

BERICHTE

der Limnologischen Flußstation Freudenthal
Außenstelle der Hydrobiologischen Anstalt
der Max-Planck-Gesellschaft

VIII

1957

Inhaltsverzeichnis

SCHMITZ, Wolfgang	Zur Hydrochemie der Werra	1
SATTLER, Werner	Beobachtungen an den Larven von <i>Crunoecia irrorata</i> CURT. (<i>Trichoptera</i>)	18
MÜLLER, Karl	Zur Biologie des Junglachsens (<i>Salmo salar</i> L.) im Stora und Lilla Lule Älv	33
STEFFAN, August Wilhelm	Vergleichend-ökologische Untersuchungen über Wachstum und Ernährung von zwei <i>Salmo trutta</i> -Populationen des nordschwedischen Waldgebietes	60
SABANEJEW, Peter	Das Plankton des Diemel- und Edersees und sein Einfluß auf die unterhalb liegenden Flußstrecken	94
STEFFAN, August Wilhelm	Der Mikroprojektionstisch	106

Zur Hydrochemie der Werra

(Ca, Mg, Na, HCO₃, Cl, SO₄ im Werrawasser
ohne Berücksichtigung der Brackwasserzone)

Von Wolfgang Schmitz

1. Einleitung

Während auf Grund verschiedener Untersuchungen einiges über den Gehalt an gelösten Mineralstoffen der Fulda und ihrer Nebengewässer bekannt ist (SCHMITZ 1950, 1951, 1956), trifft dies für den anderen Quellfluß der Weser, die Werra, nicht zu. Zwar weiß man über den Ionengehalt des Werrawassers im Bereich der Versalzung durch die Kaliabwässer ziemlich gut Bescheid (vgl. SCHMITZ 1956 a), für den oberhalb liegenden Bereich des Flusses sind jedoch nur wenige vereinzelte Analysenergebnisse vorhanden.

Leider war es auch uns wegen der augenblicklichen Reisebeschränkungen bisher nicht möglich, Untersuchungen im oberen, in Thüringen gelegenen Abschnitt der Werra durchzuführen. Es wurde von uns daher dankbar begrüßt, daß uns vom Institut für Fischerei der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften in Berlin-Friedrichshagen Wasserprobenmaterial zur Bearbeitung überlassen wurde, das im Rahmen von Untersuchungsfahrten des Institutes, die die fischereiwirtschaftliche Bonitierung der oberen und mittleren Werra zum Ziel hatten, eingesammelt worden war. Es lagen insgesamt drei Probenserien, nämlich vom Juni und September 1952, sowie vom März 1953 vor. Es konnten dabei jedoch nur beschränkte Mengen Probenvolumina transportiert werden, so daß nur eine bestimmte Auswahl von Ionen bestimmt werden konnten, nämlich solche, welche im Hinblick auf eine zur gleichen Zeit durchgeführte Untersuchung der Diatomeenflora der Werra (SCHEELE 1956) ökologisch besonders wichtig erschienen, vorausgesetzt daß eine Untersuchung nach längerem Transport der Proben überhaupt noch möglich war.

Die Bestimmung der Alkalinität (Hydrogenkarbonat) erfolgte sofort an Ort und Stelle in der üblichen Weise. Es sind hier die uns übermittelten und von uns im Labor nochmals überprüften Werte wiedergegeben. Im übrigen wurden die Wasserproben in Polyäthylflaschen eingefüllt und uns übersandt, sodaß eine Bestimmung der Alkalien (Methode: SCHMITZ 1951) und Erdalka-

lien (Methode: SCHMITZ 1952) nachträglich noch möglich war. Sulfat wurde gravimetrisch (Methode: Standard Methods 1946) und Chlorid konduktometrisch mit Silbernitrat bestimmt.

2. Ionengehalte des Wassers der oberen Werra

Der hier betrachtete Flußabschnitt der „oberen Werra“ umfaßt die Werra-strecke von der Quelle bis zum Beginn des Kaliindustriegebietes (Abb. 1), von wo an durch die Abwässer der Chemismus des Flußwassers grundlegend geändert und die Werra in einen Brackwasserfluß verwandelt wird (Abb. 6). Die Ionengehalte des Wassers in diesem oberen Abschnitt sind im folgenden in einer Reihe von Konzentrationsprofilen (Abszisse: Flußkilometer — Ordinate: Ionenkonzentration) dargestellt (Abb. 3—6). Zur Orientierung sind nachstehend die Entfernungen der einzelnen Untersuchungsstationen von der Quelle angegeben:

Station:	Ort:	Flußkilometer:
1	Werraquelle	0
2	dicht unterhalb Werraquelle	
3	2 km unterhalb Werraquelle	2
4	oberhalb Sophienau	4
5	unterhalb Sophienau	6
6	oberhalb Eisfeld	10
7	unterhalb Eisfeld	12
8	Harras	15
9	Schackendorf	20
10	Birkenfeld	26
11	Häselrieth	30
12	Kloster Veßra	44
Nebenfl. Schleuse		
13	Themar	48
14	Einhausen	60
Nebenfl. Hasel		
15	Grimmenthal	62
16	oberhalb Meiningen	67
17	unterhalb Meiningen	69
18	Walldorf	75
19	Schwallungen	87
Nebenfl. Schmalkalde		
20	Niederschmalkalden	91
21	Salzungen	106
Nebenfl. Felda		
23	Dorndorf	124

Stationen im Brackwasserabschnitt

25	Philippsthal	131
26	Heimboldshausen	135
27	Lengers	139
28	Heringen	143
29	Widdershausen	147
30	Berka	154
31	Wommen	167
32	Herleshausen	173
33	Hörschel	179
34	Spichra	182
35	Creutzburg	188
36	Treffurt	211
37	Heldra	214
38	Wanfried	221
39	Frieda	225
40	Eschwege	232
41	Jestädt	237
42	Albungen	241
43	Klein Vach	245
44	Bad Sooden-Allendorf	250
45	Ludwigstein	264
46	Witzenhausen	274

Die Lage der Stationen ist aus der Karte Abb. 2 ersichtlich.

Die Ionengehalte der Nebenflüsse sind in Punktsignaturen in die Diagramme eingetragen.

a) Der Gesamtionengehalt

Abb. 3 stellt den Gesamtionengehalt der Werra in der Serie vom September 1952 dar. Im Kurvenverlauf ist ein oberer Abschnitt mit einem Kationen- bzw. Anionengehalt von ca. 0,5 mval/l und darunter zu erkennen. Es folgt darauf ein Abschnitt mit zunächst rascher, dann aber allmählich langsamerer Zunahme der Ionenkonzentration bis zu einem Wert von 4,5 mval/l. Nach erneutem steilem Anstieg der Konzentration auf 6 mval/l fällt diese allmählich wieder etwas ab. Eine erhebliche Verdünnung der gelösten Mineralstoffe bewirken die Nebenflüsse Schleuse und Hasel. Auf der Strecke zwischen diesen beiden Nebenflüssen wird das Werrawasser wieder erheblich mit Ionen angereichert. Auch unterhalb der Haselmündung nimmt die Ionenkonzentration im Werrawasser, wenn auch nicht so schnell wie zuvor, erneut zu, wobei Konzentrationen von 6 mval/l Kationen- bzw. Anionengehalt wieder überschritten werden.

b) Die Konzentrationen der einzelnen Ionen

Die Tendenz der Kurve der Schwankungen der Gesamtionenkonzentration im Längsverlauf des Flusses kehrt in den entsprechenden Kurven vieler einzelner Ionen wieder (Abb. 4a-c u. 5a-c). Die Kurven der Gesamthärte (Ca + Mg) bzw. des Kalziumgehaltes verlaufen in den Grundzügen parallel zu den Kurven des Hydrogenkarbonat-Gehaltes, wie es im Falle der Auflösung von Kalziumkarbonat aus Böden und Gesteinen des Einzugsgebietes der Fall zu sein pflegt. Nicht nur die Gesamthärte, sondern bereits die Kalziumgehalte liegen jedoch durchweg höher als die entsprechenden Hydrogenkarbonatgehalte des Wassers. Wie die Kurve der Sulfatgehalte (Abb. 4c) zeigt, die im großen ganzen ebenfalls dem Verlaufe der anderen Kurven folgt, ist die Mineralstoffanreicherung im Werrawasser zum ebenso großen Teil, teilweise sogar bevorzugt auf Lösung von Kalziumsulfat aus Gesteinen zurückzuführen. Oberhalb der Schleusemündung sind die Sulfatgehalte etwas geringer als die Hydrogenkarbonatgehalte, unterhalb übertreffen sie diese zum Teil erheblich. Die Magnesiumgehalte bleiben abgesehen davon, daß sie im obersten Werrabereich gleichfalls sehr niedrig sind, über den weiteren Flußverlauf hin verhältnismäßig konstant, so daß die Kurven der Kalziumgehalte und der Gesamthärte fast überall nahezu parallel verlaufen.

Das Werrawasser reichert sich von der Quelle flußabwärts ebenfalls mit Chlorid- und Natriumionen an. Die Kurven beider Ionengehalte (Abb. 5a-c) verlaufen nahezu parallel, wobei die Natriumgehalte etwas geringer sind als die Chloridgehalte. Auch die Konzentration dieser Ionen steigt streckenweise besonders stark an. Die steil aufwärts verlaufenden Kurvenabschnitte decken sich nur zum Teil, und hierbei sicher nicht in ursächlichem Zusammenhang, mit entsprechenden steilen Anstiegen der Kalzium-, Hydrogenkarbonat- und Sulfatkurven. Auffällig erhöhen sich die Chlorid- und Natriumkonzentrationen zwischen den Kilometern 26 und 30 und zwischen 67 und 69. Auf diesen Strecken des Flusses liegen die Städte Hildburghausen und Meiningen, deren Abwassereinleitungen sich offenbar in einem Anstieg des Natriumchloridgehaltes deutlich bemerkbar machen. Die Einmündung der Schleuse setzt Natrium- und Chloridionenkonzentrationen wieder merklich herab. Durch den Zufluß der Hasel, die selbst etwas größere Chlorid- und Natriummengen führt, tritt keine Verminderung dieser Ionen in der Werra ein. Etwa 90 km unterhalb der Quelle beginnt in der Gegend von Allendorf-Salzungen ein Anstieg der Chlorid- und Natriumgehalte auf ein Vielfaches der bisherigen Konzentration, und schließlich beginnt, wie schon erwähnt, mit der Einleitung der Abwässer der Kaliindustrie die Brackwasserzone (Abb. 6).

c) Die jahreszeitlichen Schwankungen der Ionengehalte

Die Ionengehalte des Werrawassers wurden zu drei verschiedenen Zeiten, nämlich im Juni und September (1952) und im März (1953) untersucht. Die Profilkurven der Ionengehalte des Wassers zeigen in ihrem Verlaufe alle etwa die gleiche Tendenz. Die absoluten Konzentrationen sind jedoch jahreszeitlich verschieden. Im Frühjahr sind sie am niedrigsten und in den Sommermonaten bzw. zum Herbst hin am höchsten. Die den Kurven beigegebenen Abflußdaten der Werra und ihrer Nebenflüsse lassen erkennen, daß die Ionenkonzentrationen um so niedriger sind, je geringer der zur Zeit herrschende Abfluß ist. Im Abschnitt oberhalb der Einmündung der Schleuse wurden dementsprechend die höchsten Ionenkonzentrationen bei der Untersuchung im September festgestellt. Die Schleuse führte zu dieser Zeit gegenüber der Juniuntersuchung relativ viel Wasser mit wesentlich geringeren Ionenkonzentrationen als die Werra, so daß als Folge davon die Ionengehalte des Werrawassers unterhalb der Schleusemündung gegenüber dem Stand vom Juni etwas herabgesetzt sind.

Vergleicht man die Abflußwerte vom Datum der Probenentnahme mit den Hauptzahlen der Abflüsse (Jahrbuch für Gewässerkunde der DDR), so ergibt sich folgendes: Während der Untersuchung im Juni und September 1952 herrschten fast durchweg Niedrigwasserverhältnisse. Der Abfluß der Werra oberhalb der Schleuseeinmündung war etwa so groß wie das mittlere sommerliche Niedrigwasser (MNQ) bzw. im Juni um ca. 50% höher. Da der Fluß bei niedrigstem Niedrigwasser (NQ) wesentlich weniger Wasser führt, ist anzunehmen, daß die ermittelten Ionenkonzentrationen für diesen Abschnitt noch nicht den oberen Extremzustand darstellen. Die Abflußwerte der Schleuse lagen im Juni und September 1952 wesentlich unter dem mittleren Niedrigwasser (MNQ), jedoch auch immerhin noch erheblich über den Werten des niedrigsten Niedrigwassers (NQ). Je nach dem Verhältnis ihrer Wasserführung zur Werra wird daher die Schleuse bald einen geringeren oder bald einen stärkeren Verdünnungseffekt auf die Ionenkonzentration des Werrawassers ausüben. Die Abflußwerte der Hasel lagen im Juni und September 1952 wesentlich über dem mittleren Niedrigwasser (MNQ), jedoch immer noch erheblich unter dem sommerlichen Mittelwasser (MQ).

Bei der Untersuchung im März 1953 herrschten keine extrem hohen Abflußverhältnisse in der Werra und ihren Nebenflüssen. Das mittlere jährliche Hochwasser liegt für die oberste Werra und die Schleuse etwa 5-6fach höher, für die Hasel etwa 4fach, und für die Höchstwässer (HQ) ist das Verhältnis noch extremer. Zweifellos werden daher die Werra und ihre Nebenflüsse bisweilen noch merklich niedrigere Ionenkonzentrationen aufweisen, als es bei der Untersuchung im März 1953 der Fall war. Es ist auch zu erwarten, daß unter Höchstwasserbedingungen die Unterschiede in der Ionenkonzentration einzelner Abschnitte der Werra noch stärker verwischt werden.

3. Die geologischen Grundlagen des Wasserchemismus der oberen Werra

Die Werra empfängt ihre Wassermassen hauptsächlich vom Thüringer Wald, dessen südwestliche Abflüsse sie aufnimmt. Vom Nordteil des Thüringer Waldes werden ihr auch durch die Hörsel noch die nordöstlichen Abflüsse zugeführt. Die Hörsel mündet bereits in den Brackwasserabschnitt der Werra ein. Von links erhält die Werra eine Reihe von Zuflüssen aus der östlichen und nördlichen Rhön, von denen die größten Zubringer, Felda und Ulster auf der Strecke in die Werra einmünden, wo diese schon Abwässer der Kaliindustrie führt.

Das Quellgebiet der Werra, sowie Teile des Einzugsgebietes der Schleuse liegen im Thüringer Schiefergebirge, das sich nach Südosten an den Thüringer Wald anschließt und dessen Tonschiefer, Grauwacken und Quarzite (algonkisch) kaum wasseraufnahmefähig sind. Die Mineralbestandteile dieser Gesteine sind, abgesehen von den Grauwacken, nur wenig angreifbar. Deshalb ist das abfließende Wasser sehr weich mit einer Gesamthärte von ca. 0,5 mval/l. Chlorid- und Sulfatgehalt liegen im allgemeinen unter 10 mg/l. Infolge der geringen Pufferung enthalten die Wässer aggressive Kohlensäure und reagieren sauer.

Der Thüringer Wald selbst ist weitgehend aus Konglomeraten, Sandsteinen und Tonen des Rotliegenden in großer Mächtigkeit aufgebaut, daneben sind kristalline Erstarrungsgesteine dieser Formation, teils Melaphyre, teils Porphyre und Porphyrite am Aufbau beteiligt. Auch die Gesteine des Rotliegenden sind im allgemeinen arm an auflösbaren Stoffen. Das abfließende Wasser ist weich mit einer Gesamthärte von im allgemeinen weniger als 1 mval/l. Chlorid- und Sulfatgehalt sind in der Regel gleichfalls gering. Dies gilt sowohl für die kristallinen wie die Trümmergesteine der Formation.

Weich und elektrolytarm ist ferner häufig das Wasser im mittleren und unteren Buntsandstein, der im Werragebiet zwischen den Gebirgshöhen des Thüringer Waldes und der Rhön eine weite Verbreitung besitzt. Die Gesamthärten dieser Wässer schwanken von etwa 0,7 mval/l bei Quarzsandsteinen mit kieselig-tonigem Bindemittel bis zu 1,5—3,5 mval/l bei feldspathhaltigen (insbes. Kalkfeldspat) Sandsteinen oder 3,5—6,5 mval/l bei karbonatischem Bindemittel. Auf die Besonderheiten der Buntsandsteinwässer in Salzauslaugungsgebieten kommen wir noch weiter unten zu sprechen.

Dem geschilderten Aufbau des Thüringer Waldes und des Thüringer Waldes und des Thüringer Schiefergebirges entsprechend führen die Werra in ihrem Quellgebiet, sowie die Oberläufe ihrer rechtsseitigen Zuflüsse alle Wasser, welches arm an gelösten Mineralstoffen, weich, nur schwach gepuffert und daher von saurer Reaktion ist. Wie die Kurven der Ionengehalte des Werrawassers erkennen lassen (Abb. 4 u. 5), sind derart niedrige Konzentrationen an gelösten Stoffen auf den obersten Abschnitt der Werra, der Mittelgebirgsbachcharakter trägt, beschränkt.

Weiter unterhalb nimmt der Mineralgehalt merklich zu. Diese Anreicherung vollzieht sich erst in tieferen Geländelagen und ist bedingt durch die hier abgelagerten Sedimentgesteine mit wesentlich löslicheren und stärker angreifbaren mineralischen Bestandteilen. Als solche spielen hier im Gebiet besonders die Ablagerungen aus dem Zechstein, Muschelkalk und oberem Buntsandstein (Röt) eine größere Rolle. Ein Zechsteinsaum umzieht auf weite Strecken den Rand des Thüringer Waldes und wird von vielen Nebenflüssen der Werra durchschnitten. Im übrigen ist das Gebiet zwischen Thüringer Wald und Rhön mit den Ablagerungen des Buntsandsteins und Muschelkalkes angefüllt.

Die Zechsteinablagerungen, hauptsächlich Kalksteine, Dolomite, Letten und Mergel mit Gips- und Salzeinlagerungen können erheblich zur Ionenreicherung des Wassers beitragen. Die Gesamthärte des Quell- und Grundwassers im Zechstein liegt meist über 7 mval/l, die Karbonathärte beträgt 5,5 mval/l und mehr. Noch höhere Härtegrade werden im gipsführenden oberen Zechstein erreicht, die dann auf Auflösung des Kalziumsulfates zurückzuführen sind.

Die Wässer des Muschelkalkes besitzen in der Regel eine Gesamthärte von 6,5—9 mval/l, wobei der größte Teil davon auf die Karbonathärte entfällt. Die Chloridgehalte sind verhältnismäßig gering (10—20 mg/l), der Sulfatgehalt beträgt zwischen 0,5—1 mval/. Im mittleren Muschelkalk kann er unter Einfluß von Gipsen, ebenso wie natürlich in diesem Fall die Gesamthärte, höher liegen.

Sehr hohe Härtegrade weist Wasser vom Röt (oberer Buntsandstein) auf, hervorgerufen durch die Gipseinschaltungen in den Schiefermergeln. Die Schiefertone und -mergel des Röt führen allerdings kein Grundwasser, lediglich in Klüften und Spalten ist eine Wasseransammlung möglich. Wasser vom Röt liefern daher in der Regel nur Hangschuttquellen, die Wasser führen, das am Horizont Muschelkalk-Röt aus dem Gebirge austritt, sich aber zunächst weiterhin unter dem Hangschutt auf undurchlässigem Rötuntergrund fortbewegt, bis es unterhalb zum Austritt kommt. Die Schichtgrenze Muschelkalk-Röt bildet im Bereich der Mittelgebirge mit Aufbau aus Triasschichten den wichtigsten Quellhorizont, der reichlich Wasser mit erheblichem Ionengehalt, insbesondere mit hoher Karbonathärte spendet.

Um einen Überblick über die verschiedenen Ionengehalte im Grund- und Quellwasser des Einzugsgebietes der oberen Werra zu geben, wurde unter Benutzung der hydrogeologischen Karte von Thüringen (HOPPE 1952) als Kartengrundlage die Verbreitung von verschiedenen chemischen Grundwassertypen in die Flußnetzkarte des Werragebietes eingetragen. Im nicht angelegten Bereich der Karte (Abb. 7) liegen elektrolytarne, weiche Wässer vor. In verschiedenen Schraffuren angelegt sind die Grundwassergebiete des Muschelkalkes (mit vorwiegender Karbonathärte), des Zechsteins (mit hartem

und sehr hartem Wasser, zum Teil dabei mit hoher bleibender Härte) und des Röt (mit ebenfalls hartem und sehr hartem Wasser, sowie mit vorherrschend bleibender Härte). Der Vergleich der Ionengehaltsprofile der Werra mit dieser Karte läßt die wesentlichsten Ursachen für die Schwankungen im Kurvenverlauf erkennen.

Im Verlaufe im Schiefergebirge bis Sophienau (Station 5) ist das Wasser elektrolytarm und sehr weich, die pH-Werte liegen unter 7. Von hier an abwärts schneidet die Werra teils in den unteren Muschelkalk, teils in den Röt ein, was sich in zunehmender Anreicherung von Kalzium, Magnesium, Hydrogenkarbonat und Sulfat im Wasser bis unterhalb Hildburghausen (Station 11) und Anstieg der pH-Werte ins Alkalische bemerkbar macht. Von hier an bis zur Schleusenmündung führen eine Reihe kleinerer aus dem mittleren Buntsandstein kommender Bäche der Werra weiches Wasser zu, wohingegen im Südwesten die Schichtgrenze Muschelkalk-Röt sich in naher Entfernung zum Fluß parallel zum Werralauf hinzieht. In summa bleiben die Ionenkonzentrationen der Werra hier dieselben oder vermindern sich etwas.

Die Schleuse, deren Flußgebiet zum größten Teil im Bereiche weiches Wasser führender Schichten der Ablagerungen und kristallinen Gesteine des Rotliegenden und vorpaläozoischer Schiefer liegt und deren Wasserführung die der Werra vor ihrer Einmündung übertrifft, setzt die Ionenkonzentration wieder dementsprechend herab.

Erneut reichert sich das Wasser in der weiteren in den Muschelkalk und Röt eingeschnittenen Werrastrecke an. Diese Anreicherung muß der Lage der Gesteinsschichten und der Ausbildung des Gewässernetzes entsprechend hauptsächlich durch versteckte Grundwasserzufuhr erfolgen.

Der Zufluß der Hasel, deren Oberläufe hauptsächlich kristallinen Gesteinen des Thüringer Waldes entspringen, bringt wiederum eine gewisse Verdünnung mit sich, jedoch nicht mehr in dem gleichen Ausmaß, wie sie die Schleuse hervorruft, da der Unterlauf der Hasel sowie einige Nebenbäche auf eine beträchtliche Strecke in den Röt und Muschelkalk einschneiden.

Die nun folgenden kleineren Nebenbäche der Werra, die ihr von Westen zuströmen, sowie später die Felda und die Ulster führen vorwiegend elektrolytreiches, hartes Wasser. Der Ionengehalt der Werra bleibt daher weiterhin beträchtlich hoch, obwohl die Werra selbst inmitten des Grundwassergebietes des mittleren und unteren Buntsandsteins mit weichem Grundwasser verläuft.

Bei den rechtsseitigen Zuflüssen, wie z. B. der Schmalkalde, machen sich im Ionengehalt die Auslaugungen vom Zechstein am Rande des Thüringer Waldes bemerkbar. Im Gebiet der industriellen Versalzung der Werra erfolgt außerdem auch bereits eine natürliche Versalzung. Es kommt hier verschiedentlich im Buntsandstein zum Aufstieg versalzenen und gipshaltigen Wassers durch die Spalten des salzführenden Zechsteins, wobei örtlich im Quell- und

Grundwasser Chloridgehalte von mehreren tausend Milligramm im Liter auftreten können. Die natürliche Versalzung setzt bereits etwas oberhalb der industriellen Brackwasserzone ein. Nach ihrem Chloridgehalt beurteilt, besitzt die Werra vier deutlich voneinander abgesetzte Konzentrationszonen (Abb. 6).

Um den Einfluß der natürlichen Versalzung zu verdeutlichen, seien hier noch einige ältere Analysendaten aus der Zeit vor dem Beginn der Einleitung der Kaliabwässer angeführt (VOGEL 1913). Abgesehen von den natürlichen Salzzutritten erwies sich die Saline Salzungen von Einfluß auf den Chloridgehalt der Werra.

Werra				
bei Immelborn	Ca	Mg	Cl	SO ₄ (mval/l)
5. 11. 1909	2,3	0,94	0,6	—
11. 8. 1911	4,65	1,35	1,4	—
1. 11. 1911	4,5	1,25	1,7	—
bei Salzungen oberh. der Saline				
10. 10. 1903	2,25	0,85	0,88	—
5. 11. 1909	2,6	0,8	0,71	—
bei Tiefenort unterh. Saline Salzungen				
11. 5. 1901	3,9	0,8	1,75	0,92
15. 8. 1902	4,5	1,09	3,65	2,1
4. 11. 1902	8,9	0,3	2,57	1,8
5. 11. 1902	8,5	0,3	2,3	2,2
11. 8. 1911	3,9	1,29	1,2	—

Zur Beurteilung der natürlichen Ionengehalte einiger weiterer Nebenflüsse der Werra, die heute in ihrem Chemismus z. T. ebenfalls industriell beeinflusst werden, seien hier noch weitere Analysenangaben aus der Literatur angeführt (TJADEN 1915, VOGEL 1913):

	Ca	Mg	Cl	SO ₄ (mval/l)
Ulster 16. 7. 1910	3,0	1,5	0,59	0,92
12. 6. 1912	3,3	0,9	0,56	1,25
Hörsel Herbst 1912	9,4	2,15	0,96	8,8
Frieda „ „	7,5	2,2	0,56	6,4
Wehra „ „	7,85	2,65	0,28	7,3

Diese Nebengewässer sind alle elektrolytreich. Unter natürlichen Verhältnissen würde daher die Werra in ihrem weiteren Verlauf ähnlich hohe Ionenkonzentrationen aufweisen wie dicht oberhalb des heutigen Kaliindustriegebietes.

4. Zusammenfassung

Es wurden drei Serien von Wasserproben aus der Werra vom Quellgebiet bis Dorndorf (124 km flußabwärts) auf Gehalt an Ca, Mg, Na, HCO_3 , Cl und SO_4 untersucht. Die Untersuchungsergebnisse wurden in Profilkurven dargestellt (Abb. 3-5).

Im Längsverlauf des Flusses treten charakteristische Unterschiede in der Konzentration der einzelnen Ionen auf. Die Profilkurven der zu verschiedenen Jahreszeiten (Juni und September 1952, März 1953) entnommenen Probenreihen verlaufen ähnlich. Die absolute Höhe der Ionenkonzentration ist abhängig vom Abfluß, wobei mit steigendem Abfluß die Ionenkonzentration abnimmt.

Die örtlichen Schwankungen in der Ionenkonzentration im Werralauf werden durch die Einmündung von Nebenflüssen oder auch durch versteckte Grundwasserzutritte hervorgerufen. Der Verlauf der Profilkurven der Ionengehalte läßt sich durch Vergleich mit den Gesteins- und Grundwasserverhältnissen des Einzugsgebietes verständlich machen. Im Bereich der oberen Werra spielt dabei eine Rolle, daß kristalline Gesteine und Ablagerungen des Rotliegenden, des mittleren und unteren Buntsandsteins (mit weichem Grundwasser) mit Sedimenten des Zechsteins, oberen Buntsandsteins und Muschelkalkes (mit hartem Grundwasser) lokal abwechselnd auftreten (Abb. 7).

Eine Übersicht über die Chloridgehalte der gesamten Werra einschließlich der abwasserbedingten Brackwasserzone gibt Abb. 6. Außerdem werden Analysendaten für die Werra und Nebenflüsse im heutigen Brackwassergebiet aus der Zeit vor der industriellen Versalzung angeführt.

Literatur

- HOPPE, W. — 1952 — Die hydrogeologischen Grundlagen der Wasserversorgung in Thüringen. G. Fischer, Jena.
- Jahrbuch für Gewässerkunde der DDR. Herg.: Meteorologischer und Hydrologischer Dienst der DDR.
- SCHMITZ, W. — 1950 — Der Wasserchemismus der Fulda unter besonderer Berücksichtigung der geologischen Einflüsse. Jber. Limnol. Flußstation Freudenthal 1, 28-36.
- SCHMITZ, W. — 1951 — Flammenphotometrische Analysenverfahren in der Wasseranalyse. Jber. Limnol. Flußstation Freudenthal 2, 45-59.
- SCHMITZ, W. — 1952 — Die Bestimmung von Säurebindungsvermögen, Kalzium und Magnesium im Wasser in einem Titrationsgang mit Dinatrium-äthylen-diamin-tetraacetat. Vom Wasser 19, 146-156.

- SCHMITZ, W. — 1956 — Der Mineralgehalt der Oberflächengewässer des Fulda-Eder-Flußgebietes. Ber. Limnol. Flußstation Freudenthal 7, 43-60.
- SCHMITZ, W. — 1956 a — Salzgehaltsschwankungen in der Werra und ihre fischereilichen Auswirkungen. Vom Wasser 23, 113-136.
- SCHEELE, M. — 1956 — Verbreitung und Ökologie der Kieselalgen der Werra mit besonderer Berücksichtigung der Halophyten. Arch. f. Hydrobiol. 51, 525-456.
- Standard methods for the examination of water and sewage, ninth ed. 1946, Amer. Publ. Health Ass.
- TJADEN — 1915 — Die Kaliindustrie und ihre Abwässer. Gebr. Borntraeger, Berlin.
- VOGEL, H. I. — 1913 — Die Abwässer in der Kaliindustrie. Gebr. Borntraeger, Berlin.

