

BERICHTE

der Limnologischen Flußstation Freudenthal

Außenstelle der Hydrobiologischen Anstalt

der Max-Planck-Gesellschaft

VI

1954

Inhaltsverzeichnis

ILLIES, Joachim	Wassermilben (<i>Hydrachnellae</i>) aus der oberen Fulda	1
BESCH, Wulf	Ergebnis einer Untersuchung des Benthos in der Fulda oberhalb Hersfeld	14
FITTKAU, Ernst Josef	<i>Trichocladius nivalis</i> Goetgh. Chironomidenstudien III.	17
DEIBEL, Hans	Neues von den Ephemeropteren in Deutschland	28
SCHMITZ, Wolfgang	Grundlagen der Untersuchung der Temperaturverhältnisse in den Fließgewässern	29
MÜLLER, Karl	Die Fischbesiedlung und die regionale Einstufung der Fließgewässer der nordschwedischen Waldregion	51
JANNASCH, Holger W.	Zur Frage der Gewässertypen in ökologisch-bakteriologischer Hinsicht	57
JANNASCH, Holger W.	Kurze Mitteilung zur Anwendung der Fluoreszenzmikroskopie bei bakteriologischen Wasseruntersuchungen	60
MÜLLER, Karl	Untersuchungen über Wachstum und Ernährung der Fische fließender Gewässer. Nr. II. Wachstum und Ernährung des Gründlings (<i>Gobio fluviatilis</i> Cuv.) in der Fulda	61
SCHEELE, Martin	Kurzer Beitrag zur Diatomeenflora der Quellen und Oberläufe	65

Wassermilben (*Hydrachnellae*) aus der oberen Fulda

von Joachim Illies

Bei den Benthos-Aufsammlungen, die von der Fuldastation seit 1948 durchgeführt werden, wurden für die Salmonidenregion der Fulda häufig auch die Wassermilben berücksichtigt, so daß sich im Laufe der Zeit ein Material von 767 Individuen angesammelt hat. Dieses Material wurde nunmehr untersucht, so daß im Folgenden die Ergebnisse mitgeteilt und diskutiert werden können.

Dabei standen ökologische Fragestellungen im Vordergrund, weshalb einzelne systematische Fragen (vor allem die systematische Stellung einiger schwieriger Arten) an dieser Stelle nicht weiter verfolgt werden sollen. Von jedem Individuum wurde jedoch ein Dauerpräparat angefertigt; systematische Einzeluntersuchungen können an dem Material später noch vorgenommen werden.

Die folgende Liste zählt die einzelnen Arten der Ausbeute in der Reihenfolge des Systems (VIETS 1936) auf und gibt außerdem in absoluten Zahlen die pro Art und Fundort festgestellten Individuen an.

Für die Fundorte gelten folgende Abkürzungen:

- Qu = Quellen auf der Wasserkuppe
- 1 = Erlenwald oberhalb Obernhäusen
- 2 = Wiedererscheinen der Fulda bei Obernhäusen
- 3 = Schluchtwald zwischen Obernhäusen und Sandberg
- 4 = Fulda bei Feldbachmündung
- 5 = Meiersbach
- 6 = Altenfeld
- 7 = Schmalnau — Ried
- 8 = Lütter — Rönshäusen
- 9 = Eichenzell — Bronnzell

Es handelt sich also um die gleichen Fundorte und um die gleiche Längseinteilung der Salmonidenregion der Fulda wie in meiner Benthos-Arbeit (ILLIES 1953). Als neuer Fundort kommt „Qu“ (Quellen auf der Wasserkuppe) hinzu, worauf im Abschnitt „Quellregion“ näher eingegangen wird.

Wie sich zeigt, wurden in 43 positiven Fängen 767 Individuen von 32 Arten gefunden. Zu diesen „positiven“ Fängen treten — vor allem an den Fundorten 5—7 — zahlreiche negative Fänge, d. h. solche, in denen keine *Hydrachnellae* gefunden werden konnten.

Die bereits früher (ILLIES 1953) festgestellten biozönotischen Grenzen werden auch für die Milben zugrunde gelegt und daher die aufgefundenen Ergebnisse getrennt nach den einzelnen Biozönosen behandelt. Dabei wird aber

Liste der Ausbeute

	Qu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
<i>Protzia eximia</i>	1	2	—	59	1						63
<i>Protzia invalvaris</i>				3	15	—	—	1	4	12	35
<i>Sperchps. verrucosa</i>			1	—	3	—	—	—	14	5	23
<i>Sperchon turgidus</i>									1		1
<i>Sperchon montanus</i>	1										1
<i>Sperchon brevisrostris</i>		2	—	4	1						7
<i>Sperchon glandulosus</i>	3	1	15	14	5	4	1				43
<i>Sperchon plumifer</i>									1	2	3
<i>Sperchon clupeiifer</i>					8	1	—	—	1	3	13
(+) <i>thori</i>				1	3	—	—	—	2		6
<i>Lebertia saxonica</i>						1	—	—	3	1	5
<i>Lebertia circularis(?)</i>										1	1
<i>Lebertia pusilla</i>	1	3									4
<i>Lebertia lineata</i>		8	8	67							83
<i>Lebertia spec. x+y</i>		8	23	60							89
<i>Lebertia stigmatifera</i>	7										7
<i>Torrentic. anomala</i>									1	1	2
<i>Torrentic. elliptica</i>		1	—	8	12						21
<i>Torrentic. amplexa</i>									4	1	5
<i>Pseudotorr. rhynchota</i>					1						1
<i>Hygrobates calliger</i>		18	1	15	39	—	—	—	53	8	134
<i>Hygrobates nigromaculatus</i>		1	—	—	1	7					9
<i>Hygrobates fluviatilis</i>										7	7
<i>Hygrobates foreli</i>		1									1
<i>Rivob. norvegicus</i>	18										18
<i>Atractides tener</i>		1	—	11	3	1					16
<i>Atractides nodipalpis</i>				12	12	2	—	—	18	7	51
<i>Atractides gibberipalpis</i>		5	3								8
<i>Atractides octoporus</i>					2						2
<i>Forelia variegator</i>										1	1
<i>Aturus scaber</i>		2	—	11	4	3	—	—	2	4	26
<i>Aturus ass. serratus</i>				1	3						4
<i>Mideops. orbicularis</i>								1	—	5	6
<i>unbest. Nymphen</i>	1		42	11	9	2			5	1	71
Insgesamt:	32	51	93	277	122	21	1	2	109	59	767
<i>Zahl der positiven Fänge:</i>	2	8	5	5	7	5	2	1	4	4	43

jeweils geprüft werden, ob die mithilfe anderer Besiedler ermittelten Biotopgrenzen auch für die Wassermilben Gültigkeit haben.

Quellregion.

Bei den bisher untersuchten Mitgliedern der benthischen Besiedlungsgemeinschaft (vor allem Insekten) hatte sich ergeben, daß alle typischen

Quellformen Mitteleuropas in der Fulda oberhalb der Versickerung (Fundort 1) in großer Individuenzahl auftreten und daß dieser Bereich deshalb als Quellregion zu bezeichnen ist. Gelegentliche Aufsammlungen in den eigentlichen Fuldaquellen (kleinen Helo- und Rheokrenen mit geringer Wasserführung im waldfreien und durch Weidebetrieb verunreinigten Gebiet der Wasserkuppe) hatten dort nur stark verarmte Rudimente der Quellbiozönose gezeigt, dazu Ubiquisten und Stillwasserformen, so daß mit der Analyse der Insektenfauna erst bei Probestelle 1 begonnen wurde.

Bei den Wassermilben hingegen fiel auf, daß trotz artenreichen Bestandes an Probestelle 1 keine der für Mitteleuropa typischen „Quellformen“ vorkommt. Deshalb wurden nun auch die eigentlichen Quellen auf der Wasserkuppe auf Milben abgesammelt (Probestelle „Qu“), wo diese typischen Quellformen tatsächlich aufgefunden werden konnten. Die schon erwähnte Lichtexposition und starke Eutrophierung durch Weidebetrieb hat zwar zur Folge, daß auch bei den Milben nur eine verarmte Vergesellschaftung angetroffen werden kann, in der viele Arten entweder fehlen oder selten sind, immerhin aber sind die typischsten Arten dort vertreten und zeigen dadurch und durch ihr Fehlen bei Probestelle 1 (der „Quellregion“ der Insekten), daß für die Wassermilben die Quellregion der Fulda auf der Wasserkuppe selbst liegt und daß die Probestelle 1 für sie bereits das Gebiet der flußabwärts folgenden oSR-Biozönose ist.

Abb. 1 zeigt (mithilfe der bei ILLIES 1953 beschriebenen Methode der statistischen Auswertung) das Artengefüge der Wassermilben an den Probestellen Qu—5. Die oben erwähnte Sonderstellung der Wasserkuppenquellen wird hier deutlich: während Fundort 1—4 eine gleichsinnig verlaufende Kurvenschar darstellt, die der Ausdruck einer deutlich definierten Oberlauf-Gemeinschaft ist, zeigt die Kurve „Qu“ einen gänzlich anderen Verlauf (eine große Zahl typischer Arten und das völlige Fehlen von bis in den Unterlauf reichenden Arten) und damit die geringe biozönotische Verwandtschaft zwischen Qu und 1.

Betrachten wir nun die Arten, die der Quellenregion der Fulda ihr Gepräge geben. Dies sind:

	Quellen der Fulda	Quellbez. Aabach (DITTMAR)
<i>Rivobates norvegicus</i>	56 %	17 %
<i>Lebertia stigmatifera</i>	22 %	26 %
<i>Sperchon glandulosus</i>	9 %	42 %
	(85 %)	(85 %)

Begleiter mit weniger als 3 % Abundanz: *Protzia eximia*, *Sperchon montanus*, *Lebertia pusilla*.

Den drei dominanten Arten sind die relativen Abundanzwerte beigefügt, deren Bedeutung natürlich nicht überschätzt werden darf, da sie an nur 32 Individuen ermittelt wurden.

Immerhin zeigt sich trotz diesem geringen Material eine auffallende Übereinstimmung mit den Werten, die DITTMAR (1953) für den von ihm untersuchten Quellbezirk des Aabaches (Sauerland) mitteilt: zu den drei Arten *Rivobates norvegicus*, *Lebertia stigmatifera* und *Sperchon glandulosus* gehören in der Fuldaquelle wie in der Aabachquelle 85 % aller überhaupt aufgefundene Individuen. Berücksichtigt man die zahlreichen sonstigen Meldungen dieser Arten aus Quellen (bes. VIETS 1925, 1936), so erweist sich, daß diese Arten dem Grundstock der mitteleuropäischen Quellmilbenfauna zuzurechnen sind.

Salmonidenregion.

Die drei biozönotischen Bezirke, in die sich die Salmonidenregion der Mittelgebirgsflüsse aufteilen läßt, sind bereits geschildert worden (ILLIES 1953). Nach ihnen getrennt soll auch die Milbenfauna untersucht werden, wobei zur Vereinfachung folgende Abkürzungen eingeführt werden:

- oSR = Oberlauf der Salmonidenregion
 mSR = Mittellauf der Salmonidenregion
 uSR = Unterlauf der Salmonidenregion

Die Wassermilben der oSR-Biozönose

Wie die Abb. 1 zeigt, bilden die Milben in der oSR-Biozönose der Fulda eine nach oben (Kurve Qu in Abb 1) wie nach unten (Kurve 5) deutlich abgegrenzte Besiedlungsgemeinschaft, so daß sie sich in die für den oSR ermittelten Grenzen gut einfügen (abgesehen von der Besiedlung der Stelle 1 — s. oben bei Quellregion). Die Depression der Kurvenschar an Stelle 2 erklärt sich durch die hydrographische Sonderstellung dieses Ortes, s. ILLIES 1953 p. 17.

Die Analyse des Bestandes ergab für 543 Individuen folgende Arten und Abundanzwerte:

	oSR-Fulda	oSR-Aabach (DITTMAR)	oSR-Mölle (ILLIES 1952)
<i>Lebertia spec. x+y</i>	19 %	(?)	
<i>Lebertia lineata</i>	17 %	(Qb)	19 %
<i>Hygrobatas calliger</i>	15 %	41 %	19 %
<i>Protzia eximia</i>	13 %	(mSR)	1 %
<i>Sperchon glandulosus</i>	7 %	3 %	5 %
<i>Atractides nodipalpis</i>	5 %	4 %	11 %
<i>Torrenticola elliptica</i>	4 %	3 %	28 %
<i>Protzia invalvaris</i>	4 %	1 %	
<i>Aturus scaber</i>	4 %	34 %	
<i>Atractides tener</i>	3 %	3 %	
	(91 %)	(89 %)	(83 %)

Begleiter mit weniger als 3 % Abundanz: *Sperchon clupeiifer* + *thori*, *Atractides gibberipalpis*, *Sperchon brevirostris*, *Sper-*

chonopsis verrucosa, *Aturus* ass. *serratus*, *Lebertia pusilla*,
Hygrobates nigromaculatus, *Atractides octoporus*, *Pseudo-*
torrenticola rhynchota, *Hygrobates foreli*.

Auch bei diesen Arten zeigt ein Vergleich mit den Angaben von DITTMAR aus dem oSR des Aabaches eine gute Übereinstimmung im Bild der Milbenfauna dieser beiden Bereiche.

Dabei ist allerdings der Fulda-oSR reicher an dominanten Arten als der Aabach-oSR, während dort insgesamt 3 Arten mehr aufgefunden wurden als hier (oSR-Milbenmaterial von DITTMAR: 2528 Individuen). 89 % dieser Individuen gehören Arten an, die auch im Fulda-oSR dominant, d. h. mit mehr als 3 % Abundanz, vertreten sind, während drei der vier häufigsten Arten des Fulda-oSR, die hier fast genau 50 % des Bestandes ausmachen, im Aabach-oSR nicht auftreten. Immerhin fehlen diese drei Arten der Fauna des Aabaches nicht ganz: *Lebertia lineata* tritt dort im „Quellbach“ (der physiographisch der Fundstelle 1 der Fulda entspricht) mit 7 % auf, *Protzia eximia* weiter abwärts im mSR mit 1 % und für die nicht näher determinierte „*Lebertia spec xy*“ unserer Liste finden sich im Aabach-oSR drei der Fulda fehlende *Lebertia*-Arten mit zusammen 4 %.

Auch ein Vergleich mit der Milbenbesiedlung in der oSR-Mölle/Weserbergland (ILLIES 1952) ergibt noch eine gute Übereinstimmung mit den oSR-Fulda-Milben, die — wenn das Untersuchungsmaterial aus der Mölle größer gewesen wäre — sicher noch gesteigert würde. Außer den Dominanten der Fulda waren in der Mölle noch einige Arten dominant, die in Fulda und Aabach nur als Begleiter auftreten, nämlich *Aturus* ass. *serratus* mit 18 % und *Sperchonopsis verrucosa* mit 5 %, sodaß tatsächlich 87 % der Individuen der oSR-Mölle den Milbenarten des oSR-Fulda angehören.

Damit erweist sich, daß die im oSR-Fulda aufgefundenen Wassermilbenarten dem Grundstock der oSR-Milbenfauna des Mittelgebirges angehören.

Es bleibt noch die Frage zu prüfen, inwieweit in diesen Arten typische d. h. exclusive Oberlauf-Besiedler vorliegen. Hierfür sind die Abundanzverhältnisse von untergeordneter Bedeutung, denn eine typische Oberlaufart ist ja nicht eine solche, die im Oberlauf besonders häufig vorkommt (das könnte u. U. sogar ein Ubiquist sein), sondern eine Art, die nur der Oberlaufbiozönose angehört, wobei es nebensächlich ist, ob sie dort zahlreich oder selten auftritt.

Zur Prüfung dieser Frage soll die folgende Übersicht dienen. In ihr sind die oSR-Fulda-Arten aufgeführt und außerdem (++ = dominant, + = Begleiter) neben denen des Aabachs-oSR und des Mölle-oSR die der Baumbergebäche (VIETS 1933) und der Abteilung „summercool brooks“ der Susaa (BERG 1948). Wie kürzlich ausgeführt wurde (ILLIES 1955), ist eine echte oSR-Biozönose nördlich des Mittelgebirges erst wieder in Skandinavien anzutreffen und fehlt im Gebiet der norddeutschen Tiefebene (auch in dem isolierten Bergzug der Baumberge und in Dänemark/Susaa).

Wie die Übersicht zeigt, ist die Mehrzahl der Arten — darunter fast alle Dominanten — auch nördlich des Mittelgebirges verbreitet und kann deshalb

	oSR Fulda	oSR Aabach	oSR Mölle	Baum- berge	Susaa
<i>Lebertia spec. xy</i>	++	?	?	?	?
<i>Lebertia lineata</i>	++	(++)	++	++	
<i>Hygrobates calliger</i>	++	++	+	++	
<i>Protzia eximia</i>	++	(mSR)	++	++	++
<i>Sperchon glandulosus</i>	++	++	++	++	++
<i>Atractides nodipalpis</i>	++	++	++	++	++
<i>Torrenticola elliptica</i>	++	++			
<i>Protzia invalvaris</i>	++	+			
<i>Aturus scaber</i>	++	++		++	++
<i>Atractides tener</i>	++	++			
<i>Sperchon clupeifer + thori</i>	+	+		++	+
<i>Atractides gibberipalpis</i>	+	(mSR)			
<i>Sperchon brevirostris</i>	+	+			
<i>Sperchonopsis verrucosa</i>	+	+	++		++
<i>Aturus ass. serratus</i>	+	+	++		
<i>Lebertia pusilla</i>	+				
<i>Hygrobates nigromaculatus</i>	+	(mSR)		++	+
<i>Atractides octoporus</i>	+				
<i>Pseudotorrenticola rhynchota</i>	+	+			
<i>Hygrobates foreli</i>	+				

nicht als typisch für die — dort fehlende — oSR-Biozönose gelten. Dies gilt auch für einige Arten unserer Liste, die in der Susaa und den Baumberge-Bächen nicht aufgefunden wurden, wie deren sonstige Verbreitung (VIETS 1936, 1940, 1954) zeigt:

Protzia invalvaris u. A. in Holland, *Atractides tener* u. A. in Mecklenburg und Holland, *Atractides gibberipalpis* u. A. in Holland und (NIETZKE) Holstein, *Lebertia pusilla* in Lüneburger Heide und Umgeb. Bremen.

Damit verbleiben sechs Arten der vorliegenden Liste, die ihre verbreitungsgeschichtliche Nordgrenze an der Mittelgebirgsschwelle zur Norddeutschen Tiefebene haben und daher ursächlich in den Baumberge-Bächen und der Susaa fehlen:

	Fulda-Probestellen					
	Qu	1	2	3	4	5
<i>Sperchon brevirostris</i>		+		+	+	
<i>Torrenticola elliptica</i>		+	+	+	+	
<i>Pseudotorrenticola rhynchota</i>					+	
<i>Atractides octoporus</i>					+	
<i>Hygrobates foreli</i>		+				
<i>Aturus ass. serratus</i>				+	+	

Diese sechs Arten haben in der Fulda, wie die obige Charakteristik beweist, auch ökologisch eine ausschließlich im oSR liegende Verbreitung. Die geographische Verbreitung dieser Arten ist von VIETS (1940) untersucht

worden. Danach erweisen sich alle diese Arten zum verbreitungsgeschichtlichen Typ der Gletscherrandarten gehörig, und zwar:

Sperchon breviostris: extrem progressive nördliche Gletscherrandart, boreo-alpine Disjunktion mit Auslöschzone in der Tiefebene. (bei VIETS 1940: Verbr. Gr. IA1)

Torrenticola elliptica: progressive südliche Gletscherrandart, britanno-alpine Disjunktion, Auslöschungszone in der Tiefebene. (bei VIETS 1940: Verbr. Gr. IA3)

Pseudotorrenticola rhynchota: progressive südliche Gletscherrandart mit geschlossener Verbreitung in den Alpen und angrenzenden Mittelgebirgen. (bei VIETS 1940: Verbr. Gr. IIIB)

Atractides octoporus: progressive südliche Gletscherrandart, britanno-alpine Disjunktion, Auslöschungszone in der Tiefebene. (bei VIETS 1940: Verbr. Gr. IA3)

Hygrobatas foreli: extrem progressive nördliche Gletscherrandart, boreo-alpine Disjunktion mit vereinzelt Reliktcolonien im Mittelgebirge. (Außerhalb des Mittelgebirges auch im Seenprofundal). (bei VIETS 1940: Verbr. Gr. IA2)

Aturus asserculatus serratus: progressive südliche Gletscherrandart mit geschlossener Verbreitung in den Alpen und dem angrenzenden Mittelgebirge. (bei VIETS 1940: Verbr. Gr. IIIB)

Die sechs obigen Arten erfüllen somit ökologisch wie verbreitungsgeschichtlich alle Anforderungen (ILLIES 1955) an typische Arten (Differentialarten) der oSR-Biozönose und sind daher als exklusive Oberlauf-Arten anzusehen.

Die Wassermilben der mSR-Biozönose.

Die Milbenfauna im mSR der Fulda erscheint stark verarmt. In acht positiven Fängen in diesem Bereich fanden sich nur 26 Individuen, zahlreiche weitere Fänge waren negativ, d. h. sie brachten überhaupt keine Milben, obwohl Steine und Wasserpflanzen abgespült und gründlich abgesucht wurden. Die außerordentliche Milbenarmut im mSR zeigt am besten die folgende Übersicht der pro Fang in den einzelnen Bereichen gefangenen Individuen:

Quellregion :	16	Indiv. pro (positiven) Fang
oSR :	22	Indiv. pro (positiven) Fang
mSR :	3	Indiv. pro (positiven) Fang
uSR :	21	Indiv. pro (positiven) Fang

Der Grund für diese auffallende Verarmung im mSR-Bereich ist nicht bekannt. Da ähnliche, wenn auch nicht so deutliche, Bestandverarmungen auch bei anderen Besiedlergruppen im mSR (Fulda) beobachtet werden konnten, ist es wahrscheinlich, daß die Ursachen dafür grundsätzlicher Natur sind und evtl. in der schlechten Wasserbeschaffenheit (Verunreinigung durch die Stadt Gersfeld) zu suchen sind.

Gefunden wurden in diesem Bereich folgende Arten (Dominanten mit rel. Abundanzwerten):

<i>Hygrobates nigromaculatus</i>	27 %
<i>Sperchon glandulosus</i>	19 %
<i>Aturus scaber</i>	12 %
<i>Atractides nodipalpis</i>	8 %
	(66 %)

Begleiter mit weniger als 3 % Abundanz: *Hygrobates calliger*, *Protzia invalvaris*, *Sperchonopsis verrucosa*, *Sperchon clupeiifer + thori*, *Lebertia saxonica*, *Atractides tener*, *Mideopsis orbicularis*.

Die punktierten Kurven der Abb. 2 zeigen das Artengefüge der Milben an den Probestellen 5—7 der mSR-Fulda. In dieser Kurvenschar zeichnet sich auch die Armut an Arten deutlich ab. Der sonst bei solchen Kurven stets auftretende Gipfelpunkt an der betr. Probestelle fehlt (d. h. keine Probestelle hat spezifische, nur dort vorkommende Arten) und die Überhöhung gegenüber der Kurvenschar 8—9 (uSR) ist sehr gering und fehlt bei Kurve 7 sogar ganz. Dies bedeutet, daß alle Arten der Probestelle 7 (mSR) auch an Stelle 8 (uSR) noch vorkommen und daß die Milbenfauna an Stelle 7 sich von der an Stelle 8 nur dadurch unterscheidet, daß einige Unterlaufarten hier noch fehlen. Kurve 5 zeigt dagegen eine Überhöhung gegenüber 8 und 9, die daher rührt, daß einige Arten der oSR-Biozönose (*Sperchon glandulosus*, *Hygrobates nigromaculatus* und *Atractides tener*) ihre Verbreitungsgrenzen flußabwärts erst im Verlauf der mSR erreichen und sich damit als etwas weniger stenök erweisen als die übrigen oSR-Besiedler.

