Rhithrogena semicolorata</i> *	■	■	■	■	■
<i>Isoperla</i> spp.*	■	■	■	■	■
<i>Limnius perrisi</i>	■	■	■	■	■
<i>Baetis rhodani</i>	■	■	■	■	■
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	■	■	■	■	■
<i>Drusus annulatus</i>	■	■	■	■	■
<i>Atherix</i> sp.	■	■	■	■	■
<i>Leuctra</i> spp.*	■	■	■	■	■
<i>Ecdyonurus (venosus?)</i>	■	■	■	■	■
<i>Dicranota</i> sp.	■	■	■	■	■
<i>Eiseniella tetraedra</i>	■	■	■	■	■
<i>Habroleptoides modesta</i>	■	■	■	■	■
<i>Siphonoperla torrentium</i>	■	■	■	■	■
<i>Baetis muticus</i>	■	■	■	■	■
<i>Polycelis felina</i>	■	■	■	■	■
<i>Odontocerum albicorne</i>	■	■	■	■	■
<i>Gammarus fossarum</i>	■	■	■	■	■
<i>Stylogrillus heringianus</i>	■	■	■	■	■
<i>Sericostoma</i> spp.*	■	■	■	■	■
<i>Chaetopterygini</i>	■	■	■	■	■
<i>Limnophila</i> sp.	■	■	■	■	■
<i>Ameletus inopinatus</i>	■	■	■	■	■
<i>Trissopelopia longimana</i>	■	■	■	■	■
<i>Macropelopia nebulosa</i>	■	■	■	■	■
<i>Dixa puberula</i>	■	■	■	■	■
<i>Oreodytes rivalis</i>	■	■	■	■	■
<i>Micropsectra</i> spp.*	■	■	■	■	■
<i>Pseudodiamesa branickii</i>	■	■	■	■	■

Verbreitung der Organismen Präsenz(%)

IV	■	sehr häufig	> 75
III	■	häufig	50-75
II	■	verbreitet	25-50
I	■	selten	< 25

Abb. 1:  
Verteilung der häufigsten und charakteristischsten Makroinvertebraten auf die wichtigsten Choriotypen subalpiner bzw. hochmontaner Silikat-Gebirgsbäche des Schwarzwaldes.

AGRELL-Index (vgl. SCHWERDTFEGER 1975). Die auf diese Weise durch den paarweisen Vergleich aller Taxa ermittelten Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den Taxa hinsichtlich ihres gemeinsamen Vorkommens in einem der beiden (lotischen und lenitischen) Choriotop-Komplexe wurden in Form von Dendrogrammen als Assoziationsdiagramme (vgl. BRAUKMANN 1987) graphisch dargestellt.

In den Gebirgsbächen des Schwarzwaldes kommen beispielsweise von insgesamt 176 gefundenen Taxa 26 Taxa, das sind etwa 15 % des Gesamt-taxabestandes, in mehr als 20 % der Proben des lotischen Choriotopkomplexes stärker durchströmter Bachareale mit vorwiegend grobsteinigem Substrat gemeinsam vor. Diese Taxa werden als charakteristische Assoziationsgruppe oder korrelierte Taxagruppe bezeichnet.

Tab. 1: *Baetis alpinus* – *Rhythrogena semicolorata* – *Polycelis felina* – Gemeinschaft: Assoziationsgruppe des lotischen Choriotop-Typs Lital in subalpinen bis hochmontanen Silikat-Gebirgsbächen des Schwarzwaldes