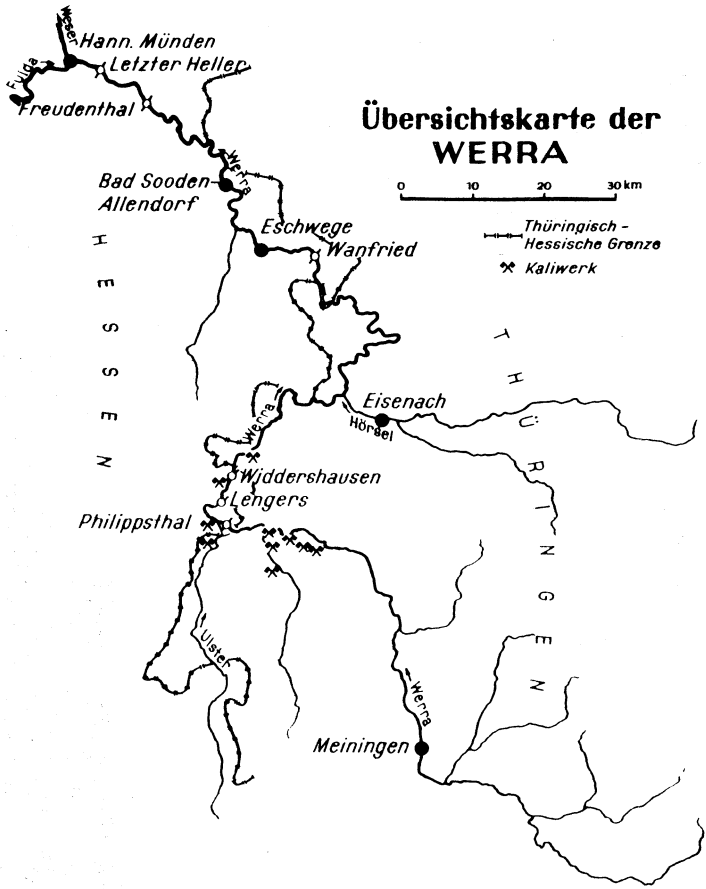


Abb. 1: Übersichtskarte der Werra.

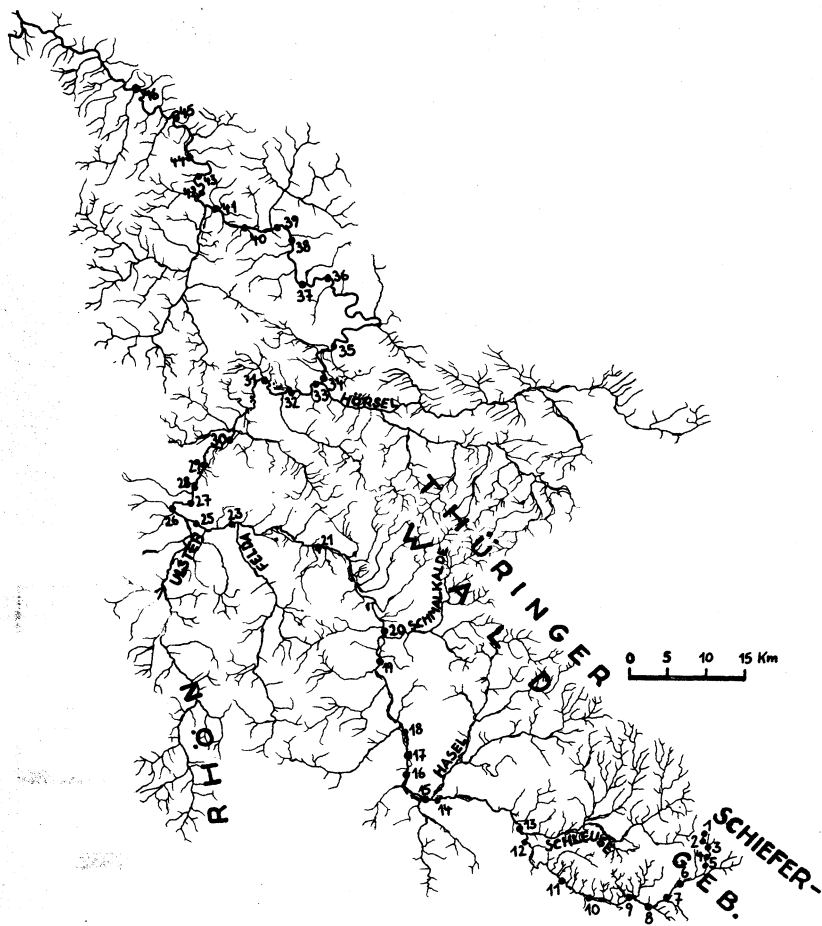


Abb. 2: Lage der Untersuchungsstationen.

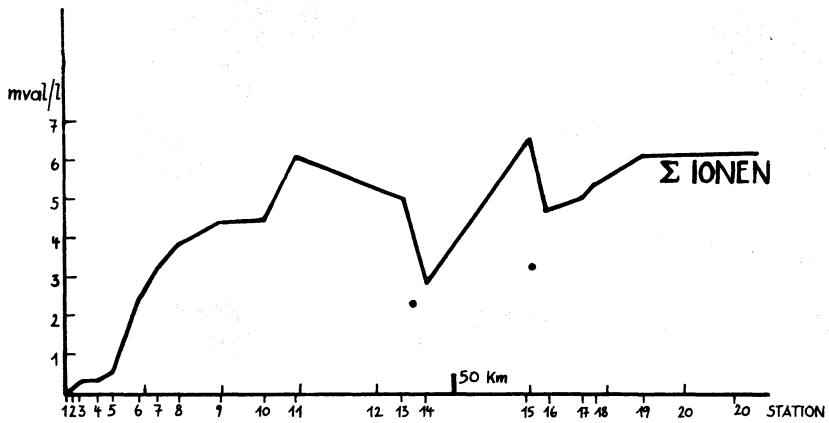


Abb. 3: Gesamtionen-Konzentration des Werrawassers im September 1952.

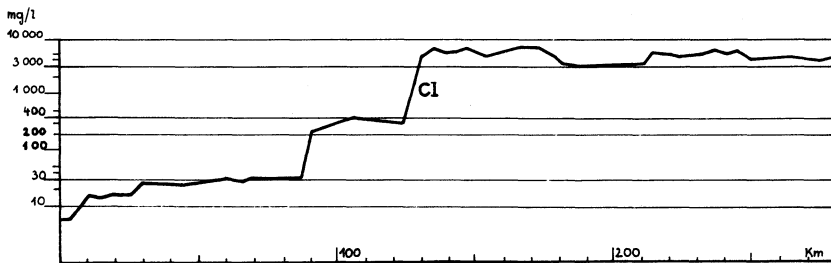


Abb. 6: Chlorid-Konzentrationen im Werrawasser im September 1952.

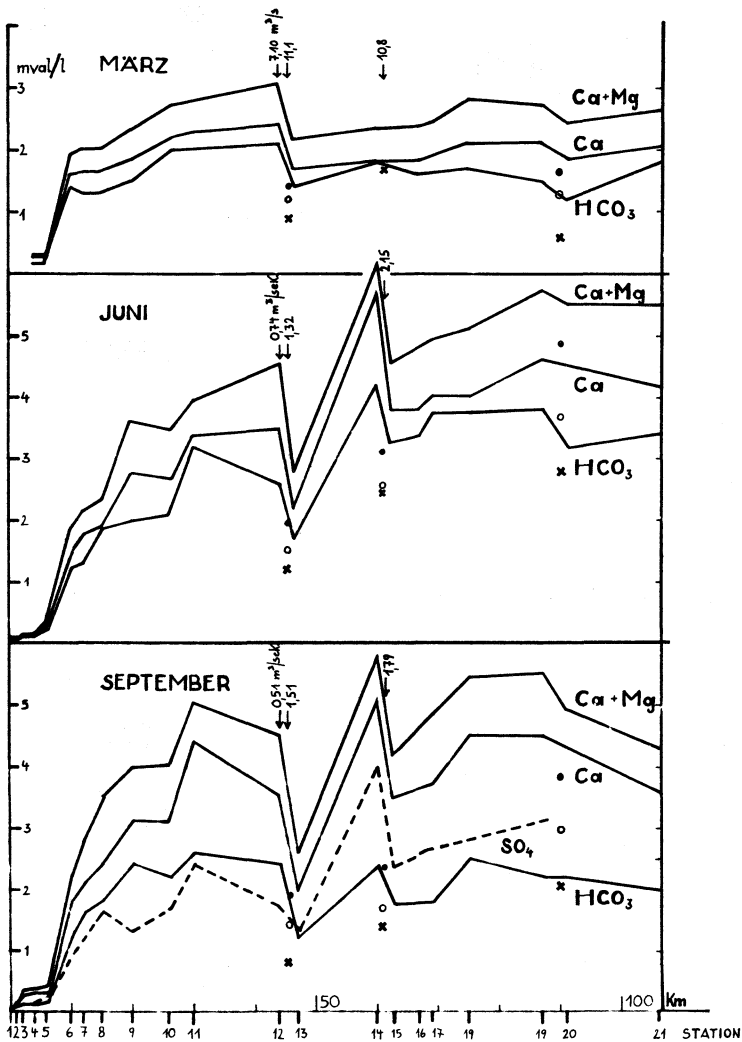


Abb. 4: Gesamthärte, Kalzium- und Hydrogenkarbonat- und Sulfat-Konzentrationen im Werrawasser 1952/53.

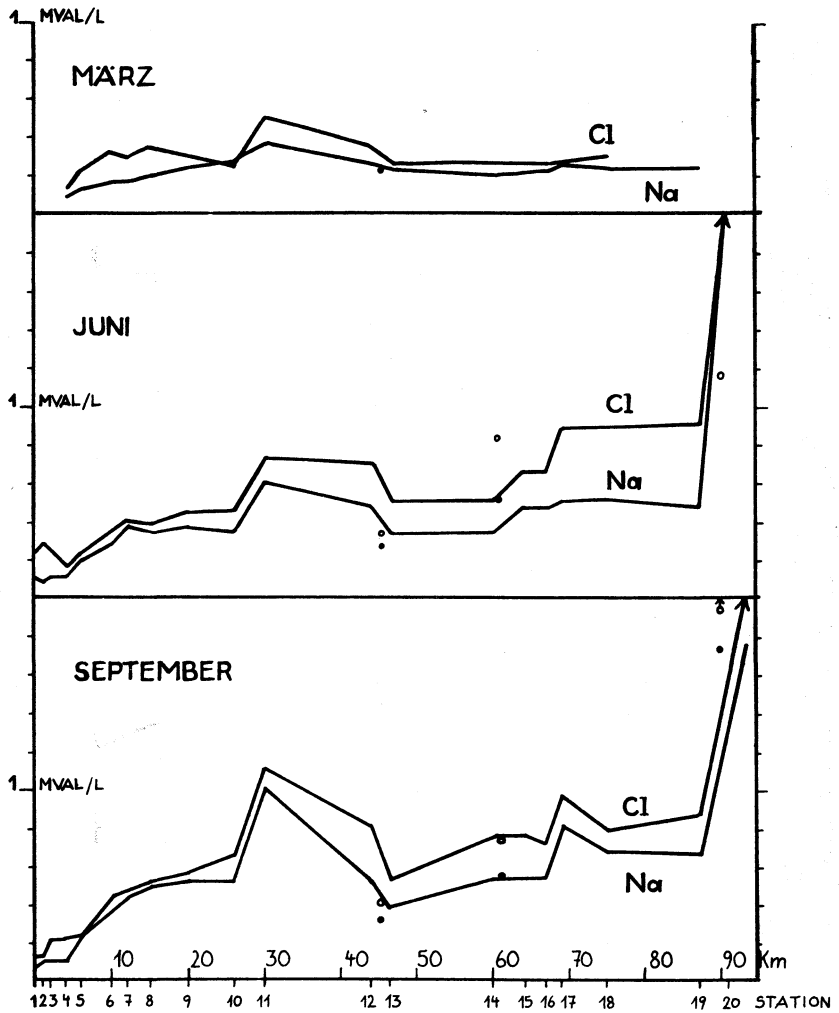


Abb. 5: Chlorid- und Natrium-Konzentrationen im Werrawasser 1952/53.

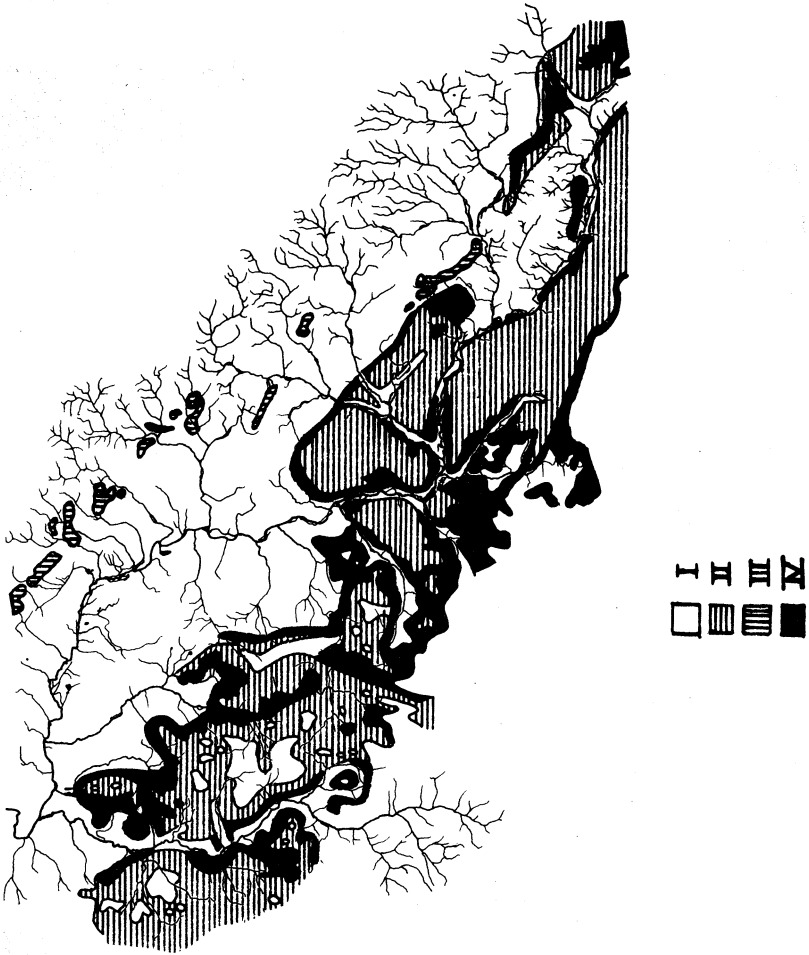


Abb. 7: Karte des Grundwasserchemismus im oberen Werragebiet (Grundlagen HOPPE 1952).

- I: Weiches Wasser (präpaläoz. Schiefer, Rotliegendes, mittlerer u. unterer Buntsandstein kristall. Gesteine).
- II: Hartes u. sehr hartes Wasser, vorwiegend Karbonathärte (Muschelkalk).
- III: Hartes u. sehr hartes Wasser, z. T. hohe bleibende Härte (Zechstein).
- IV: Hartes u. sehr hartes Wasser mit vorherrschend bleibender Härte (oberer Buntsandstein).

Beobachtungen an den Larven von *Crunoecia irrorata* CURT. (*Trichoptera*)

Von Werner Sattler

A. Einleitung

Die *Sericostomatidae* (*Trichoptera*), zu denen die Gattung *Crunoecia* gehört, zeichnen sich durch sehr unterschiedliche, z. T. hochentwickelte Larvengehäuse aus.

Nach UHLMANN (1932) kann man 3 Kategorien (Entwicklungsstufen) von Trichopterenbauten unterscheiden: 1. Baumaterial locker und unregelmäßig angeordnet (Primärstufe), 2. Bauteile lückenlos gefügt aber den Bau noch unregelmäßig überragend (Sekundärstufe) und 3. Bauteile regelmäßig zugeschnitten und angeordnet (Tertiärstufe), hierher gehören vor allem „Quadrat-“ und „Spiralbauten“. Mit der gesteigerten Spezifizierung des Bautyps, bei der sich meist eine Einschränkung der Pluripotenz (i. e. die Fähigkeit einer Art, verschiedene Baumaterialien verschieden zu verwenden) feststellen läßt, ist naturgemäß eine entsprechende Komplikation des Bauinstinkts gekoppelt.

„Quadratbauten“, d. h. 4-kantige Köcher mit quadratischem Querschnitt, stellen die *Sericostomatiden*-Gattungen *Lepidostoma*, *Brachycentrus* und *Crunoecia* her. Besonders die Bauten der letzteren, und zwar der älteren Larven vom 5. Stadium ab (*Cr. irrorata*), zeigen außerordentliches Regelmäß. Die Bauelemente bestehen meist aus dünnen Rindenstückchen, die mit erstaunlicher Akkuratess zugeschnitten und zusammengefügt sind. Jüngere Larven verfertigen einfache, konische Sandröhrchen.

Die hier mitgeteilten Beobachtungen beziehen sich in erster Linie auf die älteren Larven.

B. Material und Methodik

Das Tiermaterial, an dem ich meine Beobachtungen anstellte, entstammt einer kleinen Quelle bei Wetzlar an der Lahn. Die im Laufe des Oktobers gesammelten Larven befanden sich durchweg im Übergangsstadium von der Sand- zur Rindenbauweise (Abb. 1).

Die Bautätigkeit der kleinen Tiere läßt sich nur mit dem Mikroskop, also nicht im Freien, verfolgen. Ich hielt die Larven in Petrischalen, in die ein flacher rauher Stein gelegt und um den herum ein 3 cm hoher, fein durchlöcherter Ring aus Celluloidband aufgestellt war. Die Schalen wurden mit Paraffin ausgegossen, wodurch Schale, Stein und Ring zu einem einheitlichen, leicht zu handhabenden Behälter zusammengefügt waren. Aus einer Kapillare wurde Wasser über den Stein geleitet. Der Ring verhinderte ein Entweichen der Tiere. Erlenlaub und Rindenteile

dienten als Nahrung bzw. Baustoff. Auch getrocknete Daphnien und zerquetschte Ephemeropterenlarven wurden gefressen.

Die *Crunoecia*-Larven zählen zur „Fauna hygropetrica“, also einer Tiergruppe, deren ökologische Nische die Grenzschicht Wasser-Luft darstellt. Demgemäß hielten sie sich vorzugsweise an den überrieselten Steinen auf, wo sie leicht mittels eines darübergebauten Binokulars und von einer kleinen Lampe beleuchtet beobachtet werden konnten.

Die Temperatur des (ungechlorten) Leitungswassers, das ich benutzte, hielt sich um $+ 10^{\circ}\text{C}$.

C. Eigene Beobachtungen

I. Biotop

Die als Fundort der Larven erwähnte Quelle ist eine kleine Rheokrene und entspringt am Fuß eines nordwärts gewendeten, bewaldeten Abhangs. Das Quellrinnsal verläuft zunächst in einem etwa 0,5 m breiten und 1,5 m langen Bett fast horizontal; daran anschließend folgt eine Strecke stärkeren Gefälles, wo sich das Wasser tief in den lehmigen Talboden eingegraben hat.

Die *Crunoecia*-Larven sind hauptsächlich auf den ersten Abschnitt des Quellrinnsals beschränkt, der sich ferner durch sandigen Untergrund, bis faustgroße, z. T. über den Wasserspiegel ragende, Steine, viel Fallaub und Geäst, doch wenig Detritus auszeichnet; Wasserstand 2—5 cm; Wassertemperatur am 18. Jan. $+6,0$, am 18. Jul. $+9,0^{\circ}\text{C}$; PH am 27. Dez. 1957 6,9; Fließgeschwindigkeit (an der Oberfläche) 13 cm/sec.

Die Anfangsstrecke des Quellrinnsals ist von Gebüsch umgeben, das jedoch ca. 4 m unterhalb des Übergangs zur Gefällestrecke einer Talwiese Platz macht.

Die hygropetrischen *Crunoecia*-Larven sitzen in Wasserspiegellhöhe an den herausragenden Steinen, besonders zahlreich aber in den oberen Schichten des im Wasser liegenden Fallaubes, die, wenn auch oberhalb des Wasserspiegels befindlich, infolge Kapillarität stark durchnäßt sind.

Diese Lebensstätte teilen die *Crunoecien* mit den Larven von *Helodes* (*Coleopt.*, wahrscheinlich *H. minuta* L.); *Pericoma* (*Dipt.*, *Psychodidae*, 2 Arten, eine durch stärkere Behorung von der andern zu unterscheiden); *Orphnephila* (*Dipt.*, *Orphnephilidae*); *Dixa* (*Dipt.*, *Dixidae*, wahrscheinlich *Dixa maculata* MEIG.) und von *Berea* (*Trichopt.*). Mit Ausnahme von *Helodes* sind alle genannten Formen gleichfalls typische Vertreter der Fauna hygropetrica.

Submers sind folgende weiteren Vertreter der Quellbiozoenose anzutreffen: *Gammarus pulex* (L.); *Planaria gonocephala* DUG.; *Nais* (*Oligoch.*); Larven von *Nemoura* (*Plecopt.*); solche von *Culicoides* (*Dipt.*, *Ceratopogonidae*); *Tipula* (*Dipt.*, *Tipulidae*, 2 Arten, eine durch längere Behaarung der die Terminalstigmen umstellenden Zapfen von der andern zu unterscheiden); *Dicranota bimaculata* ZETT. (*Dipt.*, *Limnobiidae*); *Chironomidae*, u. a. der Gattung *Corynoneura* und von *Trichoptera* der Gattungen *Sericostoma* (*Sericostomatidae*) und *Stenophylax* (*Limnophilidae*).

II. Ernährung

Die *Crunoecia*-Larven ernähren sich in der freien Natur offenbar rein vegetabilisch, wenn sie auch in meinen Beobachtungsschalen tierische Nahrung annahmen. Die prall gefüllten Därme von 14 im Freien gefundenen Larven enthielten ausnahmslos bräunliche Pflanzenteile von auffallend konstanter Größe (ca. 0,1—0,2 mm im Durchmesser), ein Zeichen dafür, daß die Nahrung kleingekaut wird¹⁾. Mitunter waren auch größere, längliche Pflanzenteile dabei, die durch die Kautätigkeit geldrollenartig in kleine Abschnitte zerteilt waren, die aber noch aneinanderhingen. Ein beträchtlicher Anteil der Nahrung bestand aus verholztem Gewebe (zahlreiche Gefäß-Reste), das übrige aus Blattgewebe. Algen wurden keine gefunden. Mit der schweren Aufschlüsselbarkeit dieser Nahrung dürfte es zusammenhängen, daß der Darm der *Crunoecia*-Larven vergleichsweise sehr groß ist und nahezu die ganze Leibeshöhle ausfüllt.

Meist benagen die Larven die Holzteile und Blätter von der Fläche her, was ihnen durch die löffelförmige Gestalt ihrer 5-spitzigen Mandibeln ermöglicht wird (Abb. 2). Kleinere Nahrungsbrocken werden mit den Vorder- und Hinterbeinen festgehalten, während die Mittelbeine sie unausgesetzt betasten.

III. Lebensweise und Bauinstinkt

Sowohl im Freien wie in den Schalen bevorzugen die Larven solche Stellen, an denen die rieselnde Wasserschicht nicht dicker ist als der Köcherquerschnitt, d. h. der Köcher ragt gewöhnlich etwas über die Wasseroberfläche empor, wird jedoch noch von einer Wasserhaut überspannt. Trotz der beachtlichen Wasser (oberflächen)-Strömung, die an solchen Stellen herrschen und von der man sich durch aufgestreute Korkteilchen überzeugen kann, ist die Gefahr des Weggespültwerdens sehr gering: (nasse) Holzteilchen von gleicher Form und Größe wie die Köcher werden von der Oberflächenhaut fest ans Substrat gepreßt und verbleiben an derjenigen Stelle, an die man sie gelegt hat. Die Larven leben also sozusagen zwischen zwei Flächen eingeklemmt, einer unnachgiebigen, dem Substrat, und einer elastischen, der Oberflächenhaut.

Nichtsdestoweniger haben sie die bei vielen Trichopterenlarven festgestellte Gepflogenheit, beim Umherkriechen einen „Sicherungsfaden“ zu spannen. Während dieser aber beispielsweise bei *Hydropsyche* (*Hydropsychidae*) zickzackförmig am Substrat befestigt wird, also eine leiterartige Hilfsvorrichtung

¹⁾ Carnivore Trichopterenlarven verschlingen relativ große Beutetiere in toto.

für die Fortbewegung in starker Strömung darstellt, folgt er bei *Crunocia* einfach der unregelmäßigen Kriechbahn der übrigens recht trägen und wenig zum Umherkriechen neigenden Tiere. Offenbar wird er nur noch „pro forma“ gespannt.

Der in unregelmäßigen Abständen an den Untergrund geheftete Faden ist, selbst bei starker Vergrößerung, kaum zu sehen; deutlich wird sein Vorhandensein aber dann, wenn die Larve über lose Rindenteile u. dgl. hinweggekrochen ist: diese werden dann kleine Strecken von dem kriechenden Tier hinterhergezogen.

Die Trichopterenlarven produzieren das als Faden austretende Sekret in den paarigen Speicheldrüsen. Bei einigen *Polycentropidae* funktionieren diese anscheinend abwechselnd (ALM 1926), so daß einfache Fäden zustande kommen; bei *Hydropsyche* andererseits, wo beide Drüsen gleichzeitig funktionieren, stellt das ausgetretene Sekret einen deutlich erkennbaren Doppelfaden dar. Bei zahlreichen andern Formen arbeiten die Spinnrüsen zwar ebenfalls gleichzeitig, die produzierten Fäden aber lassen keine Zweiteiligkeit erkennen.

Die beiden Spinnrüsen von *Crunocia* liegen in je drei engen Schlingen längs des Darmes und sind von völlig gleichartiger Beschaffenheit. Das als Sicherungsfaden abgegebene Sekret scheint bei flüchtiger mikroskopischer Betrachtung einfache Fäden zu bilden. An den Festheftstellen jedoch, besonders nach Anfärbung (Haematoxin-Schnellmethode), erkennt man, da hier die Fäden etwas verbreitert sind, daß sie aus zwei Anteilen bestehen (Abb. 3); sonst ist von einer Zweiteiligkeit des dünnen Fadens (Durchmesser ca. $2\ \mu$) nichts zu erkennen. Ein besonderes, den Spinnfaden mit dem Substrat verbindendes Klebesekret, wie es bei andern Trichopterenlarven nachgewiesen wurde (BRICKENSTEIN 1955 u. a.), konnte nicht festgestellt werden.

Bei manchen Trichopterenlarven (z. B. *Leptocerus*, *Leptoceridae*) haben die langen Hinterbeine Tastfunktion. Bei *Crunocia* dienen die Mittelbeine diesem Zweck, bewerkstelligen jedoch auch fast ausschließlich die Fortbewegung. Zwischen dem gleichzeitigen oder abwechselnden Vorsetzen derselben wird fast stets mehrmals prüfend das Substrat betupft. Größere Objekte auf sonst glattem Grund werden, meist nach schreckhaftem Zurückziehen des Kopfes in den Köcher, durch rasche Tastbewegungen geprüft, bevor weitergekrochen wird. Nach völligem Rückzug ins Gehäuse auf sehr grobe Strömung hin werden vor dem Wiedererscheinen die Mittelbeine prüfend hervorgeschoben. Damit steht wohl in Zusammenhang, daß während des Zurückgezogeneins von den angewinkelten Extremitäten die Mittelbeine zuäuserst liegen, Vorder- und Hinterbeine aber mediad. Dies dürfte das Hervorschieben der Mittelbeine erleichtern.

Die Fortbewegung geht ruckweise vor sich, da nur die Mittelbeine den Körper vorwärts ziehen, Vorder- und Hinterbeine werden unregelmäßig nachgesetzt oder -geschleift. Außer im Augenblick des Vorwärtsziehens sind die

Mittelbeine ihrer Tastfunktion entsprechend stets weit vorwärts gestreckt; der Kopf ist während des Kriechens ventrad abgewinkelt, was wohl in Zusammenhang mit dem Auftragen des Sicherungsfadens auf den Untergrund steht (Abb. 1).

Der vierkantige Köcher der erwachsenen Larve ist 7—9 mm lang, vorn 1,7—2,0 mm und hinten 1,0—1,4 mm breit. Er verbreitert sich also, ebenso wie auch die glatte, gerade runde Sandröhre der jugendlichen Larve, nach vorne zu. Die Hinteröffnung beider Gehäuseformen ist mit einer Sekretmembran versehen, in deren Mitte sich ein kreisrundes oder ovales Loch befindet. Die Rindenbauelemente sind in Form eines Sechsecks, an dem zwei gegenüberliegende Seiten etwas länger als die übrigen sind, zugeschnitten. Sie werden zu dem vierseitigen Köcher zusammengefügt und zwar quer zur Körperlängsachse und derart, daß die Teile der Rücken- und Bauchfläche des Köchers einerseits und die der Lateralfächen andererseits auf gleicher Höhe sitzen; jedoch sind die Lateralfächen gegenüber Rücken- und Bauchfläche um eine halbe Bauteilbreite nach vorn verschoben und ragen demzufolge an der Mündung weiter vor. Ferner sitzen dadurch die Bauteile zweier aneinandergrenzender Flächen auf Luke, und die Köcherkanten verlaufen zickzackförmig (Abb. 4). Nur selten kommt es vor, daß eine Larve so im Köcher sitzt, daß die Gehäuseflächen mit den vorragenden Bauteilen dorsal und ventral liegen.

Aus dem Köcher vertrieben, zeigten die Larven sich nicht in der Lage, einen neuen zu bauen. Zwar lebten sie mehr als 3 Wochen, umgaben sich mit einem wirren Gespinst, starben aber schließlich. Da viele Trichopterenlarven ohne weiteres Ersatzköcher bauen können, ist anzunehmen, daß diese Unfähigkeit eine Folge der hohen Spezialisierung des Bauinstinktes, also eine Äußerung der damit verbundenen Pluripotenzeinschränkung, darstellt.

Phryganea-Larven (*Phryganeidae*) andererseits, deren „Spiralbauten“ gleichfalls der Tertiärstufe entsprechen, vermögen sehr wohl in der gleichen Situation von Grund auf einen neuen Köcher zu bauen und zwar sogar unter Verwendung fertig zugeschnittener Bauteile (Papierschnitzel), die 3 bis 4 mal so breit sind, wie die natürlichen (eigene Beobachtung).