Damit stellt sich der mSR erneut als ein Übergangsgebiet heraus, das durch seine beiden Nachbarbiozönosen geprägt wird und sich nicht durch eigene, spezifische Arten auszeichnet. Die beiden individuenreicheren Arten tendieren in ihrer Verbreitung zum oSR, die größte Zahl der Arten aber ist mit dem Bestand im uSR gemeinsam.

Eine gesonderte Betrachtung verdient *Hygrobates nigromaculatus*. Diese Art ist bereits im Oberlauf aufgetreten (allerdings nur mit zwei Exemplaren und damit in diesem Bereich mit einer rel. Abundanz von 0,4 %) und erreicht nun im Mittellauf plötzlich eine Abundanz von 27 %. Damit ist sie hier die häufigste Milbenart, während sie im uSR ganz zu fehlen scheint. Ihre allgemeine ökologische und geographische Verbreitung ergibt, daß sie in Europa weitverbreitet und eurytherm ist; im Flachland und Mittelgebirge kommt sie in fließenden Gewässern und der Brandungszone von Seen vor. An die Strömungsgeschwindigkeit scheint sie dabei gewisse Ansprüche zu stellen, denn in der Kossau/Holstein (NIETZKE 1936) tritt sie nur in der „Strömungsgruppe stark“ auf. Gegenüber dem Reinheitsgrad des Wassers ist ihre Empfindlichkeit offenbar gering — FISCHER (1920) meldet „viele“ Expl. aus dem verunreinigten Bereich der Diemel. Vielleicht stellt diese Art eine „Leitform“ für schwach verunreinigte, schnellfließende Gewässer dar.

Die Wassermilben der uSR-Biozönose.

Abb. 2 ergibt, daß die Milbenfauna der Fulda an den Probestellen 8 und 9 (uSR) durch Hinzutreten einiger biotopeigener Arten gegenüber der vorangegangenen mSR-Biozönose (punktierte Kurven) eine deutlich zu unterscheidende Besiedlungsgemeinschaft bildet.

Die Bestandsanalyse weist für 168 Individuen folgende Arten und Abundanzwerte auf:

<i>Hygrobates calliger</i>	38 ‰
<i>Atractides nodipalpis</i>	15 ‰
<i>Sperchonopsis verrucosa</i>	12 ‰
<i>Protzia invalvaris</i>	10 ‰
<i>Hygrobates fluviatilis</i>	4 ‰
<i>Sperchon clupeiifer + thori</i>	4 ‰
<i>Aturus scaber</i>	4 ‰
<i>Mideopsis orbicularis</i>	3 ‰
<i>Torrenticola amplexa</i>	3 ‰
	(93 ‰)

Begleiter mit weniger als 3 ‰ Abundanz: *Lebertia saxonica*, *Sperchon plumifer*, *Torrenticola anomala*, *Sperchon turgidus*, *Lebertia circularis*(?), *Forelia variegator*.

In der folgenden Tabelle sind diese Arten (++ = Dominanten, + = Begleiter) in Vergleich gesetzt mit thermisch ähnlichen Fließgewässern des Mittelgebirges und der Tiefebene (Äschenregion der Diemel FISCHER 1920, Loiter-Au/Holstein NIETZKE 1936, Baumberge-Bäche VIETS 1933, Wümme und Delme/Oldenburg K. u. K. O. VIETS 1954 und "summerwarm brook" der Susaa/Dänemark BERG 1948): Außerdem sind die allgemeinen Verbreitungsangaben bei VIETS 1940 berücksichtigt.

	uSR Fulda	uSR Diemel	Loiter- Au	Baum- berge	Wümme Delme	Susaa	VIETS 1940
<i>Hygrobates calliger</i>	++	++	+	+			IA1
<i>Atractides nodipalpis</i>	++	++	+	++	++	++	IA1
<i>Sperchonopsis verrucosa</i>	++	+	+		+	++	IA1
<i>Protzia invalvaris</i>	++	++					IIA
<i>Hygrobates fluviatilis</i>	++				++	++	(IA1)
<i>Sperchon clupeiifer + thori</i>	++		+	++	++	++	IA1
<i>Aturus scaber</i>	++	++		+		++	IA1
<i>Mideopsis orbicularis</i>	++		+		++	++	(IA1)
<i>Torrenticola amplexa</i>	++	(+)			++	++	IA1
<i>Lebertia saxonica</i>	++					(+++)	(IA1)
<i>Sperchon plumifer</i>	++	++					IIA
<i>Torrenticola anomala</i>	+	++					IA3
<i>Sperchon turgidus</i>	+						IB3
<i>Lebertia circularis</i> (?)	+						?
<i>Forelia variegator</i>	+				+		(IA1)

(VIETS' Gruppen der Verbreitung bedeuten:

- IA1 = Ganz Europa (Alpen bis Skandinavien incl. Tiefebene)
- IA3 = Alpen, Mittelgebirge, Tiefebene und Britannien
- IB = Mittelgebirge, Tiefebene und Skandinavien
- IIA = Alpen, Mittelgebirge und Tiefebene)

Wie sich erweist, kommen alle dominanten Arten des Fulda-uSR auch in entsprechenden Abschnitten anderer Fließgewässer dominant vor. Darüber hinaus zeigt die Übersicht, daß auch die Arten, welche in den Vergleichsflüssen der Tiefebene nicht vorkommen, ihrer allgemeinen Verbreitung nach (VIETS 1940) auch von dort bekannt sind. Damit erfüllen diese Arten verbreitungsgemäß alle Anforderungen, die an Unterlaufarten zu stellen sind, sodaß sie sich als charakteristisch für die mitteleuropäische uSR-Biozönose erweisen.

Inwieweit sie allerdings exklusiv im uSR vorkommen (also nicht oberhalb und nicht unterhalb), ist nicht zu entscheiden, da die Milbenfauna der weiter stromabwärts gelegenen Flußabschnitte (Barbenregion) der Fulda noch nicht untersucht wurde.

Nachwort.

Als VIETS 1940 seine aufgrund jahrzehntelanger Erfahrungen gesammelten Verbreitungsdaten der „Kaltwasser und Strömung liebenden Wassermilben“ veröffentlichte, die in der vorliegenden Arbeit mehrfach benutzt wurden, zog er zugleich weitgehende Folgerungen auf die verbreitungsgeschichtliche Herkunft der einzelnen Arten. „Diese gezogenen Folgerungen sind hypothetisch“, so schrieb er damals. „Es wird sich zu erweisen haben, ob und inwieweit die Verbreitung der *Hydrachnellae* mit der anderer Organismen . . . in Einklang zu bringen ist.“

In der vorliegenden Arbeit sind die Wassermilben der oberen Fulda — fast sämtliche Arten, die in der Arbeit von VIETS behandelt worden sind — vor allem in Hinblick auf die Möglichkeit ihrer Einordnung in die an Fischen und Insekten bereits erkannten Biozönosen dieser Region untersucht worden. An anderer Stelle (ILLIES 1952, 1955) wurde bereits gezeigt, daß die charakteristischen Mitglieder dieser Biozönosen sich durch Zugehörigkeit zu ganz bestimmten verbreitungsgeschichtlichen Gruppen auszeichnen, nämlich:

Quellbiozönose: rheophile, kaltstenotherme Arten, meist mit geschlossener Verbreitung in ganz Mitteleuropa, so daß ihre verbr.-geschichtliche Herkunft (nördl. oder südl. Gletscherrandarten oder endemi-

sche Formen des Zwischengebietes) schwer oder garnicht feststellbar ist.

oSR-Biozönose: rheobionte, kaltstenotheime nördl. oder südl. Gletscherrandarten, dabei die nördlichen oft extrem progressiv z. T. sogar als „boreo-alpine“ mit Auslöschungszone in der Tiefebene.

mSR-Biozönose: Übergangsgesellschaft mit einzelnen, ökologisch weniger extremen Mitgliedern der vorigen und der folgenden Gruppe. Differentialarten scheinen dieser Biozönose zu fehlen.

uSR-Biozönose: rheophile, eurytherme Arten des weiteren nördl. und südl. Gletschervorfeldes (Gletscherfluchtarten und tertiäre Endemismen des Zwischengebietes (postglaciale Ost-West-Remigranten). Meist auch in der Brandungszone von Seen verbreitet.

Wie die vorausgegangene Analyse ergibt, lassen sich die Wassermilben der oberen Fulda ohne Schwierigkeiten in das bereits erarbeitete biozönotische System der Salmonidenregion einfügen und zeigen bereits dadurch, daß wir bei ihnen mit den gleichen verbreitungsgeschichtlichen Gesetzmäßigkeiten rechnen können wie bei den in früheren Untersuchungen behandelten Insektengruppen. Darüber hinaus aber erweist sich besonders bei den typischen Milbenarten der oSR-Biozönose, daß ihre bei VIETS 1940 angegebene Verbreitung mit den zu fordernden verbreitungsgeschichtlichen Voraussetzungen für die Zugehörigkeit zu dieser Biozönose übereinstimmt.

Während meine Deutung der Gruppe IIIB (progressive südl. Gletscherrandarten) mit der von VIETS völlig übereinstimmt, bin ich allerdings bei den behandelten Angehörigen seiner Gruppen 1A1, 1A2 und 1A3, die ich ebenfalls dem nördl. bzw. südl. Gletscherrand zordnete, etwas weiter gegangen als VIETS, der sie nur als „Nachkommen alter, präglacialer und paläarktischer Formen“ bezeichnet.

Dieser Schritt dürfte aber erlaubt sein, da die Weiterentwicklung der Tiergeographie bei anderen Tiergruppen (z. B. den Plecopteren) in der Zwischenzeit die Sicherheit bei der Zuordnung eines Verbreitungsbildes zu einem verbreitungsgeschichtlichen Typ erheblich erhöht hat. Wenn die Wissenschaft der linnischen Verbreitungsgeschichte, die ursprünglich von THIENEMANN an Entomotraken und Trichopteren begründet und dann von VIETS erfolgreich auf die Wassermilben übertragen und dort weitergeführt wurde, jetzt auch von den vom Verf. inzwischen bearbeiteten Plecopteren her einen auf andere Tiergruppen zurückgreifenden Einfluß zu nehmen versucht, so dürfte dies nach dem „Prinzip der wechselseitigen Erhellung“ durchaus statthaft sein.

Es darf daher abschließend festgestellt werden, daß die von VIETS 1940 aufgestellten Vermutungen über die Verbreitungsgeschichte der Fließwassermilben sich als außerordentlich fruchtbar erweisen und mit den bei anderen Tiergruppen erkannten Gesetzmäßigkeiten durchaus und in erfreulichem Umfang in Einklang zu bringen sind.

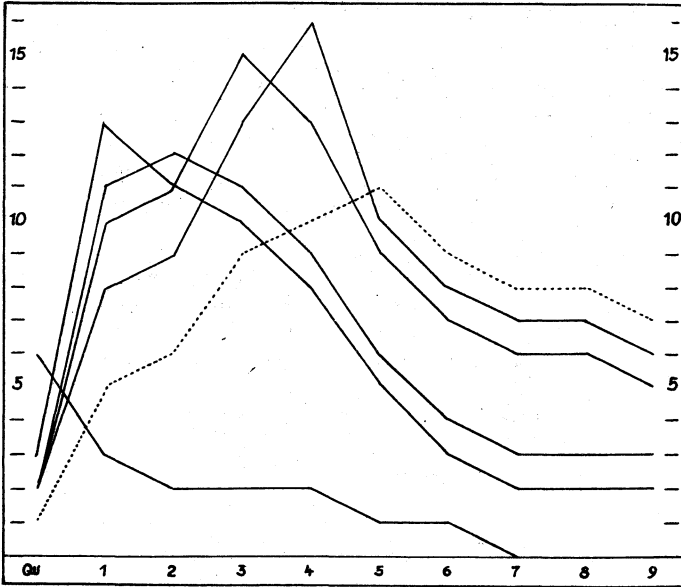


Abb. 1
Artengefüge Qu - 5

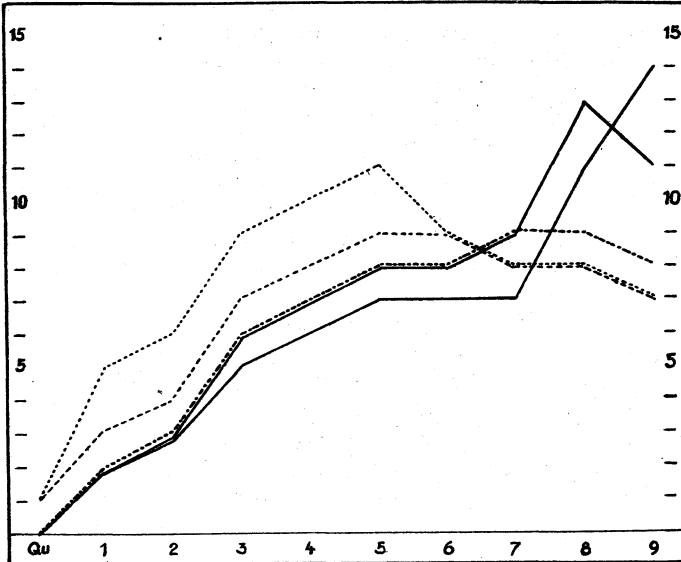


Abb. 2
Artengefüge 5 - 9

Literatur.

- BERG, K. — 1948 — Biological Studies on the river Susaa. — Fol. Limn. Scand. 4.
- DIETMAR, H. — 1953 — Die Hydrachnellidenfauna des Aabaches. — Unveröff. M.S.
- FISCHER, A. — 1920 — Die Äschenregion der Diemel. Diss. Münster.
- ILLIES, J. — 1952 — Die Mölle. Faunistisch-ökologische Untersuchungen an einem Forellenbach im Lipper Bergland. — Arch. f. Hydrob. 46.
- DERS. — 1953 — Die Besiedlung der Fulda (insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchung. — Ber. Limn. Flußst. Freudenthal 5.
- DERS. — 1955 — Der biologische Aspekt der limnologischen Fließwassertypisierung. — Arch. f. Hydrob. (Suppl. Bd. Falkau) (im Druck).
- NIETZKE, G. — 1936 — Die Kossau. Hydrobiologisch-faunistische Untersuchungen an schleswig-holsteinischen Fließgewässern. — Arch. f. Hydrob. 32.
- VIETS, K. — 1925 — Beiträge zur Kenntnis der Hydracarinae aus Quellen Mitteleuropas. — Zool. Jb. (Syst.) 50.
- DERS. — 1933 — Wassermilben aus Quellen und Bächen der Baumberge. — Arch. f. Hydrob. 25.
- DERS. — 1936 — Wassermilben oder Hydracarina. In: DAHL, Tierw. Deutschlands, 31. und 32. Teil.
- DERS. — 1940 — Ausbreitungswege und nacheiszeitliche Verbreitung der Kaltwasser- und Strömung liebenden Wassermilben in Europa. — Arch. f. Hydrob. 37.
- DERS. u. K. O. — 1954 — Die Wassermilben des Bremer Raumes. — Abh. naturw. Ver. Bremen 33.

Ergebnis einer Untersuchung des Benthos in der Fulda oberhalb Hersfeld

von Wulf Besch

Während das Benthos der Salmonidenregion der Fulda bereits eingehend untersucht worden ist (s. ILLIES 1953), sind in der Barbenregion bisher nur gelegentliche Funde mitgeteilt und noch keine über einen gewissen Zeitraum sich erstreckenden, regelmäßigen Untersuchungen angestellt worden.

Der Ort, an den hier in der Barbenregion von April bis Oktober regelmäßig gesammelt wurde, ist die oberhalb Hersfeld gelegene Fuldastrecke zwischen der Staumauer der Eichmühle und der Wiedereinmündung des abgeleiteten Wassers. Diese Stelle wurde gewählt, da es nur hier möglich ist, ohne besondere Hilfe die Steine des Flußbeckens aufzuheben und abzusammeln und außerdem, weil gerade hier die größten Ephemeropteren- und Trichopteren Schwärme anzutreffen waren. Gelegentliche Fänge an anderen Stellen zwischen Hersfeld und Kohlhausen enthielten keine Arten, die nicht auch an dem eben beschriebenen Orte angetroffen worden wären.

Die charakteristischen Pflanzen des untersuchten Fuldaabschnittes im Uferbewuchs sind *Salix*- und etwas weniger zahlreich *Alnus*-Büsche. Fast überall ist der Gewässerrand dicht mit *Sparganium* und *Phalaris* bestanden. Bisweilen werden von *Potamogeton* auf dem Wasser der Uferzone dichte Teppiche gebildet.

Das hier gesammelte Material soll im Folgenden aufgezählt werden. Dabei ist bei den Insekten in Klammern hinzugefügt, ob sie als "I" = Imagines oder als "L" = Larven angetroffen wurden. Bei den Imaginalfängen ist außerdem durch entsprechende Zahlen angegeben, in welchem Monat sie stattfanden.

Mollusca

Sphaerium corneum

Pisidium spec.

Limnea auricularia

Limnea ovata

Sämtliche Arten werden bereits von FITTKAU (1950) für die entsprechende Fuldastrecke aufgeführt.

Crustacea

Gammarus roeseli

Asellus aquaticus

Ephemeroptera

Ephemra lineata (I, 6)

Diese sehr seltene Art wurde auch von ILLIES (1951) bereits in der Fulda gefunden und erstmalig auch für langsam fließende Gewässer nachgewiesen.

Potamanthus luteus (I, 7, 8)

Ephemerella ignita (L, I, 7)

Caenis moesta (L)

Cloeon dipterum (I, 7)

Das Vorkommen dieser Art in der Fulda ist hiermit zum ersten Mal belegt. Nach den Beobachtungen BERGS in der Susaa bevorzugt sie Stellen ruhigen Wassers.

Baetis vernus (I, 8)

Heptagenia flava (L)

Heptagenia fuscogrisea (L)

Letztere Art ist bisher in der Fulda noch nicht nachgewiesen. Sie war aber für diesen Flußabschnitt durchaus zu erwarten, denn VONNEGUT (1937) meldet ihr Vorkommen in der Barbenregion der Ems.

Heptagenia sulphurea (L, I, 6)

Ecdyonurus fluminum (I, 8)

Mit dieser Art wird eine Form nachgewiesen, die, obwohl von SCHOENEMUND (1930) als ausgesprochen rheophil bezeichnet, auf den langsam fließenden Teil der Fulda beschränkt zu sein scheint. Sie wurde im Oberlauf der Fulda bisher nicht angetroffen und auch aus der Barbenregion dieses Flusses noch nicht gemeldet.

Odonata

Für die Odonatenarbeit von FITTKAU (1953) fand bereits das von mir in der Fulda bei Hersfeld gesammelte Material Verwendung, so daß eine Wiederholung der dort bereits gemachten Angaben unnötig ist.

Heteroptera

Gerris najas (I, 8)

Gerris lacustris (I, 8, 10)

Beide Arten, die recht zahlreich anzutreffen waren, sind von REMANE (1952) schon in dem langsam fließenden Teil der Fulda nachgewiesen worden.

Neuroptera

Sialis lutaria (I, 8)

Diese Art trat am Sammelplatz sehr zahlreich auf.

Trichoptera

Diese Ordnung ist sowohl in der Arten- wie auch in der Individuenzahl von allen hier aufgeführten am zahlreichsten vertreten.

Rhyacophila nubila (L)

Cyrrus trimaculatus (I, 8)

Tinodes waeneri (L?, I, 6, 8)

Mystacides nigra (I, 8)

Mystacides azurea (I, 7, 8)

Leptocerus annulicornis (I, 8)

Leptocerus albifrons (I, 8)

Leptocerus cinereus (I, 7, 8)

Leptocerus dissimilis (I, 7)

Das Vorkommen der fünf zuletzt aufgeführten Leptoceriden-Arten ist — abgesehen von *L. annulicornis* (s. ILLIES 1951) — für die Fulda bisher noch nicht konstatiert. *L. cinereus* ist von diesen Arten am zahlreichsten vertreten. Sie tritt auch in der Themse und ihren Nebenflüssen in bedeutender Anzahl auf (MOSELY 1939) und ebenso im unteren Abschnitt der Susaa (BERG 1948). Auch VONNEGUT (1937) bestätigt ihr Vorkommen in der Barbenregion der Ems. Von *L. albifrons* sagt ULMER (1927), daß sie „überall“ vorkäme; ebenso wie *L. dissimilis*, die MOSELY als eine einzeln und sehr zerstreut auftretende Art bezeichnet.

Limnophilus spec. (I♀, 8)

Anabolia nervosa (L)

Goera pilosa (L, I, 8)

Lepidostoma hirtum (I, 8)

Literatur.

- BERG, K. — 1948 — Biological Studies on the river Susaa. — Fol. Limn. Scand. 4
- FITTKAU, E. J. — 1950 — Mitteilung über die in der Fulda und ihren Nebenflüssen aufgefundenen Weichtiere. — Ber. Limn. Flußst. Freudenthal 1
- DERS., — 1953 — Odonaten aus der Fulda. — Ber. Limn. Flußst. Freudenthal 5
- ILLIES, J. — 1951 — Die Ephemeriden, Plecopteren und Trichopteren der Fulda-expedition 1948. — Ber. Limn. Flußst. Freudenthal 2
- DERS., — 1953 — Die Besiedlung der Fulda (insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchung. — Ber. Limn. Flußst. Freudenthal 5
- MOSELY, M. E. — 1939 — The British Caddis Flies (Trichoptera). — London.
- REMANE, R. — 1952 — Die Wanzen der Fulda-Expedition. — Ber. Limn. Flußst. Freudenthal 3
- SCHOENEMUND, E. — 1930 — Eintagsfliegen oder Ephemeroptera. — DAHL, die Tierwelt Deutschlands, 19
- ULMER, G. — 1927 — 21. Ordnung: Köcherfliegen, Frühlingsfliegen, Trichoptera. — In: BROHMER, EHRMANN, ULMER, die Tierwelt Mitteleuropas.
- VONNEGUT, P. — 1937 — Die Barbenregion der Ems. — Arch. f. Hydrobiol. 32

Trichocladius nivalis Goetgh.

Chironomidenstudien III.

von Ernst Josef Fittkau

(Aus der Hydrobiologischen Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Plön)

Trichocladius nivalis wurde 1938 von M. GOETGHEBUER nach Imagines beschrieben, die M. NADIG auf Schnee im Schweizer Nationalpark sammelte. Es blieb der einzige Fund; die Metamorphose war unbekannt. Bei der Untersuchung der Chironomidenfauna im Quellgebiet der Fulda (Wasserkuppe in der Rhön) konnte *Trichocladius nivalis* in größeren Mengen in allen Entwicklungsstadien gefangen werden. Inzwischen ist sein Vorkommen auch für den Schwarzwald und das Sauerland bestätigt.

Das große von der Wasserkuppe vorliegende Material gestattet eine Erweiterung der Beschreibung von M. GOETGHEBUER, die in diesem Zusammenhang der Metamorphosebeschreibung vorangestellt ist.

Auch an dieser Stelle danke ich Herrn Professor THIENEMANN herzlich für seine ständige Hilfe bei meiner Arbeit.

Trichocladius nivalis Goetgh. 1938.

M. GOETGHEBUER, 1938. Bull. et Ann. Soc. ent. Belg. 78, S. 61
— 1940—50. *Tendipedidae* — *Orthoclaudiinae*. In LINDNER
Die Fliegen der paläarktischen Region 13 g. S. 1-208.

Imago.

♂, Länge 3,3—4 mm, Flügellänge 2,5—2,8 mm. Kopf und Thorax glänzend schwarzbraun. Auf dem Mesonotum keine Zeichnung. Abdomen dorsal schwarzbraun, ventral dunkelbraun, Analländer der Segmente etwas aufgehellt. Beine dunkelbraun. Kopf der Halteren gelblichweiß, ihr Stiel zur Basis hin braun. Flügel im durchscheinenden Licht matt bräunlich.

Augen behaart, Haare so lang wie der Ocellendurchmesser. Augenabstand dorsal etwas größer als ventral. Hinter dem dorsalen Augendrittel in einem aufgehellten länglichen Mal 7—8 kräftige, bis 100 μ lange, 1—2 zeilig stehende Vertexborsten.