Anzahl der Proben		24		41		57				
		Stetigkeit		mittl. Abund./m <sup>2</sup>		Dominanz (in % d. Proben)				
Nr.	Taxa	1.HJ	2.HJ	1.HJ	2.HJ	V	IV	III	II	I
						ed	d	sd	r	sr
≥ 50 %	86 <i>Baetis alpinus</i>	100	93	90	122	29,8	35,1	21,1	5,3	3,5
	4 <i>Polycelis felina</i>	100	90	44	45	3,5	36,8	35,1	10,5	7,0
	372 <i>Limnius perrisi</i>	88	90	33	31	1,8	21,1	19,3	29,8	17,5
	194 <i>Isoperla cf. rivulorum</i>	83	73	23	49	10,5	17,5	15,8	15,8	21,1
	65 <i>Gammarus fossarum</i>	79	73	33	82	10,5	10,5	24,6	17,5	14,0
	501 <i>Dicranota sp.</i>	54	83	2	11	-	3,5	5,3	17,5	47,4
	221 <i>Rhyacophila spp.</i>	42	71	8	33	-	17,5	24,6	14,0	5,3
	183 <i>Leuctra spp.</i>	46	70	5	31	-	14,0	15,8	15,8	10,5
	166 <i>Protonemura spp.</i>	75	80	21	42	1,8	10,5	15,8	12,3	15,8
	230 <i>Philopotamus montanus</i>	83	46	16	30	1,8	12,3	28,1	3,5	7,0
≥ 20 %	101 <i>Epeorus sylvicola</i>	67	51	14	29	-	5,3	28,1	17,5	3,5
	111 <i>Eodyonurus venosus</i>	54	25	5	4	-	3,5	8,8	8,8	28,1
	396 <i>Haenydra lapidicola</i>	38	51	5	21	-	5,3	14,0	15,8	10,5
	92 <i>Baetis rhodani</i>	25	68	7	80	7,0	17,5	10,5	8,8	3,5
	361 <i>Elmis aenea</i>	38	70	9	23	-	3,5	14,0	12,3	19,3
	663 <i>Atherix sp.</i>	58	44	7	5	-	5,3	5,3	12,3	24,6
	395 <i>Haenydra gracilis</i>	54	44	4	9	-	-	8,8	19,3	19,3
	128 <i>Habroleptoides modesta</i>	29	49	8	27	1,8	14,0	14,0	5,3	7,0
	240 <i>Hydropsyche cf. saxonica</i>	80	60	35	24	-	7,0	19,3	8,8	8,8
	164 <i>Protonemura nitida</i>	-	65	-	13	-	3,5	1,8	14,0	17,5
zöologische Affinität	575 <i>Eukiefferiella spp.</i>	20	85	4	119	7,0	15,8	12,3	10,5	1,8
	218 <i>Rhyacophila tristis</i>	50	46	3	3	-	-	3,5	7,0	38,6
	271 <i>Drusus discolor</i>	50	40	13	65	3,5	22,8	15,8	-	3,5
	368 <i>Esolus angustatus</i>	50	29	15	3	-	8,8	10,5	3,5	17,5
	216 <i>Rhyacophila obliterata</i>	25	46	2	7	-	1,8	1,8	15,8	17,5
	204 <i>Perla marginata</i>	21	37	1	3	-	-	-	3,5	28,1
	90 <i>Baetis miticus</i>	83	7	31	3	-	15,8	10,5	3,5	10,5
	105 <i>Rhythrogena semicol.-Gr.</i>	100	34	64	18	5,3	22,8	14,0	3,5	8,8
	223 <i>Glossosoma cf. boltoni</i>	67	2	45	<1	-	19,3	7,0	1,8	-
	310 Chaetopterygini	63	12	6	1	-	1,8	7,0	3,5	22,8
< 20 %	26 <i>Eiseniella tetraedra</i>	33	34	1	1	-	-	1,8	1,8	29,8
	14 <i>Haplontaxis gordioides</i>	46	20	4	2	-	-	3,5	5,3	21,1
	50 <i>Ancylus fluviatilis</i>	46	37	8	14	-	-	10,5	12,3	8,8
	393 <i>Haenydra dentipes</i>	25	29	1	7	-	-	7,0	7,0	10,5
	533 <i>Prosimulium rufip./tomosv.</i>	29	-	18	-	1,8	1,8	1,8	3,5	3,5
	528 <i>Liponeura spp.</i>	35	10	9	1	-	1,8	1,8	-	7,0
	594 <i>Orthocladius spp.</i>	18	20	11	21	1,8	1,8	-	5,3	-
	263 <i>Micrasema longulum</i>	50	85	4	84	-	1,8	1,8	5,3	5,3
	264 <i>Micrasema minimum</i>	60	60	45	137	3,5	8,8	8,8	3,5	3,5
	562 <i>Diamesa spp.</i>	33	24	16	4	-	3,5	3,5	5,3	8,8
269 <i>Drusus spp.</i>	29	21	26	37	1,8	1,8	12,3	8,8	17,5	
84 <i>Ameletus inopinatus</i>	-	2	-	<1	-	-	-	-	1,8	-
209 <i>Arcynopteryx compacta</i>	4	1	<1	10	-	-	3,5	1,8	3,5	
397 <i>Haenydra truncata</i>	8	7	<1	<1	-	-	-	5,3	7,0	
198 <i>Perlodes microcephalus</i>	-	20	-	<1	-	-	3,5	7,0	1,8	
220 <i>Rhyacophila torrentium-Gr.</i>	21	37	1	2	-	-	-	7,0	21,1	