Nach dem Übergang zur Rindenbauweise bricht i. d. R. der Sandabschnitt mit der Köcherverschlußmembran früher oder später weg. Die Larve befestigt dann den Köcher, indem sie von dessen Mündung zur Unterlage ein Fadenbündel spannt (das auch zu einem die Mündung verschließenden, lockeren Gespinst erweitert sein kann), wodurch das Gehäuse schräg oder senkrecht vom Untergrund absteht. Sodann dreht sie sich in der Köcherröhre um und beginnt vom Rande der Hinteröffnung aus zentripetal eine neue Sekretmembran einzubauen, deren konzentrische Fadenanordnung sie durch pendelnde, etwa 45° umfassende, seitliche Kopfbewegungen bewirkt, wobei die neuen Fäden genau auf die Kante der jeweils fertiggestellten Membranfläche aufgetragen werden. Von Zeit zu Zeit wird auch der übrige Körper um seine Längsachse gedreht. So wächst die Membran wie eine sich schließende Irisblende langsam zu. Ist die Öffnung schließlich so eng geworden, daß das

Tier mit der Stirn den Rand derselben berührt, so stellt es seine Arbeit ein, dreht sich um und durchnagt das Fadenbündel an der Köchermündung. Das Herstellen der Verschlusmembran erfordert 1—2 Stunden. Durch ihren Einbau werden die hintersten Bauteile der dorsalen und ventralen Köcherfläche gewöhnlich schräg nach innen gezogen (Abb. 4).

Trotz des O₂-reichen Milieus führen die *Crunoecia*-Larven die wohl bei sämtlichen Trichopteren üblichen dorsoventralen Respirationsschwingungen mit dem Abdomen aus, die in erster Linie dazu dienen, Wasser durch den Köcher zu treiben. Beiläufig werden auch die Exkremente aus der hinteren Köcheröffnung ausgestoßen. Die langen Borsten am Hinterende des Tieres fahren bei den Bewegungen kreuz und quer in der Öffnung umher und verhindern so ein Verstopfen.

Meist ist nach dem Abbrechen des Hinterteils der Köcher zu kurz geworden. Die Larve muß vorne neu anbauen; dazu verfährt sie folgendermaßen:

Sie kriecht umher, immer mit den Mittelbeinen die Umgebung abtastend, bis sie auf ein größeres Stück Rinde stößt und klammert sich an dessen Rand derart fest, daß der Köcher ungefähr rechtwinklig dazu steht. Unter abwechselndem Abbiegen des ventrad angewinkelten Kopfes nach rechts und links beginnt die Larve nun mit ihren löffelförmigen Mandibeln eine bogenförmige Rinne in das Rindenstück zu nagen. Die abgebissenen Holzteile werden von Zeit zu Zeit mit vorgestrecktem Kopf und weit auseinandergesperren Mandibeln der Strömung preisgegeben; ob auch welche gefressen werden, sei dahingestellt. Offenbar werden zum Ausnagen der Rinne solche Stellen ausgesucht, an denen das Rindenstück einen rundlichen Vorsprung hat, so daß, wenn bei entsprechender Tiefe der Rinne der Vorsprung abbricht, ein Roh-Bauelement mit annähernd elliptischem Umriß entsteht (Abb. 5).

Maßgebend für die Größe der Bauelemente ist der Abstand der Mandibelspitzen vom (im Prothorax gelegenen) Drehpunkt des Körpervorderendes beim Ausnagen der Rinne. In Abb. 6 sind die Krümmungsgrade von jeweils 7 Rinne gegenübergestellt, deren Herstellungstermine etwa 1¹/₂ Monate auseinanderliegen. Das während dieser Periode erfolgte Larvenwachstum bedingte die Vergrößerung der zu den jeweiligen Kreisbogenausschnitten gehörenden Radien (Verhältniszahlen). Für die Größe der Bauteile, mithin für den Breitenzuwachs des Köchers, ist demnach das Längenwachstum des Tieres maßgebend.

Die normale Extremitätenstellung der Larve eignet sich gut zum Ergreifen des Rindenovals. Die hakenartigen Vorderbeine erfassen dessen vorne liegende schwach gebogene Längskante, die Mittel- und Hinterbeine die seitlichen Schmalkanten vor bzw. hinter der stärksten Krümmung (Abb. 7 a). Dies ist die Ausgangsstellung zu der nun einsetzenden Arbeit des Zuschneidens. Da sämtliche Extremitäten zum Handhaben des Bauteils benötigt werden, befestigt sich das Tier auf ähnliche Weise am Untergrund wie bei der Herstellung der Verschlusmembran. Beim Begradigen der Kurven des Roh-Bauteils verläuft stets die Transversalachse des Kopfes parallel zur Bauteil-

kante und nicht, wie man wegen des seitwärtigen Bewegungsmodus der Mandibeln annehmen möchte, senkrecht dazu. Die Larve braucht also während der Arbeit das Rindenstück niemals umzuklappen, sie dreht es immer nur in der gleichen Ebene.

Zunächst erhebt sich die Frage, wie die Larve dem elliptischen Rindenstück die Form des länglichen Sechsecks zu geben vermag. Optische Kontrolle des Zuschneidens scheidet aus: Erstens ist das Sehvermögen der Trichopterenlarven ohnehin gering (sie besitzen nur einfache Stemmata), und zweitens befindet sich das Rindenstück während der Bearbeitung stets so dicht vor den Sehorganen, daß das Tier, selbst bei gutem Sehvermögen, es unmöglich als ganzes überblicken könnte. Es bleibt also nur der Tastsinn.

Um die beiden längeren Seiten des Sechsecks herzustellen, faßt die Larve in der beschriebenen Weise das Rindenoval und benagt (vornehmlich) die Mittelpartie der vorne liegenden Längskante (deren Seitenpartien weniger, weil ihr da die eigenen Vorderbeine im Wege sind), bis die Biegung sich allmählich einer Geraden nähert. Die gegenüberliegende Längskante wird währenddessen auf die Köchermündung aufgestützt (Abb. 7a). Nach einer Weile dreht die Larve das Bauteil um 180° herum, stützt die bearbeitete Kante auf die Köchermündung auf und beginnt, die andere Längskante des Ovals zu begradigen. Von Zeit zu Zeit jedoch hält sie inne und führt mit dem Bauteil eine schaukelnde Bewegung aus, wie sie in Abb. 7a durch die Pfeile angedeutet ist. Dabei bleiben die rückwärtige Kante des in Bearbeitung befindlichen und die Vorderkante des Bauteils an der Köchermündung in Kontakt. Je nach der evtl. noch vorhandenen Krümmung der rückwärtigen Kante des neuen Bauteils bewegt sich diese dann auf der (geraden) Vorderkante desjenigen an der Köchermündung wie die Kufe eines Schaukelstuhls auf dem Fußboden. Zweifellos dient das Aufstützen und die Bewegung dazu, die Parallelität der beiden längeren Sechseckseiten zu kontrollieren; das Hin- und Herschaukeln obendrein der Feststellung, ob die aufgestützte Kante bereits geradlinig oder noch gebogen ist. Im letzteren Fall wird das Bauteil wieder herumgedreht und die betreffende Kante erneut bearbeitet.

Nun müssen an den stark gekrümmten Schmalseiten des Ovals die winkelig zueinander liegenden Geraden angebracht werden. Dazu dreht die Larve das Bauteil so, daß seine Längsachse parallel zu der des Körpers verläuft. Es wird dabei, wie in Abb. 7b gezeigt, mit den Extremitäten erfaßt. Ein Vorderbein ergreift den Rand in der Mitte der stärksten Krümmung, das andere am Beginn eines der bereits begradigten langen Abschnitte. Unter Abbiegen des Kopfes nach rechts bzw. links wird der jeweils zwischen den Vorderbeinen befindliche Rand solange benagt, bis dessen Krümmung ungefähr begradigt ist.

Es muß vermerkt werden, daß die zweifache Begradigung dieser künftigen Seitenpartien des Bauelementes i. d. R. nicht so vollkommen ist wie diejenige

des Vorder- und Hinterrandes. Oft ist davon kaum etwas zu bemerken, und die Seitenpartien sehen nicht viel anders aus als am unbearbeiteten Bauteil. Diese Ungenauigkeit wird dadurch verständlich, daß die Larve hier sozusagen „aus freier Hand“ arbeitet, während sie bei der Begradigung von Vorder- und Hinterkante, wie wir sahen, den bereits vorhandenen Köcher als eine Hilfsvorrichtung — quasi als „Meßwerkzeug“ — benutzte.

Im folgenden Arbeitsgang wird auf der künftigen Innenfläche des Bauteils eine Konkavität eingenagt. Dazu erfaßt die Larve in der Grundstellung das also nunmehr länglich-hexagonale Bauteil und benagt seine körperwärts liegende Fläche unter kreisenden, seitlichen und vor- und rückwärtigen Kopfbewegungen. Die größte Eintiefung kommt in die Mitte zu liegen, weil die Larve beim Ausnagen weniger oft an die Seitenteile heranreicht, da sie hier mit den Wangen an ihre Extremitäten stößt. Diese Aushöhlung der Bauteile bedingt das im Querschnitt annähernd kreisförmige Köcherlumen. Ein besonderes Zuschragen der Seitenränder in radialer Richtung zum Köcherlumen, von dem NIELSEN (1942) auf Grund von Köcheruntersuchungen spricht, habe ich nicht beobachten können²⁾.

Somit hat das Rindenstück seine endgültige Form erhalten und muß nun noch der Köchermündung angefügt werden. Dazu stützt die Larve, ebenso wie beim Begradigen der langen Kanten, das Bauteil auf die Köchermündung, zieht den Kopf zurück und füllt zunächst die schmale Lücke zwischen dem neuen Bauteil und der Köchermündung mit einem dichten Fadenwerk aus. Dann wird das bis dahin etwas schräg nach außen abstehende Bauteil (Abb. 7 c) herangezogen und an den Seiten gleicherweise befestigt. Damit ist es in seiner endgültigen Lage, und die Larve beginnt unter pendelnden Kopfbewegungen den neuen Bezirk ihrer Köcherwandung mit einer Sekrettapete zu versehen, die an das erwähnte Gespinstwerk in den Lücken anschließt. Die geschlossen die gesamte Innenwand des Gehäuses überziehende Tapete ist innen völlig glatt; präpariert man jedoch die Bauteile vorsichtig ab, so erkennt man, daß das Gespinstrohr außen mit rippenartigen Erhöhungen bedeckt ist, die genau das Sechseckmuster der Bauteile wiedergeben. Dies ergibt sich aus der erwähnten Ausfüllung der Lücken mit Gespinst. Zum Schluß wird das die Larve am Unterrand verankernde Fadenbündel durchbissen.

Die Herstellung und der Einbau eines neuen Bauelements beanspruchen mehrere Stunden.

²⁾ Die von WESENBERG-LUND (1943) geäußerte Annahme (*Crunoecia* und *Phryganea* betreffend): „... Ich kann mir nichts anderes denken, als daß genaue Untersuchungen früher oder später zeigen werden, daß die Länge der Stücke von dem Winkel zwischen Kopf und Prosternum bestimmt wird“, erweist sich durch die geschilderten Beobachtungen als prinzipiell richtig. Die vom gleichen Autor vermutete Mitwirkung des bei einer Anzahl Trichopterenlarven auftretenden „Prosternalhornes“ als Maßstab beim Gehäusebau kann ich indessen für *Crunoecia* nicht bestätigen.

Soweit die normalen Vorgänge. —

Gewisse Abnormitäten zeigen, daß die als Folge der hochspezifizierten Bauweise zu wertende Einschränkung der Pluripotenz, für die ja, wie wir sahen, Anhaltspunkte gegeben sind, allerdings noch nicht zu einer völligen „Unipotenz“ fortgeschritten ist: die Larven vermögen nach dem Wechsel von der Sand- zur Rindenbauweise ohne weiteres wieder zur Sandbauweise überzugehen, wenn man sie in Schalen mit Sanduntergrund und wenig Rindenteilen setzt. Dann können Köcher entstehen, die aus abwechselnden Sand- und Rindenzonen zusammengesetzt sind (Abb. 8); stehen zahlreiche Rindenteile zur Verfügung, so werden diese aber eindeutig bevorzugt („Prävalenz“). Jedoch vermögen die Larven weder Grashalme oder weiche Laubteile noch Papier zu verwenden (letzteres auch dann nicht, wenn es in Bauteilgröße und -form zugeschnitten wurde, vgl. dagegen *Phryganea*, s. o!). Der Bauinstinkt von *Crunoecia* zeigt also, trotz seiner komplizierten Ausprägung, noch eine gewisse Plastizität, die freilich bedeutend geringer ist als bei zahlreichen andern Trichopterenlarven (z. B. *Limnophilidae*; UHLMANN, 1923, 1924, 1932).

An den Köchern, bei welchen zwischen zwei Rindenabschnitte eine längere Sandzone eingeschaltet wurde, fällt auf, daß die vier Flächen des vorderen Rindenabschnittes genau parallel zu denen des hinteren verlaufen. Diese — zunächst etwas verblüffende — Tatsache erklärt sich wohl einfach dadurch, daß beim Umherkriechen des Tieres ja eine der vier Flächen der hinteren Rindenzone dem Untergrund flach aufliegt, und daß es demzufolge auch eine bestimmte Lage in dem innen runden Köcher einzunehmen gezwungen ist, welche bewirkt, daß das erste neue Rindenstück an der richtigen Stelle der kreisrunden Sandmündung angebaut wird.

Zusammenfassung

Der Biotop der hygropetrischen Larven wird beschrieben.

Darmuntersuchungen ergaben, daß die natürliche Nahrung aus dem Gewebe (auch verholztem) höherer Pflanzen besteht, das sorgfältig kleingekaut wird. Die Mandibeln lassen Anpassungen an die Ernährungsweise erkennen.

Die Larve spinnt beim Umherkriechen einen unregelmäßigen „Sicherungsfaden“, der an den Anheftestellen Zweiteiligkeit erkennen läßt. Die langen Mittelbeine haben Tastfunktion, gleichzeitig bewerkstelligen sie die Fortbewegung. Das Herstellen der Köcherverschlußmembranen und das Zuschneiden der vegetabilischen, länglich-hexagonalen Bauteile und ihr Anfügen an den Köcher werden eingehend beschrieben. Es stellte sich u. a. heraus, daß zunächst aus größeren Rindenstücken kleine elliptische Teile herausgenagt werden, für deren Länge der Abstand der Mandibelspitzen vom Prothorax maßgebend ist. Die Parallelität der beiden längeren Sechseckkanten und deren Geradlinigkeit kontrolliert die Larve durch bestimmte mit dem Bauteil

ausgeführte Bewegungen, wobei der Köcher als eine Art Meßwerkzeug benutzt wird. Bei der zweifachen Begradigung der Seitenpartien des Bauteils spielt der Normalabstand der Vorderbeine voneinander eine Rolle. Der Bauinstinkt zeigt trotz der hochspezifizierten Bauweise noch eine gewisse Plastizität.

Literatur

- ALM, G. — 1926 — Beiträge zur Kenntnis der netzspinnenden Trichopterenlarven in Schweden. Int. Rev. Hydrobiol., Bd. 14, S. 233-275.
- BRICKENSTEIN, Caroline — 1955 — Über den Netzbau der Larve von *Neureclipsis bimaculata* L.. Abh. Bayr. Acad. Wiss., Math.-naturw. Klasse, H. 69, S. 1-44.
- NIELSEN, A. — 1942 — Über die Entwicklung und Biologie der Trichopteren mit besonderer Berücksichtigung der Quelltrichopteren Himmerlands. Arch. Hydrobiol., Suppl.-Bd. XVII, S. 255-631.
- ROUSSEAU, E. — 1921 — Les larves et nymphes aquatiques des insectes d'Europe. Bruxelles.
- UHLMANN, E. — 1923 — Genotypisches und Phänotypisches bei Insektenbauten. Verh. Dtsch. Zool. Ges., Bd. 28, S. 44-46.
- UHLMANN, E. — 1924 — Über Pluripotenz, Spezifikation und Entwicklungsbahnen im Bauinstinkt der Trichopterenlarven. Verh. Dtsch. Zool. Ges., Bd. 29, S. 99-102.
- UHLMANN, E. — 1932 — Instinkt und Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung des Bauinstinkts der Trichopterenlarven. Jena Z. Naturw., Bd. 67.
- ULMER, G. — 1909 — *Trichoptera* (in BRAUER: Die Süßwasserfauna Deutschlands). Jena.
- ULMER, G. — 1925 — *Trichoptera* (in SCHULZE: Biologie der Tiere Deutschlands). Berlin.
- WESENBERG-LUND, C. — 1943 — Biologie der Süßwasserinsekten. Berlin-Wien.

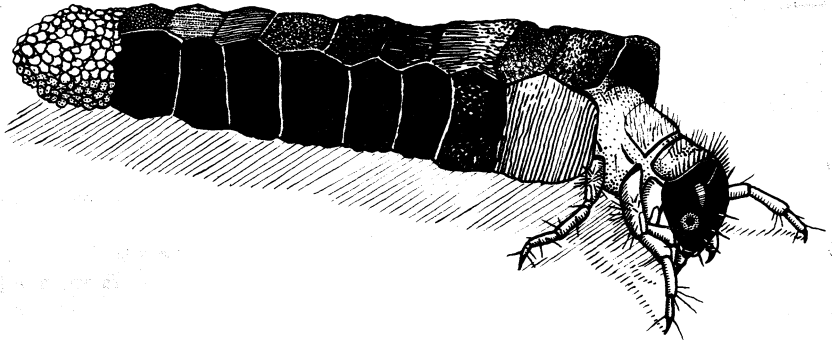


Abb. 1: Kriechende Larve; Vorderbeine unter dem ventrad angewinkelten Kopf eng angezogen, Mittelbeine weit vorgestreckt; Köcherhinterende aus Sand.

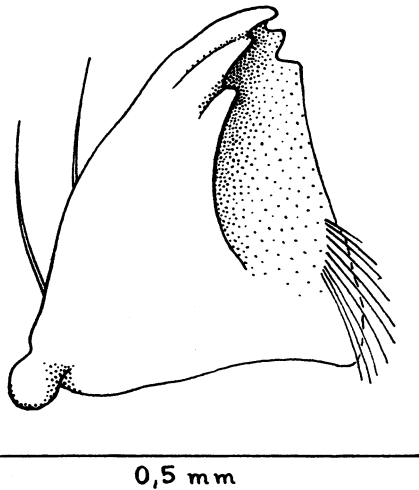


Abb. 2: Rechte Mandibel; Schrägaufsicht auf die Innenseite.

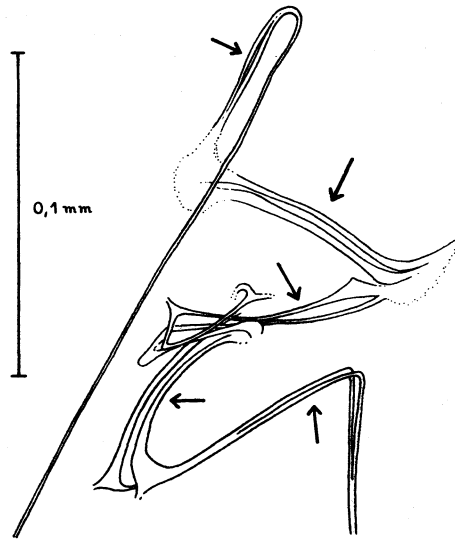


Abb. 3: Anheftstellen eines Spinnfadens; die Pfeile weisen auf die Stellen hin, an denen seine 2-Teiligkeit deutlich zu erkennen ist.

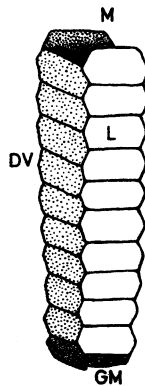


Abb. 4: Halbschematische Darstellung eines Rindenköchers; DV: Dorsal- bzw. Ventralfläche, GM: konvex vorgewölbte Gespinstmembran am Köcherhinterende, L: Lateralfäche, M: Köchermündung.

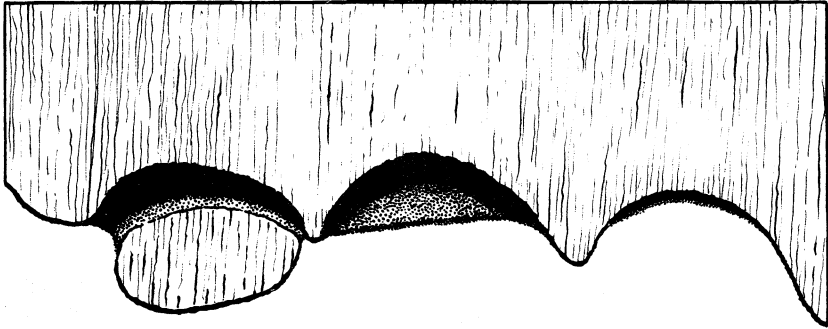


Abb. 5: Ausschnitt eines Rindenstückes, aus dessen Rand drei Bauteile, zwei ganz und eines halb, herausgenagt worden sind.

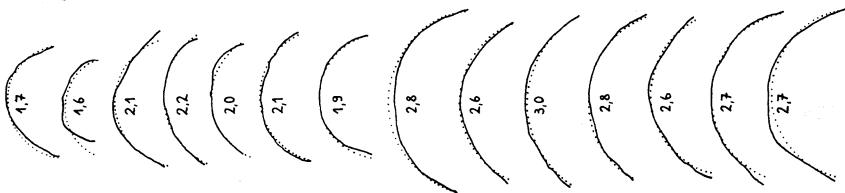


Abb. 6: Krümmungsgrade von 14 Rinnen, die beim Herausnagen von Bauteilen aus Rindenstücken entstanden sind; der Herstellungstermin der 7 oberen liegt $1\frac{1}{2}$ Monate früher als der der 7 unteren; Zahlen: zugehörige Radien (Verhältniszahlen), die gestrichelten Kreisabschnitte entsprechen den angegebenen Zahlen.

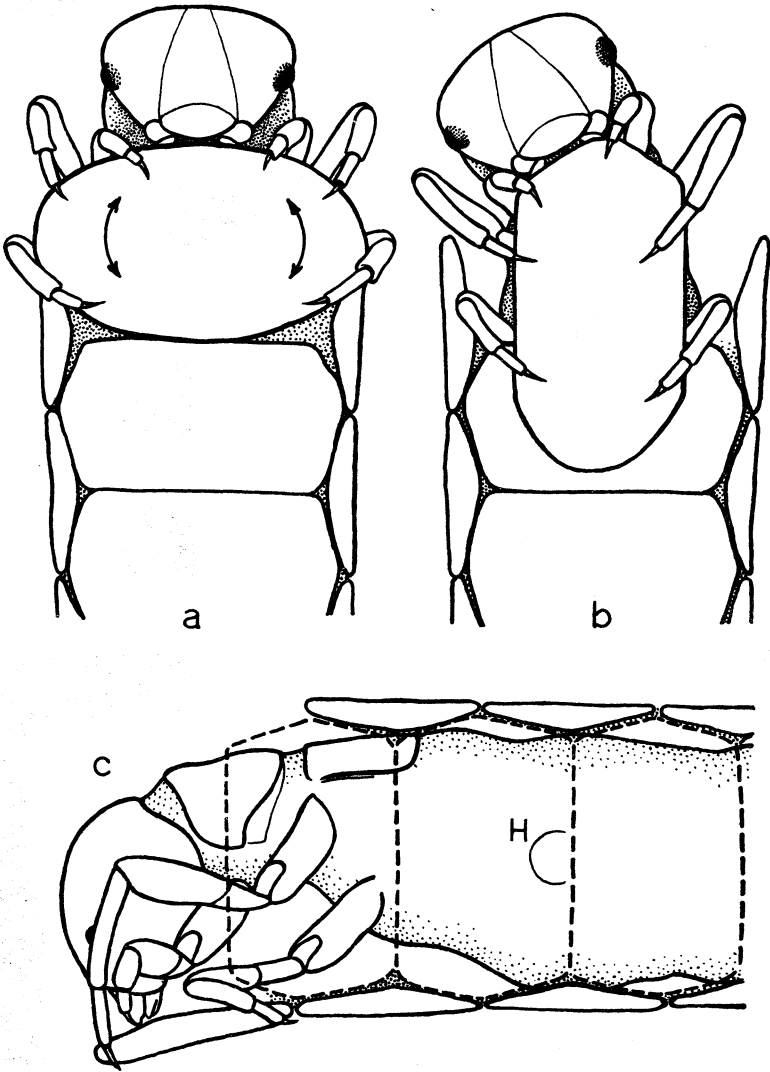


Abb. 7: Larve beim Zuschneiden und Anfügen eines neuen Bauelementes; a und b: Ventral-, c: Lateralansicht; Behorstung weggelassen; etwas schematisiert; die in c gestrichelt angedeuteten Bauteile der Seitenfläche des Köchers sind durchsichtig gedacht; H: Höcker zum Festhalten des Köchers (nähere Erläuterungen im Text).

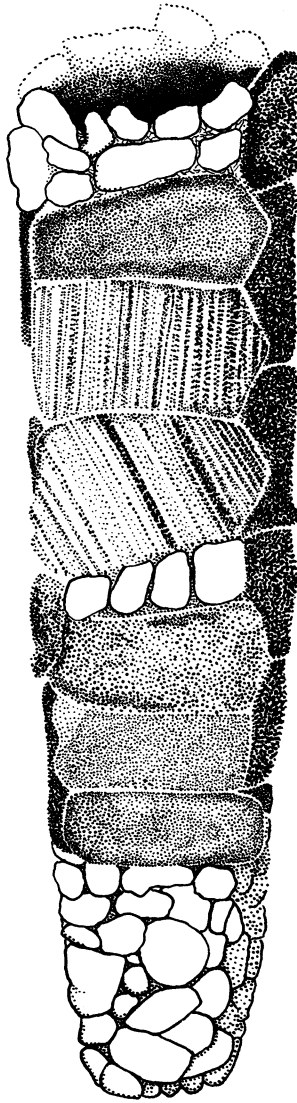


Abb. 8: Köcher mit abwechselnden Rinden- und Sandzonen (im ganzen relativ unregelmäßig).

Zur Biologie des Junglachs (*Salmo salar* L.) im Stora und Lilla Lule Älv*

Von Karl Müller

Vorwort

Die drei nördlichsten schwedischen Ströme Lule Älv, Kalix Älv und Torne Älv gehören heute zu den reichsten lachsführenden Flüssen Europas. Ihre ausgedehnten Laich- und Aufwuchsgebiete für Lachse stellen zu einem wesentlichen Teil die Basis des stark intensivierten Lachsfanges in der Ostsee dar, an dem alle Anliegerstaaten beteiligt sind. Die teilweise abgeschlossene oder vor dem Abschluß stehende Regulierung der mittelschwedischen Ströme (Dale Älv, Indalsälv, Ljungan, Ljusnan Ängerman Älv, Ume Älv, Skellefte Älv) bedingt, daß wir in den drei nördlichsten Strömen das letzte Refugium der natürlichen Reproduktion des Lachs in Schweden haben. Und dies gilt für den nördlichen Arm des Lule Älv Systems, den Stora Lule Älv, nach dem Bau eines großen Speichermagazins (Suorva) und der Anlage dreier hintereinandergeschalteter Stauseen (Porjus, Harsprånget und Ligga) nur noch bedingt. Die weitere Ausbauplanung sieht im Lule Älv den Bau einer Serie großer, im Gebirge und in der Waldregion liegender Wassermagazine und Kraftstationen vor (Peuraure, Karats, Saggat, Purkijaure, Sitojaure, Tjaktja-joure, Skalka, Randijaure, Vaikijaure, Letsi, Porsi, Messaure, Edefors und Boden). Damit wird zwar der Lule Älv zum größten Stromproduzenten Schwedens, gleichzeitig aber verliert er damit völlig seine Bedeutung als Gebiet natürlicher Reproduktionsmöglichkeit für den Lachs. Die im Folgenden vorgelegten Untersuchungsergebnisse der Jahre 1955 bis 1957 können somit gewissermaßen nur noch als ein Nekrolog auf den Lachs in diesem Flußgebiet angesehen werden.

1. Das Vorkommen und die Verbreitung des Lachs im Lule Älv.

In Abb. 1 sind Wanderweg und oberste Verbreitungsgrenze des Lachs im Lule Älv eingetragen. Letztere ist heute im Stora Lule Älv durch den Staudamm bei Ligga gegeben, im Lilla Lule Älv durch den Akatjfallat unweit der Ortschaft Jokkmokk (vgl. Abb. 7). LUNDBERG (1888) vertrat die Ansicht, daß der Lachs diesen Fall übersteigt und durch die Seen Vaikijaure und Purkijaure in den Pärälven aufsteigt. ROSÉN (1918) gab an, daß dieser Wanderweg nur sporadisch vom Lachs gewählt würde. Wenn es auch nicht unmöglich sein mag, daß der Lachs bei sehr günstigem Wasserstand die Strom-

* Die Untersuchungen wurden mit Mitteln des Kempeka Fonden, Knut und Alice Wallenbergs Stiftelse, Mitteln der Königl. Schwed. Fischereiverwaltung und der Landwirtschaftskammer der Provinz Norrbotten durchgeführt.

schnelle passieren kann, so erscheint es mir doch sicher, daß er in der Regel diesen Fall nicht überwindet. Da sich die Angaben beider Autoren auf Aussagen der ortsansässigen Bevölkerung beziehen, vermute ich eine Verwechslung zwischen Lachs und der in den genannten Seen zahlreich vorkommenden Seeforelle (*Salmo trutta*, var. *lacustris*).

Der Aufstieg des laichreifen Lachses beginnt nach unseren Beobachtungen Mitte bis Ende Juni. LUNDBERG (1883) gab für die nahe der Küste gelegene Lachsfischerei von Svartö über die Zeitspanne von 1804 bis 1880 Daten über den Lachsaufstieg. In der Regel beginnt danach der Aufstieg in der zweiten Junihälfte und setzt sich fort bis etwa Mitte August. Die Masse der zu den Hauptlaichgebieten aufsteigenden Lachse passiert, wie wir beobachteten, Ende Juli bis Anfang August die Stromschnelle bei Porsi, dem Zusammenfluß des Stora und Lilla Lule Älv.