Antenne 14 gliedrig. Federbusch normal ausgebildet. AR = 0,9—1,2 Längenverhältnis der Glieder 2—14 : 54, 23, 24, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 41, 45, 396¹⁾. 3. und 4. Antennenglied breiter als lang, 5. und 6. so lang wie breit, alle anderen länger als breit. Distales Viertel des Endgliedes spindelförmig verdickt, ohne Federbuschhaare, terminal ohne dunkle starre Borste (Abb. 1). Auf dem spindelförmigen Ende 7—10 verschieden gestaltete hyaline

1) Alle Längenangaben, wenn nicht anders bemerkt in μ .

Sinnesborsten; davon 2—3 groß, auf ihrer ganzen Länge gekrümmt, die übrigen etwas schräg zur Antennenachse geneigt und nur in ihrem distalen Drittel nach vorn gebogen.

Clypeus mit 8—15 gekrümmten, 80—100 μ langen schwarzen Borsten. Palpen viergliedrig, durch die Anordnung der Makrotrichen geringelt aussehend. Längenverhältnis der Glieder 1—4 : 59, 112, 109, 148. Durchschnittliche Anzahl der Borsten auf den Gliedern 1—4 : 9, 21, 11, 9. Zweites Glied distal verdickt, an seinem Ende ventral-median eine mit feinen Haaren ausgekleidete Sinnesgrube²⁾ (Abb. 2).

Pronotum gut ausgebildet, median tief eingekerbt. Mesonotum vom oralen Rand auf der Medianen bis zu seiner Mitte mit etwa 20 schwarzen, einzeilig angeordneten Dorsomedian-Borsten. Sie sind etwa 20 μ lang, stark gekrümmt und dem Mesonotum nahezu anliegend. Jederseits 10—12 Dorsolateral-Borsten, bis 160 μ lang, einzeilig in großen aufgehellten runden Malen. 3—7 Praealar-Borsten meist in zwei verschiedenen Größen, 60 und 100 μ , in einer Reihe dicht vor dem Flügelansatz. Scutellum mit 12—15 locker zweizeilig stehenden rund 150 μ langen gebogenen Borsten.

Flügel (Abb. 3) mäßig schlank, Anallobus gut entwickelt, etwas abgerundet. Squama mit etwa 15 langen dunklen Borsten. Flügelflächen dicht punktiert, Microtrichen bei 250 facher Vergrößerung sehr deutlich. c einzeilig mit dunklen Makrotrichen besetzt. Sonst nur noch auf r_1 von der Basis bis rm 11 Makrotrichen. c überragt r_{4+5} um die Länge von rm . r_{2+3} berührt c etwas proximal der Mitte zwischen der Mündung von r_1 und r_{4+5} . m endet etwas anal der Flügelspitze. cu_1 mündet schwach proximal dem Ende von r_{4+5} . Die Einmündungen von r_1 und cu_2 liegen in gleicher Höhe. rm schief. fcu etwas distal rm . an überragt fcu weit. Wimpern bis 80 μ lang.

Schwinger dicht mit Mikrotrichen bedeckt. Dorsoanal von der Basis des Kölbchens bis zu seiner äußeren Rundung eine Reihe Makrotrichen (Abb. 4).

Beine ziemlich gleichmäßig beborstet. Borsten wenn überhaupt, dann nur wenig länger als der betreffende Glieddurchmesser. Pulvillen nicht deutlich ausgeprägt. Empodium etwa so lang wie die Klauen. Tibialsporn P_1 von der Länge des Tibialdurchmessers. Die beiden Tibialsporne auf P_2 nur etwa halb so lang. Tibia von P_3 mit einem Kamm und einem längeren Sporn, länger als Glieddurchmesser.

$$LR P_1 = 0,59; P_2 = 0,5; P_3 = 0,64. BV = 2,6^3)$$

Längen der Beinglieder (fe — t 5)

P_1 : 800, 840, 512, 284, 224, 168, 128

P_2 : 800, 720, 360, 224, 160, 120, 120

P_3 : 840, 824, 520, 288, 200, 136, 120.

²⁾ Ein ähnliches Organ ist bei *Thalassomyia frauenfeldi* SCHIN. (STRENZKE 1951, Fig. 4) und bei *Pseudodiamesa belingi* FITT. (FITTKAU 1954, Fig. 2) beschrieben worden.

³⁾ im Sinne von PAGAST 1944, FITTKAU 1954.

Abdomen dorsal locker mit bis zu 180μ langen dunklen Borsten bestanden, ihre Anordnung s. Abb. 6a. Ventral erstes, oft auch zweites Sternit völlig borstenfrei (Abb. 6b). Auf den übrigen in der Medianen oft zweizeilig einige bis 120μ lange Borsten, deren Zahl analwärts größer wird. Das 8. Sternit ist ganz bedeckt. Außerdem ventral einige kurze, rund 50μ lange Lateralborsten.

Hypopyg (Abb. 5) ohne Analspitze, terminal in der Medianen eingebuchtet. Auf dem Analsegment in der Mitte 10—12, etwa 50μ lange Borsten. Lateral beiderseits ein kleines Feld mit 8—10 starken, doppelt so langen Borsten. Coxit dorsolateral mit einem analgerichteten, hakenförmigen flachen Anhang. Spitze des Anhangs kahl, sonst dicht mit Mikrotrichen und kurzen feinen Borsten besetzt, in der gleichen Weise wie die Innenseiten des Coxites. Stylus gedrungen, plump mit zahlreichen flach anliegenden Borsten besetzt. Dorsolaterale Innenkante ist flach und im distalen Drittel lappig vorgezogen. Zahn 12μ lang und 4μ breit. Beiderseits davon je eine kräftige Borste von gleicher Länge.

♀, Länge 3,2—4 mm, Flügellänge 3—3,3 mm. Färbung und Augenbehaarung wie beim ♂.

Antenne (Abb. 7) 7-gliedrig. Länge der Glieder 2—7 in μ : 59, 56, 59, 59, 59, 360. 2. Antennenglied in der Mitte eingeschnürt, alle übrigen spindelförmig verdickt, distal mit einem kurzen aber deutlichen Hals. 2.—6. Glied mit einem Wirtel von meist 4, rund 120μ langen dunklen Borsten, vor dem distalen Ende sich gegenüberstehend außerdem 2 hyaline Sinnesborsten, auf dem 6. oft 3. Endglied mit 3—4 großen, in ihrer ganzen Länge gekrümmten und etwa 20, leicht zur Längsachse der Antenne geneigten, terminal gebogenen Sinnesborsten. Lateral auf der Antennenspitze eine 75μ lange dunkle Borste.

Auf dem Vertex wie beim ♂ 10—12 Borsten. Clypeus und Palpen etwas dichter als beim ♂ bestanden. Längenverhältnis der Palpen-Glieder 1—4 : 72 : 120 : 144 : 184.

Die Dorsolateralborsten (11—15) auf dem Mesonotum stehen teilweise zweizeilig. 7—8 Praealarborsten in unterschiedlichen Größen. Scutellum mit 18—20 Borsten.

Flügel (Abb. 8) erheblich kürzer und breiter als beim ♂, Anallobus gut ausgebildet. Flügeladerung weicht nicht ab. Makrotrichen auf C stehen zweizeilig, bis 50μ lang. r_1 mit 19—22 und r_{4+5} in der distalen Hälfte mit 5—8 Makrotrichen. Wimpfern bis 95μ lang.

Beine wie beim ♂ gestaltet. LR $p_1 = 0,60$; $p_2 = 0,47$; $p_3 = 0,61$ BV = 2,6.

Längenverhältnis der Glieder:

$P_1 = 960, 1120, 680, 400, 300, 200, 140.$

$P_2 = 960, 990, 470, 280, 220, 160, 140.$

$P_3 = 1020, 1140, 700, 390, 280, 170, 190.$

Abdomen dorsal und ventral mit nahezu gleicher Anordnung der bis zu 140μ langen Borsten.

Genitalanhänge s. Abb. 9. Terminaler Lobus oral stark verjüngt. Ventraldistal des Abdominalsegmentes um die Geschlechtsöffnung ein Feld heller feiner Häkchen.

Puppe:

Länge der Exuvie 4,8—5 mm; im ganzen deutlich braun gefärbt. Thorax, Flügelscheiden und Analloben bräunlich. Ebenso pigmentiert ein oraler chagrini- und dörnchenfreier und ein analer Streifen im Bereich der am stärksten ausgeprägten Bewaffnung auf den Segmenten, ferner die Fensterflecken. Auf dem 7.—8. Segment überzieht die Braunfärbung das ganze Tergit.

Prothorakalhorn fehlt. Frontalplatte ohne ausgeprägte Stirnhöcker und ohne Borsten. Die drei Borsten auf dem Prothorakalhornfeld nahezu gleichlang (100μ), in einem rechtwinkligen Dreieck angeordnet. Naht nicht gekörntelt. Dorsal beiderseits der Medianen im Abstand von 100 und 120μ drei kleine Borsten, die mittlere nicht ganz doppelt so lang wie die oral und anal gelegene; 50, 80, 50μ .

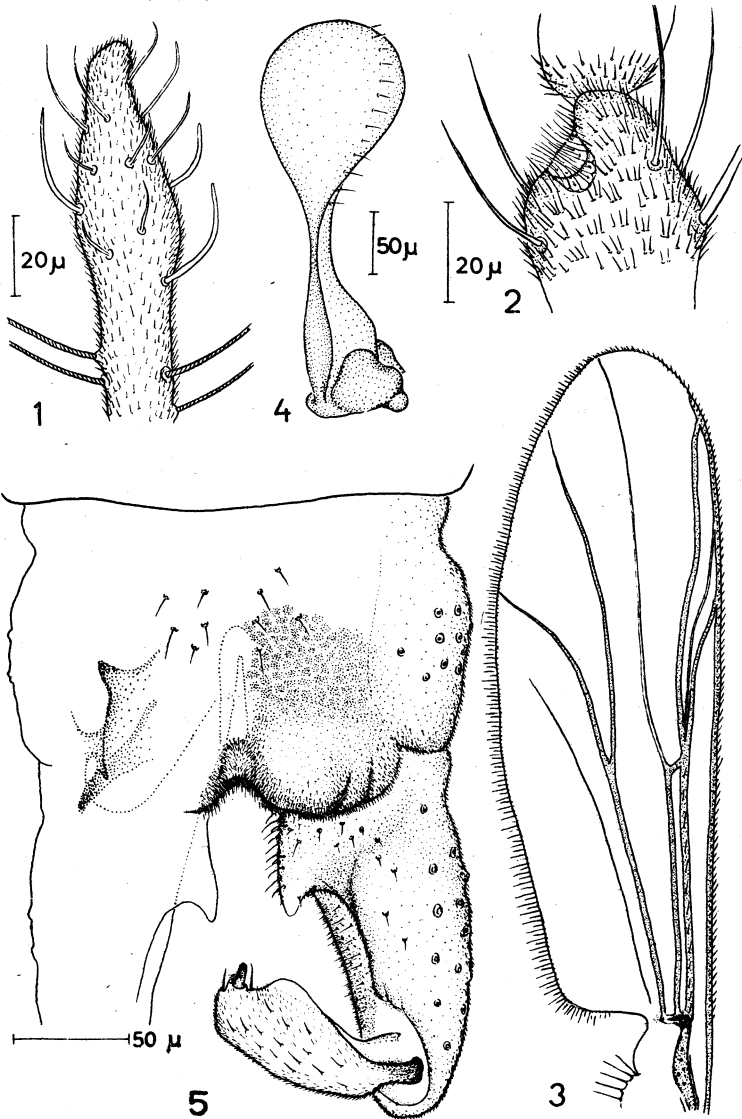
Außer auf dem 1. alle Abdominaltergite gleichmäßig dicht mit schwarzbraunen analgerichteten Dörnchen besetzt. In den einzelnen Feldern haben sie verschiedene Größen. An den oralen und lateralen Rändern und in einem Streifen, der sich oral der analen Fensterflecken quer über die Segmente zieht, sind sie am kleinsten. Auf dem 3.—6. vergrößern sie sich in einem mittleren Feld. Am größten, bis 15μ lang, sind sie in einem analen Streifen von einem Fünftel der Segmentlänge. Oral reicht er bis zur Mitte der Fensterflecke, lateral verjüngt er sich. Auf den lateralen Seitenwulsten feiner Chagrini. Frei von jedem Dornenbesatz, nur Fensterflecke, der pigmentierte orale Streifen, der auf den letzten Segmenten immer schmaler wird, und ein enger Streifen zwischen Tergit und lateralem Seitenwulst.

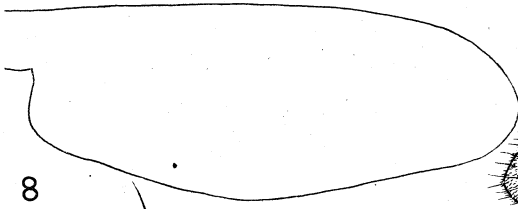
Intersegmentalhäute zwischen dem 2. und 6. Segment mit einem schmalen Band oralgerichteter Häkchen. Nach dem zweiten Segment stehen sie 2—3 zeilig und sind doppelt so groß wie auf den folgenden Intersegmentalhäuten.

2.—8. Sternit dünn chagriniert. Je weiter die Segmente anal liegen, desto größer und dunkler wird das Chagrini.

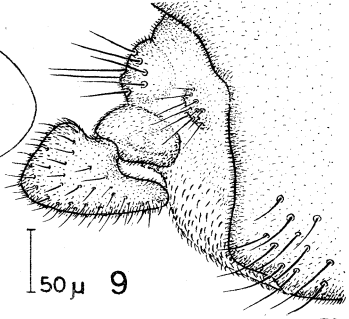
1. Segment beiderseits mit je einer, 2.—7. mit je 3 und 8. mit 4 Lateralborsten. L_1 und L_2 auf dem 2. bis 7. Segment stehen in der oralen Hälfte. L_2 doppelt so lang wie L_1 und L_3 und steht allein dorsal. Je 8 sehr kleine Dorsal- und Ventralborsten auf den Tergiten und Sterniten.

Paratergit des Analsegmentes oral median und lateral chagriniert. Analloben schmal und einfach gestaltet (Abb. 10). Am Ende 3 Terminalborsten von halber Länge des Analsegmentes. Gonopodenscheiden des ♂ überragen um ein Drittel das Segment; die des ♀ erreichen nicht das Flossenende.

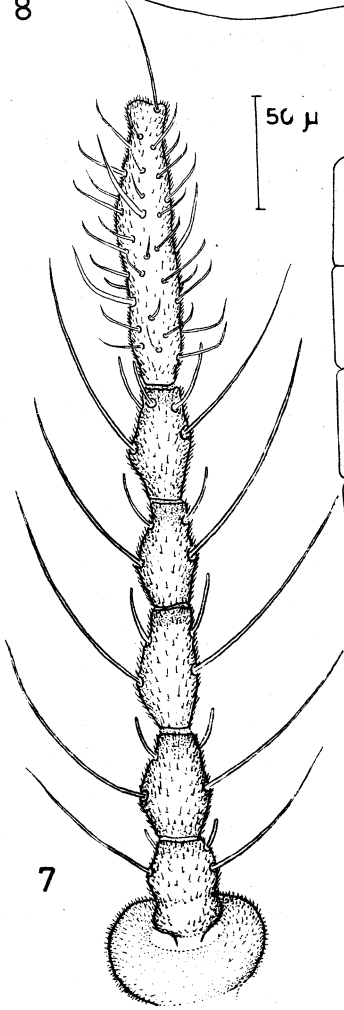




8

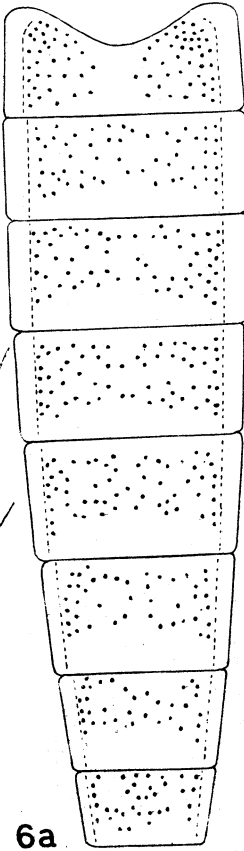


50 μ 9

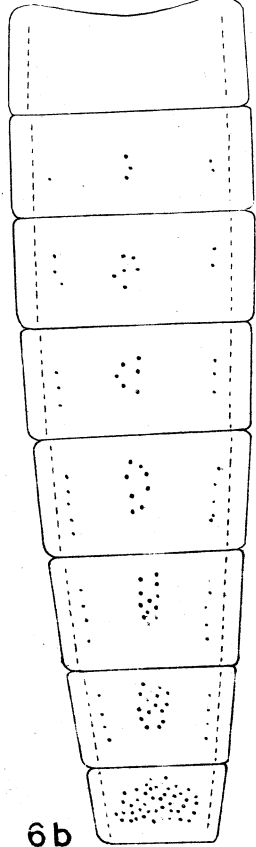


50 μ

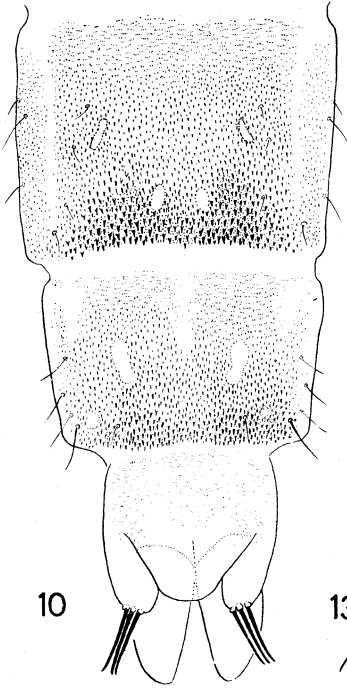
7



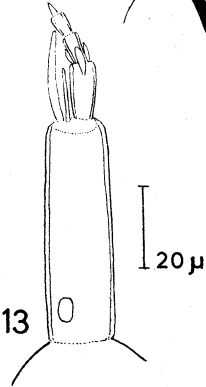
6a



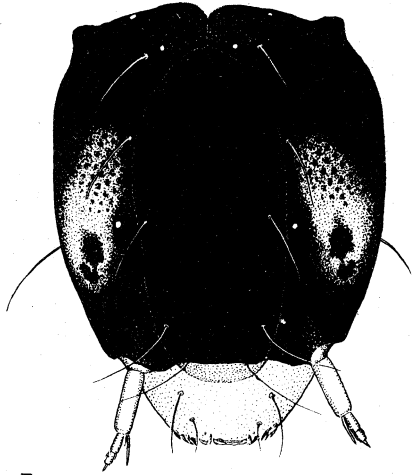
6b



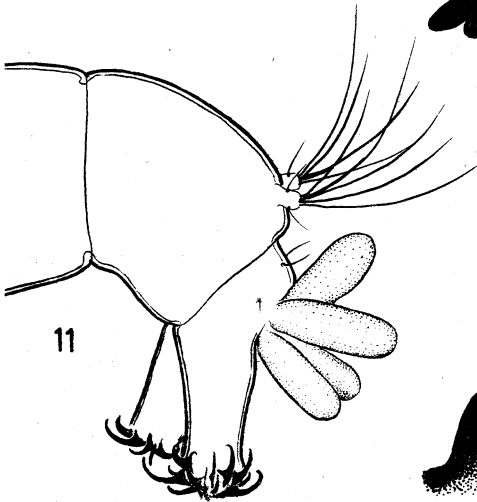
10



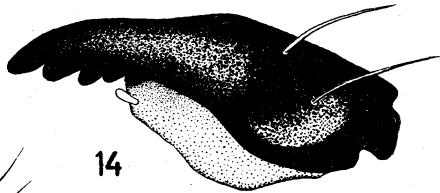
13



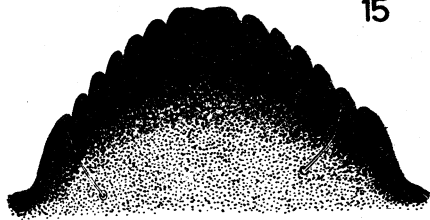
12



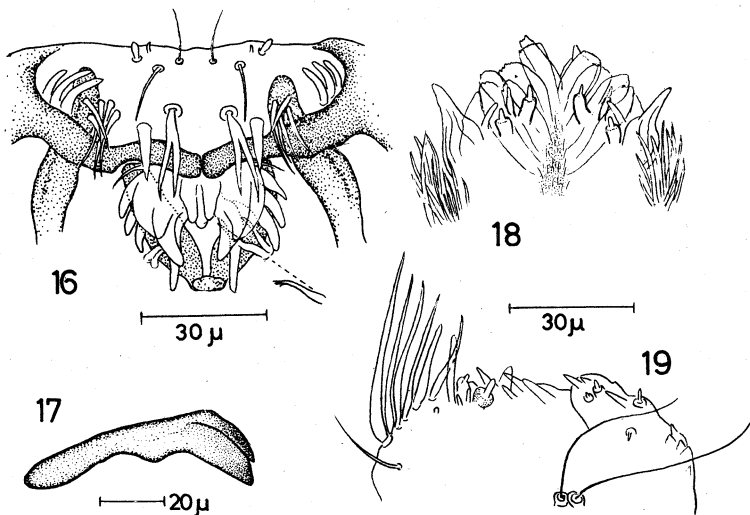
11



14



15



Figurenerklärung:
(*Trichocladius nivalis* Goetgh.)

Fig. 1 : Ende des 14. Antennengliedes beim ♂, Fig. 2 : Sinnesgrube auf dem 2. Palpenglied (♂) ventral, Fig. 3: Flügel des ♂, Fig. 4 : Schwinger (♂) dorsal, Fig. 5 : Hypopygium des ♂ dorsal, Fig. 6 : Anordnung der Borsten auf den Abdominalsegmenten a) dorsal, b) ventral, Fig. 7 : Antenne des ♀, Fig. 8 : Flügelumriß (♀), Fig. 9 : Analsegment des ♀, Fig. 10 : Puppenexuvie, dorsal 7.-9. Segment, Fig. 11: Larve, Hinterende, Fig. 12 : Larvenkopf dorsal, Fig. 13 : Antenne der Larve, Fig. 14 : Mandibel der Larve, Fig. 15 : Labium der Larve, Fig. 16 : Labrum und Mundfeld der Larve, Fig. 17 : Praemendibel der Larve, Fig. 18 : Hypopharynx der Larve dorsal, Fig. 19 : Maxille der Larve.

In der Bestimmungstabelle für Orthocladiinen (THIENEMANN 1944) kommt man beim Bestimmen der Puppen zu *Parorthocladius*. Von dieser Gattung durch die Bewaffnung der Intersegmentalhäute leicht zu trennen.

Larve:

Länge der reifen Larve 8—9 mm. Farbe im Leben violett. Alkoholmaterial wird graubläulich bis schmutzigweiß mit dunkler Zeichnung.

Vordere Fußstummel weitgehend verwachsen, mit hellen, mehr oder weniger stark gekrümmten Klauen. Auf den Segmenten keine Borsten. Nachschieber mit 11—13 braunschwarzen Klauen (Abb. 11). Borstenträger 40μ lang, 24μ breit, mit 5 bräunlichen Borsten von der ungefähren Länge der Nachschieber. Analschläuche walzenförmig, terminal stumpf abgerundet, zwei Drittel so lang wie die Nachschieber. Die Basen des ventralen Nachschieberpaares liegen stark dorsallateral neben das obere Paar gerückt.

Kopf (Abb. 12) schwarzbraun bis auf ein helles ovales Feld um die Augen und das Labrum. Index 78% , Länge 480μ , Breite 376μ . Jederseits zwei Augen. Ein größeres rundliches mit einer kleinen oraldorsalen Kerbe und einem analen Anhang. Etwas oral-ventral davon ein kleineres halbmondförmiges mit einer vertikalen Längsachse und verschiedenen Einkerbungen.