HJ = Halbjahr, I-V = Dominanz-Klassen: ed (eudominant=>15% der Individuen/Einzelprobe), d (dominant= 5-15%), sd (subdominant= 2-5%), r (rezedent= 1-2%), sr (subrezedent=<1%)

Innerhalb dieser Gruppe gibt es 7 Taxa (etwa 4 % des Gesamtbestandes), die in besonders hohem Maße, nämlich in über 50 % aller Proben, miteinander vergesellschaftet vorkommen. Dieser Gruppe kommt damit eine besondere zöologische Bedeutung zu.

2. Die Taxa, die in mehr als 20 % der Proben gemeinsam vorhanden sind, werden entsprechend ihrer Reihenfolge im Assoziationsdiagramm nach fallendem Gemeinschaftskoeffizienten in Tabellenform angeordnet.

Als Beispiel für eine solche Tabelle sei die Darstellung der Vergesellschaftung des lotischen Choriotyps steinigem Substrats im ausgeprägten Strömungsbereich von Gebirgsbächen des Schwarzwaldes angeführt (vgl. Tabelle 1).

3. Zur Kennzeichnung der in Tabelle 1 dargestellten Gemeinschaft der Makroinvertebraten werden aus praktischen Erwägungen heraus dominante Taxa (Arten oder Gattungen) bevorzugt herangezogen. Es sind dies durchweg Formen, die den Besiedlungsaspekt des lotischen Lebensraumtyps von Gebirgs- und höher gelegenen Bergbächen des Schwarzwaldes bestimmen. Diese Tiere, z. B. *Baetis alpinus* (Eintagsfliege), *Polycelis felina* (Planarie) oder auch *Rhithrogena semicolorata* (Eintagsfliege), findet man in Bächen dieses Typs im Schwarzwald bei biologischen Untersuchungen während der meisten Zeit des Jahres mit Ausnahme der Sommermonate, in denen die Insekten das Wasser als Imagines verlassen, mit hoher Wahrscheinlichkeit als vorherrschende Mitglieder der Gemeinschaft.

In Tabelle 1 sind diese Tiere, die in mehr als 25 % der Proben des Gebietes in lotischen Bachbezirken endomorph (ed) bzw. dominant (d) vorkommen, durch Kästchen hervorgehoben. Diese Formen werden als Leitformen der Gemeinschaft bezeichnet. In der Tabelle sind überdies, nach Frühjahrs- und Herbst-Halbjahren getrennt, weitere zöologische Charakteristika wie die Stetigkeit und die mittlere flächenbezogene Abundanz, letztere nur als Begleitinformation, angegeben.

4. In einem letzten Schritt wird abschließend der Versuch unternommen, die Gemeinschaft der wirbellosen Bachtiere zu benennen. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich bei der strömungsliebenden, steinbesiedelnden Gemeinschaft um eine *Baetis alpinus* – *Rhithrogena semicolorata* – *Polycelis felina* – Gemeinschaft.

Diese findet man, wie eigene neuere Untersuchungen im Schwarzwald ergeben haben, als charakteristische Gemeinschaft nicht saurer oder nicht versauerter Silikat-Gebirgsbächen vorwiegend im Grundgebirge des südlichen und mittleren Schwarzwaldes mit hoher Repräsentanz in den am wenigsten sauren Bächen der Gneisgebiete. Sehr deutlich unterscheidet sich hiervon die Gemeinschaft der sauren Bäche des Buntsandsteins im Nordschwarzwald (BRAUKMANN in Vorbereitung). Hier fehlen nahezu alle Eintagsfliegen und eine Reihe weiterer Mitglieder der in Tabelle 1 aufgeführten Gemeinschaft.