Je nach den Temperaturverhältnissen beginnt das Laichen früher oder später im Monat Oktober. So konnten wir im Jahre 1955 am 10. Oktober im Stora Lule Älv im unteren Abschnitt des Tuoraforsen laichende Lachse beobachten. 1954 war aber am 8. November bei Sjöllerim im Lilla Lule Älv das Laichen noch nicht abgeschlossen. Nach unseren verschiedenen Beobachtungen liegt die Laichzeit des Lachses in der Regel zwischen Mitte Oktober und Mitte November mit einem Schwerpunkt um den Monatswechsel.

2. Der Lachsfang im Lule Älv.

Der Fang des Lachses erfolgt in der Hauptsache in einer Serie stationärer Fanganordnungen, sogenannten Karsinapata-Fischereien, die finnischen Ursprungs sind. Diese Fangmethode beschränkt sich auf den Unterlauf des Flusses. Im Lule Älv ist die oberste dieser Anlagen bei Bredåker, etwas unterhalb der Einmündung des Nebenflusses Flarkån (siehe Abb. 1). In der Abb. 2 ist eine solche Fanganordnung skizziert. Von einem Ufer her wird ein enger Holzzaun zur Mitte des Flusses geführt, daran schließt sich ein rechteckiger Holzzaun mit einer Eingangsöffnung, die gegen die Flußmündung weist, an. Im Prinzip nutzt diese Fanganordnung das rheotaktische Verhalten des Lachses aus, der auf seiner Laichwanderung immer bestrebt ist, gegen den Strom zu schwimmen. Durch die Sperre des zum Ufer führenden Holzzaunes in seiner Wanderung gehindert, versucht er das Hindernis zu umgehen und gelangt dabei in den rechteckigen Teil der Anlage, aus dem er auf Grund der positiv rheotaktischen Reaktion nicht mehr entweichen kann. Aus diesem Teil der Fanganordnung wird er dann mit besonderen Netzen gefangen.

Die weitaus effektivste Lachsfanganlage dieses Prinzips liegt in der Stromschnelle Edefors (Abb. 4). Diese Stromschnelle bietet dem Lachs ein starkes Hindernis beim Aufstieg, er ist deshalb, besonders bei höherem Wasserstand,

gezwungen, die Uferregion für seine Aufwärtswanderung zu benutzen. Man hat darum von beiden Ufern aus Fanganordnungen gebaut, in denen man ebenfalls unter Ausnutzung der rheotaktischen Reaktion den Fisch in besonders konstruierten Kammern fängt.

Oberhalb Edefors erfolgt der Fang nur noch mit besonderen Lachsnetzen (Laxnot), die von zwei Booten über den Grund gezogen werden. Diese Art des Fanges bringt nur einen Bruchteil der Fangresultate der stationären Anlagen. — Unweit der Ortschaft Sarkavaara konnte ich im Stora Lule Älv noch sogenannten Laxtinor beobachten. Dies sind einfache Weidenkörbe mit einer Kehle, die in Stromschnellen auf dreibeinigen Böcken ausgelegt werden. Der in früheren Zeiten weitverbreitete Lachsfang mit Fischgabeln (sogenannten Ljuster, siehe Abb. 3) ist heute eigentlich verboten, wird aber noch in geringem Umfange durchgeführt. Bei Nacht beleuchtete man mit Kienfackeln oder Karbidlampen den Flußboden. Wenn sich kurz vor der Laichzeit die Lachse unweit ihrer Laichgebiete sammeln und eine Art „Ruhestellung“ hinter großen Steinen einnehmen, konnten auf diese Weise viele Lachse gefangen werden. In den Stillwasserzonen des Stora Lule Älv — Suobbatsel und Tuorasel — konnte ich gelegentlich diese altertümliche Fangweise noch beobachten (Oktober 1954, 1956).

Um einen Eindruck von Bedeutung und Ausmaß des Lachsfanges im Lule Älv zu geben, sollen im Folgenden die Lachsfänge der Jahre 1945 bis 1955 für den Lule Älv und das Schärengebiet vor der Mündung des Flusses mitgeteilt werden. (Die Angaben sind der Statistik der Landwirtschaftskammer und des Fischereidezernats der Provinz Norrbotten entnommen.)

Lachsfänge in kg			
Jahr	Lule Älv	Schärengebiet	Gesamt
1945	230000	62310	292310
1946	215000	38715	253715
1947	123000	30300	153300
1948	86300	31440	117740
1949	93300	34445	127745
1950	74500	27910	102410
1951	36900	27455	64355
1952	51300	22419	73719
1953	32900	14041	46941
1954	13800	8830	22630
1955	12359	8012	20371

Der stetige Abfall der Lachserträge hat verschiedene Ursachen: Die überdurchschnittlich hohen Fänge der Jahre 1945, 1946 und 1947 sind wahrscheinlich auf den Ausfall der Fangmöglichkeit in der Ostsee während der Kriegsjahre zurückzuführen. Dadurch konnte eine größere Anzahl Lachse

zum Laichen in die Flüsse zurückwandern. Diese extrem hohen Fangergebnisse konnten für die Nachkriegsjahre in allen lachsführenden schwedischen Strömen verzeichnet werden. Die hohen Nachkriegserträge an Lachs waren nun aber zugleich mit die Ursache für eine fortdauernde starke Intensivierung des Lachsfanges aller Anliegerstaaten in der Ostsee.

Für den Lule Älv speziell brachte der Ausbau des in der Gebirgsregion gelegenen Wassermagazins von Suorva (1943) und der Bau von Kraftstationen im Stora Lule Älv (1952 und 1954) wesentliche Verschlechterungen der Lachsreproduktionsgebiete des Flusses mit sich.

3. Laich- und Aufwuchsgebiete des Lachses im Lule Älv

a Geographische Lage der Laich- und Aufwuchsgebiete des Lachses im Lule Älv

Nach unseren Beobachtungen und Untersuchungen konzentriert sich das Laichen und die sich daran anschließenden Phasen des Süßwasseraufenthaltes der jungen Lachse auf einen Flußabschnitt oberhalb des Porsifors. ROSÉN (1918) gibt darüber hinaus noch die Stromschnellen bei Boden an. Wir konnten aber während unserer Untersuchungen bei Boden niemals junge Lachse nachweisen. Demgegenüber treten die Jugendformen, wenn auch nicht in der Dichte wie oberhalb Porsifors schon im Edefors und im Porsifors selbst auf. Eindeutig bevorzugt werden vom Junglachs die Stromschnellen im Lilla Lule Älv von Porsifors an aufwärts bis unterhalb des Wasserfalles Kaitumfallet. Im Stora Lule Älv findet man sie von Porsifors bis ca. 8 km unterhalb des Kraftwerkes Ligga in allen Stromschnellen. Ausgenommen werden von ihnen lediglich die langen, seeähnlichen Teile dieses Flußabschnittes Suobatsel und Porsisel¹⁾ (Abb. 7). In Abb. 4 sind die Orte, an denen das Laichen des Lachses und die Junglachse verschiedener Altersstadien beobachtet werden können, besonders markiert. Bedingt durch die Anlage des Regulierungsmagazins und dreier aufeinanderfolgender Kraftstationen, bestehen zwischen den beiden Hauptreproduktionsgebieten im Stora Lule Älv und im Lilla Lule Älv grundlegende biologische Unterschiede, auf deren Ursachen und Folgen noch eingegangen wird.

b Kennzeichnung der Laichgebiete des Lachses im Lule Älv

Wir wissen, daß der Lachs als Laichgrund einen aus kleinen, etwa wallnuß- bis faustgroßen Steinen bestehenden Flußboden bevorzugt. Bei der relativ geringen Wasserführung im Herbst beträgt die Strömung an solchen Orten zur Laichzeit ca. 0,50—0,70 m/sec. Die Eiablage erfolgt in der Regel in Tiefen von 0,5—1,0 m. Ich konnte aber auch, so im Oktober 1955, Lachse beobachten (Stora Lule Älv, unweit Sarkavaara), deren ganze Rückenpartie beim Laichen an der Wasseroberfläche zu sehen war, die ihre Eier also auf noch

geringeren Tiefen ablegten. Nach den für die Laichgebiete entscheidenden abiotischen Faktoren zu urteilen — Steinstruktur, Strömung, Temperatur — haben die Flußbereiche des Stora und Lilla Lule Älv keinen Mangel an Laicharealen für den Lachs. Wahrscheinlich werden sogar in Jahren eines normalen Lachsaufganges nicht einmal alle geeigneten Plätze ausgenutzt. Ganz anders scheint mir dies für die Aufwuchsbereiche des Lachses zu liegen, den Arealen des Flusses also, in denen der Lachs die ersten drei Lebensjahre verbringt.

c Die Kennzeichnung der Aufwuchsgebiete des Lachses im Lule Älv

Wir konnten durch umfassende Elektroabfischungen und Vergiftungen von Strandbereichen mit dem Fischgift Rotenon eine Auffassung über die Biotopwahl der verschiedenen im Fluß lebenden Altersklassen des Lachses gewinnen. Die Herbstuntersuchungen, sowie die Frühjahrs- und Hochsommeruntersuchungen zeigten übereinstimmend eine sehr strenge Bindung der verschiedenen Altersstadien des Lachses an bestimmte abiotische Voraussetzungen. Neben dem überlagernden Faktor Temperatur scheinen in den kleinen, typischen Junglachsbiotopen Strömungsgeschwindigkeit, Steinstruktur und Wassertiefe entscheidend für Vorkommen oder Fehlen einer Altersklasse des Lachses zu sein. In Abb. 5 sind die aus den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse an einem Flußquerschnitt schematisch dargestellt. Nach dem Fang von 379 Lachsen der Altersgruppen 0—III ergibt sich diese Biotopbindung als Regel. Dabei zeigte sich im Sommer 1957, daß die nur wenige Wochen alten Lachse der AG 0 grundsätzlich die äußersten Strandbereiche mit Tiefen von nur 0,05—0,10 m besiedeln. Die Tiere wurden durch Rotenonvergiftung gefangen. Durch diese Technik erhielten wir einen sicheren Anhalt über den Bereich des Vorkommens dieser Altersgruppe und den in Richtung zur Flußmitte anschließenden der Altersgruppe I.

Die Mischung des Wassers mit Rotenon ergibt zunächst eine milchig-weiße Trübung des Wassers. Nach dem Durchströmen des Giftes sieht man etwa 3—4 Minuten später die Fische aus ihren Verstecken aufsteigen.

Die ganz jungen Lachse bei einer Länge von 2,8—3,3 cm (Ende Juli / Anfang August) leben in nur wenig durchströmten Strandzonen in kleinen Gruben zwischen und unter lose aufeinanderliegendem Steinmaterial. Eine eindeutige Strömungsrichtung ist in diesen Bereichen des Flusses nicht festzustellen, und man könnte das Biotop des Lachses in diesem Alter am besten als Spülzone des Flusses kennzeichnen. Die Besiedlungsdichte in diesen Zonen ist oft recht groß: Am 5. 8. 1957 fingen wir im Koskojerimforsen auf nur 5 m Strandregion, also etwa 10 m² Fläche 20 junge Lachse. An anderen Orten des Stora und Lilla Lule Älv fanden wir ähnliche Verhältnisse. Im Laufe des Sommers wechseln die Lachse der AG 0 aus der Spülzone in die nächste Region in Richtung zur Flußmitte über. Elektroabfischungen vom 21. 9. 1956 am Kaitumfallet, vom 24. 9. 1956 bei Messaure und 20. 10. 1956

bei Torrarim fanden den Lachs der AG 0 auf den in Abb. 5 angegebenen Strandbereichen, also auf etwas größerer Tiefe und in klar definierbarer Strömung. Weiter zur Flußmitte hin schließt sich dann der Bereich der nächsten Altersklassen an. Die Lachse des 3. und 4. Sommers kommen in der Regel an der von der Uferbank zur Tiefenrinne abfallenden, meist steilen Kante vor. Abb. 5 zeigt ein schematisches Bild der Verteilung der Altersklassen im Fluß, das in der Natur nicht immer in dieser idealen Form vorkommt. Wir fanden es aber z. B. unterhalb des Kaitumfallet im Torrarimforsen, im Stolpkistforsen, Kallakforsen und bei Padjerim im Lilla Lule Älv, sowie bei Tuora, Koskojerim und Kallakmelle im Stora Lule Älv. Abb. 6 zeigt einige beobachtete Junglachsureale im Lule Älv. Wie stark aber die Abhängigkeit der Altersklassen des Lachses von den bestimmten abiotischen Voraussetzungen ist, zeigen folgende Beobachtungen:

An einem steil abfallenden Ufer wurden nur die Lachse der Altersgruppe II und III angetroffen. Entsprechend findet sich oft in flachen Uferbereichen isoliert nur die AG 0. Aus den gewonnenen Erfahrungen läßt sich schon nach der äußeren Beurteilung eines Platzes auf Grund der Biotopeigenschaften entscheiden, welche Altersklasse des Lachses vorkommen kann.

Als wesentliche Erkenntnis der Untersuchungen zeigte sich weiterhin, daß diese Aufwuchsplätze für Lachse in ihrer Ausdehnung sehr begrenzt sind. Zwar kann frühes, lang anhaltendes Hochwasser die Junglachsbiotope erweitern, ebenso aber kann eine geringe Frühsommerwasserführung diese Areale einschränken. U. E. liegt in der strengen Biotopwahl der Junglachse und dem begrenzten Vorkommen dieser Biotope ein entscheidender Faktor für die zahlenmäßige Reproduktionsmöglichkeit des Lachses überhaupt. SVÄRDSON (1957) hat die Ursachen für die starken Fluktuationen des Lachsertrages im letzten Jahrhundert vor allem in Einwirkungen auf den Lachs in seiner marinen Lebensphase gesehen. Unsere Untersuchungen legen es nahe zu glauben, daß die Höhe der Lachserträge bereits im frühen Entwicklungsstadium des Lachses, nämlich durch Gunst oder Ungunst der Junglachsbiotope in den verschiedenen Jahren festgelegt wird.

Die sehr spezifische Biotopwahl der Junglachse bringt es auch mit sich, daß oft auf mehrere hundert Meter Flußstrecke in dem natürlichen und an sich reichen Lachsgewässer des Lilla Lule Älv kein Lachs vorkommt, weil eben die Plätze mit der bestimmten Faktorenkombination, wie sie oben für die einzelnen Altersklassen beschrieben wurden, fehlen. Wir haben mit den Erfahrungen der Abfischungsversuche vom Helikopter aus die Aufwuchsplätze der Lachse kartiert und kamen zu dem Ergebnis, daß vom Gesamtflußareal des Stora Lule Älv nur 6,1 % und von dem des Lilla Lule Älv nur 5,3 % als Reproduktionsgebiet in Frage kommen (Nähere Angaben: Müller 1957). Diese Werte wurden allerdings bei relativ niedrigem Wasserstand gewonnen (Oktober 1956). Sie mögen bei höherem Wasser größer sein. Ich vertrete

aber die Ansicht, daß das Lachsreproduktionsgebiet in den genannten Abschnitten des Stora und Lilla Lule Älv 10 % des Gesamtflußareals nur selten übertrifft.

d Vergleich der Junglachsbiotope im Lilla und Stora Lule Älv

Wie schon weiter oben angedeutet, besteht ein klarer Unterschied zwischen der Besiedlungsdichte des Lachses im Stora Lule Älv und im Lilla Lule Älv. Wir führen dies auf die Auswirkungen der in den Flußlauf des Stora Lule Älv eingebauten Hydroelektrischen Stationen zurück. Verschiedene abiotische Faktoren, wie abnormer Temperaturverlauf im Jahreszyklus, anormal starke Wasserstandsvariationen, Abänderung des natürlichen Ablaufrhythmus des Wassers und unnatürliche Eisverhältnisse und von den biotischen Faktoren insbesondere das stark reduzierte Nahrungsangebot für Fische bedingen ein nur sporadisches Auftreten älterer Lachse als AG 0. Die Erkenntnisse über die Biotopwahl des Junglachses lassen uns hier kausale Zusammenhänge sehen. Wir zeigten oben die Bindung des Junglachses an bestimmte ufernahe Biotope. Gerade in der Strandregion aber wirken sich die durch die Kraftwerke bedingten, unnatürlichen Wasserstandsvariationen am stärksten aus. Auch ein natürlicher Fluß zeigt Variationen zwischen Sommerhochwasser und Winter-Frühjahrs-Niedrigwasser (im Flußgebiet des Lule Älv liegt der Minimalwasserstand etwa zwischen Mitte März bis Mitte April). Aber der Prozeß des Steigens und Fallens des Wassers geht im natürlichen Fluß langsamer vor sich und lediglich das Hochwasser des Sommers kommt als schnell ansteigende Welle, die ganz allmählich verebt und damit dem Fisch immer noch die Fluchtchance offen läßt. Die Wasserstandsvariationen der Kraftwerke dagegen verlaufen in 12-Stundenintervallen. Die nachstehende Übersicht zeigt diese Schwankungen vom Herbst 1956 unterhalb Ligga.

Datum	Maximal (m ³ /sec)	Minimal (m ³ /sec)
15. 10.	301	64
16. 10.	316	66
17. 10.	301	64
18. 10.	292	66
19. 10.	265	64
20. 10.	271	130
21. 10.	295	80
22. 10.	225	64
23. 10.	352	64
24. 10.	265	58
25. 10.	212	61

In diesem Takte erfolgen die Wasserstandsvariationen während des ganzen Winterhalbjahres, etwa von Anfang September bis Mitte Mai. Im Sommer-

halbjahr wird der Wasserstand relativ konstant, etwa zwischen 300 und 400 m³/sec gehalten. So ist es zu verstehen, daß sich im Stora Lule Älv zwar die Junglachse des ersten Sommers außerordentlich gut entwickeln, so daß wir überall, beginnend etwa 8 km unterhalb der Kraftstation Ligga regelmäßig die ganz jungen Lachse antreffen konnten. Nur selten aber findet man Vertreter der AG I, II und III, weil mit dem Einsetzen der starken Wasserstandsvariationen Anfang September das Biotop dieser Junglachse, an das sie streng gebunden sind, immer wieder trocken fällt.

Das rasche Fallen des Wassers wird sicherlich in einem beträchtlichen Umfange Fischen in der Strandregion den Weg zum Wasser abschneiden, und sie so vernichten. Die Fische, die sich in die Flußrinne retten können, werden wahrscheinlich in der starken Strömung abgetrieben werden. Da sich dieser Prozeß steigenden und fallenden Wassers in 12-Stunden-Intervallen wiederholt, liegt die Vermutung nahe, daß die Fische erst in größeren Stillwasserzonen zur Ruhe kommen. Mit wachsendem Abstand vom Kraftwerk Ligga bessern sich die Verhältnisse, weil Maximum und Minimum der Wasserführung abgeschwächt auftreten. So ist zu verstehen, daß etwa bis zu einem Abstand von 4—6 km unterhalb des Kraftwerkes in der Strandregion niemals, in der Flußmitte selten Junglachse gefangen werden können.

Die Fangerfolge bei den Begleitfischen des Lachses waren im Stora Lule Älv ebenfalls immer sehr gering (*Thymallus*, *Cottus*, *Lota*, *Phoxinus*). Auch bei diesen Arten sind die Jungtiere an die Strandregionen gebunden, und sie werden zu einem großen Teil beim Einsetzen der Wasserstandsschwankungen vernichtet. Der während fast 75% des Jahres andauernde periodische Ausfall der Strandbiotope schaltet jede kontinuierliche Entwicklung der genannten Fische einschließlich des Lachses aus.

Damit ist nun nicht gesagt, daß der gesamte Bestand an Junglachsen im Stora Lule Älv vernichtet wird. Wir konnten z. B. in der Zeit vom 12. bis 17. 6. 1957 bei Messaure 59 Lachse der AG I, II und III fangen. Nur war dies neben einem Fang von 11 Fischen am 12. und 13. 5. 1957 bei Kallakmelle die einzige feststellbare, größere Lachsmenge in diesem den Wasserregulierungen unterworfenen Flusse. Die erstaunliche Häufung der Junglachse an einem Ort läßt, zusammengesehen mit Untersuchungen im Lilla Lule Älv, einen Rückschluß auf das Verhalten der Junglachse im Winter zu, worauf wir weiter unten noch zu sprechen kommen.

Als wir im Sommer 1956 mit systematischen Elektroabfischungen begannen, gelang es uns trotz vielfacher Fangversuche lediglich zweimal: am 24. 9. 56 bei Messaure 8 ältere Junglachse und am 10. 11. 56 bei Tuora und Messaure insgesamt 3 Lachse der AG I zu fangen (vergl. Fangtabellen). Die Regulierungen hatten um diese Zeit bereits eingesetzt, und durch den Frost waren die als Lachsbiotope anzusprechenden Bereiche des Flusses mit einer mehrere Dezimeter dicken Schicht porösen Eises (schwed. „Isörja“) überzogen. Irgend-

welches Leben konnte in diesen Gebieten nicht nachgewiesen werden. Wir konzentrierten nun unsere Arbeit auf die Zeiten minimalen Wasserstandes (ca. 60 m³/sec). Dabei war fast durchweg nur die tiefe Flußrinne vom Wasser bedeckt. Die Biotopverhältnisse entsprachen also nicht denen der Junglachse. Die Fangergebnisse waren mit insgesamt 3 Fischen bei großen Fanganstrengungen entsprechend gering. Bei vergleichenden Untersuchungen im Lilla Lule Älv fanden wir Junglachse noch am 27./28. 11. 56 nach Wegsprengen der bereits gebildeten Eisdecke.

Anfang Mai 1957, also vor dem Einsetzen der natürlichen Hochwasserwelle, waren auch im Lilla Lule Älv alle typischen Lachsbiotope nahezu fischfrei. Lediglich einige *Cottus gobio* und *Cottus poecilopus*, Begleitfische des Lachses, konnten gefangen werden. Im Stora Lule Älv bei Messaure fanden wir am 12. 5. 1957 in Lachsbiotopen bereits Junglachse vor. Von diesem Zeitpunkt an hörten die starken Wasserstandsvariationen auf und die Wasserführung wurde auf einen kontinuierlichen Abfluß von ca. 300 m³/sec gebracht. Danach fanden wir regelmäßig Junglachse der AG I, II und III bis auf 3 km oberhalb der großen Stillwasserzone Suobbatsel. Weiter oberhalb in den 20 km langen Stromschnellen unterhalb des Kraftwerkes Ligga aber waren bis zum Auftreten der AG 0 am 21. 7. weder Lachse noch ihre Begleitfische nachzuweisen. Im Lilla Lule Älv wanderten in die Strandbiotope außer den beiden *Cottus*-Arten zunächst die Ellritzen (*Phoxinus Laevis*), dann die Äschen (*Thymallus vulgaris*) und erst mit dem merkbaren Steigen des Wassers zur ersten Hochwasserwelle (Schneesmelze im Waldgebiet etwa Mitte Mai bis Mitte Juni) die Junglachse ein.

Diese Beobachtung läßt vermuten, daß die Junglachse während des Winters tiefere Wasserzonen aufsuchen. Da ich es nach den Ergebnissen der Abfischungen nicht für möglich halte, daß die Jungfische in die tieferen Bereiche der Stromschnellen gehen, ist es naheliegend, daß sie während des Winters die Tiefen der regelmäßig in den Flußlauf eingeschalteten Stillwasserzonen aufsuchen. Das Frühjahrshochwasser, also eine gesteigerte Strömungsgeschwindigkeit, könnte der auslösende Faktor für das Wiederaufsuchen der typischen Sommerbiotope sein. Im regulierten Stora Lule Älv wurde mit der kontinuierlichen höheren Wasserabgabe vom 12. 5. ab dieser Effekt künstlich erzeugt und bedingte damit ein früheres Erscheinen des Junglachs dort gegenüber dem Lilla Lule Älv, wo reichere Fänge erst Ende Mai und Anfang Juni gelangen.

Das stark reduzierte Auftreten der Altersgruppen I bis III des Lachses im Stora Lule Älv hat seine Ursache nicht allein im Biotopverlust, sondern auch in dem geringeren Nahrungsangebot. Während der kontinuierlichen Sommerwasserführung entwickelt sich, wenn auch in wesentlich geringerem Umfange, verglichen mit dem Lilla Lule Älv, eine Bodenfauna, in der *Chironomidenlarven*, *Baetislarven* und *Simuliumlarven* dominieren (vergl. MÜLLER 1955).

Dieser Faunenkomplex bricht aber mit Beginn der Wasserstandsvariationen fast völlig zusammen. Quantitativ erreicht das Benthos etwa Mitte September nur noch Werte von 0,2—0,8 g/m². Zu gleicher Zeit zeigen aber die *Baetidae* (*Baetis vernus*) und die *Hydropsychidae* (*H. silvevenii*, *Arctospyche ladogenensis*) und *Rhyacophila nubila* im natürlichen Lilla Lule Älv eine Massentwicklung mit Benthoswerten um 10 g/m². Während also der heranwachsenden AG 0 im Stora Lule Älv zunächst noch ein wenn auch reduziertes Nahrungsangebot zur Verfügung steht, so tritt mit dem Einsatz der Wasserstandsvariationen zu dem Biotopverlust eine weitgehende Verminderung des Nahrungsangebotes. Dies gilt sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht, weil wie an anderer Stelle näher ausgeführt (MÜLLER 1955) besonders die in den natürlichen lappländischen Flüssen in der Regel massenweise auftretenden Benthosorganismen passiver Ernährung fehlen.

Als weiterer negativer Faktor für die Junglachsentwicklung im Stora Lule Älv ist die vom Normalen abweichende Temperaturentwicklung des regulierten Flußsystemes anzusehen (MÜLLER 1958).

4. Fangübersicht.

Die Fänge der Junglachse erfolgten mit dem Elektrofischgerät „Salmo Super“, System Kreuzer, einem mit Gleichstrom arbeitenden Impulsaggregat.

Da die Leistung der vorgesehenen 12-V-Batterie relativ schnell abfällt, wurden zur 38- bzw. 54-Amp./h-Batterie noch zwei 1,2-V-Nife-Zellen zugeschaltet. Später gingen wir ganz zu den leichteren und robusteren Nife-Zellen über (6 à 2,4 V). An schwer zugänglichen Punkten fischten wir mit 4 hintereinandergeschalteten 90-V-Anodenbatterien. — Im Sommer 1957 wandten wir bei Befischungen der Strandregion in stärkerem Maße das Fischgift Rotenon an (Pro-Noxfish der Fa. Penick & Co., New-York).

Resultate der Abfischungen 1956

(Die Fangplätze sind in Abb. 7 eingezeichnet)

Lilla Lule Älv

Ort	Datum	Altersgruppe			
		0	I	II	III
Kaitumfallet	21. — 23. 9.	19	4	4	1
Lappkistfors	17. 10.	—	—	—	—
Torrarimfors	17./18. 10.	16	16	8	2
Mokkfors	20. 10.	—	3	—	—
Padjerim	22. 10.	16	8	3	—

Insgesamt 100 Junglachse

Stora Lule Älv

Ort	Datum	Altersgruppe			
		0	I	II	III
Messaure	24. 9.	3	2	2	1
Messaure	21. 10.	—	—	—	—
Tuorafors	27. 10.	—	—	—	—
Messaure	28. 10.	—	—	—	—
Tuorafors	31. 10.	—	—	—	—
Kallakmelle	3. 11.	—	—	—	—
Messaure	3. 11.	—	—	—	—
Njuravuolle	4. 11.	—	—	—	—
Njuravuolle	5. 11.	—	—	—	—
Koskojerim	6. 11.	—	—	—	—
Koskojerim	7. 11.	—	—	—	—
Njuravuolle	10. 11.	—	—	—	—
Tuorafors	10. 11.	—	2	—	—
Messaure	10. 11.	—	1	—	—
Messaure	11. 11.	—	—	—	—
Koskojerim	28./30. 11.	—	—	—	—

Insgesamt 11 Junglachse

Resultate der Abfischungen 1957

Lilla Lule Älv

Ort	Datum	Altersgruppe			
		0	I	II	III
Kaitumfallet	14. 5.	—	—	—	—
Mokkfors	14. 5.	—	—	—	—
Kaitumfallet	21. 5.	—	—	—	—
Padjerim	21. 5.	—	—	—	—
Porsifors	25. 5.	—	2	2	—
Padjerim	26. 5.	—	5	4	2
Kaitumfallet	28. 5.	—	3	3	—
Torrorimfors	28. 5.	—	5	8	1
Mokkfors	14. 6.	—	4	3	—
Själlerim	19. 6.	—	2	1	—
Kallak	21. 6.	—	2	3	2
*Kaitumfallet	4. 8.	6	—	—	—
*Själlerim	6. 8.	13	—	—	—
*Porsifors	6. 8.	14	—	—	—
*Padjerim	7. 8.	4	—	—	—

Insgesamt 89 Junglachse

Stora Lule Älv

Ort	Datum	Altersgrupper			
		0	I	II	III
Messaure	12. 5.	—	37	—	—
Messaure	13. 5.	—	1	—	—
Kallakmelle	12./13. 5.	—	6	4	1
Njuravuolle	13. 5.	—	—	—	—
Tuorafors	14. 5.	—	—	—	—
Koskojerim	14. 5.	—	—	—	—
Njuravuolle	16. 5.	—	—	—	—
Tuorafors	16. 5.	—	—	—	—
Kallakmelle	18. 5.	—	—	—	—
Kirkerim	18. 5.	—	—	—	—
Messaure	18. 5.	—	2	2	—
Njuravuolle	19. 5.	—	—	—	—
Messaure	19. 5.	—	—	1	—
Ligga	21. 5.	—	—	—	—
Liggafors	21. 5.	—	—	—	—
Kuokafors	22. 5.	—	—	—	—
Messaure	23. 5.	—	6	1	—
Tuorafors	23. 5.	—	—	—	—
Sarkavaare	23. 5.	—	—	—	—
Njuravuolle	24. 5.	—	—	—	—
Koskojerim	24. 5.	—	—	—	—
Njuravuolle	30. 5.	—	—	—	—
Tuorafors	30. 5.	—	—	—	—
Messaure	30. 5.	—	5	2	1
Messaure	2. 6.	—	—	—	—
Messaure	5. 6.	—	—	—	—
Kirkerim	5. 6.	—	—	—	—
Kallakmelle	5. 6.	—	—	—	—
Messaure	13. 6.	—	1	—	—
Kirkerim	13. 6.	—	—	—	—
Edefors	17. 6.	—	8	5	—
Messaure	17. 6.	—	—	—	—
Njuravuolle	18. 6.	—	—	—	—
Tuorafors	18. 6.	—	—	—	—
*Messaure	21. 7.	8	—	—	—
*Kallakmelle	21. 7.	—	—	—	—
*Ligga I	22. 7.	—	—	—	—
*Ligga II	22. 7.	—	—	—	—
*Ligga III	22. 7.	—	—	—	—
*Kallakmelle	23. 7.	5	—	—	—

*Sarkavaare	23. 7.	12	—	—	—
*Njuravuolle	25. 7.	16	—	—	—
*Tuorafors	25. 7.	8	—	—	—
*Tuorafors	7. 8.	14	—	—	—
*Koskojerim	15. 8.	20	—	—	—

Insgesamt 166 Junglachse

Die mit * versehenen Ergebnisse sind durch Rotenonvergiftung gewonnen.