Antenne (Abb. 13) 100μ lang, zwei Drittel der Mandibel-, knapp ein Fünftel der Kopflänge. Längenverhältnis der einzelnen Glieder in μ : 58, 18, 6, 4, 3. Basaler Durchmesser des Grundgliedes 16μ . Ringorgan etwa in der Weite seines Durchmessers über der Gliedbasis gelegen. Antennenborste reicht bis zur Mitte des 3. Geißelgliedes. Nebenstift etwa so lang wie das erste Geißelglied. Erstes Geißelglied distal mit zwei zugespitzten Anhängen, die bis zur Mitte des folgenden Gliedes reichen. Im letzten Gliedviertel außerdem ein Anhang der ebenfalls bis zur Mitte des 2. Geißelgliedes sich hinzieht.

Labrum (Abb. 16) mit gegabelten SI⁴) (setae anteriores). Medianer Gabelast etwas kürzer als der laterale. SII (setae posteriores) einfache Borsten. SIII (setae minusculae) feine Borsten von der halben Länge der SII. Sie inserieren etwas analgerichtet zwischen SII. SIV (Bisensillum) lateral-anal etwa in gleichem Abstand von SII wie SIII. Es besteht aus einem rund 3μ langen Zäpfchen und einem daneben gelegenen doppelt so langen in der Mitte etwas verdicktem Sinneskegel. 5 Chaetae, einspitzig, schlank und dicht zusammen gelegen. Chaeta media breite spitze Lamelle, etwas lateral der Mitte zwischen der Medianen und der Chaetae gelegen.

Pecten epipharyngis median mit drei kurzen, dicht beieinander liegenden, ventral verjüngten Anhängen. Lateral von ihnen entspringen zum Teil übereinander gelappt je 6 unterschiedlich gestaltete größere Schuppen. Die obere, halbkreisförmig mit stumpf ventral vorgezogener Spitze überdeckt alle anderen zur Hälfte. Darunter nicht ganz so breit, dafür länger und spitzer

4) Terminologie ZAVREL 1941.

ausgezogen eine ähnliche Schuppe. Von den übrigen 4 auf jeder Seite je drei gleichgroß nebeneinanderliegend, ventral gekrümmt und schmal. Der letzte Anhang der Medianen genähert, sehr lang und zugespitzt. Zum Teil unter dem Pecten epipharyngis liegend, etwas lateral-distal über der Mitte jeder Ungula-Seite, je ein Paar Chaetulae basales von der Länge der Chaeta media; distal stark verjüngt sind sie am Ende aufgespalten.

Tormae (Abb. 17) (Praemandibeln) distal dunkelbraun, mit zwei Zähnen und einem etwas hervortretenden Basallobus. Der innere Zahn länger und breiter als der äußere.

Mandibel (Abb. 14) bis auf die etwas aufgehellten mittleren Partien schwarzbraun. 3 Zähne auf der Schneide, der letzte so groß wie die Mandibelspitze. Außenseite nicht ebenmäßig gerundet, in der distalen Hälfte mit einer schwach konkaven Einbuchtung. Seta subdentalis stumpf abgerundet, 6μ lang, daneben chitinisierte Stelle, die dem 4. Zahn entspricht. Zwei dunkle Außenborsten.

Labium (Abb. 15) schwarzbraun. 6 Seitenzähne von annähernd gleicher Größe. Mittelzahn an seiner Basis breiter als zwei der Seitenzähne.

Maxille (Abb. 19) mit kurzem Palpus. Außer zahlreichen verschieden gearteten Sinneskegeln auf der Maxille und Palpus zwei lange feine Borsten dicht nebeneinander auf zwei großen Sockeln. Gegenüber dem Palpus 5—7 längere schlauchförmige Borsten in einer Reihe nebeneinander.

Hypopharynx (Abb. 18) ventral jederseits der Medianen mit 6 blattförmigen Lamellen, terminal fein gesägt. Lateral davon je ein basal stark erweiterter distal zugespitzter Anhang. Dorsal jederseits 2 gedrungene und 2 schlanke Sinneskegel, ganz lateral je ein Büschel langer feiner Chitinspitzen.

Beim Bestimmen der Larve nach den Orthocladiinentabellen THIENEMANN'S kommt man auf S. 650 zum Genus *Trichocladius* K. (partim) und Genus *Rheorthocladius* Th. (partim).

Systematische Stellung.

Die Gattung *Trichocladius* K. im Sinne GOETGHEBUERS umschließt eine große Gruppe von Arten, die im Imaginalzustand sehr schwer zu unterscheiden sind. Aus diesem Grunde ist vorläufig nicht zu sagen, welcher Art *Trichocladius nivalis* besonders nahe steht. Die Puppe stellt einen völlig neuen Typus dar. Auch wenn man dem Fehlen des Prothorakalhornes keinen großen systematischen Wert beimißt, ist dennoch die Bewaffnung des 7. und 8. Abdominalsegmentes bemerkenswert. Die Exuvie gleicht bis auf die vorhandene Intersegmentalbewaffnung stark *Parorthocladius*. Eine nähere Verwandtschaft mit dieser Gattung ist aus vielen Gründen ausgeschlossen.

Die äußerlich durch ihre ungewöhnliche Färbung ebenfalls sehr charakteristische Larve gehört innerhalb der Gattung *Trichocladius* nach dem Bau der Mandibel und des Labiums zum *Trichocladius bicinctus*-Typ (THIENE-

MANN 1942). Wie weit sie dort auf Grund anderer Merkmale eine Sonderstellung einnimmt, erfordert eine genaue Durcharbeitung der bekannten *Trichocladius*larven, die sich z. Z. nicht durchführen läßt. Es kann vorläufig nicht entschieden werden, ob eventuell für *Trichocladius nivalis* ein neues Subgenus geschaffen werden darf.

Lebensweise und Verbreitung.

Nach den Beobachtungen auf der Wasserkuppe (Rhön) leben die Larven hygropetrisch in Quellen. Die Nahrung besteht vor allem aus Diatomeen und anderem pflanzlichem Aufwuchs. Larvengehäuse wurden nicht beobachtet. Die Puppen liegen in einem lockeren Gehäuse aus versponnenem Detritus. Sofort nach dem Freiwerden des Habitats vom Schnee im Frühjahr fliegen die ersten Imagines. In der Rhön, in etwa 800 m ü. M., wurden von Ende März bis Mai Imagines beobachtet. Eine zweite Flugzeit fällt dort in den Herbst und endet erst im November.

Die genaue Beschreibung des Biotopes und der dort mit *Trichocladius nivalis* vergesellschafteten anderen Chironomiden wird an anderer Stelle in größerem Zusammenhang erfolgen.

Das Verbreitungsgebiet von *Trichocladius nivalis* erstreckt sich von den deutschen Mittelgebirgen bis in die Alpen. Außer von der Rhön liegen 1♂ aus dem Sauerland, leg. H. DITTMAR, Albaum, und ♂♂ und Exuvien aus dem Hochschwarzwald, Feldberg, 1450 m, leg. W. WÜLKER, Falkau, vor. An allen drei Stellen in den Mittelgebirgen handelt es sich um besonders hochgelegene und somit besonders kalte Quellen. Daraus darf man schließen, daß *Trichocladius nivalis* eine ausgesprochen kaltstenotherme Form ist.

Literatur.

- GOETGHEBUER, M. 1938. Ceratopogonidae et Chironomidae nouveaux ou peu connus d'Europe. — Bull. et Ann. Soc. ent. Belg. 78, S. 61-62.
- DERS. 1940—1950. Tendipedidae-Orthocladinae. in LINDNER, „Die Fliegen der palaearktischen Region.“ 13 g, S. 1-208. Stuttgart.
- FITTKAU, E.J., 1954. Chironomidenstudien I. Pseudodiamesa belingi n. sp. — Beitr. z. Ent. 4, S. 84-98.
- STRENZKE, K., 1951. Chironomiden von der bulgarischen Küste des Schwarzen Meeres. — Arch. Hydrobiol. Suppl.-Bd. 18, S. 678-691.
- THIENEMANN, A., 1942. Trichocladius-Arten aus den Lunzer Seen. (Chironomiden aus dem Lunzer Seen-Gebiet V.) — Arch. Hydrobiol. 39, S. 294-315.
- DERS. Bestimmungstabellen für die bis jetzt bekannten Larven und Puppen der Orthocladini (Diptera Chironomidae). — Arch. Hydrobiol. 39, S. 551-664.
- ZAVREL, J., 1941. Vergleichend-morphologische Untersuchungen an den Podonomenlarven (Diptera, Chironomidae). — Zool. Anz. 134, S. 105-115.

Neues von den Ephemeropteren in Deutschland

von Hans Deibel

Zwei Fänge des vergangenen Jahres brachten bemerkenswerte neue Einzelheiten. Es handelt sich dabei um zwei Arten der gleichen Gattung, nämlich *Centroptilum*, die aber an ziemlich weit voneinander entfernten Orten gefangen wurden.

Bei *Centroptilum luteolum* Müller handelt es sich nach SCHOENEMUND um die häufigste Art der Gattung, die weit verbreitet ist. Auch KIMMINS meldet sie als "common in rivers and streams, both alcalin and acid and on the stony shores of lakes." Die besondere Erwähnung dieser gemeinen Art läßt sich nun durch folgenden Umstand rechtfertigen: Ich fing am 29. 9. 54 mehrere Imagines aus einem größeren Schwarm am Ufer des Bodensees bei Konstanz-Staad. MUCKLE meldete bei seinen Untersuchungen am Seenufer von Staad bis Litzelstetten unter den Larvenfängen "*Centroptilum spec.*". Aus meinem Fang ergibt sich mit größter Wahrscheinlichkeit, daß es sich bei MUCKLES Larven um *Centroptilum luteolum* gehandelt hat.

Centroptilum pennulatum Eaton ist im Gegensatz zu *C. luteolum* in Deutschland sehr selten (SCHOENEMUND). Ich kann sie als neu für das Gebiet der Fulda melden, und zwar aus dem Unterlauf der Schlitz. In Deutschland ist diese Art bisher nur vom Argen (SCHOENEMUND) und aus der Lausitz (ROSTOCK) bekannt, im Auslande aus dem Rhein bei Basel (NEERACHER), aus den Pyrenäen (SCHOENEMUND), aus Belgien, Kroatien und Österreich. In England meldet KIMMINS sie außerdem als "local, occurring in fast and slow rivers and becks". Nach meinem Fang vom 19. 10. 54 zu urteilen, ist *C. pennulatum* an der Schlitz nicht gerade selten. Es standen zu dieser Zeit immer größere Schwärme in der Nähe des Fangplatzes.

Literatur.

- SCHOENEMUND, E. — 1930 — Eintagsfliegen oder Ephemeroptera. — In DAHL, die Tierwelt Deutschlands 19
- KIMMINS, D. E. — 1954 — A Revised Key to the Adults of the British Species of Ephemeroptera. — Freshw. Biol. Ass. Sc. Publ. 15
- MUCKLE, R. — 1942 — Beiträge zur Kenntnis der Uferfauna des Bodensees. — Beitr. naturk. Forsch. Oberrheingeb. 7
- NEERACHER, F. — 1910 — Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflüsse bei Basel. — Diss. Basel

Grundlagen der Untersuchung der Temperaturverhältnisse in den Fließgewässern

von Wolfgang Schmitz

Bereits in den ersten grundlegenden Publikationen über die hydrobiologischen Verhältnisse der Fließgewässer (STEINMANN 1907, THIENEMANN 1911/12) ist nachdrücklich hervorgehoben worden, daß Strömung und Temperatur die primären Faktoren sind, welche bei der Ausbildung von Fließwasserbiocoenosen wirksam sind. Diese Erkenntnisse sind im weiteren Verlauf der Fließgewässeruntersuchungen durchaus bestätigt worden, und es schien daher gerechtfertigt, besonders die thermischen Verhältnisse der Fließgewässer — wenigstens in ihren quellnahen Bereichen — als Grundlage einer Typeneinteilung heranzuziehen (SCHMITZ 1954).

Wenn man auch mit Sicherheit behaupten darf, daß ein Einfluß der Temperaturverhältnisse im Fließwasser auf dessen Bewohner besteht, so ist es zu allermeist jedoch noch unklar, in welcher Weise sich dieser vollzieht. Dies hat nicht nur seinen Grund darin, daß in vielen Fällen die physiologischen Grundlagen für das Leben von Organismen im Fließwasser noch nicht genügend erforscht sind, sondern auch darin, daß unsere Kenntnisse über die Temperaturverhältnisse der Fließgewässer noch sehr mangelhaft sind. Die bisherigen Meßergebnisse basieren nicht auf planmäßigen physiographischen Untersuchungen, sondern sind das Ergebnis von Messungen, die gelegentlich biologischer oder chemischer Probeentnahmen im Gewässer durchgeführt wurden. Bei der Bedeutung des Temperaturfaktors für eine Abschnittstypisierung der Oberläufe erschien es notwendig, der Untersuchung der Temperaturverhältnisse besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Zuvor jedoch gilt es, einige Grundsatzfragen zu klären, bevor man überhaupt daran gehen kann, die Temperaturverhältnisse im Gewässer auf regionaler Basis zu erforschen und biocoenotische Korrelationen herauszuarbeiten.

I Temperaturgang und Wärmebilanz im Fließgewässer.

Ebenso wie die meisten anderen physiographischen Faktoren im Fließgewässer sind auch die Temperaturwerte ganz erheblichen Schwankungen unterworfen. Die größte Aufmerksamkeit widmete man bei biologischen Untersuchungen bisher den jahreszeitlichen Schwankungen, indem man sich bemühte, die jährliche Temperaturamplitude, Maxima und Minima zu erfassen bzw. Temperaturganglinien aus monatlichen, wöchentlichen oder täglichen Temperaturmessungen aufzustellen.

Räumlich vertikale Unterschiede der Temperatur des Wasserkörpers haben im Fließgewässer nur untergeordnete Bedeutung, allenfalls in sehr langsam fließenden Abschnitten oder Stauen (vgl. K. BERG 1943).

Von entscheidender Wichtigkeit für die Fließgewässerzonierung und -typisierung ist jedoch die Veränderung, welche die Temperatur längs eines Flußlaufes im Wasser von der Quelle zur Mündung erfährt.

Alle diese Verhältnisse sind aber nicht zu klären, wenn man bei den Messungen nicht die täglichen Schwankungen der Wassertemperatur im Fließgewässer berücksichtigt. Gerade im quellnahen Bereich, in welchem der Temperaturfaktor für die biocoenotische Zonierung eine wesentliche Rolle spielt, können die Tagesschwankungen einen erheblichen Betrag ausmachen (Abb. 1).

Alle diese täglichen, interdiurnalen, jahreszeitlichen Schwankungen und die lokalen Temperaturunterschiede in Fließrichtung sind Ausdruck der Tatsache, daß die Temperaturwerte im Fließgewässer sich aus der Wärmebilanz einer Anzahl von Faktoren herleiten, die selber täglich oder jahreszeitlich periodisch oder auch unregelmäßig schwanken können. Maßgebend für die Wärmebilanz sind in erster Linie die Verhältnisse der direkten Sonneneinstrahlung und der diffusen Himmelsstrahlung im Wellenlängenbereich $0,3-3 \mu$, der langwelligen Eigenstrahlung der Atmosphäre und der langwelligen Ausstrahlung der Wasseroberfläche im Bereich größer als 3μ , der Verdunstung der Wasseroberfläche, des Wärmeaustausches Wasser—Luft sowie des Wärmeaustausches Wasser—Boden. Hinzu kommt noch der Einfluß der Wasserführung und Wassertiefe sowie der Fließgeschwindigkeit.

Obwohl bereits eine Theorie dieser Wärmebilanz durch ECKEL und REUTER (1950) entwickelt worden ist und Berechnungsgrundlagen für den Temperaturgang ausgehend von diesen bei der Bilanz wirksamen Faktoren vorliegen, gibt es kaum eingehende Messungen, durch welche die Wärmebilanz eines Fließgewässers in ihrer Auswirkung auf den Temperaturgang erfaßt würde.

Als Ausgangspunkt für unser Programm der vergleichenden regionalen Temperaturuntersuchungen in Fließgewässern wurde daher eine eingehende Untersuchung des Tagesganges der Temperatur in einem Fließgewässer durchgeführt¹⁾. Ausgewählt wurde dazu die Rase, ein Bach, welcher am Westrand des Leinetalgrabens in der Nähe von Göttingen einer Linnokrene von über 1000 m^2 Fläche und $4,75 \text{ m}$ maximaler Tiefe mit relativ konstanter Wasserführung und nahezu gleichbleibender Ausgangstemperatur entfließt. Die letzten beiden Umstände waren maßgeblich für die Auswahl dieses Baches als Untersuchungsbeispiel und zudem auch die Tatsache, daß im gesamten Verlauf des Baches bis zur Mündung in die Leine nach $4,5 \text{ km}$ Lauflänge nur ein einziger noch dazu in der Wasserführung ganz unwesentlicher Zufluß durch einen Nebenbach erfolgt.

1) Für die Hilfe bei der Durchführung der Messungen möchte ich Herrn H. OESTERREICH-Rosdorf danken.

In Abb. 2 sind die Ergebnisse von stündlichen Temperaturmessungen an 11 verschiedenen Stationen dieses Baches an einem wolkenlosen Sommertag (Abb. 3) dargestellt. Als wesentliches Ergebnis dieser Meßserie kann folgendes gelten:

1. Die Tagesamplitude des Temperaturganges nimmt mit Entfernung von der Quelle zunächst zu, dann aber wieder ab.
2. Die täglichen Maxima weichen mit zunehmender Entfernung von der Quelle stärker vom Ausgangswert ab als die täglichen Minima.
3. Das Maximum verschiebt sich mit zunehmender Entfernung von der Quelle bis zu einer gewissen Distanz immer mehr in den Nachmittag hinein.

Aus diesem Sachverhalt folgt nun, daß jegliche Einzeltemperaturmessung einen zunächst willkürlich herausgegriffenen Wert aus dem Tagesgang der Temperatur darstellt. Auch Meßwerte, welche zu gleicher Tageszeit ermittelt worden sind, können (wegen der Verschiebung des täglichen Gipfels in Abhängigkeit von der Quellentfernung) nicht unmittelbar miteinander verglichen werden.

Streng genommen ist die Lage des Tagesmaximums eine Funktion der Fließzeit des Wassers von der Quelle zum Meßpunkt. Dies geht aus der Abb. 4 hervor, in welcher die Tagesganglinien der einzelnen Stationen des Rasebaches aufgezeichnet sind, wobei der Anfangspunkt jeder Stationskurve jeweils um die Fließzeit des Wassers von der Quelle zum Meßpunkt vorverlegt wurde. Die Maxima aller derart verschobenen Kurven liegen nunmehr alle annähernd übereinander. Die Fließzeiten wurden in unserem Falle als Spitzengeschwindigkeit des Wasserkörpers mit Fluoresceinfärbung gemessen.

Die Maximumverschiebung erklärt sich als Summeneffekt der Wärmebilanz. Angenommen ein begrenzter Wasserkörper verläßt die Quelle morgens um 6 Uhr mit einer Ausgangstemperatur von $9,4^{\circ}$, so erreicht er bei positiver Wärmebilanz nach 2,5 h den Meßpunkt M mit $10,6^{\circ}$. Um 10 Uhr ist der positive Betrag der Wärmebilanz bereits um das 3 fache größer als um 6 Uhr (ECKEL und REUTER 1950). Die Folge davon ist, daß ein Wasserkörper, der um 10 Uhr in der Quelle eine Temperatur von $9,7^{\circ}$ zeigt, während der ganzen Fließzeit diese stark positive Wärmebilanz zeigt und bei der Meßstelle 2,5 h später bereits die Temperatur von $12,3^{\circ}$ erreicht. Bis 14 Uhr hält sich die positive Bilanz annähernd auf dieser maximalen Höhe. Das Quellwasser zeigt daher ein Maximum gegen 14 h mit $10,6^{\circ}$. Dieses maximal erwärmte Quellwasser erreicht bei immer noch stark positiver Wärmebilanz (positiver Wert der Bilanz gegen 16 Uhr um ca. 25 % geringer als im Maximum) sich noch weiter erwärmend die Meßstelle um 16,30 Uhr mit $13,0^{\circ}$ (das Maximum liegt hier ein wenig später mit $13,2^{\circ}$).

Startet ein Wasserkörper noch später, so ist der positive Betrag der Wärmebilanz bereits merklich verringert, so daß die summarischen

Effekte in einer nicht mehr so starken Erwärmung des fließenden Wasserkörpers resultieren. Quellwasser von einer Temperatur von $10,3^{\circ}$ um 16 Uhr gelangt zur Meßstelle daher nach 2,5 h mit einer Temperatur von $12,9^{\circ}$. Das Maximum ist bereits wieder unterschritten.

Die Verschiebung des Maximums annähernd um die Fließzeit zwischen Quelle und Meßzeit in den Nachmittag hinein hat jedoch eine zeitliche Grenze. Ein Wasserteilchen, das im quellnahen Bereich der maximal oder stark positiven Wärmebilanz unterliegt, kommt bei seinem Weiterfließen im quellferneren Bereich zu späterer Tageszeit unter ungünstigere Verhältnisse der Wärmebilanz, schließlich wird die Bilanz gegen 20 Uhr (bei 15° Wassertemperatur) sogar negativ. Es ist daher durchaus zu erwarten, daß mit zunehmender Entfernung von der Quelle ein Zustand eintritt, wo Wasserteilchen, obwohl sie im quellnäheren Bereich noch nicht optimal vorgewärmt worden sind, im quellferneren Bereich sich unter maximal positiven Wärmebilanzverhältnissen ebenso stark oder stärker aufwärmen als Wasserteilchen, welche sich im quellnahen Bereich zwar bereits optimal aufwärmen, flußabwärts hingegen aber unter ungünstigere Wärmebilanzverhältnisse gelangen. Als Ergebnis dieser Tatsache müßten die Maxima mit zunehmender Entfernung von der Quelle schließlich früher eintreten als es sich aus der Addition der Fließzeit zur Tageszeit des Temperaturmaximums der Quelle ergeben würde. Diese Verhalten zeigen in der Tat die beiden obersten Kurven aus der Kurvenschar der Abb. 4. In der Regel werden die Maxima in diesem Bereich auch weniger ausgeprägt sein und die Kurven einen breiten Gipfel aufweisen, da einerseits der Einstrahlungs-Energiebedarf zur Erhöhung der Wassertemperatur um eine gewisse Temperaturspanne bei höheren Temperaturen größer ist als unter niedrigeren Temperaturen und weil sich zudem flußabwärts stärker diejenigen Abweichungen vom theoretischen Verhalten bemerkbar machen, welche durch die Verzerrung des fließenden Wasserkörpers bedingt sind. In der Rase wird dieser Effekt im Unterlauf des Baches durch Mühlenstauanlagen noch verstärkt.

Wesentlich ist vor allem, daß die Tagesganglinie der Wassertemperatur nicht Anzeiger der Richtung der gerade herrschenden Wärmebilanz ist; d. h. wenn an einem Meßpunkt die Wassertemperatur sinkt, braucht dies nicht zu bedeuten, daß die Wassermasse sich unter negativer Wärmebilanz befindet, sondern dies kann ebenso auf der Differenz von positiven Bilanzwerten beruhen und ist nur im Zusammenhang mit dem Abwärtsfließen der Wassermassen zu verstehen.

Will man daher zu vergleichbaren Temperaturlängsprofilen eines Wasserlaufes gelangen, so müssen diese auf die Abzisseneinheit „Fließzeit“ bezogen werden. Eine Reihe der sich auf diese Weise ergebenden Kurven ist in Abb. 5 dargestellt. Es war hier nun in erster Linie interessant zu prüfen, wieweit diese empirisch gefundenen Kurven

den theoretischen Überlegungen entsprechen, welche ECKEL und REUTER (l. c.) über den Wärmeumsatz in Fließgewässern angestellt haben.