Die Benennung der Gemeinschaft erfolgt in der Regel nach 2 oder 3 Arten, die in ihrer Assoziation möglichst typisch erscheinen für den betreffenden Lebensraum des Bachtyps. Nach Möglichkeit werden hierzu dominante Arten verwendet, sofern sie im betreffenden Bachtyp deutlich häufiger sind als in anderen Bachtypen.

Homözone (hololimnische) Organismen, also Arten, die einer Lebensgemeinschaft das ganze Jahr über angehören, eignen sich hier in besonderem Maße.

Die im angeführten Beispiel vorgestellte Gemeinschaft der Gebirgsbäche des Schwarzwaldes erweist sich im regionalen Vergleich mit anderen Bachtypen, etwa den Karbonat-Bergbächen der Fränkischen Schweiz oder gar den Flachlandbächen im Münsterland oder der Lüneburger Heide als charakteristisch und deutlich von denjenigen der anderen Bachtypen verschieden.

Ein physiographisch einigermaßen einheitlicher, von anderen abgrenzbarer Bachtyp läßt sich aufgrund vergleichender Untersuchungen seiner Organismenbesiedlung zoozoologisch kennzeichnen. Einige Methoden hierzu wurden exemplarisch aufgezeigt.

In der Methode des regionalen typologischen Vergleichs zahlreicher verschiedenartiger Bachgebiete — analog zur seit langem bewährten Vorgehensweise der Pflanzensoziologie — scheint auch in der Limnologie in einem zoozoologischen Ansatz zur Erfassung und Abgrenzung von Tiergemeinschaften in geographisch unterschiedlichen Bachtypen ein gangbarer systematischer Weg zu liegen, der zur besseren Kenntnis unserer Fließgewässer führen kann.

### Schrifttum

- BRAUKMANN, U. (1987): Zoozoologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. — Ergebnisse der Limnologie 26, 1–355, Stuttgart.
- BRAUKMANN, U. (in Vorbereitung): Lebensgemeinschaften benthischer Invertebraten unterschiedlich versauerter Bäche des Schwarzwaldes, ein regional-typologischer Vergleich.
- OTTO, A. & BRAUKMANN, U. (1983): Gewässertypologie im ländlichen Raum. — Schriftenr. d. Bundesministers f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft 288, 1–61, Münster (Landwirtschaftsverlag).
- SCHWERDTFEGER, F. (1975): Ökologie der Tiere, Bd. 3: Synökologie, 451 S., Hamburg und Berlin (Parey).
- STEFFAN, A. W. (1965): Zur Statistik und Dynamik im Ökosystem der Fließgewässer und zu den Möglichkeiten ihrer Klassifizierung. — Biosoziologie (Ber. int. Symp. Stolzenau/Weser 1960 der Int. Ver. Vegetationsk.), 65–110, Den Haag (Junk).
- THIENEMANN, A. (1936): Alpine Chironomiden (Ergebnisse von Untersuchungen in der Gegend von Garmisch-Partenkirchen). — Arch. Hydrobiol. 30, 167–262, Stuttgart.
- THIENEMANN, A. (1954): *Chironomus*. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. — Die Binnengewässer 20, 1–834, Stuttgart (Schweizerbart).
- TISCHLER, W. (1947): Über die Grundbegriffe synökologischer Forschung. — Biol. Zbl. 66, 49–56, Leipzig, Erlangen.

(Am 1. August 1988 bei der Schriftleitung eingegangen.)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1986-1989

Band/Volume: [NF\\_14](#)

Autor(en)/Author(s): Braukmann Ulrich

Artikel/Article: [Regionale zooökologische Untersuchungen an Makroinvertebraten-Gemeinschaften in verschiedenen Bachtypen: Methodik und ausgewählte Ergebnisse \(1988\) 615-620](#)