Die Fänge des Jahres 1956 geben ein Bild über das wesentlich reichere Vorkommen von Junglachsen im Lilla Lule Älv gegenüber dem Stora Lule Älv.

Bei den Fängen des Jahres 1957 lag mir vor allem daran nachzuweisen, wann die Fische ihre Sommerbitope aufsuchen. Es können also die Fangergebnisse des Jahres 1957 nicht quantitativ gewertet werden.

Bei allen Untersuchungen in den Zuflüssen des Lilla und Stora Lule Älv konnten wir mit einer Ausnahme niemals Lachse, sondern nur *Salmo trutta* nachweisen. In einem Nebengewässer des Stora Lule Älv, dem Messaurebäcken fanden wir am 25. 7. 57 bei einer Rotenonvergiftung 4 Lachse der AG I (die von mir bestimmten Fische wurden von HULTDT, ENEQUIST und NYBELIN revidiert). Dieser Befund ist aber als Ausnahme zu werten.

5. Die Begleitfische des Lachses

Als regelmäßige Begleitformen wurden angetroffen: *Cottus gobio*, *Cottus poecilopus*, *Lota vulgaris*, *Phoxinus laevis*, *Thymallus vulgaris*. *Salmo trutta* als nahe verwandter *Salmonide* wurde in beiden Flüssen nur ganz selten angetroffen; wenn aber, dann lediglich in der Nähe von Mündungen Forellen-führender Bäche. Über die Beziehungen zwischen *Salmo salar* und *Thymallus vulgaris* können wir eine Aussage auf Grund von Magenuntersuchungen bei Sjöllerim gefangener *Thymallus* machen (8./10. 11. 1955). Die Fische hatten fast ausschließlich Eier des Lachses gefressen. Für *Cottus gobio* liegt lediglich ein solcher Befund vor (Padjerim 28. 10. 56), wonach der Fisch Lachslaich gefressen hatte. Nach einer großen Serie von Magenuntersuchungen im Lilla Lule Älv gefangener *Cottus* und *Salmo salar* scheint aber eine starke Nahrungskonkurrenz beider Arten vorzuliegen (MÜLLER 1958).

6. Das Wachstum des Lachses im Lule Älv.

Trotz der Unterschiede, die Stora Lule Älv und Lilla Lule Älv als Reproduktionsgebiete für Lachse zeigen, ist ein verschiedenes Wachstum, das man z. B. nach dem deutlich geringeren Nahrungsangebot des Stora Lule Älv vermuten könnte, nicht gegeben. Wie wir schon bei der Untersuchung über das Wachstum von *Thymallus vulgaris* feststellen konnten (MÜLLER 1957) drückt sich geringes Nahrungsangebot bei Fischen in Fließgewässern nicht in einem

verminderten Wachstum, sondern in verminderter Besiedlungsdichte aus. Es konnten deshalb bei der Auswertung der Wachstumsuntersuchungen die in beiden Flüssen gefangenen Lachse zusammengenommen werden.

Nach unseren Beobachtungen schlüpfen die jungen Fischlarven um den Monatswechsel Mai/Juni. Für die Beurteilung des Wachstums wurde deshalb der 1. Juni als Wachstumsbeginn angenommen und von diesem Zeitpunkt an das Alter in Monaten gerechnet und in das Diagramm eingetragen. Da wir Lachsfänge vom Herbst und Frühjahr besitzen, haben wir die Möglichkeit, Sommer- und Winterzuwachs darzustellen (vgl. Abb. 8). Danach ist mit dem Monat Oktober, also jeweils nach 5 Monaten der Jahreszuwachs abgeschlossen. In der folgenden Tabelle sind die empirisch ermittelten Zuwachswerte verzeichnet.

Alter in Monaten	Anzahl	Mittelwert (Lt/cm)	Variationsbreite (Lt/cm)
2	131	3,2	2,7 — 3,7
5	54	5,9	5,0 — 7,0
12	94	6,8	4,8 — 7,5
17	36	11,1	9,0 — 12,5
24	36	11,6	10,8 — 12,7
29	17	14,4	13,0 — 16,5
36	7	15,1	14,7 — 16,2
41	4	17,3	16,0 — 18,0

Ein geringes Vergleichsmaterial stand uns aus dem Skellefte Älv zur Verfügung. Die Größe der Lachse (Fänge vom 9./10. 6. 57) entspricht in den Altersklassen I und II denen des Lule Älv. 4 Lachse der AG III (Längen von 16,4 bis 18,9 cm) wurden bei Medle und Klutmark im Unterlauf des Skellefte Älv gefangen. Es scheint, daß es sich hierbei bereits um absteigenden Lachs des Smoltstadiums handelte.

ALM (1937) führte in der mittelschwedischen Fischzuchtanstalt Kälarne künstliche Lachsaufzuchten in Teichen durch. Er erreichte dabei nach einem Sommer Lachse von Längen mit 5—7,7 cm. Die große Variationsbreite ist wohl auf die verschiedene Besatzungsdichte in den Teichen zurückzuführen. Im einzelnen erreichte der Lachs in verschiedenen Teichen nach dem ersten Sommer folgende Längen in cm: 7,0; 5,5; 6,0; 5,0; 5,0; 7,7. Dies Ergebnis deckt sich gut mit unseren Wachstumsuntersuchungen im Lule Älv.

Nach unseren Untersuchungen ist anzunehmen, daß der Lachs im Lule Älv erst nach vollendetem 3. Lebensjahr das Smoltstadium erreicht und in die Ostsee abwandert.

7. Die Ernährung des Junglachs im Lule Älv.

Die Ernährung des jungen Lachs entspricht in vielem derjenigen der verwandten Forelle. Der Jungfisch ist fast ausschließlich Verzehrer von Bodentieren, wobei er im Lule Älv die Larven aquatischer Insekten bevorzugt. Außerdem kann die Luftnahrung eine wesentliche Rolle spielen. Meistens handelt es sich dabei um Imagines terrestrischer wie aquatischer Herkunft, oft also rein allochthoner Nahrungselemente. Nur in einem Falle konnte bei einem Lachs des Smoltstadiums ein *Gasterosteus pungitius*, also Fischnahrung nachgewiesen werden. Mit dieser Ausnahme zeigt sich eine weitgehende Gleichförmigkeit in der Nahrungswahl der Lachse der Altersgruppen I, II und III. Es werden deshalb diese Gruppen in den Nahrungsspektren (Abb. 9) zusammengefaßt. Getrennt davon wird für die Lachse der Altersgruppe 0, die im Sommer 1957 heranwachsen, das Nahrungsspektrum dargestellt. Abb. 9 zeigt die Nahrungsspektren in den Vorsommermonaten (Mai und Juni 1957) vom Lilla Lule Älv, A₁ und Stora Lule Älv, B₁ und in den Herbstmonaten (Sept. und Okt. 1957) vom Lilla Lule Älv, A₂ und Stora Lule Älv, B₂. Der Fang größerer Lachse als AG 0 bietet bei dem in den Monaten Juli und August andauerndem Hochwasser große Schwierigkeiten. Im regulierten Stora Lule Älv wäre das Fangen bei sommerlich ausgeglichener Wasserführung technisch zweifellos möglich. Es war uns aber trotz großer Fanganstrengungen im Sommer 1957 — abgesehen von den Fängen im Monat Mai, wo wir die aus den Stillwasserzonen aufsteigenden Junglachse erfaßten — nicht möglich, ältere Lachse als AG 0 zu fangen. Auch die Begleitfische des Lachs traten im Stora Lule Älv außerordentlich spärlich auf.

Um nicht zu methodisch bedingten Fehlschlüssen zu kommen, haben wir stets vor und nach den Abfischungen die Funktion und Leistungsfähigkeit unseres Gerätes kontrolliert.

Schon beim Vergleich von A₁ und B₁ der Abb. 9 zeigt sich ein auffälliger Unterschied in der Junglachs-nahrung. Im natürlichen Fluß dominiert mit 42,2 % *Simulium* als Nahrungsanteil (Fangdatum: 25. 5. bis 21. 6. 1957), die anderen Tiergruppen *Ephemeroptera*, *Plecoptera* und *Trichoptera* treten trotz reichen Vorkommens im Fluß zurück. Sie repräsentieren dagegen im Stora Lule Älv B₁ nahezu 85 % der aufgenommenen Nahrung (Fangdatum: 12. 5. bis 17. 6. 1957). Bei den *Ephemeropteren* handelt es sich vor allem um Larven der Gattung *Baetis*, bei den *Plecopteren* um Larven der Gattung *Taeniopteryx* und bei den *Trichopteren* um die Gattung *Leptocerus*. Passiv sich ernährende Larvenformen fehlen fast ganz in der Junglachs-nahrung im Stora Lule Älv. Wie schon an anderer Stelle näher ausgeführt (MÜLLER 1955) zeigt sich auch in der Ernährung der Lachse der grundlegende biologische Unterschied zwischen reguliertem und natürlichem Flußsystem. Die Abhängigkeit der Junglachse von der Bodenfauna muß im Stora Lule Älv zu einer verminderten Bestandsdichte führen. Um ein Bild von dem Ausmaß des Unter-

schiedes beider Flußsysteme in dieser Hinsicht zu geben, seien Untersuchungen vom Frñhsommeraspekt des Planktons und der Bodenfauna angeführt. Am 27. 6. 1955 wurde in der Stromschnelle Tuoraforsen des Stora Lule Älv und in der Stromschnelle Padjerimsforsen des Lilla Lule Älv eine quantitative Bestandsaufnahme der Bodenfauna und der im Fluß treibenden „organischen Drift“ durchgeführt. Die Driftmessung erfolgte mit einem speziell konstruierten Netz, das uns erlaubt, quantitative Aussagen über den Fang zu machen. Die Bodenfauna wurde in Anlehnung an die Methode von SCHRÄDER (1932) bestimmt.

Resultate der Driftmessung:

	Anzahl lebender Phyto- und Zooplankter in 100 l filtriertem Wasser
Tuoraforsen	335
Padjerimsforsen	4240

Resultate der Bodenfaunenuntersuchung:

	Anzahl/m ²	Gewicht g/m ²
Tuoraforsen	1150	1,29
Padjerimsforsen	6730	11,48

Diese Resultate zeigen am deutlichsten das Ausmaß der Unterschiede zwischen natürlichem und reguliertem Fluß, sie geben zusammen mit den Ergebnissen der Elektroabfischungen eine Erklärung für den unterschiedlichen Bestand an jungen Lachsen in den beiden Flüssen. Die Zahlen zeigen weiter im Zusammenhang mit den Befunden der Magen- und Darminhalte, daß der Lachs sich zwar in einem gewissen Umfange im regulierten Flusse ernähren kann, daß es aber für ihn wesentlich schwieriger ist, seinen Nahrungsbedarf bei dem geringen Bodenfaunenbestand optimal zu decken.

Auch in der Herbstuntersuchung 1956 — A₂ und B₂ der Abb. 9 — ist ein deutlicher Unterschied in der Ernährung der Junglachse beider Flüsse festzustellen. Leider stützt sich das in B₂ dargestellte Nahrungsbild auf die Untersuchung von nur 8 Fischen. Der hohe Anteil der Luftnahrung von 61,1 % kann aber wohl als Ausdruck für die Verarmung der Bodenregion gelten. ALBRECHT (1955) hat auf die Korrelation zwischen Menge der Bodentierernahrung und Menge der aufgenommenen Luftnahrung hingewiesen. In nahrungsarmen Bächen ist der Anteil aufgenommener Luftnahrung stets größer als in nahrungsreichen Bächen. Wenn diese Feststellung auch für die Forelle getroffen worden ist, so darf sie doch bei der Ähnlichkeit des Verhaltens beider Fischarten durchaus auf den Lachs übertragen werden.

Auch bei der im Sommer 1957 heranwachsenden AG 0 zeigt sich ein deutlicher Unterschied im Nahrungsbild der Fische aus den beiden Flüssen (Abb. 10). Auffallend ist die wesentlich größere Nahrungsbreite der Jungfische im natürlichen System. Die Ephemeropteren (*Baetis*) stellen offenbar

neben den *Chironomidenlarven* die Hauptnahrungskomponente dieses Altersstadiums dar (Fangdatum: 20. 7. — 15. 8. 1957). Von Bedeutung scheint mir weiterhin zu sein, daß im Lilla Lule Älv *Crustaceenplankton* im Magen der Junglachse gefunden wurde im Gegensatz zum Stora Lule Älv. Die im Lilla Lule Älv gefangenen Junglachse der AG 0 hatten des öfteren Larven der Familie der *Psychodidae* aufgenommen. Diese Larven werden zur *Fauna hygropetrica* gerechnet, leben also an der Grenzschicht von Luft und Wasser, im Fluß nur in der Uferzone. Es ergibt sich hier über die Nahrungsuntersuchung noch einmal ein Hinweis auf das Biotop des Lachses im ersten Sommer.

Zusammenfassung.

Nach Untersuchungen der Jahre 1955 bis 1957 werden Vorkommen und Verbreitungsgrenzen des Lachses (*Salmo salar* L.) in dem in schwedisch Lappland gelegenen Stora und Lilla Lule Älv aufgezeichnet. Die Wanderzeiten und die Lachsfänge werden mitgeteilt, sowie die angewandten Fangmethoden kurz skizziert.

Auf Grund von Lachsfängen mittels Elektrofischgerät und Rotenon werden eingehende Angaben über die spezifische Biotopwahl der verschiedenen Altersklassen des Junglachses in Abhängigkeit von abiotischen Faktoren gemacht.

Die durch Regulierungen bedingten biotischen und abiotischen Verschiedenheiten zwischen reguliertem Stora Lule Älv und natürlichem Lilla Lule Älv werden diskutiert.

Das Wachstum des Fisches wird an Hand empirisch ermittelter Werte mitgeteilt.

Die Nahrungswahl des Junglachses im Stora und Lilla Lule Älv wird untersucht.

Literatur

ALBRECHT, M. — 1955 — Mitteilungen über die fischereiliche Bewirtschaftung und produktionsbiologische Untersuchungen eines kleinen Forellnbaches am Rande des Thür. Waldes; Deutsche Fischerei Zeitung p. 1-12.

ALM, G. — 1937 — Laxynglets Tillväxt i Tråg och Dammar. Medd. fran undersök. och Försöksanstalten Drottningholm Nr. 14.

- EKMAN, S. — 1910 — Norrlands Jakt och Fiske, Uppsala 1910.
- LUNDBERG, R. 1883 — Meddelande rörande Sveriges Fiskerier, 1. Häfte.
- LUNDBERG, R. und TRYBOM, F. — 1888 — Om Flottvirkes avfallets inverkan på fisket i elvarna. Medd. rör. Sveriges Fiskerier, 2. Häfte.
- MÜLLER, K. — 1955 — Die Bedeutung der Seen und Stillwasserzonen für die Produktion in Fließgewässern. Inst. of Freshwater Res. Drottningholm Rep. 36.
- MÜLLER, K. — 1957 — Harrens och Laxöringens tillväxt och föda i Luleälvområdet. Norrbottens Lantmannablad Nr. 4.
- MÜLLER, K. — 1957 — Porsbygget och Laxreproduktionen i Lule Älv. Fiskeribiologiska Medd. Nr. 12.
- MÜLLER, K. — 1958 — Zur Frage der Temperatur in regulierten Flußsystemen. Fiskeribiologiska Medd. Nr. 18.
- MÜLLER, K. — 1958 — Die Ernährung von Cottus gobio und C. poecilopus im Gebiet des Lule Älv. Manuskript.
- ROSÉN, N. — 1918 — Laxen och Laxfisket i Norrbottens Län. Medd. från Kungl. Lantbruksstyrelsen N:o 208.
- SCHRÄDER, Th. — 1932 — Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Ufertierwelt fließender Gewässer. Zeitschr. f. Fischerei 30: 105-125.
- SVÄRDSON, G. — 1957 — Goda laxår — och dåliga! Norstedts, Stockholm.

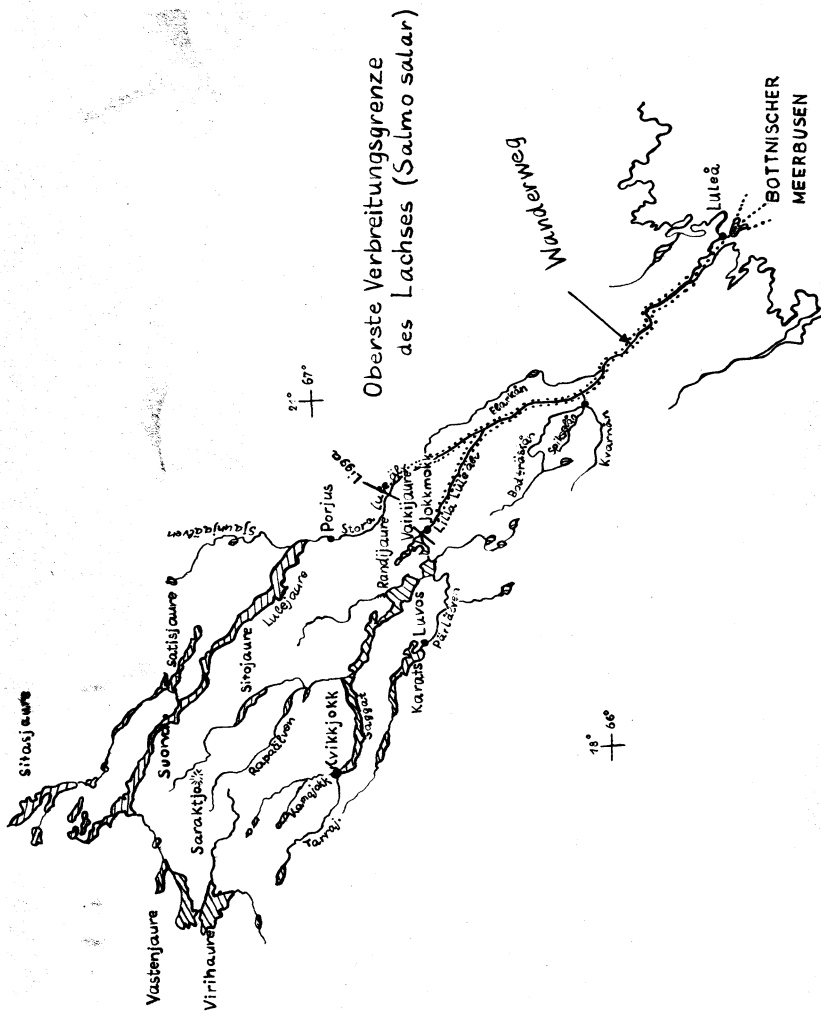


Abb. 1: Wanderweg und oberste Verbreitungsgrenze des Lachses (*Salmo salar* L.) im Lule Älv.

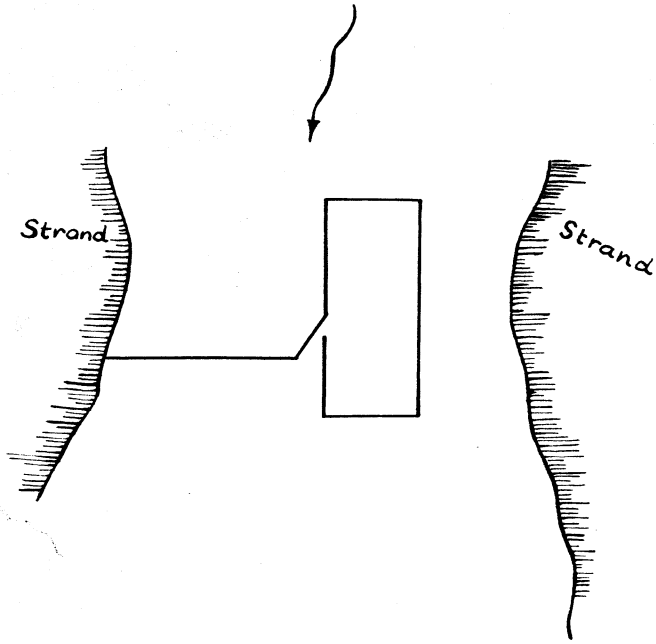


Abb. 2: Schema einer Karsinapata-Fischerei im Lule Älv.

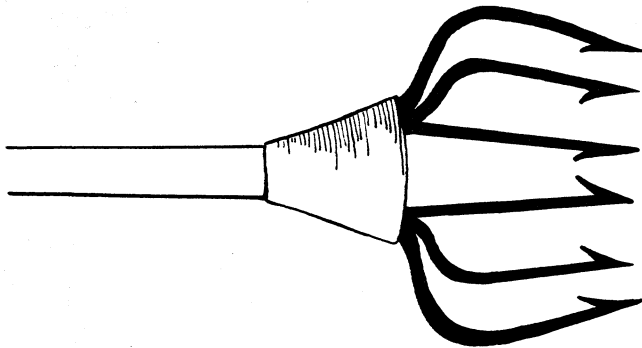


Abb. 3: Fischgabel (Ljuster) aus dem Gebiet des Lule Älv.

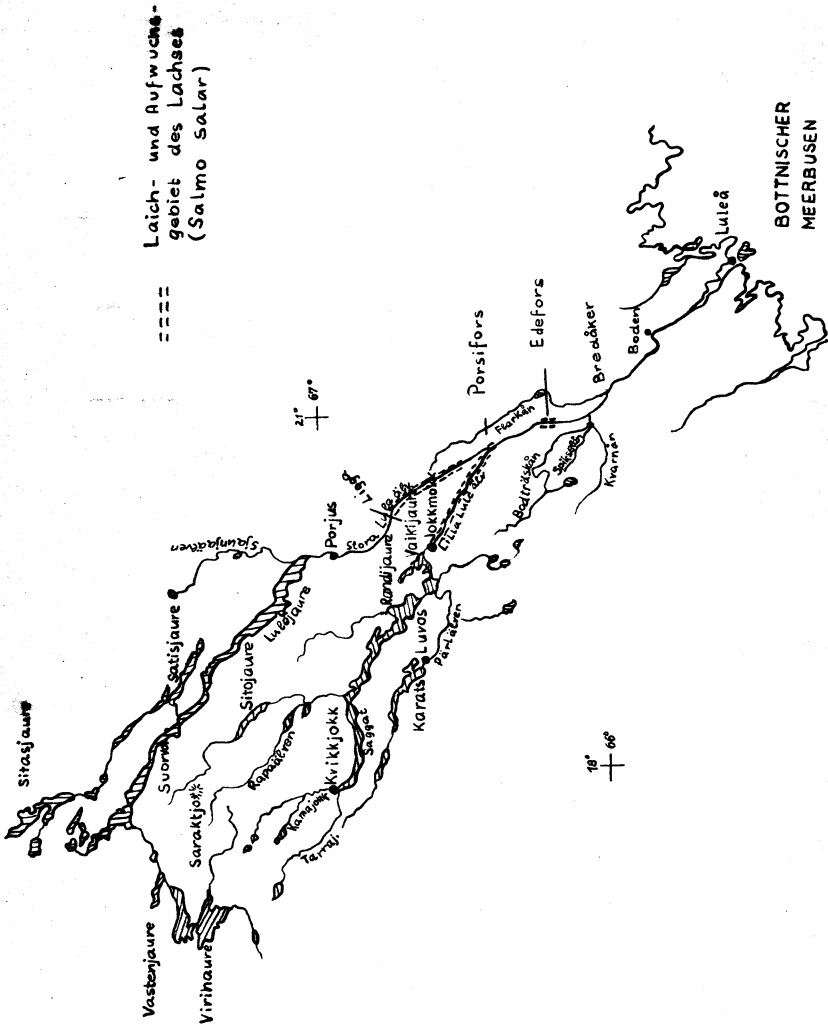


Abb. 4: Die Laich- und Aufwuchsgebiete des Lachses (*Salmo salar* L.) im Lule Älv.

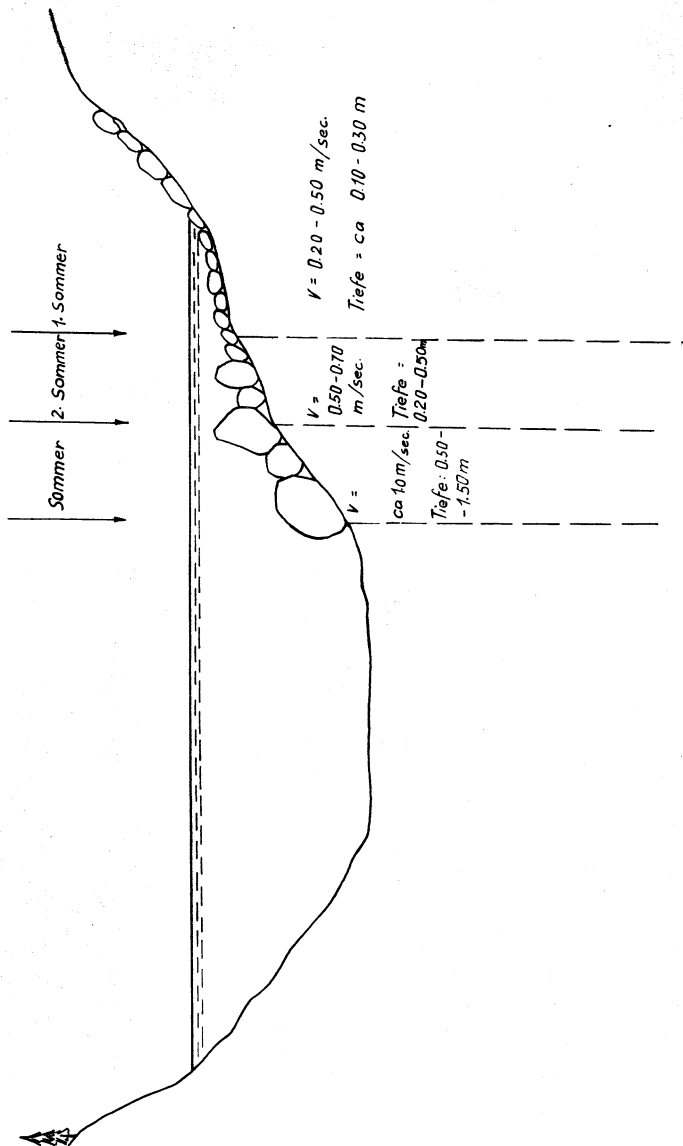


Abb. 5: Schematische Darstellung der Aufwuchsbiotope der verschiedenen Altersklassen des Lachses (*Salmo salar* L.) an Hand eines Flußquerschnittes.

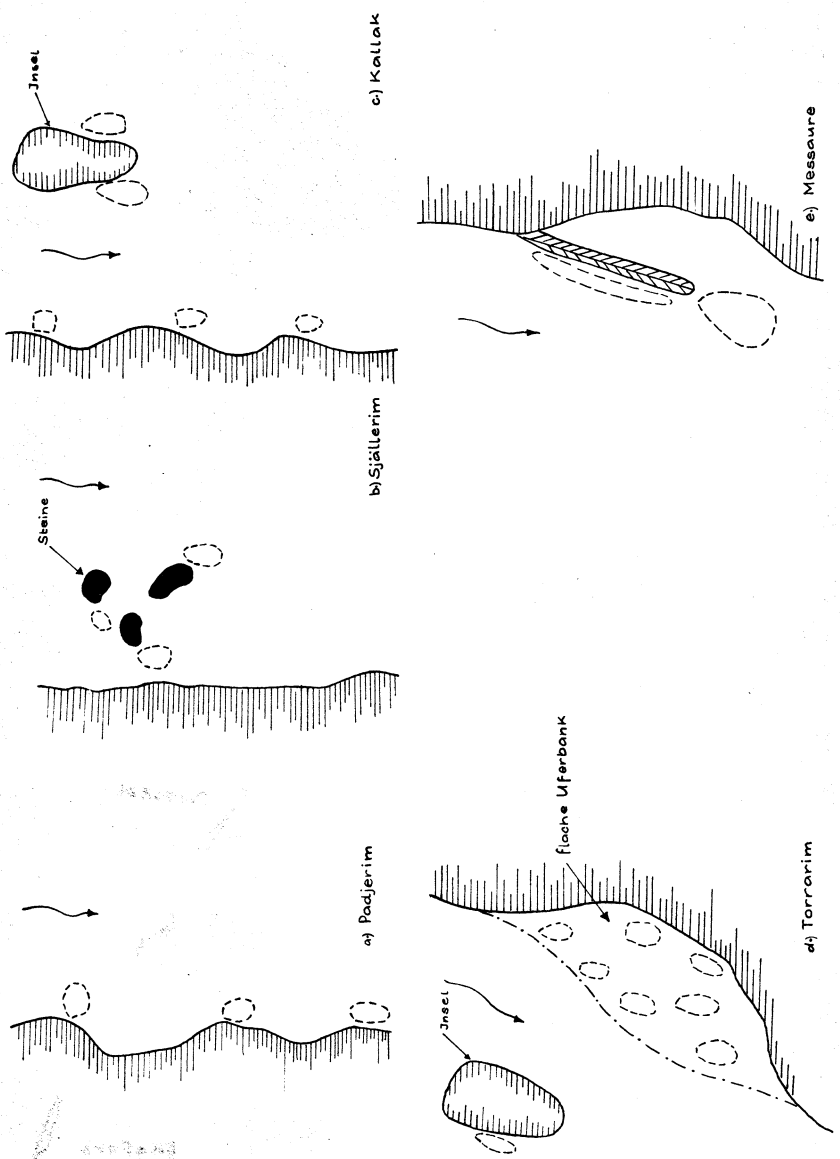


Abb. 6: Darstellung typischer Lachsaufwuchsbereiche im Lule Älv.