Hiernach besteht zwischen der Fließwassertemperatur und verschiedenen für den Wärmeumsatz maßgeblichen Größen folgende Beziehung.

$$\frac{dT_W}{dt} = \frac{1}{h \cdot \rho \cdot c} (S + D + E + V + Q) = \frac{1}{h \cdot \rho \cdot c} f(T_W, t)$$

Hierbei sind h = Flußtiefe, ρ = Dichte des Wassers, T_W = Wassertemperatur, t = Zeit, c = spezifische Wärme des Wassers;

$S + D = S(t) + D(t)$ Sonnen- und Himmelstrahlung in cal/cm^2 ;

$E = E(T_W, e_L, t)$ effektive Ausstrahlung des Wassers von der Temperatur T_W gegen die Atmosphäre mit einem Bodendampfdruck e_L in cal/cm^2 Oberfläche;

$V = V(T_W, e_L, v, t)$ Wärmemenge in cal/cm^2 Oberfläche, die zur Verdunstung verbraucht oder durch Kondensation gewonnen wird, abhängig von der Wassertemperatur T_W , vom Dampfdruck der Luft e_L über der Wasseroberfläche und von der Windgeschwindigkeit v ;

$L = L(T_W, T_L, v, t)$ Wärmezufuhr aus der Luft oder Wärmeabgabe an die Luft in cal/cm^2 Oberfläche, abhängig von der Temperaturdifferenz Wasser—Luft $T - T$ und von der Windgeschwindigkeit v ;

$Q = Q_1(T_W - T_B) + Q_2(T_0, t)$ Wärmezufuhr aus dem Flußboden oder Wärmeabgabe an ihn in cal/cm^2 Berührungsfläche zerlegt in einen von der Tageszeit unabhängigen, jedoch von dem mittleren Temperaturgradienten Wasser—Boden $T_W - T_B$ abhängigen Anteil Q_1 und einen von der Amplitude der Wassertemperatur T_0 und der Tageszeit abhängigen Anteil Q_2 .

Zur Berechnung wählt man möglichst kleine Zeitabschnitte (2 Stunden), um die Schwierigkeiten der Integration der oberen Differentialgleichung zu vermeiden. Für kleine Zeitabschnitte gilt dann

$$\Delta T_W = \frac{1}{h \rho c} f(T_W, t) \Delta t$$

Bei unseren Messungen konnten nicht alle Werte, welche zur Berechnung von $f(T_W)$ erforderlich sind, ermittelt werden (insbesondere die Strahlungsbedingungen). Es wurde daher auf die Werte von ECKEL und REUTER (l. c.) zurückgegriffen, welche diese für einen heiteren Sommertag im Juli 1948 an einer Niederösterreichischen Station

in der Nähe des Kamp-Flusses gemessen haben. Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß die Messungen in der Rase zwar auch an einem heiteren Sommertag durchgeführt wurden, jedoch zu einem späteren Datum im Jahre (1. 9.) und daß die Einstrahlung demgemäß — und auch wegen des geographischen Breiteneffektes — hinter den ECKEL-REUTERSchen Angaben zurückbleibt. So betrug bei den Messungen in der Rase das Tagesmaximum der Lufttemperatur $24,8^{\circ}$ gegenüber $27,7^{\circ}$ bei dem für die Berechnungsgrößen ECKELS und REUTERS zu Grunde gelegten Sommertag in Niederösterreich.

Berechnet man nun auf der Basis der bei ECKEL und REUTER angegebenen Werte den Verlauf der Temperaturkurven für die Rase ausgehend von zu verschiedenen Tageszeiten gegebenen Quelltemperaturen unter Zugrundlegung einer mittleren Tiefe von 60 cm und bezogen auf das System des mitbewegten Wasserkörpers, so ergeben sich Kurven, welche zwar — wie zu erwarten — etwas höhere Temperaturwerte aufweisen als sie in der Rase beobachtet worden sind, die aber in der Form eine so weitgehende Ähnlichkeit mit den empirisch ermittelten Kurven aufweisen, daß somit von einer guten Übereinstimmung der theoretischen Berechnung des sommerlichen Wärmeumsatzes in Flußläufen nach ECKEL und REUTER (l. c.) mit den tatsächlichen Temperaturverhältnissen in der Rase gesprochen werden kann (Abb. 6).

Betrachten wir nun die allgemeinen Folgerungen, die sich aus diesem Wärmebilanz- und Temperaturverhalten eines fließenden Gewässers ergeben.

Einzelmessungen an einer Station sind uncharakteristisch und können nicht ohne weiteres für den Vergleich herangezogen werden. Selbst in der Verbindung mit einer einmaligen oder gelegentlichen Erfassung der Tagesganglinie sind sie dazu nicht benutzbar, da die Analyse des Tagesganges, wie sich gezeigt hat, erhebliche Schwierigkeiten bereiten kann, zumal in den meisten Fällen die Fließgewässer nicht derart günstige Verhältnisse aufweisen wie die Rase, welche aus diesem Grunde gerade als Beispiel ausgewählt wurde. Die Tagesganglinien können je nach den Witterungsbedingungen ganz erheblichen Veränderungen unterworfen werden. Eine ständige Registrierung der Temperatur wird wegen des apparativen Aufwandes immer nur auf wenige Meßstellen beschränkt bleiben müssen.

Es muß daher angestrebt werden, die Temperaturverhältnisse, besonders im Hinblick auf ihre ökologische Wirksamkeit anhand bestimmter ausgezeichnete Temperaturwerte, welche auch meßtechnisch ermittelt werden können, zu erfassen.

Verhältnismäßig einfach ließe sich die Maximum- bzw. Minimumtemperatur ermitteln, und zweifellos haben diese realen Extremwerte an einer Meßstelle auch ökologische Bedeutung. Man weiß aber damit

noch nichts über die tageszeitliche Lage dieser Werte und über das zeitliche Andauern der extremeren Temperaturwerte. Aus den biocoenotischen Untersuchungen der Mittelgebirgsbäche (ILLIES 1952, 1953) hat sich nun ergeben, daß gerade ein sich kontinuierlich verändernder Faktor für die primäre biocoenotische Abschnittsgliederung verantwortlich gemacht werden muß. Ein Berechnungsbeispiel von ECKEL und REUTER, welches noch ergänzt wurde, möge als Muster dafür dienen, welche Werte des Tagesganges im Idealfall eine solche Kontinuität zeigen können. Die Tagesamplitude zeigt mit zunehmender Quellentfernung eine periodische Schwankung, die Maxima und Minima weisen eine im großen ganzen diskontinuierliche Zunahme mit zunehmender Quellentfernung auf, zudem zeigt ihr Eintreten tageszeitliche Schwankungen. Eine kontinuierliche Zunahme weisen einzig die Mitteltemperaturen auf. Diese wird man daher in erster Linie als charakteristische Temperaturwerte im Längsverlauf der Fließgewässer zu ermitteln suchen (Abb. 7).

Es ergibt sich daraus die Aufgabe, geeignete Methoden zur Messung der Mitteltemperatur des Wassers über zeitlich günstig gelegene Beobachtungsintervalle hin ausfindig zu machen. Da Maximum- und Minimumtemperaturen mit Hilfe von Extremthermometern leicht gemessen werden können, war es naheliegend, der Frage nachzugehen, ob aus diesen Werten rechnerisch auf die Mitteltemperatur zurückgeschlossen werden kann. Betrachten wir dazu wieder den Idealfall einer konstanten Quellwassertemperatur von 5°, wobei das der Quelle entfließende Wasser den Wärmebilanzbedingungen eines sommerlichen Schönwettertages unterliegt, wie sie auf Grund der Daten von ECKEL und REUTER (1950) gegeben sind, so zeigt sich, daß die Werte der

$$\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \text{ Kurve}$$

(Abzisse Fließzeit) mit relativ geringen Abweichungen um die Kurve des (\bar{T}) -Temperaturmittels pendeln. Allerdings sind die Differenzen besonders im quellnahen Bereich doch recht erheblich. Es ergeben sich positive Abweichungen bis zu 2°. Daß diese theoretischen Verhältnisse auch in ähnlicher Form in natürlichen Wasserläufen auftreten, zeigt die Abb. 5 als Ergebnis der Messungen in der Rase (Nachttemperaturen wurden z. T. interpoliert). Hierbei muß berücksichtigt werden, daß neben anderen Abweichungen vom oben dargelegten theoretischen Fall die Ausgangstemperatur in diesem Fall nicht konstant bleibt, sondern etwas schwankt. Immerhin zeigen die Kurven, daß die Mitteltemperaturkurve sowie die Kurve

$$\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

eine sich kontinuierlich verändernde Steigung besitzen. Gleiches gilt hier auch für die Kurve T_{\min} . Die Kurve T_{\max} ist unregelmäßiger. Die Werte von

$$\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

liegen durchweg höher als die Werte von \bar{T} , wie es auch die Theorie erfordert. Der größte Unterschied beträgt dabei 1° positive Abweichung.

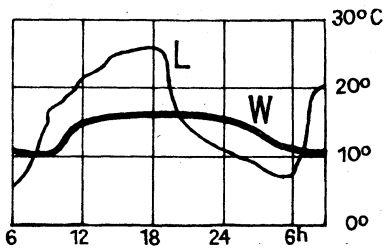
Bedenkt man ferner noch, daß vielfach, z. B. bei sich ändernder Witterung, die Abweichungen von den Verhältnissen des heiteren Sommertages oder anderer definierter Witterungsbedingungen vom theoretischen Fall eine erhebliche Bedeutung gewinnen können, so schließt sich hiermit die Berechnung der \bar{T} aus Näherungsgleichungen mit T_{\max} und T_{\min} aus. Es bleibt bei diesen Verhältnissen nichts anderes übrig, als die Mitteltemperatur des Wassers direkt zu messen.

II Die Grundlagen der unmittelbaren Messung der Mitteltemperatur des Wassers mit der Zuckerinversions-Methode.

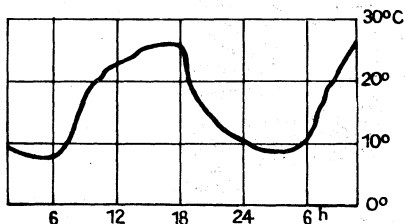
Meßtechnisch ist diese Forderung nicht einfach zu lösen. Ein von TAMM (1936) ausgearbeitetes Verfahren benutzt die Temperaturabhängigkeit von Widerständen zur Messung der Mitteltemperatur. Der Widerstand befindet sich im Stromkreis mit einer konstanten Spannungsquelle (4 V). Der Stromfluß im Stromkreis ist abhängig von der Größe des Widerstandswertes und damit von der Temperatur. Der Stromfluß wird mit einem Voltmeter gemessen. (elektrolytische Gasabscheidung). Die Meßanordnung von TAMM ist für den praktischen Gebrauch, insbesondere die Messung an sehr vielen Stellen noch zu unhandlich.

Eine wesentliche Vereinfachung der Meßanordnung ergab sich bei der Anwendung von Thermistors (NTC-Widerständen) im Stromkreis. (McCRAIDEN 1949). Der Stromfluß wird dabei nicht mit einem gasometrischen sondern mit den Silber-Voltmeter gemessen. Nichtlinearität der Temperaturabhängigkeit der NTC-Widerstände verhindert allerdings eine einwandfreie Bestimmung des arithmetischen Mittels (vgl. unten).

Wesentlich einfacher in der Handhabung ist es, die Temperatur über eine längere Zeitspanne auf dem Umwege ihrer Wirksamkeit auf die chemische Reaktionsgeschwindigkeit zu messen. Eine leichte Handhabung bietet sich dazu in der Messung der Inversionsgeschwindigkeit von Rohrzucker unter Einfluß einer bestimmten H-Ionenkonzentration zu Invertzucker (Traubenzucker + Fruchtzucker) welche sich wegen der unterschiedlichen optischen Drehungsverhältnisse der Zuckerarten



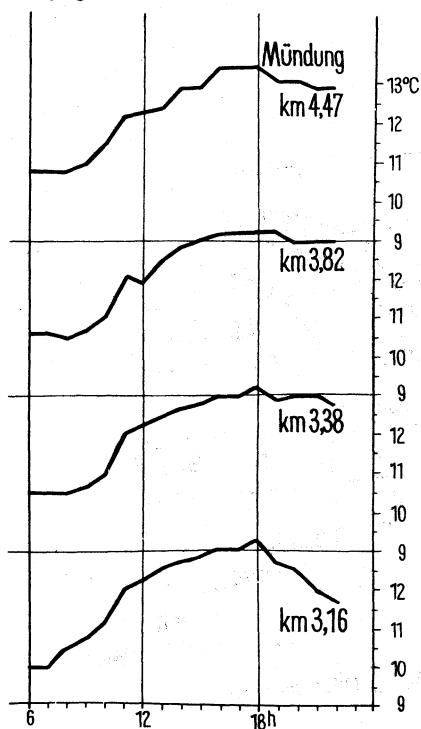
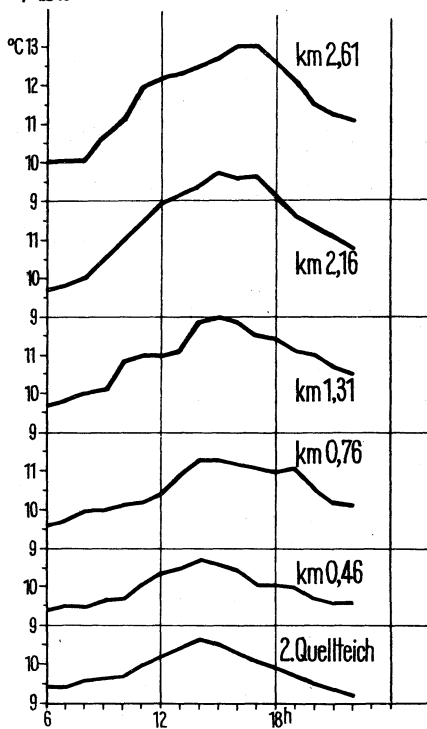
Tagesgang der Luft- u. Wasser-
temperatur an der Rasemündung
(9.8.1953)



Tagesgang der Lufttemperatur
an der Rase (1.9.1953)

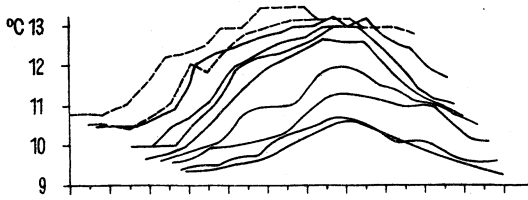
Abb. 1

Abb. 3



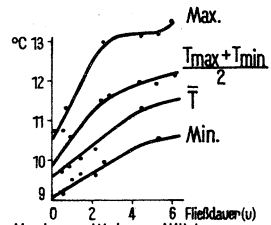
Tagesgang der Wassertemperatur des Rase-Baches an einem
heiteren Sommertag (1.9.1953) in verschiedener Entfernung von der Quelle

Abb. 2



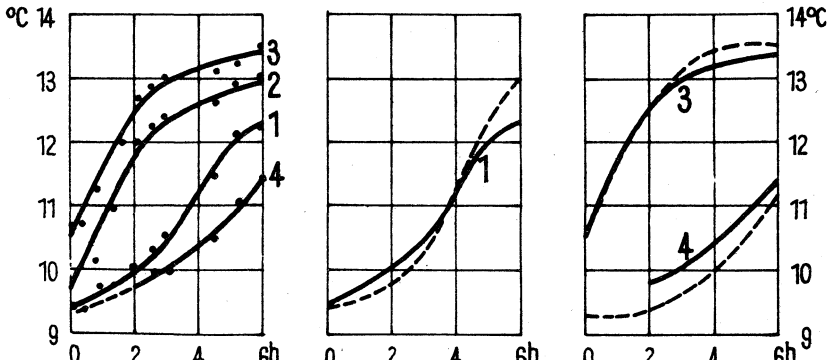
Tagesganglinien der Wassertemperatur des Rase-Baches in verschiedenen Entfernung von der Quelle (vgl. Abb. 2). Der Ausgangspunkt der einzelnen Kurven ist um die Fließzeit von Quelle zum Meßpunkt zurückverlegt.

Abb. 4



Maximum, Minimum, Mittel u. $T_{max} + T_{min}$ der Wassertemperatur an einem sommerlichen Schönwettertag (1.9.53) im Rase-Bach, bezogen auf mitbewegten Wasserkörper

Abb. 5



Erwärmung des Rase-Baches mit zunehmender Entfernung von der Quelle an einem heiteren Sommertag (1.9.53) bezogen auf mitbewegten Wasserkörper

— Empirische Werte
 - - - - - Berechnet nach Eckel und Reuter (60cm Tiefe)

Für Ausgangszeiten des Wasserkörpers an der Quelle um 6h (1), um 10h (2), um 14h (3) und um 4h (4).

Abb. 6

in Lösung leicht mit dem Polarimeter ermitteln läßt. Die Methode wurde von PALLMANN, EICHENBERGER und HASLER (1940) zur Anwendung in Geobotanik und Bodenkunde eingehend ausgearbeitet und diskutiert. Abb. 8 zeigt die Rohrzuckerinversion als Funktion von Zeit und Temperatur. Als Ausgangslösung verwenden PALLMANN et al. eine Lösung von 1500 g Sacharose in 1 l Wasser, welche nach Sterilisieren mit einer ebenfalls sterilen HCl-Zitratpufferlösung vermischt wird, so daß sich ein pH 2,9 ergibt. Das Gemisch wird steril in Ampullen abgefüllt, welche nach Zuschmelzen im Gelände ausgelegt werden. Gemessen wird die optische Drehung dieser Lösung vor dem Auslegen bzw. nach dem Wiedereinsammeln der Ampullen. Ferner muß die Enddrehung der vollständig invertierten Lösung gemessen werden.

Die Inversionsgeschwindigkeit bei konstanter Temperatur ist durch die Beziehung

$$\frac{dx}{dt} = K_T H (A - x)$$

gegeben.

(A	=	Rohrzuckerkonzentration zur Zeit t = 0
x	=	Invertzucker zur Zeit t
A - x	=	verbleibender Rohrzucker zur Zeit t
t	=	Zeit
H	=	Wasserstoffionenkonzentration
K _T	=	Inversionskonstante für die Temperatur T)

Durch Integration ergibt sich die Inversionskonstante zu

$$K_T = \frac{1}{H t} \log \frac{A}{A - x} = \frac{1}{H t} \log \frac{\alpha_0 - \beta_0}{\alpha - \beta_0}$$

Das Anfangs- und Endkonzentrationsverhältnis des Rohrzuckers kann durch das Verhältnis der optischen Drehwinkel ersetzt werden.

α_0	=	opt. Drehwinkel des Rohrzuckers zur Zeit t = 0 (positiv)
β_0	=	opt. Drehwinkel des Invertzuckers zur Zeit t = ∞
α	=	opt. Drehwinkel der partiell invertierten Zuckerlösung zur Zeit t

Die Temperaturabhängigkeit von K_T wurde von PALLMANN und Mitarbeitern auf Grund von Thermostatenversuchen ermittelt. Es besteht für die obengenannte Lösung die Beziehung

$$\log K_T = B + m T$$

wobei K_T den Mittelwert der jeweiligen Inversionskonstanten K_T, T das Temperaturmittel des Thermostaten, B und m Konstanten darstellen.

Der Wert von B und m beträgt bei pH 2,90 für das Temperaturgebiet von

— 2 bis 28°	B = —1,2200	m = 0,0720
28 bis 40°	B = —0,9064	m = 0,0597

Es entspricht also jeder Thermostaten-Mitteltemperatur eine bestimmte Inversionskonstante, so daß aus den empirisch ermittelten Inversionskonstanten die zugehörigen Mitteltemperaturen ermittelt werden können.

Die praktisch in der Natur zu messenden Mitteltemperaturen sind im Gegensatz zu der Thermostaten-Mitteltemperatur durch momentane Temperaturen sehr variabler Größe zustande gekommen. Infolgedessen entspricht der \bar{K}_T -Wert nicht dem arithmetischen Mittel der über die Zeitspanne der Exposition des Rohrzuckers herrschenden Temperaturen. Infolge der exponentialgesetzmäßigen Beziehungen zur Temperatur bringt \bar{K}_T von merklich schwankenden Temperaturen das exponentielle Mittel der wirkenden Temperaturen zum Ausdruck. Die höheren Temperaturen während der Expositionszeit gehen stärker in den numerischen Wert von \bar{K}_T ein als die tieferen Temperaturen. In diesem Falle ergibt sich aus der Beziehung $\bar{K}_T = B + mT$, aus dem empirisch gemessenen \bar{K}_T -Wert und den Konstanten ein exponentielles Temperaturmittel, das größer ist als die zugehörige arithmetische Mitteltemperatur. Der exponentielle Mittelwert wird von PALLMANN et al. als eT-Zahl bezeichnet. Obwohl also die eT-Zahl mit der arithmetischen Mitteltemperatur nicht übereinstimmt, stellt sie dennoch einen genau definierten und ebenso wie die gewöhnlichen Mitteltemperaturen vergleichbaren Wert dar.

Ein gewisser Nachteil haftet der Verwendung in der Gewässeruntersuchung lediglich an, wenn man auf diese Weise ermittelte Wassertemperatur-eT-Zahlen mit den klimatischen Mitteltemperaturen vergleichen will, die vom Klimadienst ja als arithmetische Mittelwerte angegeben werden und wenn man die \bar{T} -Werte mit den Wärmebilanzverhältnissen in Beziehung setzen will. Um einen Überblick über die Differenzen zwischen eT und arithmetischem Temperaturmittel im Wasser zu erhalten, wurden beide Werte für die Werra für das Abflußjahr 1951/52 ermittelt, wobei allerdings die Tagesschwankungen nicht berücksichtigt wurden, da sie zu meist nur einige Zehntel Grad betragen.

Die K_T -Werte wurden dabei aus den täglichen Temperaturmessungen ermittelt, indem für die verschiedenen Tagestemperaturen die zugehörigen Werte K_T , $K_{T'}$, $K_{T''}$, usw. nach der oben angegebenen Gleichung berechnet

wurden. \bar{K}_T ergibt sich aus diesen Werten und der Anzahl der Tage t' , t'' , t''' usw. mit gleichen Temperaturen T' , T'' , T''' usw. aus der Beziehung

$$\bar{K}_T = \frac{t' K_{T'} + t'' K_{T''} + t''' K_{T'''} + \dots + t_n K_{T_n}}{t' + t'' + t''' + \dots + t_n}$$

Aus \bar{K}_T ergeben sich dann die eT-Zahlen.

Die Gegenüberstellung von monatlichen eT-Zahlen und den arithmetischen Monatsmitteln der Wassertemperatur ergibt befriedigende Übereinstimmung:

Monat	Monatliche Temperaturmittel der Werra im Abflußjahr 1951/52	
	\bar{T}	eT
N	7,1	7,2
D	3,1	3,5
J	2,3	2,4
F	2,2	2,4
M	4,5	4,7
A	11,1	11,3
M	14,2	14,3
J	17,1	17,5
J	19,9	20,2
A	19,4	19,5
S	14,2	14,7
O	8,7	9,0

Die eT-Werte liegen nur um wenige Zehntel Grad höher, im Höchsfalle um $0,5^\circ$, im Durchschnitt $0,25^\circ$. Diese Abweichungen liegen bereits in der Größenordnung der bei der Bestimmung der Thermostaten-Temperatur aus K_T auftretenden Fehler. Man kann daher bei der Untersuchung von Gewässertemperaturen die eT-Zahlen mit den arithmetischen Mitteltemperaturen gleichsetzen. Für die Messung von Luft- und Bodentemperaturmitteln unter Verhältnissen stärkerer Temperaturdifferenzen während der Meßzeit stimmen. T- und eT-Werte nicht überein, wie von PALLMANN et al. auch experimentell nachgewiesen wurde. Bei der Anwendung der Methode sind einige grundsätzliche mit den Verfahren verbundenen Gegebenheiten zu beachten.