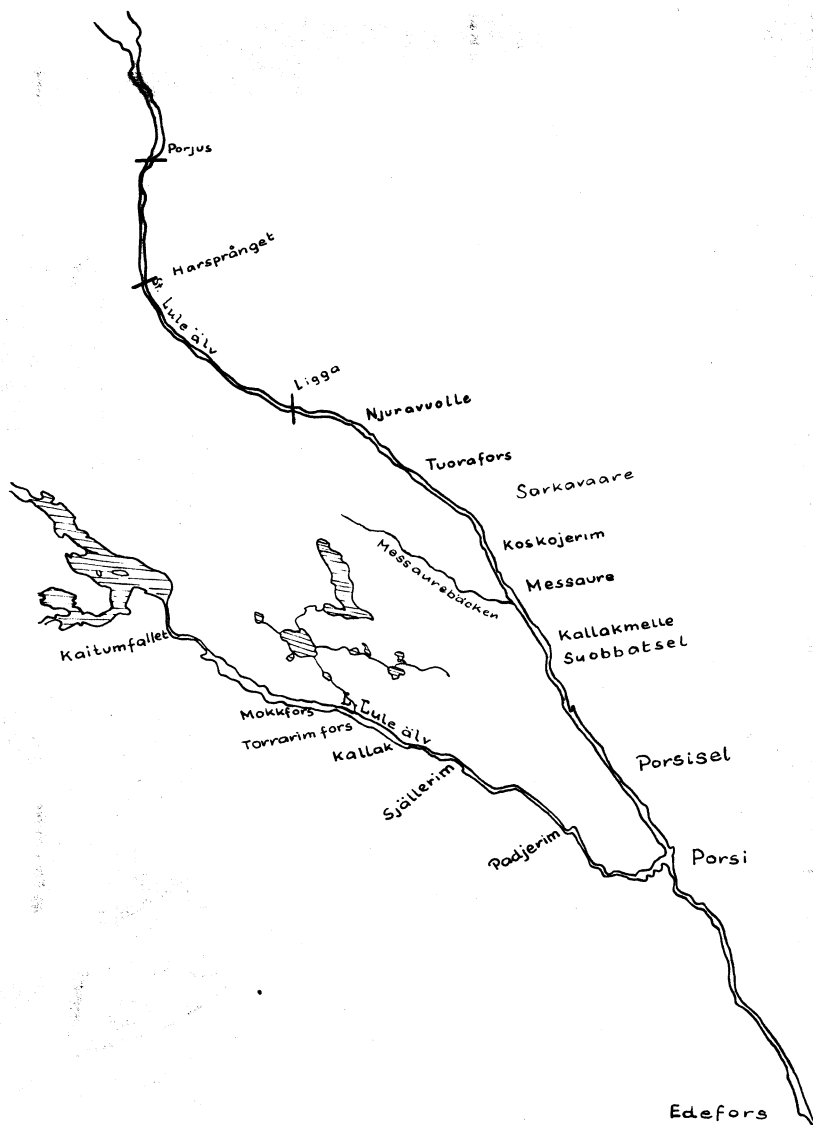


Abb. 7: Übersicht über die Fangplätze des Junglaches (*Salmo salar* L.) im Lule Älv.

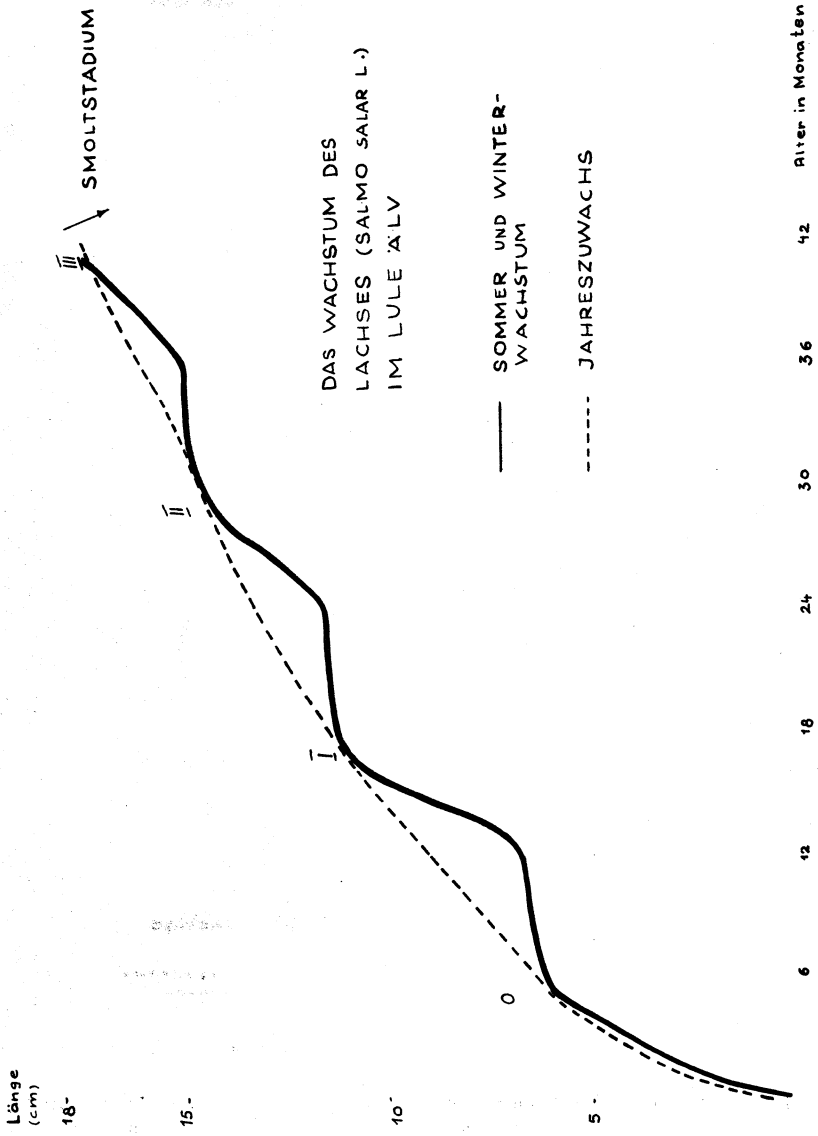


Abb. 8: Das Wachstum des Lachses (*Salmo salar* L.) im Lule Älv.

Lilla Lule älv

Stora Lule älv

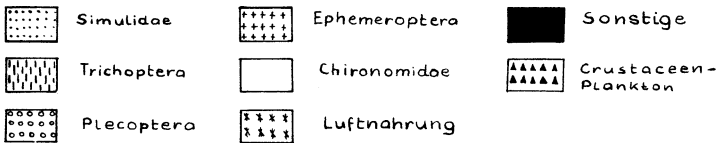
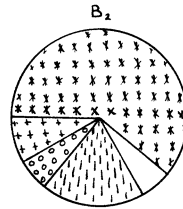
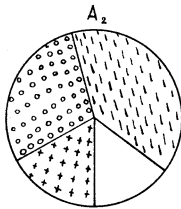
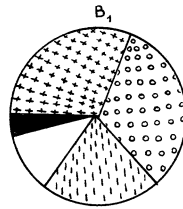
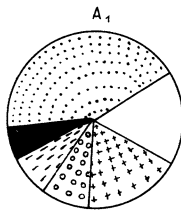


Abb. 9: Die Nahrung der Altersklassen I, II und III des Lachses (*Salmo salar* L.) im Lule Älv; A₁ = Lilla Lule Älv Sommer 1957; B₁ = Stora Lule Älv Sommer 1957; A₂ = Lilla Lule Älv Herbst 1956; B₂ = Stora Lule Älv Herbst 1956.

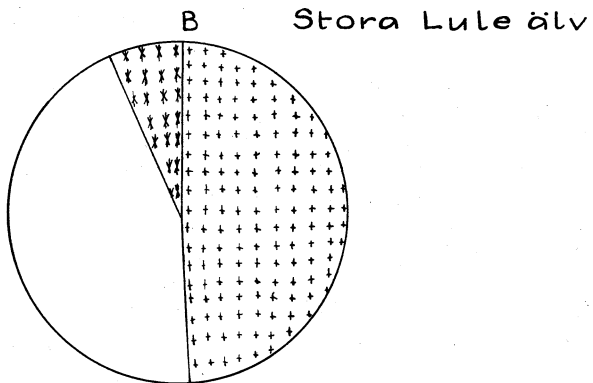
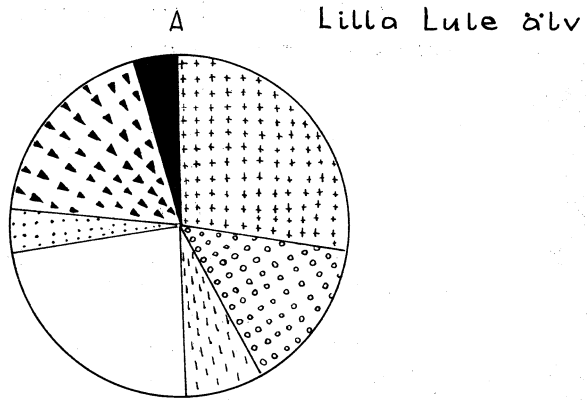


Abb. 10: Die Nahrung des Lachses (*Salmo salar* L.) der Altersgruppen 0. A = Lilla Lule Älv Sommer 1957, B = Stora Lule Älv Sommer 1957.

Vergleichend-ökologische Untersuchungen über Wachstum und Ernährung von zwei *Salmo trutta*-Populationen des nordschwedischen Waldgebietes.

Von August Wilhelm Steffan

Vorwort

Für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit, die Überlassung des wertvollen Untersuchungsmaterials sowie die freundliche und zuvorkommende Weise, in der ich in die Probleme und Arbeitsmethoden der Fischereibiologie eingeführt wurde, bin ich Herrn Dr. KARL MÜLLER, Fuldastation der Hydrobiologischen Anstalt der M.P.G. in Schlitz, zu ganz besonderem Dank verpflichtet. Ich danke ihm gleicherweise für die zur Verfügung gestellten Aufzeichnungen mit ökologischen Angaben über die Wohngewässer der beiden untersuchten Fischpopulationen sowie die methodischen Angaben über deren Fang.

I. Einleitung und Problemstellung

Bei fischereibiologischen Untersuchungen im nordschwedischen Waldgebiet stellte MÜLLER (1957) in einem kleineren von Sumpfwässern gespeisten See, von dem man nicht vermuten würde, daß er für Forellen geeignete Lebensbedingungen bieten könnte, eine größere Forellenpopulation fest. Er konnte weiterhin beobachten, daß in diesem eigenartigen Biotop *Salmo trutta* und *Perca fluviatilis* vergesellschaftet leben.

Von den extremen Verhältnissen dieser Lebensstätte ausgehend, ist es von Interesse, Ernährungslage und Lebensweise ihrer Fischpopulation eingehender zu untersuchen und die Ergebnisse in Beziehung zu setzen zu den vorliegenden biotischen und abiotischen Faktoren. Es soll außerdem geprüft werden, inwieweit diese, einen für sie extremen Biotop besiedelnden, Forellen, sich in ihrer Lebensweise von anderen, einen ihnen normalerweise zukommenden Biotop bewohnenden, unterscheiden oder ihnen gleichen. Zu diesem Zwecke wurde eine torrenticole Forellenpopulation eines nicht weit von diesem See gelegenen Baches herangezogen.

Vom fischereibiologischen Standpunkt aus ist es wichtig, zu erfahren, ob die ökologische Valenz von *Salmo trutta* tatsächlich so groß ist, daß sie ohne wesentliche Einbuße an Wachstum und Nachkommenschaft zu erleiden, diese extremen Biotope bewohnen kann. Bei positivem Ergebnis wäre zu erwägen, ob die vielen hundert im Einzugsgebiet des Stora Lule Älv liegenden kleinen Seen, die bisher fischereilich nur unbedeutend genutzt werden, nicht doch zu intensiverer Bewirtschaftung herangezogen werden sollten.

II. Untersuchungsmethodik

Die in Formol (Formalin 30 %) konservierten Fische wurden im Labor gemessen und gewogen. Die Angaben in „g“ beziehen sich also immer auf das „Formolgewicht“ der Fische. Jedem Tier wurde anschließend zur Altersbestimmung eine Anzahl Schuppen an der Flanke vor der rechten Bauchflosse entnommen. Diese Schuppen wurden mit „FAURE“-schem Einbettungsgemisch zu Dauerpräparaten verarbeitet. Die Auswertung erfolgte zum Teil mit Hilfe eines von mir entwickelten Mikroprojektionstisches. Dieses Gerät ermöglicht bei beliebiger Vergrößerung des mikroskopischen Präparates und Projektion auf eine Mattscheibe eine makroskopische Betrachtung und Analyse der Schuppen.

Zur Nahrungsuntersuchung wurde den Tieren der Magen entnommen und dessen Inhalt an Nahrungstieren quantitativ festgestellt. Zu vergleichenden Untersuchungen wurde auch der Inhalt des Enddarmes kontrolliert, jedoch nur qualitativ ausgewertet.

III. Beschreibung der beiden Forellenpopulationen

1. Die Forellenpopulation des Rappojaure

a) Biotopbeschreibung

Der Rappojaure (Abb. 1) ist ein typischer Waldsee des nordschwedischen Waldgebietes. Er liegt im Einzugsgebiet des Stora Lule Älv. Mit einem kleinen ca. 0,40 m breiten Graben mündet er östlich der Lappensiedlung Slakka in den Rappojokk (jokk = Bach). In südöstlicher Richtung fließend mündet dieser Bach nach ca. 8 km Lauf in den Stora Lule Älv.

Der See ist umgeben von ausgedehnten Sumpfbereichen, die fast überall bis an das Ufer herantreten. Außer von diesen Sumpfwässern und dem Grundwasser wird der See noch von einem aus höher gelegenen Sumpftümpeln kommendem Rinnsal gespeist. In der Uferregion ist auffällig die reiche Vegetation von *Nuphar luteum*. Der Seeausfluß ist gekennzeichnet durch lichte Bestände von *Phragmites communis*. Die durchschnittliche Wassertiefe beträgt 6—8 m. Der Seeboden besteht aus dichten Dylagern. Das Wasser ist tiefbraun gefärbt und stark humos. Eine Messung am 2. 6. 1957 ergab bei einer Temperatur von + 16 ° C in der Wasseroberfläche einen pH-Wert um 5,8. Im Seeausfluß, der etwas steinigern Boden und eine gewisse Strömung aufweist, scheinen Laichmöglichkeiten für *Salmo trutta* gegeben zu sein.

b) Fangweise

Der Fang der im Folgenden beschriebenen Fische erfolgte mit engmaschigen Netzen. Die Netze wurden am Morgen des 2. 6. 1957 um 01.00 h ausgesetzt und um 03.00 h wieder eingeholt. Angesichts der Mitsommerzeit in Nordschweden erfolgte der Fang bei Helligkeit. Es ist deshalb anzunehmen, daß die Fische auch während der Nacht gefressen haben, was für die durchzuführenden Nahrungsuntersuchungen wesentlich ist.

c) Fangergebnis, Altersklassenverteilung, Länge, Gewicht

Das Fangergebnis besteht aus 37 Fischen: 31 Exemplaren von *Salmo trutta* und 6 von *Perca fluviatilis*. Der $\%$ -Anteil von *Perca fluviatilis* am Gesamtfang beträgt mithin 16 $\%$; es handelt sich nur um Vertreter der Altersklassen VIII und XI. Die gefangenen Forellen verteilen sich auf die Altersklassen II bis IV. Die jüngeren Jahrgänge entgingen wahrscheinlich durch die relative Größe der Maschenweite dem Fang. Die genaue Verteilung der gefangenen Fische auf die einzelnen Altersgruppen zeigt Tabelle 1. Länge und Gewicht der einzelnen Altersgruppen von *Salmo* und *Perca* sind ebenfalls der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 1: Rappojaure, Fangergebnis vom 2. 6. 1957.

Fischart	Altersgruppe	Alter in Monaten	Anzahl	$\%$ -Anteil Gesamtfang	Länge in cm	Gewicht in g
<i>Salmo trutta</i>	..... II	29	2	5,4	11,9—13,0 (12,4)	13—17 (15)
<i>Salmo trutta</i>	..... III	41	18	48,6	13,2—16,4 (14,7)	17—43 (28)
<i>Salmo trutta</i>	..... IV	53	11	29,7	15,9—18,7 (17,1)	33—62 (44)
<i>Perca fluviatilis</i>	.. VIII		2	5,4	16,1—16,9 (16,5)	44—49 (47)
<i>Perca fluviatilis</i>	... XI		4	10,9	19,3—20,1 (19,6)	78—91 (83)

d) Untersuchungen zur Ernährung

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich setzt sich die Nahrung der Forellen aus dem Rappojaure aus 16 Tiergruppen zusammen. Diese Nahrungstiere stammen aus verschiedenen Lebensbereichen des Sees und seiner Umgebung. Anzahlmäßig der größte Nahrungsteil wurde vom Seeboden aufgenommen. Hier stehen die *Chironomidae*-Larven mit 41 $\%$ der durchschnittlichen Gesamtnahrung an erster Stelle. Von einiger Bedeutung sind auch die *Ceratopogonidae*-Larven mit 5,0 $\%$ und die *Simuliidae*-Larven mit 9,4 $\%$. Die anderen Gruppen: *Trichoptera*, *Coleoptera*, *Hydracarina* und *Rhynchota* sind im Hinblick auf die Gesamtnahrung nur von untergeordneter Bedeutung. Lediglich

Tab. 2: %-Gehalt der einzelnen Nahrungskomponenten bei den verschiedenen Altersgruppen von *Salmo trutta* aus dem Rappojaure.

Nahrungstiere aus dem	II	III	IV	ges.
a) Hypolimnion				
(Bodenbewohner)				
1. <i>Ephemeroptera</i> L.				
2. <i>Plecoptera</i> L.				
3. <i>Trichoptera</i> L.	0,7	0,6	1,6	1,0
4. <i>Neuroptera</i> L.				
5. <i>Coleoptera</i> L. I. (aquat.)		0,2	0,2	0,1
6. <i>Chironomidae</i> L.	59,4	37,1	26,4	41,0
7. <i>Ceratopogonidae</i> L.	1,5	5,7	7,8	5,0
8. <i>Simuliidae</i> L.	4,1	22,4	1,6	9,4
9. <i>Brachycera</i> L.				
10. <i>Lepidoptera</i> L.				
11. <i>Rhynchota</i>			0,1	
12. <i>Hydracarina</i>		0,1	0,1	0,1
13. <i>Mollusca</i>		0,3	0,7	0,3
b) Pelagial				
14. <i>Entomostraca</i>	0,7	0,1	0,3	0,4
15. <i>Pisces</i>				
c) Epilimnion				
16. <i>Gerridae</i>	0,5	0,1	0,1	0,2
17. <i>Nematocera</i> Pupp.	12,3	13,9	17,6	14,6
d) Luftnahrung				
18. <i>Nematocera</i> I.	20,8	18,9	42,7	27,5
19. <i>Brachycera</i> I.		0,3	0,1	0,1
20. <i>Plecoptera</i> I.				
21. <i>Trichoptera</i> I.				
22. <i>Coleoptera</i> I. (terr.)		0,2	0,4	0,2
23. <i>Hymenoptera</i>		0,1	0,2	0,1
24. <i>Rhynchota</i>				
25. <i>Collembola</i>				
26. <i>Araneina</i>			0,1	

die *Mollusca* (*Pisidium* und verschiedene kleine *Gastropoda*), obwohl anzahlmäßig nur mit 0,3 % beteiligt, stellen massen- und gewichtsmäßig noch einen nicht unbeträchtlichen Anteil dar. Als Nahrungstiere aus dem Pelagial sind nur die *Entomostraca* zu nennen. Es handelt sich hier sowohl um *Cladocera* als auch um *Ostracoda*. Fische wurden keine aufgenommen, auch von den älteren Forellen nicht.

Die Bedeutung des Epilimnion für die Ernährung ist größer. Aus dieser Zone werden einmal Tiere aufgenommen, deren natürlichen Lebensort sie darstellt (autochthone) und andererseits solche, die zufällig oder durch Natureinflüsse (Regen, Wind) auf diese gelangt sind. Zur ersten Gruppe gehören die *Gerridae*, die sich auf dem Wasser bewegen, und die *Nematocera*-Puppen, die mit Haarbüscheln oder Atemröhren an der Wasseroberfläche hängend im Epilimnion treiben. Es handelt sich zumeist um die grünlich gefärbten Puppen von *Anopheles*, sodann um *Culex* und verschiedene *Chironomidae*. Der Anteil der *Nematocera*-Puppen beträgt 14,6 %. Bei der allochthonen Luftnahrung handelt es sich um verschiedene Tiergruppen: *Araneina*, *Coleoptera*, *Nematocera* und *Brachycera*. Die terrestrischen *Coleoptera*, meist vertreten durch den Schilfkäfer *Donacia*, sind zahlenmäßig unbedeutend, treten jedoch als Anteil vom Gesamtnahrungsgewicht stärker hervor. Das gleiche gilt für die *Hymenoptera*, deren häufigster Vertreter die Moorameise *Serviformica picea* NYLL. ist; seltener sind *Chalcididae* und *Ichneumonidae*. Zahlenmäßig am häufigsten vertreten sind die *Nematocera*-Imagines; ihr Anteil an der durchschnittlichen Gesamtnahrung beträgt 27,5 %.

Um eine übersichtliche Darstellung bemüht, schlagen wir folgende tabellarische Aufstellung der Nahrungskomponenten auch für fernere fischereibiologische Untersuchungen vor:

1.0	1.0	1.0	1.0
2.0	2.0	2.0	2.0
3.0	3.0	3.0	3.0
4.0	4.0	4.0	4.0
5.0	5.0	5.0	5.0

72,1			27,9
56,9	0,4	14,8	27,9
72,1			27,9

Die mittlere Rubrik zeigt die Gewässerzone an, aus der die Nahrungstiere stammen; von links nach rechts: Hypolimnion, Pelagial, Epilimnion und Luft. In der oberen Rubrik werden die Nahrungstiere in zwei Gruppen zusammengefaßt: aus dem Wasser stammend (links) oder aus der Luft (rechts). In der unteren Rubrik ist verzeichnet, ob die Nahrungstiere autochthon sind (links) oder allochthon (rechts). Je nach Art des Gewässers können die Nahrungstiere aus Pelagial und Epilimnion zu den allochthonen oder autochthonen gehören.

In diesem Falle stimmt autochthon mit Wassernahrung und allochthon mit Luftnahrung überein. Die Forellen des Rappojaure können dennoch ihren Nahrungsbedarf zu 72,1 % aus ihrem Wohngewässer decken, nur mit 27,9 % sind sie auf allochthone Nahrung angewiesen. Diese Angabe hat jedoch nur Gültigkeit für die Zeit des Fanges (Juni), da nach MÜLLER (1953) die Auswahl der Nahrungstiere sich im Wechsel des Jahres verändert.

Wie schon aus Tabelle 2 ersichtlich ist die Verteilung der verschiedenen Nahrungstiere auf die einzelnen Altersklassen der Forellen nicht einheitlich. Durch Abb. 2 wird dieses Problem anschaulich gemacht. Es wurden nur die wichtigsten Nahrungsgruppen eingezeichnet. Es ist zu erkennen, daß die Hauptnahrung der Altersgruppe II aus *Chironomidae*-Larven besteht (59,4 %). Bei den 3-jährigen sinkt dieser Anteil auf 37,1 % ab, bei den 4-jährigen gar auf 26,4 %. Die *Simuliidae*-Larven sind bei Altersgruppe II mit 4,1 % beteiligt, steigen bei Altersgruppe III sprunghaft auf 22,4 % und sinken bei IV wieder auf 1,6 %. Die Puppen der *Nematocera* nehmen im Nahrungsanteil von den jüngeren zu den älteren zu: bei II: 12,3 %, bei III: 13,9 % und bei IV: 17,6 %. Die *Nematocera*-Imagines stellen bei Altersgruppe II einen Anteil von 20,8 %, bei III 18,9 % und bei IV 42,7 %. Auch bei der übrigen Luftnahrung ist ein Anstieg des Anteils mit zunehmendem Alter zu verzeichnen, nämlich von II = 0,0 % auf IV = 0,8 %.

Aus Abb. 2 ist auch zu entnehmen, daß alle übrigen, nicht besonders aufgeführten Nahrungstiere in % der Gesamtmenge von Altersklasse II nach IV wesentlich zunehmen. Was ist aus diesen Tatsachen zu entnehmen?

1. Die Altersgruppe II ist in ihrer Nahrungswahl auf weniger Tiergruppen beschränkt als Altersgruppe III und diese wiederum auf weniger als die nächsthöhere Altersgruppe. Mit setigendem Alter nimmt die Anzahl der Nahrungstiergruppen zu.
2. Die Tiere der Altersgruppe II und III entnehmen ihre Nahrung zum größeren Teil dem Hypolimnion als die der Altersgruppe IV. Dafür nimmt

der Nahrungsbezug aus dem Epilimnion mit steigendem Alter zu: Die Jungforellen nehmen einen größeren Teil ihrer Nahrung vom Seeboden auf (II: 65,7 %, III: 66,4 %) als die Alttiere (IV: 38,5 %). Die älteren Forellen, die ihre Hauptnahrung dem Epilimnion entnehmen (IV: 60,9 %) sind — wenn auch erst sekundär — zu mindestens 50 % auf Luftnahrung angewiesen.

e) Vergleich von Barsch und Forelle

Wie weiter oben aus Tabelle 1 ersichtlich ist, beträgt das Alter der jüngsten im Rappojaure gefangenen Barsche acht Jahre. Diese achtjährigen Barsche sind im Durchschnitt 0,6 cm kürzer und nur 2 g schwerer als die vierjährigen Forellen. Sie brauchen also doppelt so lange wie die Forelle um ein bestimmtes Gewicht zu erreichen. Der Barsch ist ein schlechter Futterverwerter und muß deshalb in diesem Falle als nicht besonders wirtschaftlicher Nutzfisch betrachtet werden. Es ist zu untersuchen, ob er als wesentlicher Nahrungskonkurrent der Forelle auftritt.

Aus Tabelle 3 ist zu entnehmen, daß der Barsch ebenso wie die Forelle seine Nahrung aus Hypolimnion und Epilimnion entnimmt; nur die Nahrungstiere des freien Wassers, des Pelagial fehlen völlig. Ebenso fehlen *Mollusca* und *Hydracarina*. Dafür treten beim Barsch zwei andere Tiergruppen hinzu: *Ephemeroptera*-Larven und *Neuroptera*-Larven. Gegenüber *Salmo* = 57,3 % beträgt die aus dem Hypolimnion aufgenommene Nahrung von *Perca* nur 23,8 %. Die übrigen 76,2 % der Barschnahrung stammen aus dem Epilimnion, bei der Forelle dagegen nur 42,7 %. Es besteht noch ein weiterer Unterschied zwischen der epilimnischen Nahrung der beiden Fischarten: die des Barsches ist rein autochthon, die der Forelle besteht zu $\frac{2}{3}$ aus Luftnahrung. Da einerseits in der Barschnahrung jedes allochthone Nahrungstier sowie die Tiere aus dem Pelagial fehlen, andererseits *Neuroptera*-Larven hinzutreten, ist anzunehmen, daß das Jagdgebiet des Barsches mehr in der Uferregion liegt. Hier wird er wahrscheinlich weniger mit den auf die freie Wasserfläche angetriebenen Luftinsekten in Berührung kommen, die der die freie Wasserfläche vorziehenden Forelle als Nahrung dienen. Nur mit vieren seiner sechs Nahrungstiergruppen macht er der Forelle mit vierzehn Gruppen Konkurrenz. Da der Barsch jedoch als Fisch, der sich einerseits häufig in fünf und mehr Meter Tiefe aufhält, andererseits aber auch zur Nahrungsaufnahme nahe der Wasseroberfläche entlangschwimmt, wie die Forelle in erster Linie *Chironomidae*-Larven und *Nematocera*-Puppen aufnimmt, stellt er einen nicht zu unterschätzenden Konkurrenten dar.

Tab. 3: Die Nahrungstiere von *Perca fluviatilis* im Vergleich zu denen von *Salmo trutta* aus demselben Biotop (in %).

Nahrungstiere aus dem	von <i>Perca</i>	von <i>Salmo</i>	
a) Hypolimnion			
1. <i>Ephemeroptera</i> L.	0,2	} 57,3	
2. <i>Plecoptera</i> L.			
3. <i>Trichoptera</i> L.	2,0		
4. <i>Neuroptera</i> L.	2,1		
5. <i>Coleoptera</i> L. I. (aquat.)			
6. <i>Chironomidae</i> L.	18,8		
7. <i>Ceratopogonidae</i> L.	0,7		
8. <i>Simuliidae</i> L.	} 23,8		5,0
9. <i>Brachycera</i> L.			9,4
10. <i>Lepidoptera</i> L.			
11. <i>Rhynchota</i>			
12. <i>Hydracarina</i>			0,1
13. <i>Mollusca</i>			0,3
b) Pelagial			
14. <i>Entomostraca</i>		0,4	
15. <i>Pisces</i>			
c) Epilimnion			
16. <i>Gerridae</i>		0,2	
17. <i>Nematocera</i> Pupp.	76,2	14,6	
d) Luftnahrung			
18. <i>Nematocera</i> I.	} Keine Luftnahrung	27,5	
19. <i>Brachycera</i> I.		0,1	
20. <i>Plecoptera</i> I.			
21. <i>Trichoptera</i> I.			
22. <i>Coleoptera</i> I. (terr.)			
23. <i>Hymenoptera</i>			
24. <i>Rhynchota</i>			0,2
25. <i>Collembola</i>			0,1
26. <i>Araneina</i>			

2. Die Forellenpopulation des Messaurejokk

a) Biotopbeschreibung

Diese zum Vergleich herangezogene Forellenpopulation stammt aus dem Messaurejokk (Abb. 1), einem typischen Forellenbach des nordschwedischen Waldgebietes, der ebenfalls im Einzugsgebiet des Stora Lule Älv liegt. Dieser Bach hat eine Gesamtstrecke von ca. 20 km. Er entspringt aus dem in einer Sumpfniederung liegenden See Messaure und verläuft ca. 75 % seiner Strecke in dem ca. 300 m über NN liegenden Hochplateau südlich des Stora

Lule Älv in südöstliche Richtung. Auch die Quellen seiner Nebenbäche liegen fast ausnahmslos in kleinen Waldseen und Moortümpeln. Die letzte Laufstrecke des Messaurejokk zeigt starkes Gefälle. Die Mündung erfolgt in den Stora Lule Älv bei der Siedlung Messaure.

In der Gefällstrecke wurde eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,6—1,0 m/sec festgestellt; der Bachgrund ist hier von grobem Granitgeröll bedeckt. Die Uferzonen sind oft viel schwächer durchströmt; die Meßwerte liegen bei 0,1—0,2 m/sec. Häufig treten im Ober- und Mittellauf auch lenitische Bereiche auf; hier erfolgen Sand- und Kieselablagerungen. Das Wasser ist durch seine Herkunft aus den Moortümpeln braun gefärbt. Am Untersuchungstage, dem 22. VII. 1957, betrug der pH-Wert 6,2 bei einer Wassertemperatur von 15° C. Weitere Meßergebnisse: Härte = 0,7 D°, Eisen-gehalt = 1,7 mg/l.

b) Fangweise

Die Abfischung erfolgte am 22. VII. 1957 in der unteren gefällreichen Laufstrecke dieses Baches. Sie wurde vorgenommen durch Vergiftung eines Areals von ca. 250 m² mit Rotenon. Die ausgesuchte Strecke wurde zuvor unterhalb und oberhalb mit Netzen abgesichert, um ein Entweichen vor der Vergiftung und ein Abtreiben nachher zu verhindern. Damit darf das Fangergebnis als quantitatives gewertet werden.

c) Fangergebnis, Altersklassenverteilung, Länge, Gewicht

Zum Fischbestand des Messaurejokk gehören *Salmo trutta*, *Cottus gobio*, *Phoxinus laevis* und selten *Thymallus vulgaris*. Durch die Fangmethode konnten nahezu alle diese Arten sowie sämtliche Altersklassen von *Salmo trutta* (0—IV) erbeutet werden. Die jüngsten Stadien von *Salmo trutta* standen in den schwächer durchströmten Uferbereichen des Baches. Tabelle 4 gibt näheren Aufschluß über die Verteilung auf die einzelnen Altersklassen und die Längen- und Gewichtsunterschiede derselben. Zu vergleichenden Untersuchungen mit der Seepopulation sollen vor allem die Altersklassen II und III herangezogen werden. Für ernährungsbiologische Analysen sind auch die Klassen 0 und I von Wichtigkeit.

Tab. 4: Messaurejokk, Fangergebnis vom 22. 7. 1957.

Fischart	Alters- gruppe	Alter in Monaten	Anzahl	%-Anteil Gesamtfang	Länge in cm	Gewicht in g
<i>Salmo trutta</i>	..... 0	7	7	12,5	2,9— 3,5 (3,1)	(0,4)
<i>Salmo trutta</i>	..... I	19	20	35,8	6,0— 9,0 (7,6)	2— 8 (4)
<i>Salmo trutta</i>	..... II	31	22	39,5	9,6—13,9 (11,4)	8—26 (15)
<i>Salmo trutta</i>	..... III	43	4	7,1	13,0—17,9 (16,7)	26—67 (47)
<i>Salmo trutta</i>	..... IV	55	1	1,7	20,5	88
<i>Cottus gobio</i>			1	1,7	7,3	4
<i>Thymallus vulgaris</i>			1	1,7	10,9	12

d) Untersuchungen zur Ernährung

Tabelle 5 zeigt, daß sich die Nahrungstiere der Forellen aus dem Messaurejokk auf 24 verschiedene Tiergruppen verteilen. Über die Herkunft dieser Nahrungstiere aus den verschiedenen limnischen Bereichen gibt folgende Tabelle übersichtlichen Aufschluß:

75,1		24,9	
74,7	0,5	15,1	9,7
90,3			9,7

Es ergibt sich also, daß 90,3 % Wassernahrung 97 % Luftnahrung gegenüberstehen. Wesentliche Bestandteile der Luftnahrung, die sich auf 9 Gruppen verteilt, sind nur die Imagines von *Hymenoptera* mit 3,1 % und *Nematocera* mit 3,7 %. Den größten Anteil der vom Bachgrund stammenden Wassernahrung stellen die *Ephemeroptera*-Larven mit 45,7 %; ihnen folgen die *Chironomidae*-Larven mit 11,4 %. Erwähnenswert sind noch *Plecoptera*-Larven mit 4,0 % und *Simuliidae*-Larven mit 7,5 %. Der Anteil der pelagischen Nahrungstiere ist gering. Hierbei sind die verspeisten Fische — wahrscheinlich *Cottus gobio* — als autochthon zu werten; von den *Entomostraca* (*Ostracoda* und *Cladocera*) ist jedoch anzunehmen, daß sie aus höher gelegenen Quellseen abgetrieben worden sind. Ebenso ist die Nahrung aus dem Epilimnion als allochthon anzusehen, gleichgültig ob sie aus der Luft stammt oder nicht. Sowohl für die *Gerridae*-Imagines (0,5 %) wie für die *Nematocera*-Puppen bietet der Sturzbach keine geeigneten Lebensbedingungen; auch sie müssen aus höher gelegenen limnischen Bereichen weggeschwemmt worden sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch die einen oder anderen Vertreter, die dem Bachgrund zugerechnet wurden — z. B. *Neuroptera*-Larven = 0,1 % —, ebenfalls allochthoner Herkunft sind.

Tab. 5: %-Gehalt der einzelnen Nahrungskomponenten bei den verschiedenen Altersgruppen von *Salmo trutta* aus dem Messaurejokk.

Nahrungstiere aus dem	0	I	II	III	ges.
a) Hypolimnion					
(Bodenbewohner)					
1. <i>Ephemeroptera</i> L.	20,2	57,1	62,0	43,6	45,7
2. <i>Plecoptera</i> L.		0,3	1,2	14,5	4,0
3. <i>Trichoptera</i> L.		3,1	3,9		1,8
4. <i>Neuroptera</i> L.			0,3		0,1
5. <i>Coleoptera</i> L. I. (aquat.)		0,1	0,5		0,2

6. <i>Chironomidae</i> L.	28,7	8,5	8,4		11,4
7. <i>Ceratopogonidae</i> L.					x
8. <i>Simuliidae</i> L.	2,1	15,4	7,8	6,5	7,5
9. <i>Brachycera</i> L.	1,1	0,9	0,7	6,5	2,3
10. <i>Lepidoptera</i> L.			0,1		x
11. <i>Rhynchota</i>					x
12. <i>Hydracarina</i>		0,4	0,3		0,2
13. <i>Mollusca</i>			1,2	4,8	1,5
b) Pelagial					
14. <i>Entomostraca</i>			0,4		0,1
15. <i>Pisces</i>				1,6	0,4
c) Epilimnion					
16. <i>Gerridae</i>			0,2	1,6	0,5
17. <i>Nematocera</i> Pupp.	44,7	6,2	2,8	4,8	14,6
d) Luftnahrung					
18. <i>Nematocera</i> I.	2,1	6,5	3,0	3,2	3,7
19. <i>Brachycera</i> I.			0,3	1,6	0,5
20. <i>Plecoptera</i> I.			0,2	1,6	0,4
21. <i>Trichoptera</i> I.		0,1	0,3		0,1
22. <i>Coleoptera</i> I. (terr.)			0,3	1,6	0,5
23. <i>Hymenoptera</i>	1,1	0,3	4,3	6,5	3,1
24. <i>Rhynchota</i>		0,7	1,0		0,4
25. <i>Collembola</i>		0,3	0,1		0,1
26. <i>Araneina</i>		0,1	0,5	1,6	0,6
andere Nahrungstiere			0,2		0,3

Ebenso wie bei den Forellen des Sees ist auch bei den Bachforellen die Verteilung der verschiedenen Nahrungsgruppen auf die einzelnen Altersklassen uneinheitlich. Abb. 3 zeigt, wie mit zunehmendem Alter der prozentuale Anteil mancher Nahrungstiere an der Gesamtnahrung rapide absinkt und wie dafür der Anteil von anderen stetig zunimmt. Nebenstehende Tabellen geben eine zusammenfassende Übersicht. Sie zeigen, daß mit zunehmendem Alter der Anteil der Wassernahrung ständig abnimmt und der Anteil der Luftnahrung zunimmt. Gleichzeitig ist daraus abzulesen, daß der Anteil der autochthonen Nahrungstiere mit steigendem Alter zunimmt und der der allochthonen bis Altersklasse II abnimmt. Altersklasse III zeigt wiederum umgekehrte Verhältnisse: die autochthonen nehmen wieder ab und die allochthonen zu. Über Altersklasse IV lassen sich in diesem Falle keine sicheren Aussagen machen. Der Verdauungstraktus des einzigen vierjährigen Exemplares war fast leer. Im Magen befand sich nur eine Spinne und ein Fisch, wahrscheinlich *Cottus gobio*. Im Enddarm waren nur noch Reste eines Käfers, wahrscheinlich eines Chrysomeliden, zu erkennen. Obwohl keine exakten Schlüsse aus diesem einen Beispiel gezogen werden können, deutet

Altersklasse 0

52,1		47,9	
52,1	0,0	44,7	3,2
96,8		3,2	

Altersklasse I

85,8		14,2	
85,8	0,0	6,2	8,0
92,0		8,0	

Altersklasse II

86,4	13,6		
86,4	0,4	3,0	10,2
89,8		10,2	

Altersklasse III

77,5		22,5	
75,9	1,6	6,4	16,1
83,9		16,1	

der Befund doch darauf hin, daß bei den vierjährigen ein weiteres Abwenden von der Bodennahrung und Zuwenden zu größerer Nahrung (Fischen) und Luftnahrung zu verzeichnen ist.

Auch Abb. 3 gibt diese Zunahme der Luftnahrung bei älteren Tieren deutlich wieder, inhandgehend mit einer Abnahme von *Chironomidae*-Larven und *Nematocera*-Puppen. Das Abnehmen der *Ephemeroptera*-Larven von Altersklasse II nach III wird aufgewogen durch das Ansteigen der größeren *Plecoptera*-Larven.

Auffällig ist, daß bei den Altersklassen I, II und III das Verhältnis der *Nematocera*-Imagines zu den Puppen ungefähr 1 : 1 ist; bei den 0-jährigen stehen aber 2,1 % Imagines 44,7 % Puppen gegenüber. Wie ist das zu erklären? Die in der Strömung stehenden älteren Fische schnappen wahllos, was der Bach an allochthonen Nahrungstieren heranbringt. Wie im Rappojaure, so wird auch in den Seen im Einzugsgebiet des Messaurejokk das Verhältnis der Puppen zu den abgestürzten Imagines ungefähr 1 : 1 betragen.

Werden diese nun von der Strömung mitgerissen, dann werden einzelne von den dort stehenden Fischen erbeutet, die meisten bleiben aber irgendwann einmal in lenitischen Bereichen in Ufernähe hängen. Hier steht den nur in Ufernähe verweilenden 0-jährigen Forellen eine große Nahrungsmenge zur Auswahl: sie schnappen lieber nach den weichhäutigeren Puppen als nach den geflügelten Imagines.

Vielleicht wird die Anzahl der Puppen in der Uferregion auch erhöht durch angeschwemmte Eipakete, die hier erst zur Entwicklung gelangen. Der Sprung zwischen der Ernährung der 0-jährigen und der 1-jährigen kommt in Abb. 3 deutlich zum Ausdruck. Die Ernährung der Altersklassen I und II ist ungefähr gleich. Zwischen Klasse II und III tritt wieder ein Sprung auf: die 3-jährigen wenden sich größerer Nahrung zu: die schwächeren *Ephemeroptera*-Larven werden z. T. durch kräftigere *Plecoptera*-Larven abgelöst; auch die Luftnahrung nimmt zu. Außer Insekten-Imagines, deren Larven im Wasser leben — *Nematocera*, *Brachycera*, *Plecoptera* usw. —, werden vor allem aus den Moortümpeln angeschwemmte Ameisen aufgenommen (*Hymenoptera* 6,5 %).

IV. Vergleich der beiden Forellenpopulationen

1. Wachstum und Gewicht

Stellt man die Längenwerte (L. t.) der jeweiligen Altersklassen der Forellenpopulation des Rappojaure und des Messaurejokk einander gegenüber, dann gelangt man zu einem merkwürdigen Ergebnis: Die zweijährigen Fische des Rappojaure sind länger als die zweijährigen aus dem Messaurejokk — die drei- und vierjährigen des Rappojaure jedoch sind kürzer als die gleichaltrigen des Messaurejokk. Abb. 4 zeigt deutlich das differente Wachstum der beiden Forellenpopulationen.

Daß mit dem verschieden schnellen Wachstum parallel verlaufend auch eine verschiedene Gewichtszunahme bei beiden Populationen zu verzeichnen ist, zeigt Abb. 5. Die Forellen aus dem See Rappojaure sind in der Jugend schwerer als die aus dem Bach Messaurejokk. Im Alter ist es umgekehrt: Vom dritten Lebensjahr ab läßt die Gewichtszunahme der Teichforellen nach, die der Bachforellen nimmt in steigendem Maße zu.

Setzt man Länge und Gewicht in Beziehung zueinander und vergleicht die durch Division von Länge : Gewicht erhaltenen Indices mit dem Alter in Monaten, so gelangt man, wie Abb. 6 zeigt, ebenfalls zu dem Ergebnis, daß beide Populationen in Jugend und Alter eine entgegengesetzt differente Wüchsigkeit aufweisen.

2. Ernährungsweise und Ernährungsgrundlagen

a) der Gesamtpopulationen

Hauptursache des unterschiedlichen Wachstums der beiden Populationen scheint das verschiedene Nahrungsangebot in Teich und Bach zu sein. In Abb. 7 werden die verschiedenen Nahrungstiergruppen der beiden Populationen aller Altersklassen einander gegenübergestellt. Gruppen, die nur einen geringen Nahrungsanteil stellen, wurden zusammengefaßt als „übrige Wassertiere“ und „übrige Lufttiere“. Die hellen Kolonnen stellen die Nahrungstiere der Bachforellen des Messaurejokk dar, die schraffierten die der Teichforellen aus dem Rappojaure.

Von der Tatsache ausgehend, daß der Messaurejokk ein typischer Forellengbach des nordschwedischen Waldgebietes ist, ergibt sich aus den Untersuchungen — wie Abb. 7 zeigt —, daß die *Ephemeroptera*-Larven im Juli (zur Zeit des Fanges) den größten Anteil der natürlichen Forellennahrung bilden. Diese Nahrungsgruppe fehlt aber im Rappojaure völlig! Dasselbe trifft für die *Plecoptera*-Larven zu. Weitere hypolimnische Nahrungstiere, *Trichoptera*-Larven und *Simuliidae*-Larven, wurden in annähernd gleichem Verhältnis von beiden Populationen aufgenommen. Was die *Ephemeroptera*-Larven für die Bachforellen sind, scheinen die *Chironomidae*-Larven für die Teichforellen zu sein. Hier machen die einen mehr als 40 % der Nahrung aus und dort die anderen. Allerdings fehlen die *Chironomidae*-Larven auch bei den Bachforellen nicht völlig. Bei den Teichforellen wird der *Chironomidae*-Anteil noch durch *Ceratopogonidae*-Larven ergänzt, die bei den Bachforellen völlig fehlen. Von den Bachforellen wurden auch Fische aufgenommen, die wiederum den Teichforellen mangeln. Der Anteil der *Nematocera*-Puppen an der Nahrung beider Populationen ist genau gleich. Von den Bachforellen wurden mehr % „übrige Wassernahrung“ aufgenommen als von den See-forellen. Einen wesentlichen Faktor für die Ernährung der See- oder Teichforellen stellen die *Nematocera*-Imagines dar; bei den Bachforellen machen sie einen viel geringeren Anteil aus. Dafür ist wiederum bei den Bachforellen der Anteil der „übrigen Luftnahrung“, vor allem an *Hymenoptera* viel größer als bei den Teichforellen.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Die Hauptnahrung der in einem für sie typischen Wohngewässer lebenden Forelle besteht (im Monat Juli) aus *Ephemeroptera*- und *Plecoptera*-Larven, in der Hauptsache ergänzt durch *Chironomidae*- und *Simuliidae*-Larven sowie *Nematocera*-Puppen und Luftnahrung.

Die Nahrung der in einem Waldsee lebenden Forelle besteht (im Monat Juni) aus *Chironomidae*-Larven, ergänzt durch *Ceratopogonidae*- und *Simuliidae*-Larven sowie aus *Nematocera*-Puppen und *Nematocera*-Imagines.

Noch kürzer ausgedrückt heißt das: Die Bachforelle lebt zu 45 % von *Ephemeroptera*-Larven; der übrige Teil wird durch viele verschiedene Tiergruppen bestritten. Die Teichforelle ist zu 90 % allein auf Larven, Puppen und Imagines der Insekten-Unterordnung *Nematocera* angewiesen.

b) der einzelnen Altersklassen

Daß die Verhältnisse jedoch im Einzelnen viel komplizierter und differenzierter sind, läßt sich nur durch direkten Vergleich der Nahrungstiere nach den einzelnen Altersklassen getrennt ersehen. Erst dadurch kann die Frage nach dem Warum des entgegengesetzt differenten Jugend- und Alterswachstums der beiden Forellenpopulationen gelöst werden.

Die Jungforellen der Altersklasse 0 aus dem Messaurejokk zeigen ein völlig anderes Nahrungsbild als oben beim Vergleich der Gesamtpopulation dargestellt wurde. Aus Abb. 8 ist zu erkennen, daß der Anteil der *Ephemeroptera*-Larven bei weitem geringer ist als es die zusammenfassende Darstellung zeigte. Diese noch nicht überwinterten Jungforellen nehmen vielmehr in größerem Maße *Chironomidae*-Larven auf. Noch größer ist der %-Satz der verspeisten *Nematocera*-Puppen. Die Auswahl dieser Nahrungstiere läßt sich einmal aus deren Zartheit und geringen Chitinisierung und zum zweiten durch den Aufenthalt der Jungforellen in der lenitischen Uferzone erklären. Wie schon im vorigen Kapitel erwähnt wurde, leben gerade diese Tiergruppen häufiger in diesen lenitischen Bereichen oder werden hier angeschwemmt und von der Vegetation aufgefangen. Leider ist ein direkter Vergleich mit 0-jährigen Vertretern aus dem Rappojaure nicht möglich. Da aber die aufgezählten Nahrungstiere in diesem See ebenso oder in noch reichlicherem Maße auftreten, ist anzunehmen, daß die dort lebenden Jungforellen etwa die gleiche Nahrung aufnehmen.

Auch Vertreter der Altersklasse I liegen nur aus dem Messaurejokk vor. Hier hat sich das Ernährungsbild, wie Abb. 9 zeigt, schon etwas gewandelt. Wohl werden immer noch *Chironomidae*-Larven und *Nematocera*-Puppen aufgenommen, aber es treten neue Gruppen hinzu: *Trichoptera*- und *Simuliidae*-Larven und *Nematocera*-Imagines. Über die Hälfte der Ernährung aber wird bestritten durch *Ephemeroptera*-Larven. Dieser Wandel ist daraus zu erklären, daß die einjährigen Forellen aus den lenitischen Bereichen in die strömungsreicheren Zonen vordringen und hier in größerem Maße die oben aufgezählten petricolen Insekten-Larven und allochthone Lufttiere zu sich nehmen.

Will man hieraus das Ernährungsbild der einjährigen den See bewohnenden Forellen rekonstruieren, dann ist zu bedenken, daß die 50 % *Ephemeroptera*-Larven für diesen Biotop wegfallen. Die fünf übrigen Nahrungsgruppen: *Trichoptera*-Larven, *Chironomidae*- und *Simuliidae*-Larven, *Nematocera*-Puppen und -Imagines sind jedoch auch im See vorhanden und können dort

sogar in reichlicherem Maße angeboten werden als dies im Bache möglich ist. Es ist darum anzunehmen, daß die einjährigen Seeforellen ihre Ernährung im wesentlichen auf diese fünf Gruppen stützen und durch deren reichlichere Konsumierung die fehlenden *Ephemeroptera*-Larven voll ersetzen können.

Die Verschiedenheit oder Gleichartigkeit der Nahrung der Forellen der Altersklasse II kann durch direkten Vergleich analysiert werden. Abb. 10 zeigt, daß die Hauptnahrung der Bachforellen aus *Ephemeroptera*-Larven besteht und die Hauptnahrung der Teichforellen aus *Chironomidae*-Larven. Beachtenswert ist, daß die Bachforellen einen höheren Anteil *Nematocera*-Puppen aufgenommen haben als die Teichforellen, denen diese eigentlich in reichlicherem Maße zur Verfügung stehen. Dafür ist bei ihnen der Anteil der *Nematocera*-Imagines wesentlich höher. Die übrige Luftnahrung fehlt den Teichforellen jedoch vollkommen im Gegensatz zu den Bachforellen, die viel *Hymenoptera* und andere allochthone Nahrungstiere aufweisen. Die zwei-jährigen Teichforellen scheinen noch genügend Nahrung im Hypolimnion zu finden, wie sich auch aus dem nicht unbeträchtlichen Anteil der *Simuliidae*- und *Ceratopogonidae*-Larven ergibt. Im ganzen scheint das Nahrungsangebot des Sees für den Bedarf der Altersklasse II noch durchaus zu genügen.

In Abb. 11 werden die Nahrungstiere der Altersklasse III beider Populationen miteinander verglichen. Es macht sich ein bedeutender Wandel bemerkbar. Die Bachforellen wenden sich von der Bodennahrung weg und mehr der gröberen allochthonen Nahrung zu. Aus dem Angebot an Bodentieren werden nur noch die größten Exemplare aufgenommen. Dies ist auch an der Abnahme der *Ephemeroptera*- und der Zunahme der relativ größeren *Plecoptera*-Larven zu erkennen. Es werden außerdem nur noch in geringerer Anzahl kräftigere *Simuliidae*-Larven verzehrt. Erstmals treten auch Fische als Nahrungstiere auf. Der Anteil der zarten, kleinen *Nematocera*-Puppen nimmt gewaltig ab. Dafür nimmt der Anteil der Luftnahrung zu; insbesondere werden *Hymenoptera*, *Coleoptera* und die verschiedensten Imagines von Insekten, deren Larven im Wasser leben, aufgenommen (*Trichoptera*, *Plecoptera*). Entgegen dieser Umwandlung in der Bevorzugung gröberer Nahrung macht sich bei den dreijährigen Tieren des Sees kaum eine Änderung bemerkbar. Noch immer bilden die vier Gruppen: *Chironomidae*- und *Simuliidae*-Larven sowie *Nematocera*-Puppen und deren Imagines den Haupt-Nahrungsanteil. Allerdings werden statt der kleineren *Chironomidae*-Larven in stärkerem Maße die gröberen *Simuliidae*-Larven bevorzugt: Doch scheinen auch die nun mehr bevorzugten *Ceratopogonidae*- und *Trichoptera*-Larven das größere Angebot des Baches an kräftigeren Nahrungstieren nicht auszugleichen. Die dreijährigen großen Forellen des Teiches müssen immer noch mit den wohl in großer Menge vorhandenen, aber kleinen und kleinsten Nahrungstieren vorliebnehmen. Sie müssen mühsam ihre Kleinnahrung zusammensuchen während den dreijährigen Bachforellen reichlich die ihnen zustehenden kräftigeren Nahrungstiere zur Verfügung stehen.

Abb. 12 zeigt das Nahrungsbild der Teichforellen der Altersklasse IV. Wie aus der weiteren Abnahme der kleinen *Chironomidae*-Larven und Zunahme der *Nematocera*-Imagines, unter denen sich nun mehr gröbere *Culicidae* befinden, zu erkennen ist, liegt es im Bestreben dieser älteren Forellen, größere Nahrungsbrocken aufzunehmen. Diese stehen ihnen aber in diesem Gewässer nur in geringem Maße zur Verfügung. Sie müssen sich noch immer mit den kleinen *Nematocera*-Puppen begnügen, die die Vorzugsnahrung der Bachforellen der Klasse 0 bildeten. Es werden noch aufgenommen *Ceratopogonidae*- und *Simuliidae*-Larven sowie größere *Trichoptera*-Larven. Leider steht aus dem Messaurejokk nur eine Forelle der Altersklasse IV zur Verfügung. Der Verdauungstraktus derselben weist neben einem Fisch einen terrestrischen Käfer und eine Spinne auf. Es können hieraus keine weitgehenden Schlüsse gezogen werden, aber es ist doch schon zu erkennen, worin die eigentliche Nahrung der Altforellen besteht.

V. Ergebnisse und Folgerungen

1. Ökologie und Ernährungsbiologie

Wie eingangs gezeigt wurde, sind die physiographischen Faktoren, soweit sie die Forellen betreffen, in beiden untersuchten Biotopen nahezu gleich. Das ist nicht verwunderlich, denn der Messaurejokk bezieht sein Wasser aus ebensolchen Tümpeln und Teichen wie der Rappojaure einen darstellt. Der größere Säuregrad des Sees erklärt sich aus seinem hohen Humusgehalt; im Bach wird dieser herabgesetzt durch den Zufluß von Grundwasser aus weniger moorigen, felsigen Gebieten. Die Temperaturen beider Gewässer sind annähernd gleich. Auch der Sauerstoffgehalt scheint im See für die Forellen nicht zu gering zu sein. Damit stehen der Besiedlung des Sees mit Forellen keinerlei abiotische Faktoren entgegen.

Den wichtigsten biotischen Faktor stellt das mehr oder weniger reichliche Nahrungsangebot dar, nicht nur in Quantität, sondern auch in Qualität. Im vorigen Kapitel konnte nachgewiesen werden, daß die Jungforellen der Altersklasse 0 in erster Linie auf Klein-Nahrungstiere angewiesen sind wie *Chironomidae*-Larven und *Nematocera*-Puppen. Diese stehen ihnen natürlicherweise in einem See in reichlicherem Maße zur Verfügung als in einem Fließgewässer. Auch die Tiere der Altersklassen I und II bevorzugen noch weitgehend diese kleineren Insektenlarven und deren gering chitinisierte Puppen. Da diese ihnen jedoch in ihrem natürlichen Biotop, dem schnell fließenden Bach nicht oder nur in geringem Maße zur Verfügung stehen, erklärt sich daraus ganz klar und eindeutig das schnellere Wachstum der Jungforellen des Sees.

Die älteren Forellen sind auf größere Nahrungstiere angewiesen. Diese stehen ihnen in umgekehrter Weise in einem Fließgewässer häufiger zur Ver-

fügung als im See. Daraus erklärt sich auch die Tatsache, daß die Forellen des Baches ab drittem Lebensjahr ein schnelleres Wachstum zeigen als die des Sees.

2. Fischereiwirtschaftliche Bedeutung

Im Bestreben möglichst viele Gewässer für die Fischproduktion nutzbar zu machen, kann aufgrund der vorangegangenen Untersuchungen für die Fischwirtschaft folgendes empfohlen werden.

Seen im nordschwedischen Waldgebiet vom Typ des Rappojaure bieten durch ihr hohes Angebot an Klein-Nahrungstieren für Jungforellen geeignete Lebensbedingungen, die sogar die der Fließgewässer noch übertreffen. Die Wachstumsbedingungen für Altforellen sind durch den Mangel an größeren Nahrungstieren unzureichend. Laichmöglichkeiten sind in geringem Maße im Seeausfluß gegeben. Will man die Produktivität dieser Seen bestmöglich ausnutzen, so ist es nicht ratsam, die Entwicklung der Forellen sich selbst zu überlassen.

Eine wirtschaftliche Ausnutzung des Sees ist durch das Aussetzen von vorgestreckter Forellenbrut gegeben. Die Jungforellen finden bis zum dritten Lebensjahr in Seen dieses Typs geeignete Nahrung. Das Wachstum der Forellen ab Altersklasse III könnte gesteigert werden durch Einsetzen von Nahrungstieren, denen der See geeignete Lebensbedingungen bietet. Es kommen die beiden Fischarten *Phoxinus laevis* und *Gasterosteus pungitius* in Frage. Wie MÜLLER (1954) nachwies, gehören beide Fischarten mit zur Hauptnahrung der älteren Forellen der nordschwedischen Waldgewässer. Zu beachten wäre hierbei nur noch das Auftreten von Feinden dieser Nahrungsfische sowie der Jungforellen. Nicht nur *Esox lucius* kann die Bestände gewaltig dezimieren, auch *Perca fluviatilis* tritt häufig als beachtenswerter Bruträuber auf. Weiterhin ist gerade er für die Jungfische ein erheblicher Nahrungskonkurrent. Abb. 13 zeigt, daß *Perca fluviatilis* im See die gleichen Nahrungstiergruppen bevorzugt wie die zum Vergleich herangezogenen Jungforellen aus dem Messaurejokk.