Zunächst fragt es sich, welche Meßempfindlichkeit das verwendete Polarimeter besitzen muß. Dies richtet sich ganz nach Expositionsdauer und -temperatur. Für den häufig vorkommenden Fall 30-tägiger Exposition ist die Drehwinkelveränderung für einen Anfangsdrehwinkel von $25,23^\circ$ in Abhängigkeit von der mittleren Expositionstemperatur (in eT^0) in Abb. 9 aufgezeichnet. Eine Drehwinkelablesegenauig-

keit von $0,05^\circ$ entspricht z. B. im Temperaturbereich von $1-5^\circ$ einer Temperaturspanne von etwa 1° , im Temperaturbereich oberhalb 5° einer Temperaturspanne von $0,05^\circ$ und oberhalb 10° einer Temperaturspanne von $0,25^\circ$. Mit einem Polarimeter mit einer Ablesegenauigkeit von $0,05^\circ$ erzielt man daher bei niedrigen Expositionstemperaturen und einmonatlicher Exposition nur ungenügende Genauigkeit. Wenn möglich sollte daher ein Polarimeter mit einer Ablesegenauigkeit von $0,01^\circ$ zur Anwedung kommen. Auf jeden Fall sollte nicht versäumt werden, die Meßgenauigkeit durch Mittellung einer Reihe von Einzelablesungen, wie bei allen subjektiven optischen Abgleichverfahren üblich, nicht hinter der Ablesegenauigkeit am Nonius des Instrumentes zurückstehen zu lassen. Steht hingegen nur ein Meßgerät mit einer Ablesegenauigkeit von $0,05^\circ$ zur Verfügung, so wird man in der kalten Jahreszeit über längere Zeitspannen exponieren müssen, es sei denn, man wendet die Inversionsmethode bei einem niedrigen pH-Bereich an.

Die maximale Expositionszeit richtet sich ebenfalls nach den Temperaturverhältnissen, und zwar ist sie mit dem Zeitpunkt gegeben, in dem die Lösung den Enddrehwinkel von etwa $-8,95^\circ$ erreicht. Wie die Berechnung zeigt, kann bei der Messung von Wassertemperaturen die monatliche Mitteltemperatur in allen Fällen, bei nicht allzu hohen Temperaturen auch noch das Vierteljahresmittel oder das Halbjahresmittel gemessen werden.

Die Abhängigkeit der eT-Messung vom pH-Wert liegt bei 30-tägiger Exposition in folgender Größenordnung:

Ist nach 30-tägiger Exposition eine Drehwinkeländerung um 1° eingetreten, so entspricht dies bei einem pH von 2,9 einem eT-Wert von $9,8^\circ$, bei einem pH von 3,0 der Lösung jedoch einem eT-Wert von $11,1^\circ$. Die Abweichung wird bei höheren Temperaturen größer. Bei Drehwinkeländerung von 5° in 30 Tagen ergeben sich Mitteltemperaturen von 20° (bei pH 2,9) und $21,5^\circ$ (bei pH 3,0), bei Drehwinkeländerung von 10° lauten die entsprechenden Werte $24,5^\circ$ und 26° , bei Drehwinkeländerung von 20° $30,5$ und $32,5^\circ$.

Wie hieraus ersichtlich ist, spielen pH-Schwankungen von $0,05$ pH der Zuckerpufferlösung bei Temperaturen unter 20° eine nicht allzu beträchtliche Rolle. Immerhin scheint es wichtig, sich durch Kontrollen zu überzeugen, daß der pH der angesetzten Lösung den erwarteten Wert tatsächlich besitzt, bzw. daß sich der pH-Wert während der Exposition nicht wesentlich ändert (z. B. durch Herauslösen von Alkalien aus der Glaswand der Ampullen).

Will man sich die pH-Abhängigkeit der Inversionsreaktion zunutze machen, um während kürzerer Expositionszeit einen stärkeren Drehwinkel-effekt zu erzielen, so läßt sich der pH-Wert z. B. auf 2,5 durch geeigneten Pufferzusatz herabsetzen. Gegenüber einem pH-Wert von

2,9 wird hierdurch eine $2^{1/2}$ -fache Beschleunigung der Reaktion erzielt, d. h. bei einer Temperatur von 5° wird beispielsweise bereits innerhalb eines Monats eine Drehwinkelabweichung von 1° des Ausgangswertes erzielt, gegenüber $2^{1/2}$ Monaten bei pH 2,9. Folgende Zeitdauer wurde benötigt, um bei verschiedenen Temperaturen und pH 2,5 eine Drehwinkeländerung von 1° zu erzielen: (Anfangsdrehwinkel $25,70^{\circ}$):

eT : 0	5	10	15	20°C
t : 73	29	13	5,5	2,5 Tage

Eine beträchtliche Fehlerquelle kann die Temperaturabhängigkeit der polarimetrischen Messung mit sich bringen. Die Drehwinkelmessung ist stark temperaturabhängig, für Fruktoselösung ruft z. B. eine Temperaturänderung von $0,01^{\circ}$ bereits eine Meßabweichung von $0,005^{\circ}$ hervor. Es empfiehlt sich daher, entweder, wie es PALLMANN et al. handhabten, die Ampullen vor dem Öffnen rasch im Temperaturbad auf die Meßraumtemperatur zu bringen und im temperaturkonstanten Raum zu arbeiten oder aber eine Temperaturkorrektur an die gemessenen Werte anzulegen. Zur Ermittlung des Temperaturfaktors kann eine drehende Dauer-Standardlösung benutzt werden.

Eine Fehlerquelle, die PALLMANN et al. bereits erwähnen, besteht in der Drehung, die die Ampullen vor und nach ihrer Exposition auf dem Transport erleiden. Die Fehlergröße hängt dabei von der \bar{K}_T , welche sich aus der Expositionstemperatur und der Expositionszeit ergibt, ab. Der Abb. 10 ist die Größenordnung dieses Fehlers für Expositionszeit $t = 30$ Tage zu entnehmen. Der Fehler bleibt bei Versandtemperatur von 0° genügend niedrig. Es empfiehlt sich in diesem Fall bei eT-Zahlen unter $7,5^{\circ}$ bei der Berechnung von \bar{K}_T für $t =$ Expositionszeit + Versandzeit einzusetzen, für eT-Zahlen über $7,5^{\circ}$ hingegen $t =$ Expositionszeit. Eine noch stärkere Unterkühlung der Ampullen während des Transports verringert den Fehler, so daß dieser schließlich gar keine Rolle mehr spielt. Der Erstarrungspunkt des Zucker-Puffer-Gemischs liegt nach PALLMANN et al. bei $-4,7^{\circ}$, ohne daß dabei Zersprengungen der Ampullen eintritt.

Es wurde bereits von PALLMANN und Mitarbeitern angeregt, anstelle von einfachen Ampullen sterile mit der Inversionslösung gefüllte verschlossene Polarimeterröhren (zweckmäßig mit seitlichem Einfüllstutzen) anzulegen, da man auf diese Weise dieselbe Röhre mehrmals exponieren kann, wobei die Zeiträume der Exposition nach den Erfordernissen beliebig gewählt werden können. Solche Dauerampullen können auch ohne weiteres vor dem Exponieren längere Zeit bei kühlen Temperaturen auf Vorrat gehalten werden, da ja nur der Aus-

gangsdrehwinkel vor dem Exponieren ermittelt zu werden braucht; wie weit die Lösung bereits invertiert war, spielt keine Rolle. Bei der Verwendung solcher Dauerröhren wird ein Kompromiß zwischen Röhrenpräzision und Herstellungskosten zu schließen sein. Kleine Längendivergenzen können in Kauf genommen werden, da man ja eine individuelle faktorielle Korrektur für die Drehwinkelmessung mit jeder Röhre anbringen kann. Hingegen ist an die Toleranzen für den Keilwinkel der Glasplatten im Strahlengang eine hohe Anforderung zu stellen. Endgültige Erfahrungen über die Messung in solchen Dauerröhren liegen bislang aber noch nicht vor.

III Ökologisch physiologische Gesichtspunkte zur Mitteltemperaturmessung im Fließwasser.

Nachdem nunmehr mit dieser Methode neben den Extremtemperaturen auch die mehrwöchigen Mittelwerte der Wassertemperatur der genauen Messung zugänglich gemacht werden können, wäre noch die biologisch-physiologische Frage zu beantworten, wieweit die Mitteltemperaturen von Bedeutung für die Lebensprozesse der Fließwasserorganismen sind.

Es wurde eingangs auf die allgemeine Ansicht hingewiesen, daß Strömung und Temperatur die ausschlaggebenden Faktoren für die Besiedlungsverhältnisse der Fließgewässer darstellen. Freilich dürfte bei aller Wichtigkeit des Strömungsfaktors im allgemeinen seine Bedeutung für die Ausbildung einer biocoenotischen zonalen Gliederung der Fließgewässer vielfach überschätzt worden sein. Hierfür sind in erster Linie vielmehr die Temperaturverhältnisse verantwortlich zu machen.

Bereits für die Bachforelle wies F. SCHIEMENZ (1935) darauf hin, daß nicht die starke Strömung der wesentliche verbreitungsregulierende Faktor ist, sondern die Wassertemperatur, denn die Bachforelle ist nicht nur der Charakterfisch des Bergbaches, sondern auch vieler Bäche der Lüneburger Heide, die typischen Flachlandbachcharakter zeigen, also geringes Gefälle und Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 25—30 m/sec. Auffallenderweise findet man die Forelle hier nur in sommerkühlen Bächen, deren Temperaturen durch eine starke Grundwasserspeisung des Wasserlaufes bedingt sind. Sicherlich wird man dasselbe Verhalten auch bei zahlreichen benthischen Organismen verzeichnen können.

Einen weiteren Hinweis dazu gibt uns die Beziehung, die zwischen der Brandungsfauna der Seen als Lebensgemeinschaft eines lotischen Biotops und der Bachfauna besteht. Bereits WESENBERG-LUND (1908) hat auf die Ähnlichkeit der Lebensformen beider Lebensgemeinschaften hingewiesen, und in der Tat findet man eine ganze Reihe beider Lebensstätten gemeinsame Arten. Es sind dies wie THIENEMANN (1925) aber betont hat, „nur eurythermolotische Formen“, die kaltstenother-

molotischen bleiben auf das gleichmäßig temperierte Bachwasser beschränkt; nur im Hochgebirge dringen sie auch ins Seenlitoral ein.

Die oben ausführlich dargelegten Wärmebilanzverhältnisse im Fließgewässer an einem sommerlichen Einstrahlungstag kehren sich nun bekanntlich im Winter derart um, daß eine Temperaturerniedrigung flußabwärts von der Quelle eintritt, während in der Übergangszeit im Frühjahr und Herbst weitgehend eine Temperaturgleiche über nahezu die gesamte Flußstrecke eintritt. Es gilt aber für die winterliche Temperaturabnahme ebenso wie für die sommerliche Temperaturzunahme, daß die jeweiligen Mitteltemperaturen sich weitgehend kontinuierlich flußabwärts verändern. Dieselbe Kontinuität ergibt sich daraus auch für die Jahresschwankung der Tages- bzw. Monatsmittel der Wassertemperatur.

Diese Kontinuität spiegelt sich ganz offen in der Art und Weise des Auftretens einzelner Arten im Fließgewässer wieder und zugleich auch in der verwischten und nur statistisch erfaßbaren Abgrenzung der Biocoenosen (ILLIES 1953).

Es scheint hiermit genügend Grund vorhanden zu sein, eine primäre Abschnittsgliederung der Fließgewässer, jedenfalls bis zum Beginn der Barbenregion auf der Basis der monatlichen Temperaturmittelwerte und ihrer Jahresamplitude durchzuführen (SCHMITZ 1954). Bereits die physiographische Charakterisierung, welche ILLIES (1952) für die biocoenotische Zonierung der Mölle gegeben hat, beruht in erster Linie auf der unterschiedlichen Größe der Amplitude der Jahrestemperatur. Für die Quellregion betrug sie hier weniger als 5°, für die obere Salmonidenregion (oSR) weniger als 10° und für den Mittellauf (mSR) 15° im Maximum. Als Grenze der unteren Salmonidenregion zur Barbenregion wird man eine Jahresamplitude von 20° anzusetzen haben (vgl. dazu SCHMITZ 1954).

Es sei zunächst kurz skizziert, auf welche Weise sich die Beziehungen Temperaturfaktor — Verteilung der Arten im Bach im einzelnen mutmaßlich vollziehen. Wie HARNISCH (1951 p. 112) ausführt, liegen „bislang noch keine ausreichenden Untersuchungen an Wassertieren, die uns eine endgültige Stellungnahme zum Problem der die Verbreitung regelnden Bedeutung der Temperatur erlauben“ vor. Erst in den letzten Jahren ist das Problem der Steno- und Eurythermie von Seiten der Physiologen wiederholt aufgegriffen worden.

Am häufigsten wird die biologische Wirkung des Temperaturfaktors in der Steigerung des Stoffwechsels bzw. verschiedener Lebensfunktionen nach dem Gesetz von VAN T'HOFF gesehen. Für viele Süßwasserorganismen ist die Steigerung des Stoffwechsels durch Temperaturerhöhung nachgewiesen. Natürlich gilt diese Gesetzmäßigkeit nur in gewissen Grenzen und mit zunehmender Temperatur wird entsprechend der eintretenden Hemmung der Lebensfunktion ein Wendepunkt erreicht. Thermodynamisch ergeben sich, wenn man von der

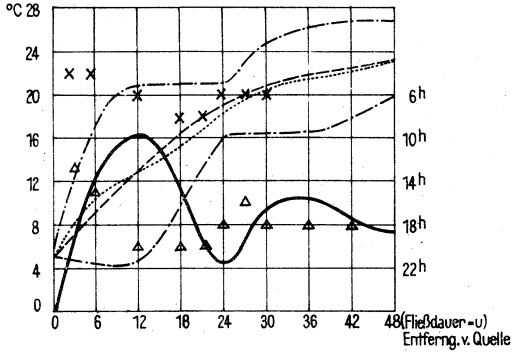
Gültigkeit des Gesetzes nach VAN T'HOFF ausgeht, folgende Gesichtspunkte für die biochemischen Lebensprozesse:

Die Geschwindigkeitskonstante eines chemischen Prozesses zeigt nach ARRHENIUS die allgemeine Temperatur-(T)-Abhängigkeit

$$\log k = H - \frac{a}{T}$$

Wir haben es hier also mit einer Exponentialgesetzmäßigkeit zu tun. H und a sind Konstanten. Der Temperatureffekt nimmt mit steigender Temperatur zu. Eine Erhöhung einer Ausgangstemperatur um einen bestimmten Betrag steigert die Reaktionsgeschwindigkeit um einen wesentlich größeren Betrag als die Verminderung der Ausgangstemperatur um denselben Temperaturbetrag ihn herabsetzt. Wechseln die Temperaturen während des chemischen Reaktionsvorganges, so üben die höheren Temperaturwerte in stärkerem Maße einen Einfluß auf die Temperatur aus als die tieferen. Die durchschnittliche Reaktionsgeschwindigkeit über die Zeitspanne der Reaktion entspricht daher nicht dem Effekt, den die arithmetische Mitteltemperatur ausüben würde, sondern einer exponentiellen Mitteltemperatur. Es kann also z. B. eine kleine Zeitspanne mit extrem hoher Temperatur denselben Effekt ausüben wie eine längere Zeitspanne mit geringeren Temperaturen. Daher erscheint die arithmetische Mitteltemperatur auch für Lebensprozesse, soweit sie dem VAN T'HOFFSchen Gesetz gehorchen, nicht so sehr als charakteristische Temperaturgröße für den Prozeß als eine exponentielle Mitteltemperatur. PALLMANN und Mitarbeiter (1950) haben gerade mit diesen Argumenten die ökologische Bedeutung der eT -Zahlen begründet. Die Temperaturfunktion der chemischen Zuckerinversionsreaktion braucht zwar nicht identisch zu sein mit der Temperaturfunktion der physiologischen Prozesse — soweit diese überhaupt dem ARRHENIUSschen Gesetz oder ähnlichen Gleichungen gehorchen —, jedoch besitzt sie den typischen Exponentialcharakter und ermöglicht so doch den Vergleich.

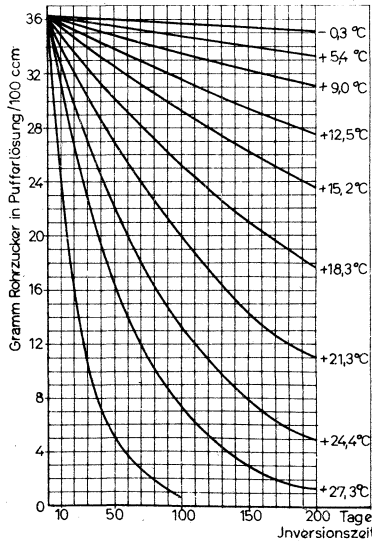
Es konnte nun für die Temperaturverhältnisse im Fließgewässer oben gezeigt werden, daß auch für die typisch exponentielle Rohrzucker-Inversions-Reaktion selbst die sich ergebenden monatlichen Temperaturmittel noch mit guter Annäherung den arithmetischen Temperaturmitteln gleichzusetzen sind. Man darf daher auch annehmen, daß in ähnlicher Weise exponentialgesetzliche Lebensfunktionen der Wasserorganismen, deren Körpertemperatur ja höchstens geringfügig von der Wassertemperatur abweicht, durch die kurzfristigen Schwankungen der Fließwassertemperatur nur wenig beeinflußt werden. Ökologisch wichtig wird auch hier die arithmetische Mitteltemperatur des Wassers über Zeitspannen, die unter der Grenze liegen, wo jahreszeitliche größere Schwankungen der Temperatur wirksam



Charakteristische Daten für den Tagesgang der Wassertemperatur in verschiedener Entfernung vom Einrinn (Konstante Einrinn-temperatur 5°C, sommerlicher Schönwettertag, Wasserstand 30 cm)

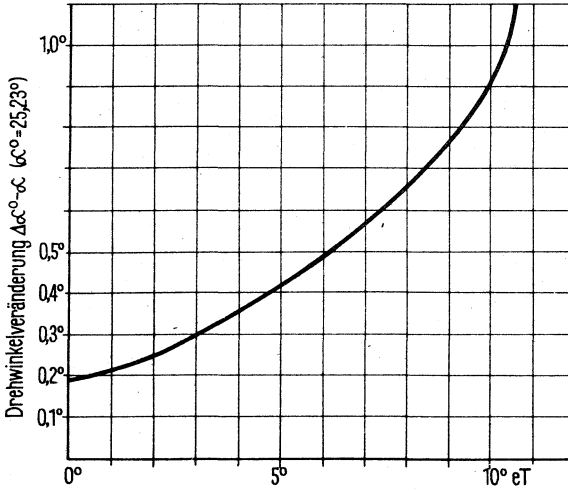
Nach Eckel u. Reuter (1950) ergänzt.

Abb. 7



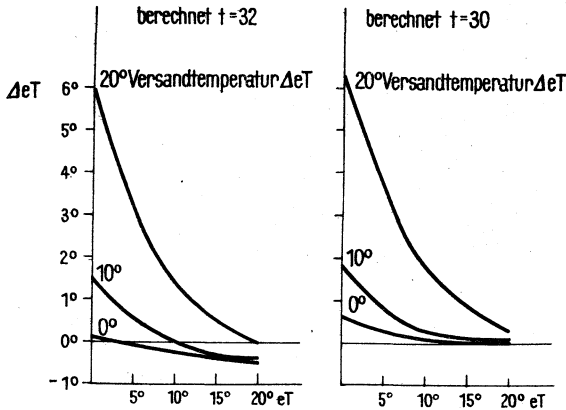
Rohrzuckerinversion als Funktion von Zeit und Temperatur (Zucker-Pufferlösung pH=2,90)

Abb. 8



Drehwinkelveränderung einer invertierenden Rohrzuckerlösung von pH 2,9 (Ausgangsdrehwinkel $\alpha^{\circ}=25,23^{\circ}$) bei Exposition von 30 Tagen in Abhängigkeit von der Expositionstemperatur (expon. Mittelwert e.T).

Abb. 9



Fehlergröße ΔeT bei der Ermittlung der eT-Zahlen (Expositionszeit 30 Tage, Versandzeit 2 Tage) in Abhängigkeit von verschiedenen Versands-Temperaturbedingungen und den wirklichen Expositions-eT-Zahlen (eT).

Abb. 10

werden, also insbesondere den monatlichen Mittelwerten der Temperatur. Selbst im Hinblick auf exponentialgesetzlich temperaturabhängige Lebensfunktionen der Wasserorganismen ist daher die Messung monatlicher Mitteltemperaturen im Fließwasser wichtig und ergibt charakteristische Meßwerte.

Überdies hinaus darf aber nicht vergessen werden, daß die Anwendung der ARRHENIUSschen Gleichung oder des VAN 'T'HOFFSchen Gesetzes auf physiologische Prozesse eine grobe Vereinfachung darstellt und man sich z. B. mehrfach bemüht hat, die Temperatur-Stoffwechselbeziehungen in Gleichungen oder Kurven auszudrücken, welche den empirischen Verhältnissen näher kommen (KROGHsche Normalkurve, JANISCHSche Kettenkurve). Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Temperaturstoffwechselfunktion durchaus nicht immer exponentialgesetzlich im Sinne dieser Gleichungen ist. Wie LUNDEGARDH (1949) schreibt, „hat man in der Lehre von dem Temperaturfaktor bisher etwas zu einseitig unter dem Bann der R.G.T.-Regel gearbeitet“.

Bei verschiedenen Süßwasserfischen konnte z. B. von SCHEMING-ENGBERDING (1953) gezeigt werden, daß ihr Grundumsatz gerade im Bereich ihrer Vorzugstemperatur mehr oder weniger weit aufwärts eine Konstanz aufweist. Hier werden also kleinere (positive) Temperaturschwankungen gänzlich unwirksam sein. Mit zunehmend eurythermem Verhalten wird diese Regulationsfähigkeit dabei offenbar über größere Temperaturspannen ermöglicht. Auch SCHLIEPER (1950) konnte zeigen, daß eurytherme Organismen, wie z. B. *Potamobius astacus* ihren Grundumsatz auch bei veränderter Temperatur weitgehend konstant zu halten vermögen.

Aus diesen Beispielen mag die Bedeutung ersichtlich sein, welche die Messung monatlicher Mitteltemperaturen im Fließgewässerbiotop ohne Beachtung der kurzfristigen Schwankungen aus physiologischen Gründen besitzen dürfte.

Kurzfristige Temperaturextreme scheinen hingegen eine weit geringere ökologische Bedeutung zu besitzen. Hierauf deuten jedenfalls z. B. STEINBÖCKS Beobachtungen (1942) über das Auftreten der kaltstenothermen *Planaria alpina* in alpinen Tümpeln bei einer vorübergehenden Tagestemperatur des Wassers von 20° sowie SCHLIEPERS (1952) Untersuchungen über die Stenothermie dieser Art.

Andererseits wurde von BLANK-WEISSBERG (1952) (zit. THIENEMANN 1950 p. 78) ein Fall dargelegt, wo die Extremwerte — in diesem Fall das Temperaturminimum — die wesentlichste Rolle spielt. Unterhalb einer Temperatur von 9° folgte die *Anopheles*-Larvenzahl in den untersuchten Gewässern den Temperaturminima und nicht der Mitteltemperatur. Dennoch dürfte die Messung der Mitteltemperaturen im Fließgewässer stets ökologisch auswertbare Daten liefern. Denn wohl kaum werden sich dabei derartige Divergenzen zwischen Temperaturminimum und Temperaturmittel ergeben wie in den flachen stehenden

Gewässern der Untersuchungen von BLANK-WEISSBERG (im Maximum 11°, wenigstens 7,5° Differenz), und in der Regel wird der Fall wohl kaum auftreten, daß — wie bei BLANK-WEISSBERG — die Kurve der Temperaturminima fällt, während die Kurve der Mitteltemperatur steigt, sondern man wird mit gleichsinnigem Verlauf rechnen können. Überdies ist aber eine ergänzende Messung der Extremtemperaturen mit Maximum-Minimum-Thermometern leicht durchführbar, so daß die physiologische regionale Untersuchung der Temperaturverhältnisse Mitteltemperaturen und Extremtemperaturen zur ökologischen Auswertung zur Verfügung stellen kann.

Literatur.

- BERG, K. — 1943 — Physiographical studies on the River Susaa. Fol. Linn. Scand. 1
- BLANK-WEISSBERG, St. — 1932 — Bedeutung der Temperaturextreme in der Ökologie und Biogeographie. Ann. Mus. Zool. Polon. 9, 277-312.
- ECKEL, O., REUTER, H. — 1950 — Zur Berechnung des sommerlichen Wärmeumsatzes in Flußläufen. Geografiska Annaler 1950, 188-209.
- HARNISCH, O. — 1951 — Hydrophysiologie der Tiere. Binnengewässer Bd. 19.
- ILLIES, J. — 1952 — Die Mölle. Faunistisch ökologische Untersuchungen an einem Forellenbach im Lipper Bergland. Arch. Hydrobiol. 46, 424-612.
- DERS. — 1953 — Die Besiedlung der Fulda (insbesondere das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchung. Ber. Linn. Flußstation Freudenthal 5, 1-28.
- LUNDEGARDH, H. — 1949 — Klima und Boden. 3. Aufl. Jena.
- MCCRAYDEN, A. — 1949 — Nature 164, 965-966.
- PALLMANN, H., EICHELBERGER, E., HASLER, A. — 1940 — Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen und bodenkundlichen Untersuchungen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50, 337-362.
- SCHIEMENZ, F. — 1935 — Binnenfischerei und natürliche Landschaft in Niedersachsen. Veröff. Wirtsch. Wiss. Ges. z. Stud. Niedersachsens (Reihe A) H. 25.
- SCHLIEPER, C. — 1950 — Temperaturbezogene Regulationen des Grundumsatzes bei wechselwarmen Tieren. Biol. Zbl. 69.
- SCHMEING-ENGBERDING, F. — 1953 — Die Vorzugstemperaturen einiger Knochenfische und ihre physiologische Bedeutung. Z. f. Fischerei NF. 2, 125-155.
- SCHMITZ, W. — 1954 — Physiographische Aspekte der limnologischen Fließgewässertypen. Arch. Hydrobiol. Suppl. Bd. Schriften der Hydrobiol. Station f. d. Schwarzwald — im Druck.
- STEINBÖCK, O. — 1942 — Das Verhalten von Planaria alpina Dana in der Natur und im Laboratoriumsversuch. Mem. Inst. Ital. Idrobiol. Dott. Marco de Marchi 1.
- STEINMANN, P. — 1907 — Die Tierwelt der Gebirgsbäche. Ann. Biol. Lac. 2, 30-150.
- TAMM — 1936 — Vergleichende Temperaturmessungen in der Zone des Pflanzenklimas. Landwirtsch. Jb. 83, 437-454.
- THIENEMANN, A. — 1911/12 — Die Tierwelt der Bäche des Sauerlandes. 40. Jb. d. Westf. Prov. Ver. f. Wiss. u. Kunst 43-83.
- THIENEMANN, A. — 1925 — Binnengewässer Bd. 1.
- DERS. — 1950 — Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Binnengewässer Bd. 18
- WESENBERG-LUND, C. — 1908 — Die Littoralen Tiergesellschaften unserer größeren Seen. Int. Revue Hydrobiol. u. Hydrographie 1, 574-609.

Die Fischbesiedlung und die regionale Einstufung der Fließgewässer der nordschwedischen Waldregion

von Karl Müller

Im Jahre 1952 wurde mir von der schwedischen Fischereiverwaltung der Auftrag erteilt, limnologisch-fischereibiologische Untersuchungen in den Fließgewässern des nordschwedischen Waldgebietes durchzuführen. Wenn die Zielsetzung der Untersuchungen auch in das Gebiet der angewandten Limnologie fällt, so konnten doch in Fortsetzung der in der Fuldastation begonnenen Arbeiten Ergebnisse zur biozönotischen Einordnung dieser Gewässer und zum Vorkommen und der Verbreitung der Fischarten gefunden werden. Im Folgenden soll eine Übersicht über den derzeitigen Stand der Untersuchungen gegeben werden.

In seiner Untersuchung über Vorkommen und Verbreitung der Fische in einem Fluß des mitteldeutschen Berglandes (Fulda) konnte vom Verfasser (MÜLLER 1950) gezeigt werden, daß die verschiedenen Fischformen eines Flusses in relativ scharf abgegrenzten Bereichen auftreten. Mit Hilfe von Elektroabfischungen und einer Vielzahl von Netzfängen konnte dabei eine Einteilung in obere und untere Forellenregion, Äschen-, Barben- und Brassenregionen gefunden werden. Diese Einteilung entspricht im wesentlichen der klassischen Zonierung eines Fließgewässers, deren Grundzüge schon von WALTER (1903), STEINMANN (1915), SMOLIAN (1920) und THIENEMANN (1925) aufgestellt wurden. Zusätzlich wurde lediglich eine Differenzierung der Forellenregion vorgenommen.

Im Jahre 1953 konnte ILLIES für eine Anzahl von Benthosorganismen des gleichen Gewässers eine Einteilung vornehmen, die sich auffallend gut an die für die Verbreitung der Fischfauna gefundenen Grenzen anschließt. Gleichartige Untersuchungen mit dem Ziel einer biozönotischen Gliederung wurden auch von HUET (1949) und ALBRECHT (1953) durchgeführt.

In allen diesen Untersuchungen zeigte sich, daß Temperatur, Gefälle, Wasserführung und Strömung die Voraussetzungen für die Ausbildung in sich geschlossener Lebensbereiche sind, die in Richtung des Flußverlaufes nacheinander auftreten. Da in den verschiedensten Bereichen Mitteleuropas (Voralpengebiet, Ardennen, mitteldeutsches Bergland, Weserbergland und Fläming) diese Biozönosen mit ihrer typischen Fauna nachgewiesen werden konnten, war es von Interesse, für die hier untersuchten Gewässer Nordschwedens nach einer entsprechenden Einteilung zu suchen.

Bei den Flüssen des nordschwedischen Waldgebietes handelt es sich vorwiegend um kleine Wasserläufe, die ihr Wasser den großen Strömen (Älvar) zuführen. Aufgrund der Herkunft des Wassers und der geologischen Eigen-

art dieser weit ausgedehnten, dem Hochgebirge südöstlich vorgelagerten Landesteile haben diese Flüsse besondere physiographische Eigenschaften, die eine biozönotische Gliederung sehr erschweren. Die geographische Lage (66° 04' N) läßt zunächst vermuten, daß es sich um sehr kalte Gewässer handelt. Der starke kontinentale Einfluß, der besonders in dem die marine Grenze (bei ca. 200 m) nur selten übersteigenden Waldgebiet zum Ausdruck kommt, bedingt aber sehr hohe Sommertemperaturen. So werden hier oft die wärmsten Sommertemperaturen und die kältesten Wintertemperaturen ganz Schwedens gemessen. Diese klimatischen Bedingungen sind die Ursache großer Temperaturamplituden des Wassers im Verlauf des Jahres. Die Wassertemperatur ist aber einer der wesentlichsten Faktoren, die zur Unterscheidung getrennter Fließwasserbiozöten führen.

Neben der durch die geographische Lage bedingten Temperaturentwicklung in den hier untersuchten Gewässern spielt der Quelltypus eine wesentliche Rolle für die Temperaturbedingungen im Oberlauf eines Gewässers (vgl. ILLIES 1953, MÜLLER 1952). Gewöhnlich entspricht die Quelltemperatur der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Gebietes. Bei einer Quelle mit starker Schüttung ist daher in einem mehr oder weniger großen Bereich der anschließende Bachlauf maßgebend durch die Quelltemperatur beeinflusst. So kommt es zur Ausbildung von Quell- und Oberlaufbiozöten, deren wesentliches Merkmal die Dominanz kaltstenothermer Tierformen ist.

Die typische kaltstenotherme Fauna der Quelle und des Oberlaufes, wie sie etwa im mitteldeutschen Bergland auftritt (Fulda), fehlt im Bereich des nordschwedischen Waldlandes. Die Gewässer hier haben ihren Ursprung meist in ausgedehnten Sumpfgeländen, in denen Regen- und Schmelzwasser aufgespeichert und langsam wieder abgegeben wird. Dieser Typ der Helokrenen bedingt, daß der Fluß an seinem Ursprung oft schon die gleichen Temperaturen aufweist, die er im Unterlauf nach 20 km Laufstrecke hat. Für den hier behandelten Fluß Spikselan wurde die Temperatur an einem Tage in allen Bereichen gemessen. Dabei konnte zwar im Oberlauf eine Quelle festgestellt werden, welche niedrige Temperatur zeigte (+5° C), diese Temperatur hatte aber keinen Einfluß auf die allgemeine Temperaturentwicklung im Fluß (vgl. MÜLLER 1954).

Abweichend waren die Verhältnisse in dem im gleichen Gebiet liegenden Skravelbäcken. Dieser Bach durchfließt ein weites, nahezu unerschlossenes Waldgebiet. Seinen Ursprung nimmt er in einem ausgedehnten Sumpfgelände. Bevor aber ein deutlicher Bachlauf zu erkennen ist, sammelt sich das Wasser in zwei kleinen Seen (Pesok- und Storträsk). Aus diesen mündet der eigentliche Bach in einem östlichen und westlichen Quellarm aus. Die sehr flachen Seen erwärmen sich während der Sommermonate sehr stark und bestimmen im wesentlichen die Bachtemperatur. Es ergab sich dabei die besondere Eigenart, daß während des gesamten Sommerhalbjahres im Unterlauf eine niedrigere Temperatur als im Oberlauf beobachtet werden konnte. Als Ursache für diesen Temperaturabfall ist vor allem die Vielzahl kleiner Quellen anzusehen, die der Bach in seinem Verlaufe empfängt. Diese Quellen liegen

in kürzer Entfernung vom Ufer (zwischen ca. 5 und 20 m) und führen ihr Wasser in kleinen Rinnsalen zum Bach. Verschiedene Messungen während des Sommerhalbjahres 1953 zeigten in diesen Quellen regelmäßig Temperaturen, die $+8^{\circ}\text{C}$ nicht überstiegen. Zu diesem die Temperatur beeinflussenden Tatbestand kommt ein weiterer Faktor: der Verlauf des Baches zu 4/5 seiner Länge durch dichten Nadel- und Birkenwald. Die dadurch verursachte starke Beschattung dürfte ebenfalls eine Erwärmung des Bachwassers verzögern.

Im Gegensatz hierzu haben die Flüsse Spikselan und Kvarnan ein breites Flußbett, in dem die Sonneneinstrahlung sich voll auswirken kann. Die Folge davon ist, daß oft zwischen den Tages- und den Nachttemperaturen sehr starke Differenzen auftreten und daß Wetterveränderungen sich unmittelbar in der Wassertemperatur ausdrücken.

Es zeigt sich also bei den bisher behandelten Fließgewässern (Skraelvåcken einerseits und Spikselan + Kvarnan andererseits) in der Temperaturentwicklung ein deutlicher Unterschied: im Typ Skraelvåcken eine mehr oder weniger ausgeglichene Temperatur, welche nie extrem hohe Werte erreicht, und im Spikselan + Kvarnan eine breite Temperaturamplitude mit Extremwerten von $+25^{\circ}\text{C}$.

Die nächstliegende Aufgabe muß es sein, festzustellen, ob diese physiographischen Faktoren auch eine verschiedene Besiedlung bedingen, die zur Abgrenzung spezifischer Biozönosen berechtigt. Nach den bisher für die Fischfauna durchgeführten und abgeschlossenen Untersuchungen liegt ein Besiedlungsunterschied zwischen den physiographisch verschiedenen Bachtypen nur in geringem Umfange vor. So konnten z. B. in den Gefällebereichen des Kvarnan und Spikselan regelmäßig *Salmo trutta* und *Thymallus vulgaris* vergesellschaftet angetroffen werden. Dies traf für den (in seiner mittleren Temperatur kälteren) Skraelvåcken nicht zu, vielmehr war im Unterlauf dieses Baches eine typische Forellenregion ausgebildet, die neben *Salmo trutta* nur *Cottus gobio*, *Phoxinus laevis* und *Petromyzon planeri* aufwies. Weiterhin war bemerkenswert, daß in diesem Bereich des Skraelvåckens die aus Mitteleuropa von ILLIES (1953) mitgeteilte Quellform *Diura bicaudata* (Plecoptera) und die auch vom Kontinent her bekannten Ephemeropteren der Gattung *Chitonophora* (hier *Ch. aronii*) besonders häufig angetroffen werden konnten.

Eine solche deutlich ausgeprägte Forellenregion, wie sie der Skraelvåcken im Unterlauf besitzt, ist allerdings in den langsam fließenden und seenähnlichen Bereichen des Mittel- und Oberlaufes nicht vorhanden. Hier dringen, durch die Fischbesiedlung der Quellseen bedingt, auch *Esox lucius* und *Perca fluviatilis* in den Bach ein und bestimmen oft den Charakter des Gewässers. In seiner Gesamtheit betrachtet, zeigt also der Bach im Oberlauf den Typ einer Äschenregion, während im Unterlauf eine Forellenregion (untere Forellenregion) ausgeprägt ist. Diese umgekehrte Reihenfolge der Fischregionen steht nicht im Widerspruch zu den in Mitteleuropa gewonnenen Erkenntnissen, sie bestätigt vielmehr den wesentlichen Einfluß der

Temperaturamplitude auf die Ausbildung und die Verbreitung der verschiedenen Biozöosen.

Für den vom Typ des Skravelbäcken abweichenden Typ des Spikselan wird aus den Resultaten einer Serie von quantitativen Elektroabfischungen eine Besiedlungsübersicht gegeben (s. Abb. 1). In den vom Fluß durchlaufenen Seen wurden Netzbefischungen durchgeführt.

Der Fluß hat eine Gesamtlänge von ca. 20 km. Beim Beginn eines erkennbaren Flußlaufes, unterhalb des Pelgavare Moores, sind als erste Fische *Lota vulgaris* und *Phoxinus laevis* anzutreffen. Nach ca. 1 km — noch oberhalb des Sees Tekakott-Träsk — ist schon die typische Zusammensetzung der Fischfauna festzustellen, die in allen schnellströmenden Bereichen des Gesamtverlaufes wieder auftritt: *Salmo trutta* und *Thymallus vulgaris* in etwa gleicher Häufigkeit, *Phoxinus laevis*, *Cottus gobio*, *Lota vulgaris* und *Petromyzon planeri* als Begleitformen, wie sie auch in der mitteleuropäischen Salmonidenregion angetroffen werden, und schließlich *Esox lucius*, welcher vereinzelt aber regelmäßig in tiefen Kolken auftritt.

Im Tekakott-Träsk und den weiter unterhalb liegenden beiden Seen Spikberg-Träsk findet sich die typische Fischbesiedlung polyhumoser Waldseen. Dabei dominieren *Leuciscus rutilus* und *Perca fluviatilis* deutlich über *Esox lucius*, *Lota vulgaris*, *Acerina cernua* und die nur selten anzutreffende Äsche (*Thymallus vulgaris*).

In dem im Unterlauf liegenden Sumpfgebiet treten die Salmoniden deutlich zurück. Zahlenmäßig herrscht hier *Phoxinus laevis* vor, in etwa gleicher Anzahl treten *Esox lucius*, *Perca fluviatilis* und *Lota vulgaris* auf.

Im Flußbereich unterhalb des Sumpfgebietes schließlich konnten im Sommer 1953 und 1954 regelmäßig Exemplare der Wanderform von *Salmo trutta* (*f. trutta*) gefangen werden. In den weiter oberhalb liegenden lotischen Bereichen tritt demgegenüber nur die stationäre Form *Salmo trutta f. fario* auf.

Es ergibt sich also im Vergleich mit den Beobachtungen, die vom Verfasser in der Fulda durchgeführt wurden (MÜLLER 1950), daß die dort festgestellte relativ scharfe Zonierung im Oberlauf in der Fischfauna nord-schwedischer Fließgewässer fehlt. Geologische, geographische, Gefälle- und Temperatur-Bedingungen der Gewässer des nordschwedischen Waldgebietes verursachen, daß hier nur der untere Abschnitt der kontinentalen Salmonidenregion (Äschenregion) vorkommt.

VORKOMMEN UND VERBREITUNG DER FISCHE DES SPIKSELÅN.

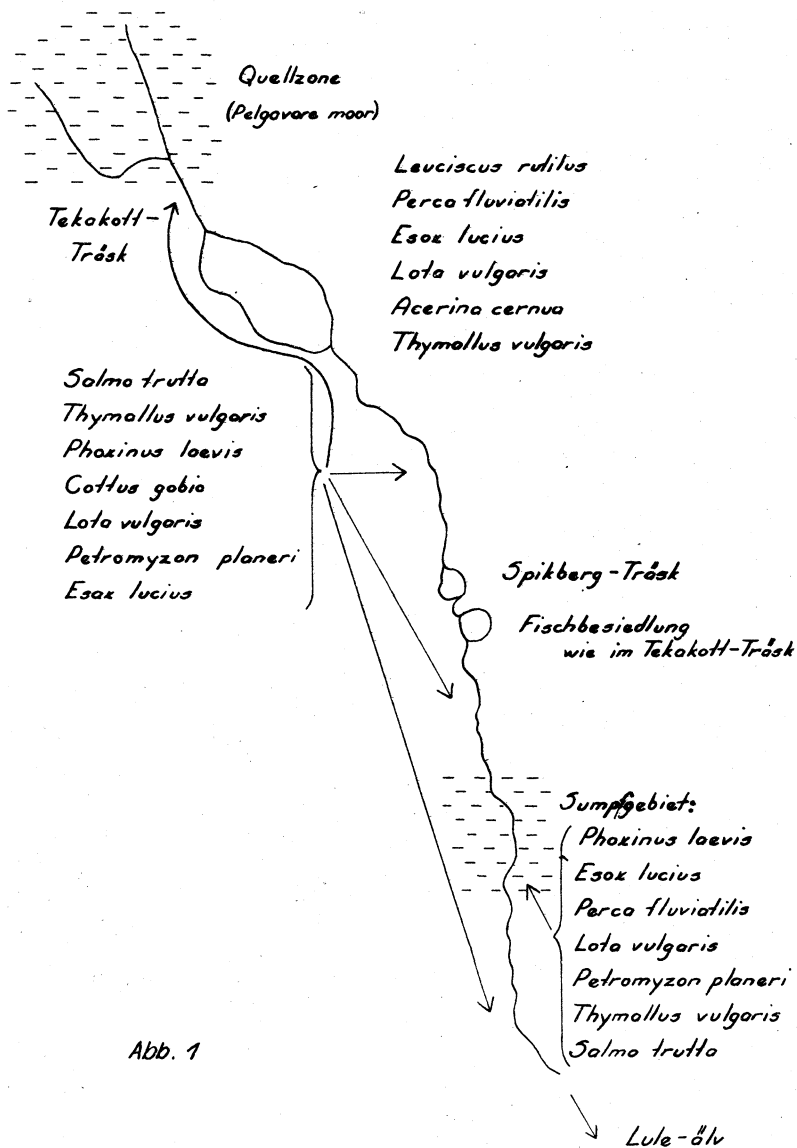


Abb. 1

Literatur.

- ALBRECHT, M. — 1952 — Die Plane und andere Flämingbäche. — Z. f. Fischerei u. d. Hilfswiss. N. F. 1
- HUET, M. — 1949 — Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courante. — Schweizer. Z. f. Hydrologie 11
- ILLIES, J. — 1950 — Zur biozönotischen Gliederung der Fulda. — Ber. Limnolog. Flußst. Freudenthal 2
- DERS. — 1952 — Die Mölle. Faunistisch-ökologische Untersuchungen an einem Forellenbach im Lipper Bergland. — Arch. f. Hydrobiol. 46
- DERS. — 1953 — Die Besiedlung der Fulda (insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen. — Ber. Limnolog. Flußst. Freudenthal 5
- MÜLLER, K. — 1950 — Fische und Fischregionen der Fulda. — Ber. Limnolog. Flußst. Freudenthal 2
- DERS. — 1953 — Produktionsbiologische Untersuchungen in nordschwedischen Fließgewässern. — Ann. Rep. Drottningholm Freshw. Lab. 34
- DERS. — 1954 — Faunistisch-ökologische Untersuchungen in nordschwedischen Waldbächen. — (im Druck)
- SMOLIAN, K. — 1920 — Merkbuch der Binnenfischerei. — Berlin
- THIENEMANN, A. — 1950 — Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Mitteleuropas. — Die Binnengewässer 18
- WALTER, E. — 1903 — Die Fischerei als Nebenbetrieb des Landwirtes und Forstmannes. — Neuendamm.

Zur Frage der Gewässertypen in ökologisch-bakteriologischer Hinsicht

von Holger W. Jannasch

WINOGRADSKYS grundlegende Gedanken über die Bakteriologie bilden noch heute die Voraussetzungen für die qualitative und quantitative Untersuchung der bakteriellen Stoffwechsellätigkeit am natürlichen Standort, soweit sie über die hygienisch-bakteriologische Fragestellung hinausgehen. Seine Prinzipien sind ohne weiteres auf die Hydrobakteriologie übertragbar, die jedoch ihrerseits in den Rahmen der Hydrobiologie und damit der Ökologie eingebaut ist.

Bei der theoretischen Betrachtung des Lebensraumes der Mikroorganismen treten Gesichtspunkte in den Vordergrund, die in der Ökologie der höheren Organismen nur eine Nebenrolle spielen oder sich nicht ohne weiteres einordnen lassen. Die Kleinheit der Individuen und die Art ihres Stoffwechsels verkleinern wiederum die in sich geschlossenen Lebensbereiche der Populationen und bilden zeitlich und räumlich begrenzte Aufwuchsherde. Die Existenz dieser von Standortfaktoren abhängigen heterogenen Besiedlung des Lebensraumes, ist eine wichtige Voraussetzung für die unumgänglichen summarischen indirekten Untersuchungen.

Von den photosynthetischen Formen kann in diesem Zusammenhang abgesehen werden zugunsten der Destruenten, die im natürlichen Stoffumsatz unter den Bakterien die wichtigste Rolle spielen. Die Chemosynthetiker lassen sich in den meisten Fällen im metabiotischen Verlauf des Abbaues organischer Reststoffe den zymogenen Mikroorganismen oder der Aufwuchsflora zuordnen. Der — allerdings nicht einheitliche — Begriff der „Aufwuchsflora“ findet bei RIPPEL seine ausführliche Besprechung.

Die Zellen liegen als Dauerformen im nährstoffarmen Substrat vor. Auf ein Nährstoffangebot reagieren sie spontan, bilden vegetative Stadien aus bis zur Erschöpfung der Energiequelle und erneuter Bildung resistenter Ruheformen. Die Gesamtheit der Stoffwechselltypen ist durch ihre große Verbreitungsmöglichkeit und Widerstandsfähigkeit der Einzelindividuen vergleichbar mit einem Organismus von ungeheurer ökologischer Valenz.

Das Nährstoffangebot ist für Bakterien im ökologischen Bereich als primärer Faktor der Entwicklung anzusehen. Temperatur, Sauerstoffspannung, Wassergehalt, pH etc. werden hier selten zu Pessimumfaktoren. Im Gegensatz zu Kulturmedien fallen die organischen „Verunreinigungen“ im natürlichen Substrat nie in homogener Verteilung an wie etwa die Nährsalze bei den Pflanzen sondern als mehr oder weniger lösliche Partikel. Die sich entwickelnde Zelle steht Konzentrationen von 0 bis 100 % gegenüber. Ihr Bestreben, sich im Bereich der für sie optimalen Konzentration anzusiedeln, verstärkt das regional eng begrenzte Auftreten einer solchen Bakterienfacies.

Weiterhin sind es noch andere physikalisch wirksame Standortfaktoren, die eine für die Stoffwechselaktivität wichtige Dehomogenisierung der Bakterienbesiedlung verursachen. Boden und Wasser — als eigentliche Orte des bakteriellen Stoffumsatzes — sind als Suspensionen verschiedener Zusammensetzung aufzufassen mit den drei Trägersubstanzen: Anorganische Partikel, kolloidale (Humus)-Stoffe und die wässrige Lösung anorganischer und organischer Stoffe. Der große Anteil des Bodens an Oberflächen und Grenzflächen macht ihn durch deren absorbierende und damit nährstoffanreichernde Wirkung dem Wasser gegenüber zum weitaus günstigeren Standort. Was demgegenüber dem Wasser durch Sedimentation verloren geht, kommt der Grenzzone Wasser — Boden, dem Schlamm, zugute. Hier werden die größten Keimzahlen gefunden. Damit wird zugleich deutlich, welche überaus große Bedeutung für die bakteriologische Beurteilung eines Gewässers der relativen Größe der Berührungsfläche mit dem Boden zukommt.

Daß trotz dieser Parallelstellung von Boden und Wasser letzteres als „sekundärer Bakterienstandort“ (RIPPEL) bezeichnet wird, ist lediglich eine Folge seiner Regenerierbarkeit. Der atmosphärische Kreislauf des Wassers entspricht der Destillation, das Passieren tieferer Bodenschichten der Filtration, sodaß in Regen und Grundwasser theoretisch bakterienfreie Medien vorliegen, die nun wieder vom Boden her sekundär besiedelt werden. Diese Abhängigkeit, die gegen die Existenz einer speziell angepaßten Gruppe von Wasserbakterien spricht, verringert sich jedoch schon mit zunehmender Größe der Gewässer und führt schließlich zu dem anorganisch wie organisch mehr oder weniger fest geprägten Komplex des Meerwassers.

Der verhältnismäßig große pelagische Raum des Meeres hat eine weitgehende Konstanz aller Faktoren zur Folge. Die Entwicklung der Mikroorganismen ist eng an die des Planktons gebunden. Verunreinigungen durch die organischen Reste der Land- und Süßwasserorganismen beschränken sich auf die Küstenstreifen und Flußmündungsgebiete und sind unbedeutend im Verhältnis zur Menge des freien Wassers. Die physiologische Wirkung des verdünnten nährstoffarmen Mediums läßt die Keimzahlen mit der Entfernung von der Küste schnell absinken. Die Existenz einer angepaßten marinen Bakterienflora wird von den Meeresbakteriologen angenommen und im wesentlichen auf den Salzgehalt, die Konstanz der wichtigen Lebensbedingungen und die Druckverhältnisse zurückgeführt.

Diese allgemeine Konstanz der Faktoren vereinfacht die Untersuchungsbedingungen und mag der Grund für den großen Vorsprung der marinen Bakteriologie vor der limnischen sein, der im zusammenfassenden Werk von ZOBELL zum Ausdruck kommt. Zugleich weist dieser Umstand darauf hin, daß sich beide Gebiete bei der wichtigen Erforschung der ökologischen Grundlagen der Hydrobakteriologie nicht trennen lassen.

Alle Binnengewässer sind in bakteriologischer Hinsicht durch die Art und Weise ihres Kontaktes mit dem Untergrund charakterisiert, abgesehen von einer nicht vom Gewässertyp abhängigen ständigen Zufuhr organischer Stoffe. Es ist nicht anzunehmen, daß die von RODHE festgestellte Jonen-

konstanz stehender Binnengewässer für die Bakterien, die als heterotrophe Organismen hier wesentlich unempfindlicher sind als etwa Algen, von besonderer Bedeutung ist. Die mineralisierende Tätigkeit der Bakterien tritt in dem Maße auf, wie organische Nährstoffe anfallen und die Möglichkeiten des Abbaues gegeben sind.

Trotzdem läßt sich vom Meer bis zum bewegten und flachen Oberflächengewässer summarisch eine Abstufung im Keimgehalt und in der Stoffwechselaktivität feststellen. Das größere stehende Gewässer bildet Schichtungen aus, die sekundär zu Zonen gesteigerter oder verminderter Bakterienbesiedlung führen und damit auch zu saisonbedingten Schwankungen der Zahlen. Auch die Abhängigkeit von der Planktonproduktion wird in größeren Seen noch beobachtet. Die Sedimentation des Detritus und damit der Aufwuchsflora spielt in geschichteten Seen für den Gehalt des freien Wassers an Nitrat und Phosphat insofern eine Rolle, als sie die Mineralisation herabsetzt. Hierin kommt die Bedeutung der planktischen Bakterienflora zum Ausdruck, deren Dichte im Vergleich zu der Besiedlung der Schlammzone weit zurücksteht.

In eutrophen Seen und Fließgewässern erlangt der bakterielle Stoffwechsel als Initiator der Selbstreinigung seine größte Intensität. Zugleich ist er hier entsprechend der Vielfalt der vorhandenen Nährstoffe am unübersichtlichsten. Besonders im Fluß finden sich im Hinblick auf die Mikrobiotope von der Quelle bis zur Mündung sämtliche Reinheitsgrade. Die Strömung verschleppt die Dauerformen der großen Zahl der Stoffwechseltypen, womit sich die Infektionsrate und die Geschwindigkeit der Abbauvorgänge erhöht. Die begünstigende Wirkung der Wasserbewegung für den Stoffwechsel ist im übrigen dieselbe wie bei den höheren Organismen.

Je kleiner und flacher die Gewässer, je stärker die Durchmischung und je enger der Kontakt mit dem Boden, desto weniger Charakteristisches läßt sich über die Bakterienflora aussagen und desto unabhängiger ist sie vom Gewässertyp. Direkte Untersuchungen finden eine große Zahl ständig wechselnder und nicht miteinander zusammenhängender Abbauherde vor, die sich auf kleinstem Raum ihr eigenes Milieu schaffen und sich mit der Fülle ihrer Stoffwechseltypen selektiv der gebotenen Energiequelle anpassen.

Diese kurze allgemein gehaltene Betrachtung soll andeuten, wie schwer bakteriologisch-ökologische Probleme mit denen der höheren Organismenwelt in Beziehung zu setzen sind. Die meisten der vorhandenen indirekten bakteriologischen Nachweismethoden sind nicht instande, quantitative Angaben über die Aktivität der Bakterien am natürlichen Standort zu machen. Hier auf dem Gebiet der Methodik liegen zur Zeit — schon seit längerer Zeit — die Schwierigkeiten und vordringlichsten Aufgaben der Hydrobakteriologie.

Literatur.

- WINOGRADSKY, S.: Microbiologie du sol. — Paris 1949
ZOBELL, C. E.: Marine Microbiology. — Waltham, Mass. 1946
RIPPEL-BALDES, A.: Grundriß der Mikrobiologie. — Göttingen 1952 (S. 251-380)

Kurze Mitteilung zur Anwendung der Fluoreszenzmikroskopie bei bakteriologischen Wasseruntersuchungen

von Holger W. J a n n a s c h

Die Verwendung von Fluorochromen zur direkten mikroskopischen Bakterienzählung im Boden hat STRUGGER eingehend erprobt und beschrieben. Die Bedeutung dieser Methode liegt neben der Kontrasterhöhung in der Möglichkeit, lebende und tote Zellen zu unterscheiden. Die Grün- bzw. Rotfluoreszenz der Zellen im Blaulicht nach Vitalfärbung mit Acridinorange beruht auf der verschiedenen Farbstoffspeicherung des lebenden bzw. toten Plasmas. Abhängigkeiten dieses Effektes werden bei STRUGGER ausführlich diskutiert.

Eine Schwierigkeit der direkten Keimzählung ist die Trennung der Bakterien von den Bodenteilchen. Sie fällt im Wasser weitgehend fort. Dafür tritt hier bei einer bedeutend geringeren Keimzahl die Frage der Konzentrierung in den Vordergrund.

Sie ist lösbar auf dem Wege der Filtration der Proben durch Membranfilter und des mikroskopischen Nachweises der Bakterien auf der Filteroberfläche. Eine Färbung der Zellen ist auch hierbei unumgänglich, und es hat sich herausgestellt, daß statt der üblichen wasserlöslichen Farbstoffe Fluorochrome verwendbar sind.

Die Proben werden im Reagenzglas gefärbt und darauf filtriert. Das Membranfilter wird bei 50° getrocknet und mit einer Mischung von Caedax : Paraffinöl wie 1 : 1 auf dem Objektträger aufgehellt und eingebettet. Die Trocknung und Einbettung fluorochromierter Ausstriche hat STRUGGER bereits beschrieben. Die lebenden Zellen erscheinen grün, während das tote Plasma leuchtend rot fluoresziert.

Eine Schwierigkeit kann dadurch auftreten, daß sich der Farbstoff bei zu starker Konzentration oder zu langsamer Filtration in den Filterporen anreichert, der Untergrund des mikroskopischen Bildes also statt tiefschwarz verschleiert erscheint.

In denselben Grenzen, in denen die Fluorochromierung auf der einen Seite die Unterscheidung lebender und toter Zellen erlaubt und die direkte Membranfiltermethode auf der anderen Seite die Erfassung der Keimzahl, ist dieses kombinierte Verfahren mit Erfolg anwendbar.

Literatur.

- STRUGGER, S.: Fluoreszenzmikroskopie und Mikrobiologie. — Hannover 1949
JANNASCH, H. W.: — 1953 — Arch. f. Mikrob. 18, 425
— 1954 — Zbl. f. Bakter. I. 161, 225

Untersuchungen über Wachstum und Ernährung der Fische fließender Gewässer. Nr. II

Wachstum und Ernährung des Gründlings (*Gobio fluviatilis* Cuv.) in der Fulda

von Karl Müller

Vorkommen und Verbreitung im Fluß.

Die oberste Verbreitungsgrenze des Gründlings liegt in der Äschenregion. Von hier an ist er in oft großer Individuenzahl über das ganze Flußgebiet verteilt. Meist ist der Fisch in Bereichen schlammigen Bodensubstrats und unter Wasserpflanzen anzutreffen. Eine direkte wirtschaftliche Nutzung des Fisches erfolgt nicht, als Nahrungsfisch der Raubfische *Esox lucius* und *Lucioperca sandra* kommt ihm aber eine wesentliche Bedeutung im Produktionskreislauf zu.

Die Untersuchungen wurden an 381 Fischen aller Altersgruppen durchgeführt, das Material wurde an 15 über den Flußlauf verteilten Fangplätzen entnommen.

Das Wachstum des Gründlings.

Wachstum und Ernährung dieses Fisches sind noch weitgehend ungeklärt. In der Literatur finden sich nur einzelne Befunde, die keine weiteren Schlüsse zulassen.

a. Schuppenanalyse.

Ein Vergleich der Schuppenausbildung in den verschiedenen Körperregionen zeigte, daß die für die Altersbestimmung wesentlichen Merkmale im Bereich unterhalb der Dorsalflosse und oberhalb der Seitenlinie am besten ausgebildet sind. Die Schuppen dieses Bereiches hatten:

1. Die maßlich größte Ausbildung.
2. Sie wiesen eine weitgehende Formkonstanz auf. (Im caudalen Abschnitt des Fisches zeigen die Schuppen eine mehr oder minder ausgeprägte Formvariabilität.)
3. Sie zeigen eine gleichmäßig gut konturierte Skleritusbildung mit markanten Winterzonen.

b. Längen- und Gewichtswachstum.

Tab.: 1 Das Längenwachstum

Altersgruppe	Anzahl	Mittelwert Lt mm	Variationsbreite mm
0	118	40,6	32,0 — 64,0
I	119	80,4	56,0 — 97,0
II	102	99,4	76,0 — 123,0
III	36	125,7	105,0 — 144,0
IV	2	145,0	135,0 — 156,0
V	4	154,0	150,0 — 158,0

Tab.: 2 Das Gewichtswachstum

Altersgruppe	Anzahl	Mittelwert (g)	Variationsbreite (g)
0	118	0,76	0,25 — 1,8
I	119	4,8	1,2 — 5,5
II	102	9,5	4,3 — 12,5
III	36	19,7	11,8 — 26,5
IV	2	29,8	25,6 — 34,1
V	4	34,2—	32,5 — 36,5

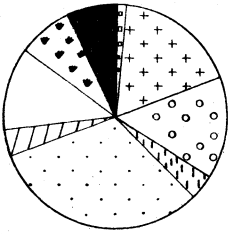
Vergleichswerte zu dem hier geschilderten Wachstum liegen nur in geringem Umfange vor. So nannte SMOLIAN (1920) für den Gründling ein Höchstmaß von 15 cm. Der größte in der Fulda gefangene Fisch war 15,8 cm lang. In dem Nebenfluß Schlitz konnte ein Fisch von 16,4 cm Länge gefangen werden. WUNDSCH (1949) teilte Werte aus der Hohenwarthe-Talsperre mit; danach variierte die Länge von Fischen der Altersgruppe V zwischen 16,0 und 17,0 cm.

Die Ernährung des Gründlings.

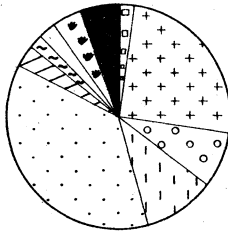
Wie über das Wachstum so liegen über die Ernährung des Fisches fast keine Ergebnisse vor. Nach WILLER nährt er sich in der Uferregion von Seen von Chydoriden und Chironomidenlarven. Auch größere Crustaceen sollen gelegentlich als Nahrung aufgenommen werden, wohingegen Copepoden und Insektenlarven sowie Mollusken stark zurücktreten. Diese mehr allgemein gehaltenen Aussagen beruhen meist auf Untersuchungen von in Seen lebenden Fischen. Es war zu erwarten, daß eine Untersuchung von Fließwasserformen zu anderen Resultaten gelangt.

In Abb. 1 sind die Auswertungen von Magenuntersuchungen an 381 Fischen dargestellt. Es zeigt sich, daß das Schwergewicht deutlich bei den Dipterenlarven liegt. Die Chironomiden stellen den Hauptanteil der Diptera und auch den höchsten prozentualen Nahrungsanteil des Fisches (13 %). In der Reihenfolge der Häufigkeit folgen die Ephemeropteren, Trichopteren und Plecopteren. In geringerem Umfange spielen Crustaceen, Oligochaeten, Mollusken, Pflanzennahrung und Luftnahrung eine Rolle.

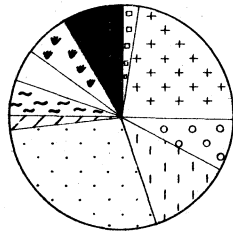
Das hier gezeigte Nahrungsbild des Gründlings entspricht im Wesentlichen seiner Lebensweise am Grunde des Gewässers. Besonders ist dies an



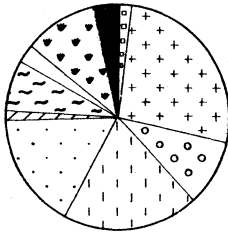
0



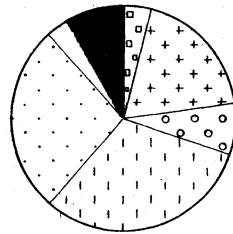
I



II












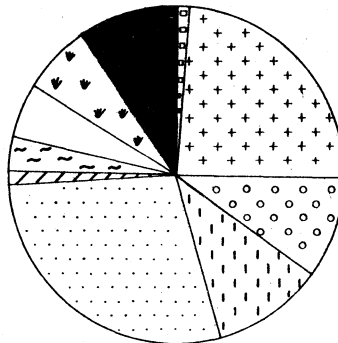
III



IV

ZEICHENERKLÄRUNG:

-  CRUSTACEA
-  EPHEMEROPTERA
-  PLECOPTERA
-  TRICHOPTERA
-  DIPTERA
-  OLIGOCHAETA
-  LUFTNAHRUNG
-  MOLLUSCA
-  PFLANZENNAHRUNG
-  SONSTIGE
UND UNBESTIMMB. REST



0-IV

Abb. 1

dem großen Prozentsatz von Dipterenlarven, Oligochaeten, Mollusken und einigen Ephemeropterenlarven erkennbar. Daß diese Lebensweise aber nicht obligatorisch ist, zeigt das regelmäßige Auftreten von Luftnahrung.

Es war weiterhin von Interesse, einen Überblick über die Ernährung des Fisches getrennt nach den einzelnen Altersgruppen zu gewinnen (Abb. 1, 0-IV). Bei allen Altersgruppen (außer Gruppe III) zeigt sich ein Überwiegen der Dipterenahrung. Dipteren-, Ephemeropteren-, Plecopteren- und Trichopterenlarven bilden zusammen 75 % und mehr der Gesamtnahrung bei allen Altersklassen. Von den übrigen Komponenten sind lediglich die Mollusken und die Pflanzennahrung bei den höheren Altersstadien von Bedeutung.

Zusammenfassung.

In den vorliegenden Ausführungen wurde eine zusammengefaßte Darstellung des Wachstums und der Ernährung des Gründlings (*Gobio fluviatilis*) gegeben. Wenn dieser Fisch wirtschaftlich auch nur eine untergeordnete Bedeutung hat, so ist doch die Kenntnis seines Wachstums und seines qualitativen Nahrungsbedarfs für eine ökologische Analyse fließender Gewässer von Bedeutung. Zusammenfassend zeigt sich:

1. Der Fisch ist von der Äschenregion an regelmäßig über den ganzen Flußverlauf eines mitteleuropäischen Flusses anzutreffen.
2. Es hat den Anschein, daß der Gründling das 5. Lebensjahr nicht übersteigt — er ist damit zu den kurzlebigen Fischen zu rechnen. Der Verlauf der Wachstumskurve bestärkt diese Annahme.
3. Auf Grund der Zusammensetzung der Nahrung des Gründlings ist dieser Fisch den Bodentierfressern zuzuordnen. Dabei zeigen sich im Sinne einer Nahrungswahl deutliche Maxima bei den Dipteren-, Ephemeropteren-, Plecopteren- und Trichopterenlarven.

Literatur.

- MÜLLER, K. — 1952 — Fischereibiologische Untersuchungen an der Fulda. — Diss. Kiel.
- SMOLIAN, K. — 1920 — Mrekbuch der Binnenfischerei. — Bd. I Berlin.
- WILLER, A. — 1924 — Die Nahrungstiere der Fische. — Handbuch der Binnenfischerei. — Bd. 1 Stuttgart.
- WUNDSCH, H. H. — 1945 — Die Grundlagen der Fischereiwirtschaft in Großstaubecken. — Abhandlungen a. d. Fischerei u. d. Hilfswissenschaften Lief. 1.

Kurzer Beitrag zur Diatomeenflora der Quellen und Oberläufe

von Martin Scheele

Nachfolgend soll das Ergebnis der Untersuchung einiger Proben aus Quellen und Oberläufen wiedergegeben werden. Es handelt sich dabei zunächst um drei Proben aus der Mölle. Sie wurden im Zusammenhang mit der entsprechenden Arbeit von ILLIES gesammelt. Außerdem wurde eine Probe aus der Ahlequelle im Raume Uslar (Solling) und eine Probe aus dem sogenannten Rauschenbrunnen im Kaufunger Wald bei Hann. Münden untersucht.

Die Kieselalgen wurden nach Paschers Süßwasserflora 10, HUSTEDT, *Bacillariophyta* bestimmt. Hinter jeder Art ist die Häufigkeit nach einer achtstufigen Häufigkeitsskala in Klammern eingetragen.

I. Mölle-Proben (April 1951)

Die Bezeichnungen der Proben und die chemischen Werte für Quellregion und Oberlauf sind der Arbeit von ILLIES entnommen.

Chem. Werte:	Quellregion	Oberlauf
	(I,3) X. 1949	(III) X. 1949
Ges. Härte	10,5 ⁰	8,2 ⁰
Karb. Härte	8,5 ⁰	5,5 ⁰
Bleib. Härte	2,0 ⁰	2,7 ⁰
Geb. CO ₂ mg/l	66,0	43,0
Cl mg/l	15,5	16,0
Fe mg/l	0,4	0,15
Mn mg/l	0,00	—
PO ₄ mg/l	0,00	0,00
SiO ₂ mg/l	10,0	11,0
N ₂ O ₅ mg/l	14,0	3,0
NO ₂ mg/l	0	0,01
NH ₃ mg/l	0	0,05
KMnO ₄ -Verbr. mg/l	—	28,0
SBV	3,0	1,9
pH	6,5	7,0

1.) Probe I/1 (Gebirgsbach)

<i>Achnanthes lanceolata</i>	(1)	<i>Gomphonema spec.</i>	(5)
<i>Cocconeis placentula</i>	(3)	<i>Gomphonema angustatum</i>	(1)
<i>Diatoma hiem. v. mes.</i>	(1)	<i>Gomphonema parvulum</i>	(2)

2.) Probe I v. III (Gebirgsbach)

Achnanthes lanceolata	(2)	Gomphonema angustatum	(3)
Achnanthes minutissima	(2)	Gomphonema parvulum	(2)
Cocconeis placentula	(5)	Navicula avenacea	(2)
Gomphonema spec.	(5)	Rhoicosphenia curvata	(5)

3.) Probe I/1/7 (Rheokrene)

Achnanthes lanceolata	(5)	Meridion circulare	(2)
Achnanthes minutissima	(3)	Navicula avenacea	(1)
Diatoma hiem. v. mes.	(1)	Navicula cryptocephala	(3)
Eunotia tenella	(1)	Navicula gregaria	(1)
Gomphonema angustatum	(3)	Nitzschia Hantzschiana	(1)
Gomphonema longiceps	(4)	Nitzschia linearis	(5)
Gomphonema parvulum	(3)	Nitzschia palea	(1)
Gyrosigma acuminatum	(1)	Pinnularia subcapitata	(1)

II. Ahle-Quelle (Limnokrene) (November 1953)

Chem. Werte (nach SCHMITZ)

Ca + Mg	0,32 mval/l
Na + K	0,55 mval/l
Cl	0,30 mval/l
SO ₄	0,27 mval/l
HCO ₃ = SBV	0,30 mval/l
pH	6 — 7

Achnanthes lanceolata	(5)	Fragilaria virescens	(3)
Caloneis silicula	(2)	Frustulia vulgaris	(1)
Cymbella naviculiformis	(1)	Gomphonema longiceps	(1)
Diatoma hiemale v. mes.	(5)	Gomphonema parvulum	(3)
Eunotia exigua	(4)	Meridion circulare	(4)
Eunotia lunaris	(2)	Navicula cryptocephala	(4)
Eunotia pectinalis	(4)	Navicula Rotaeana	(3)
Eunotia robusta	(1)	Neidium affine	(1)
Eunotia tenella	(4)	Neidium iridis	(1)
Eunotia tridentula	(1)	Nitzschia gracilis	(1)
Eunotia veneris	(2)	Nitzschia palea	(2)
Pinnularia borealis	(1)		
Pinnularia interrupta	(2)		
Pinnularia subcapitata	(2)		
Pinnularia viridis v. sud.	(2)		
Stauroneis anceps	(1)		
Surirella angusta	(2)		
Surirella linearis	(1)		
Surirella ovata	(1)		
Surirella tenera	(1)		
Tabellaria fenestrata	(1)		
Tabellaria flocculosa	(4)		

III. Rauschenbrunnen (Rheokrene) (November 1953)

<i>Achnanthes lanceolata</i>	(6)	<i>Gomphonema longiceps</i>	(3)
<i>Achnanthes minutissima</i>	(6)	<i>Gomphonema parvulum</i>	(4)
<i>Cymbella ventricosa</i>	(3)	<i>Hantzschia amphioxys</i>	(1)
<i>Diatoma hiemale</i> v. mes.	(7)	<i>Navicula cryptocephala</i>	(5)
<i>Eunotia lunaris</i>	(1)	<i>Nitzschia Hantzschiana</i>	(3)
<i>Frustulia vulgaris</i>	(3)	<i>Pinnularia borealis</i>	(2)
		<i>Pinnularia viridis</i> v. sud.	(3)

Zusammenfassend ist zu den Untersuchungsergebnissen der fünf Proben zu sagen, daß sie in allen wesentlichen Zügen der Darstellung von der Diatomeenflora der Quellen und Oberläufe entspricht, die ich in meiner Fulda-Arbeit (SCHEELE 1952) gegeben habe. Die dort geschilderte biocönotische Gliederung wird also durch die vorliegenden Proben im wesentlichen bestätigt, so daß eine neuerliche Auswertung der Ergebnisse überflüssig erscheint.

Literatur.

1. ILLIES, J. — Die Mölle. Faunistisch-ökologische Untersuchungen an einem Forellenbach im Lipper Bergland. — Arch. Hydrob. 46 — 1952.
2. SCHEELE, M. — Systematisch-ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora der Fulda. — Arch. Hydrob. 46 — 1952.