Eine andere Nutzungsmöglichkeit dieser Sumpfseen als Nahrungsproduzenten für Nutzfische besteht in der Aufzucht von Junglachsen. Seinen natürlichen Lebensgewohnheiten gemäß verbringt *Salmo salar* seine ersten drei Lebensjahre im Süßwasser und wandert nachher ins Meer ab. Dort erst wächst er zum fangreifen Tier heran. Um die durch zivilisatorische Maßnahmen (Bau von Kraftwerken, Staudämmen usw.) immer mehr eingeschränkten Aufwuchsmöglichkeiten der Junglachse in Süßgewässern möglichst auszugleichen, hat der schwedische Staat schon Millionen-Beträge geopfert: In Zuchtanstalten versucht man mit mehr oder weniger großem Erfolg Junglachse künstlich heranzuziehen um sie nach drei Jahren in küstennahe Fließgewässer auszusetzen.

Durch Nutzung der nordschwedischen Waldseen vom Typ des Rappojaure bietet sich nun die einmalige Gelegenheit, die hohen Aufzuchtkosten für die Junglachse einzusparen. Wie nachgewiesen wurde, findet sich in diesen Seen genügend Kleinnahrung, die allein den Jungfischen bis zum dritten Lebensjahr zusagt, nicht aber älteren Fischen zu maximalen Wuchsleistungen gereicht. Da *Salmo salar* aber nach seinem dritten Lebensjahr ganz natürlich aus seinem Jugendgewässer zum Meer abwandert, ist der letzte Faktor für diese Art der Nutzung völlig belanglos. Der junge Lachs kann hier in seinem natürlichen Wohngewässer kostenlos aufgezogen werden. Es ist weiterhin nicht mit einer so hohen Sterblichkeit zu rechnen wie sie in künstlichen Aufzuchtbetrieben wegen der hohen Anfälligkeit für Infektionen gegeben ist. Eine aussichtsreiche Nutzung dieser Seen durch Aufzucht von *Salmo salar* ist jedoch nur gewährleistet, wenn alle Nahrungskonkurrenten ausgeschaltet werden. Ein Aussetzen von frisch geschlüpfter Brut ist ziemlich aussichtslos, diese fällt sofort den Barschen zum Opfer. Die junge Lachsbrut sollte vor dem Aussetzen vorgestreckt werden, was in den Aufzuchtbetrieben ohne größere Kosten und Verluste geschehen kann. Bevor diese vorgestreckten Junglachse, die eine Länge von 5—6 cm haben sollen, ausgesetzt werden, muß der betreffende See zuerst quantitativ von Nahrungskonkurrenten befreit werden, was beispielsweise durch Vergiftung mit Rotenon erfolgen kann. In Fließgewässern nehmen Forellen und Lachse, wie MÜLLER (1953) nachweisen konnte, verschiedene Nahrungsnischen ein. In einem See, dessen Nahrungsangebot artenmäßig beschränkt ist, kann die Forelle jedoch für die Aufzucht der Lachse eine starke Konkurrenz darstellen, sodaß nicht nur *Esox lucius* und *Perca fluviatilis*, sondern auch *Salmo trutta* vorher auszuschalten sind. Es ist weiterhin darauf zu achten, daß die Aufzuchtseen mit Fließgewässern in Verbindung stehen oder daß diese Verbindung nach der dreijährigen Aufzuchtperiode künstlich geschaffen wird um den herangewachsenen Lachsen die in ihrer natürlichen Lebensweise vorgesehene Möglichkeit zu geben, ins Meer abzuwandern.

Wenn alle diese Gesichtspunkte genau beachtet werden, kann die natürliche Produktivität der nordschwedischen Waldseen voll ausgenutzt werden, wodurch der schwedische Staat hohe Geldbeträge, die er zur künstlichen Aufzucht von Junglachsen aufbringen mußte, einsparen kann.

VI. Zusammenfassung

In den vorliegenden Ausführungen wurde ein Vergleich angestellt zwischen der Forellenspopulation des Rappojaure (ein typischer Waldsee Nordschwedens) und der torrenticolen Forellenspopulation des Messaurejokk (ein schnellfließender Waldbach Nordschwedens), beide im Einzugsgebiet des Stora Lule Älv liegend. Verglichen wurden Wachstum und Gewichtszunahme sowie an-

hand von Magenuntersuchungen die verschiedenartige Nahrungsaufnahme beider Populationen.

Durch die angestellten Untersuchungen konnte folgendes festgestellt werden:

1. Beide Populationen weisen in Jugend und Alter eine entgegengesetzt differente Wüchsigkeit auf, sowohl Längenwachstum als auch Gewichtszunahme betreffend. Rappojaure: stärkeres Jugendwachstum, Nachlassen nach 3. Lebensjahr. Messaurejokk: schwächeres Jugendwachstum, Ansteigen desselben ab 4. Lebensjahr.

2. Hauptursache des unterschiedlichen Wachstums der beiden Populationen bildet das verschiedene Nahrungsangebot in Bach und See.

3. Die Auswahl der angebotenen Nahrungsgruppen ist bei den einzelnen Altersklassen der Forellen uneinheitlich sowohl in Quantität wie in Qualität.

4. Die Anzahl der an der Gesamtnahrung beteiligten Tiergruppen ist bei den Jungforellen gering. Mit steigendem Alter der Forellen nimmt die Anzahl ihrer Nahrungstiergruppen zu.

5. Die Tiere der jüngeren Altersgruppen beziehen den größten Teil ihrer Nahrung aus dem Hypolimnion, der Nahrungsbezug aus dem Epilimnion nimmt mit steigendem Alter zu.

6. Hauptnahrungstiere der Forellen des Baches (alle Altersklassen zusammengefaßt) bilden zu 45 % die *Ephemeroptera*-Larven; der übrige Teil wird durch ganz verschiedene Tiergruppen bestritten (im Monat Juli).

Den Hauptnahrungsanteil der Forellen des Sees bilden mit 90 % die Larven, Puppen und Imagines der Insekten-Unterordnung *Nematocera* (im Monat Juni).

7. Die Jungforellen des Baches leben in der lenitischen Uferzone; dort werden entsprechend dem Angebot weniger *Ephemeroptera*-Larven und mehr *Chironomidae*-Larven und *Nematocera*-Puppen verzehrt.

8. Die Forellen des Baches der Altersklasse I wechseln aus der lenitischen Uferzone in lotische Bereiche über; dort nehmen sie mehr petricole Insektenlarven und allochthone Luftnahrung auf.

Für die Forellen des Sees derselben Altersklasse läßt sich rekonstruierend feststellen, daß sie dem in ihrem Biotop nicht vorhandenen Anteil an petricolen Insektenlarven leicht durch Konsumierung der zur Verfügung stehenden Larven, Puppen und Imagines der *Nematocera* kompensieren können.

9. Die Bachforellen der Altersklasse II verzehren ungefähr dieselben Tiere wie die der Altersklasse I.

Die gleichaltrigen Forellen des Sees werten noch immer das reichliche Nahrungsangebot aus *Nematocera* aller Entwicklungsstadien aus, das ihrem Bedarf noch durchaus zu genügen scheint.

10. Die Bachforellen der Altersklasse III wenden sich mehr von der Bodennahrung der allochthonen Nahrung zu. Vom Boden werden fast nur noch die größten *Ephemeroptera*- und die gröbereren *Plecoptera*-Larven aufgenommen. Es werden erstmalig Fische verzehrt sowie reichlich größere Lufttiere.

Auch bei den Forellen des Sees macht sich eine Bevorzugung gröberer Nahrung bemerkbar. Aber sie müssen noch viel mehr mit der ihnen zur Verfügung stehenden Kleinnahrung vorliebnehmen.

11. Die Forellen des Sees der Altersklasse IV müssen sich noch immer mit der fast ausschließlich in ihrem Biotop zur Verfügung stehenden Kleinnahrung begnügen. Die eigentliche Nahrung — wie ein Exemplar der Altersklasse IV aus dem Bach anzeigt — Fische und größere petricole und allochthone Nahrungstiere, fehlt ihnen.

12. In Fließgewässer eingeschaltete Stillwasserzonen sind nicht nur sekundär für die Fischwirtschaft nützlich, indem sie Plankton produzieren, das mit dem Wasserstrom den Nahrungstieren der Fische wie *Trichoptera*, *Simuliidae* usw. als Nahrung zugeführt wird, sondern sie erweisen sich auch direkt als Nahrungsproduzenten für die Fische, wie dies beispielsweise an der Produktion von *Nematocera*-Puppen gezeigt werden konnte, die als allochthone Wassernahrung den Jungforellen des Baches zugeführt werden.

13. Die herkömmlichen Begriffe Wassernahrung und Luftnahrung charakterisieren zum Teil nur unzulänglich die Herkunft der Forellennahrung. Es ist nämlich häufig so, daß in Fließgewässern viele Nahrungstiere, die direkt dem Wasser entstammen, nicht am Wohnort des Verbrauchers beheimatet sind, sondern mit dem Wasserstrom angeschwemmt werden. Deshalb wäre es manchmal günstiger, wenn man genau zwischen allochthoner und autochthoner Nahrung unterscheiden würde. Es wird vorgeschlagen, die Aufschlüsselung der Fischnahrung nach folgender Tabelle vorzunehmen:

autochthone N.		allochthone N.	
Hypolimnion	Pelagial	Epilimnion	Luft
Wasser-N.			Luft-N.

Hierbei müssen die Nahrungstiere aus Pelagial und Epilimnion je nach Gewässertyp zur autochthonen oder allochthonen Seite gezählt werden.

14. Die abiotischen Faktoren in beiden untersuchten Biotopen (Bach und See) sind nahezu gleich: Von dieser Seite stehen der Besiedlung des Sees mit Forellen keinerlei Hindernisse entgegen.

15. Als wichtigster biotischer Faktor wird das Nahrungsangebot — nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ — angesehen.

16. Aus dem reichlicheren Nahrungsangebot im See an kleineren Insekten-Larven und deren Puppen erklärt sich die größere Wüchsigkeit der Jungforellen des Sees gegenüber denen des Baches.

Ältere Forellen sind auf größere Nahrungstiere angewiesen, diese fehlen im See. Daraus erklärt sich die größere Wüchsigkeit der Forellen des Baches ab viertem Lebensjahr.

17. Für die Fischereiwirtschaft wird vorgeschlagen, die Produktivität der nordschwedischen Waldseen zu nutzen durch Aussetzen von vorgestreckter Forellenbrut. Diese findet dort bessere Lebensbedingungen als im Fließgewässer.

Die unzureichenden Wachstumsleistungen der älteren Forellen kann gesteigert werden durch Einsetzen von geeigneten Nahrungstieren: *Phoxinus laevis* und *Gasterosteus pungitius*.

18. Zu beachten ist das Auftreten von *Perca fluviatilis*, der nicht nur Bruträuber, sondern wie dargelegt werden konnte, auch starker Nahrungskonkurrent für die Jungforellen der Altersklasse 0 ist.

19. Eine zweite Möglichkeit der Nutzung der nordschwedischen Waldseen ist gegeben in der Aufzucht von *Salmo salar*. Dieser Fisch findet hier in seiner Jugend genügend Kleinnahrung; nach drei Lebensjahren müssen ihm natürliche oder künstliche Abwanderungsmöglichkeiten zum Meer geboten werden.

20. Zum Aussetzen sollten nur vorgestreckte (5—6 cm lange) Junglachse gelangen. Vorher sind die vorgesehenen Aufzuchtseen quantitativ (Rotenon) abzufischen um Nahrungskonkurrenten (*Esox lucius*, *Perca fluviatilis* und *Salmo trutta*) auszuschalten. Der große Vorteil dieser Art der Nutzung liegt im Einsparen der hohen, meist unrentablen Kosten zur künstlichen Aufzucht der Junglachse in Zuchtbetrieben.

Literatur

- ALM, GUNNAR — 1949 — Influence of Heredity and Environment on Various Forms of Trout. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 29: 29-34.
- GUSTAFSON, K.-J. — 1949 — Movements and Growth of Grayling. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 29: 35-44.
- MÜLLER, KARL — 1950 — Fische und Fischregionen der Fulda. Ber. d. Limn. Flußst. II: 18-23.
- MÜLLER, KARL — 1952 — Die Mühlkoppe (*Cottus gobio* L.) und ihre Nahrungskonkurrenz zur Bachforelle (*Trutta fario* L.). Ber. d. Limn. Flußst. III: 70-74.
- MÜLLER, KARL — 1952 — Über das Wachstum verschiedener Forellenpopulationen in Mittelgebirgsbächen. Ber. d. Limn. Flußst. III: 47-53.

- MÜLLER, KARL — 1953 — Der Einfluß der Flößereiregulierungen auf den quantitativen und qualitativen Bestand der Bodenfauna. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 34: 90-121.
- MÜLLER, KARL — 1953 — Investigations on the Organic Drift in North Swedish Streams. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 35: 133-148.
- MÜLLER, KARL — 1953 — Produktionsbiologische Untersuchungen in Nordschwedischen Fließgewässern. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 35: 149-183.
- MÜLLER, KARL — 1954 — Die Fischbesiedlung und die regionale Einstufung der der Fließgewässer der nordschwedischen Waldregion. Ber. d. Limn. Flußst. VI: 51-56.
- MÜLLER, KARL — 1955 — Produktionsbiologische Untersuchungen in Nordschwedischen Fließgewässern. Teil III. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 36: 148-162.
- MÜLLER, KARL — 1956 — Das produktionsbiologische Zusammenspiel zwischen See und Fluß. Ber. d. Limn. Flußst. VII: 1-8.
- MÜLLER, KARL — 1957 — Harrens och laxöringens tillväxt och föda i Luleälvsområdet. Norbottens Lantmannablad 4.
- PUKE, CARL — 1949 — Bottom Fauna and Environmental Conditions in the Littoral Region of Lakes. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 29: 77-80.
- PUKE, CARL — 1949 — Environment and Productivity of Lakes near Stockholm. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 29: 81-84.
- RUNNSTRÖM, SVEN — 1949 — Control of Trout Migration by a Fish Ladder. Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 29: 85-88.

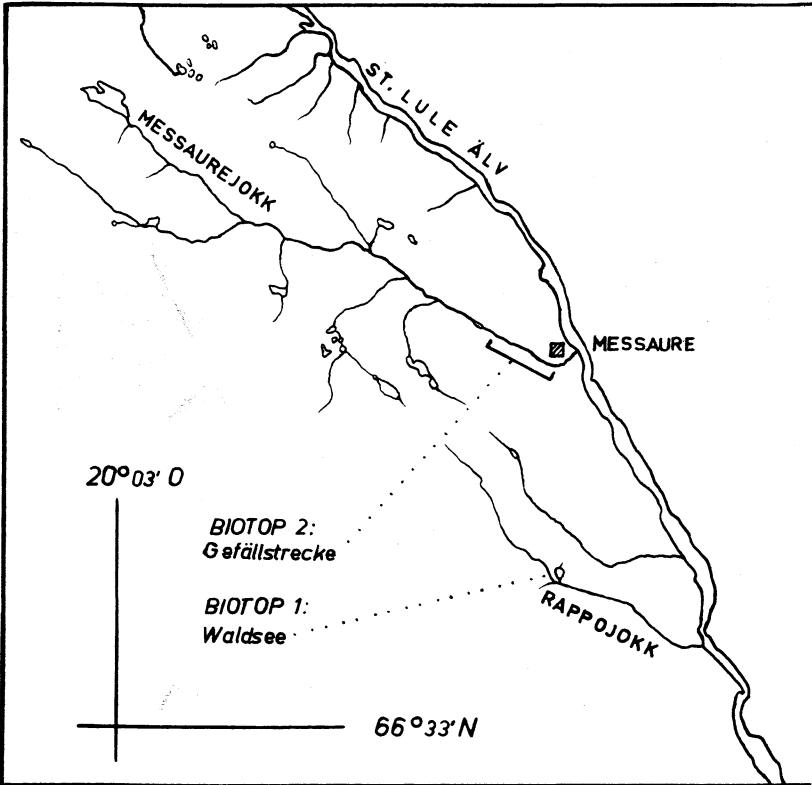


Abb. 1: Karte des Untersuchungsgebietes.

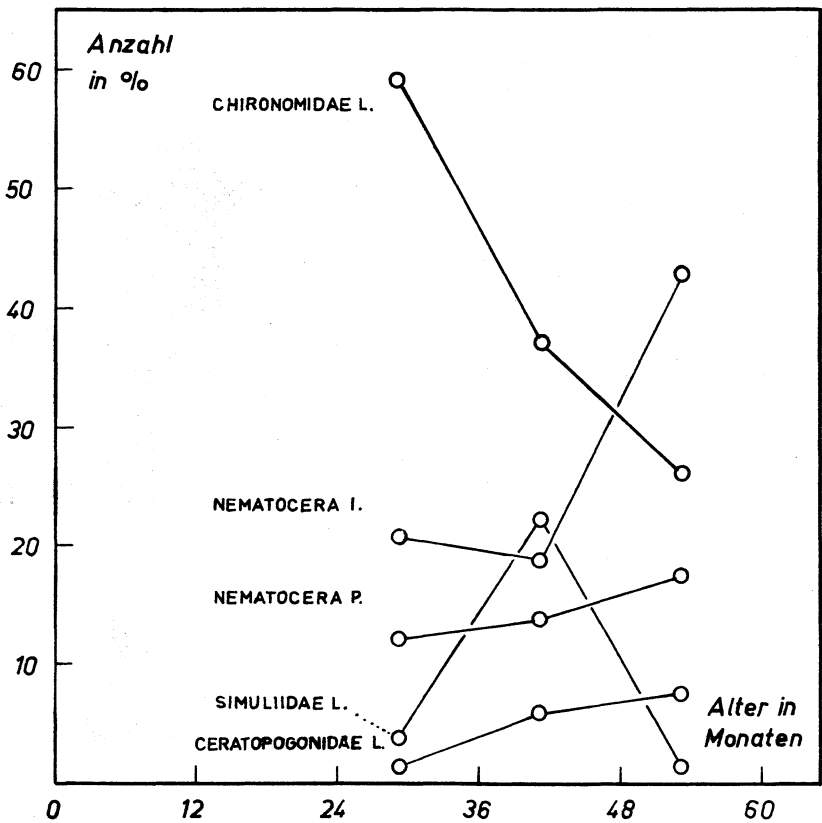


Abb. 2: Wechsel des Anteils verschiedener Tiergruppen an der Nahrung der einzelnen Altersklassen der Forellen des Rappojaure. Darstellung der Anzahl in % des Mageninhaltes.

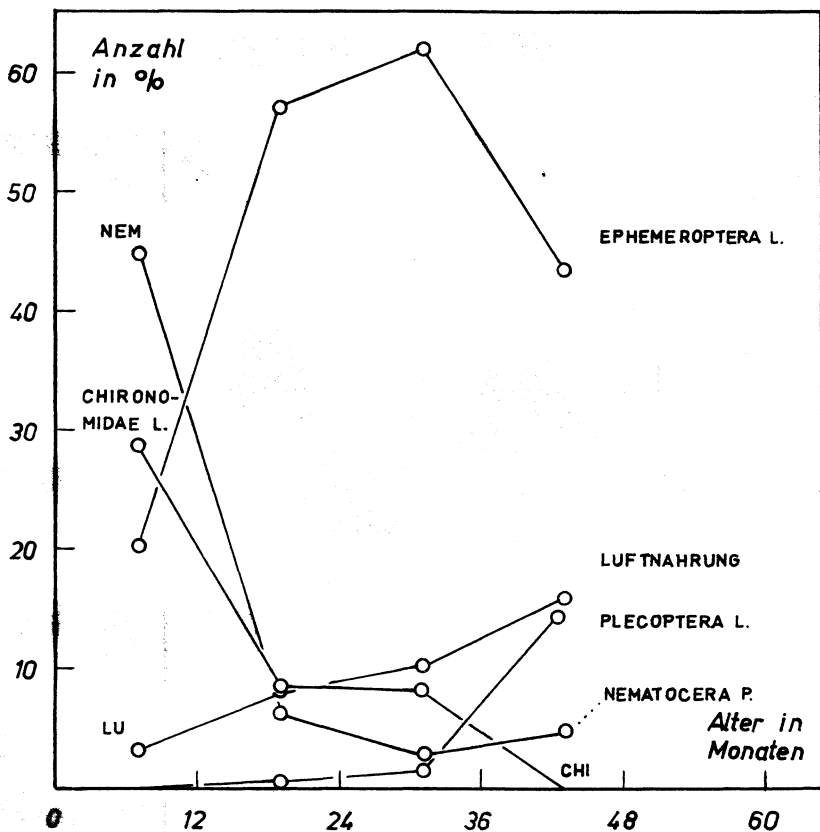


Abb. 3: Wechsel des Anteils verschiedener Tiergruppen an der Nahrung der einzelnen Altersklassen der Forellen des Messaurejock. Darstellung der Anzahl in % des Mageninhaltes.

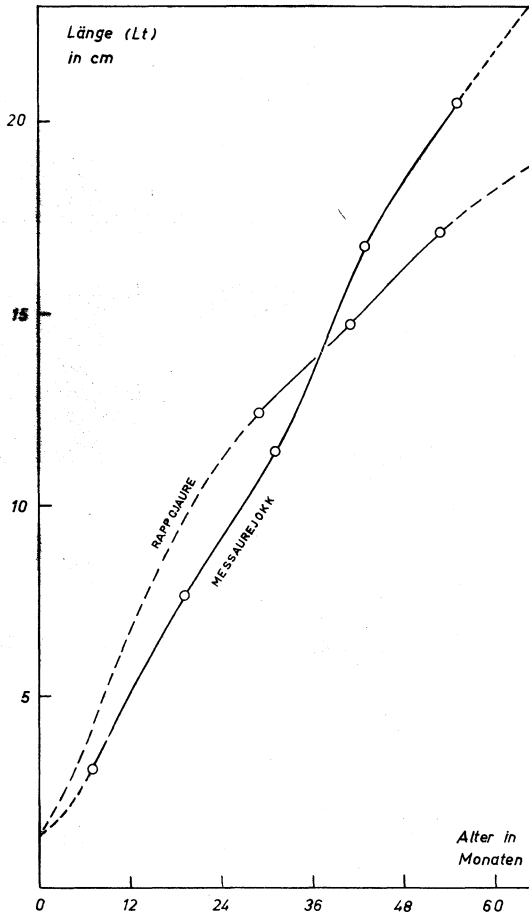


Abb. 4: Das entgegengesetzt differente Jugend- und Alterswachstum zweier Forellenpopulationen.

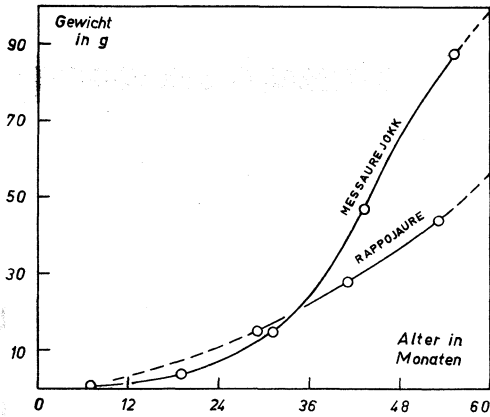


Abb. 5: Die verschieden starke Gewichtszunahme zweier Forellenpopulationen in Jugend und Alter.

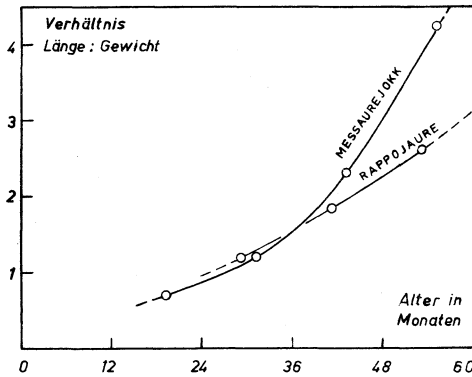


Abb. 6: Verschieden schnelle Wüchsigkeit zweier Forellenpopulationen in Abhängigkeit von Länge/Gewicht.

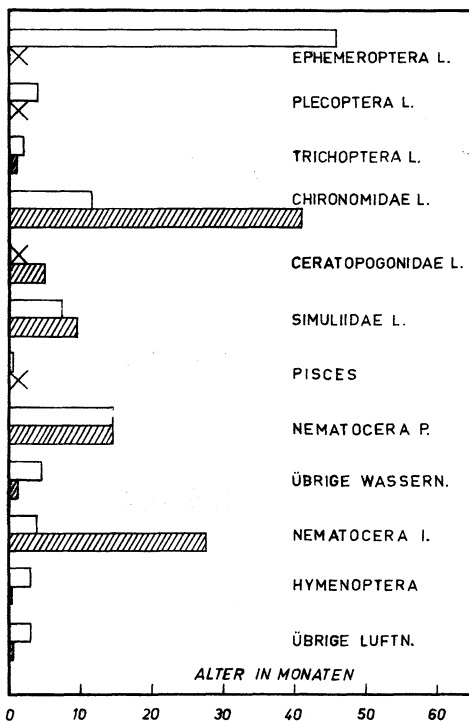


Abb. 7: Gegenüberstellung der verschiedenen Nahrungstiergruppen der Forellenpopulationen des Rappojaure (schraffiert) und des Messaurejokk (hell). Darstellung der Anzahl in % des Mageninhaltes.

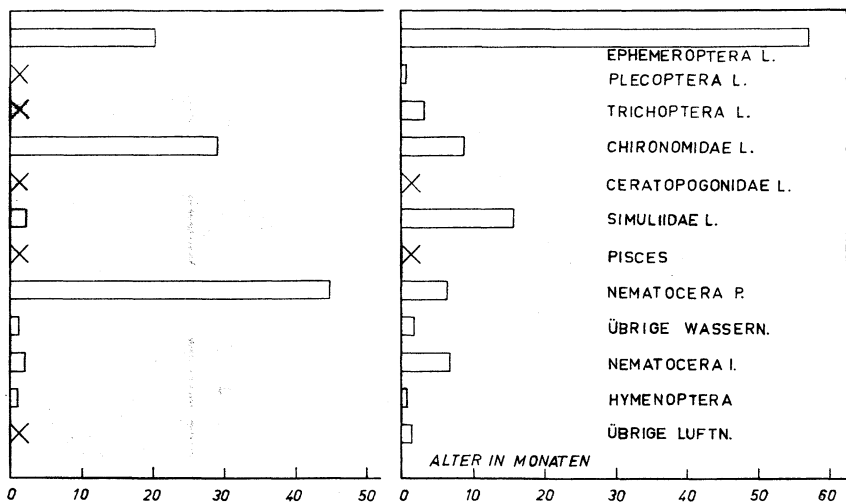


Abb. 8—9: (Abb. 8:) Die Nahrungstiergruppen der Altersklasse 0 der Forellen aus dem Messaurejock.
 (Abb. 9:) Die Nahrungstiergruppen der Altersklasse I der Forellen vom selben Fangort. Darstellung der Anzahl in % des Mageninhaltes.

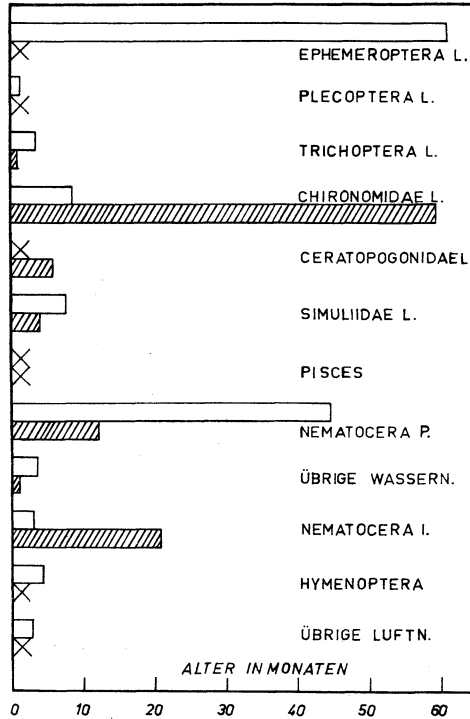


Abb. 10: Vergleich der Nahrungstiergruppen der Forellen des Rappojaure (schraffiert) und des Messaurejokk (hell) der Altersklasse II. Darstellung der Anzahl in % des Mageninhaltes.

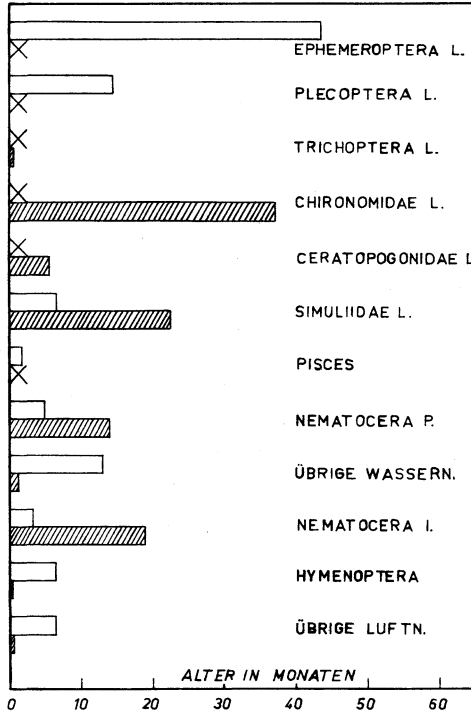


Abb. 11: Vergleich der Nahrungstiergruppen der Forellen des Rappojaure (schraffiert) und des Messaurejokk (hell) der Altersklasse III. Darstellung der Anzahl in % des Mageninhaltes.

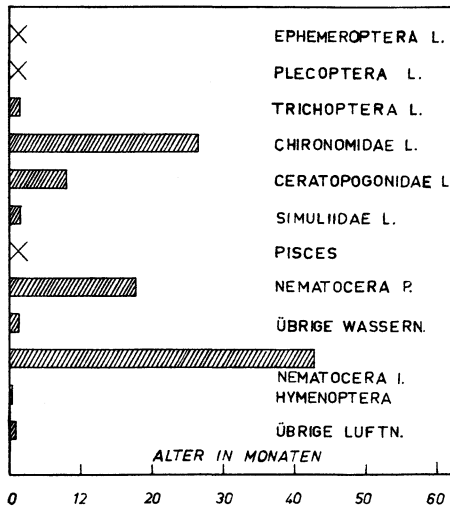


Abb. 12: Nahrungsbild der Forellen des Rappojaure der Altersklassen IV.

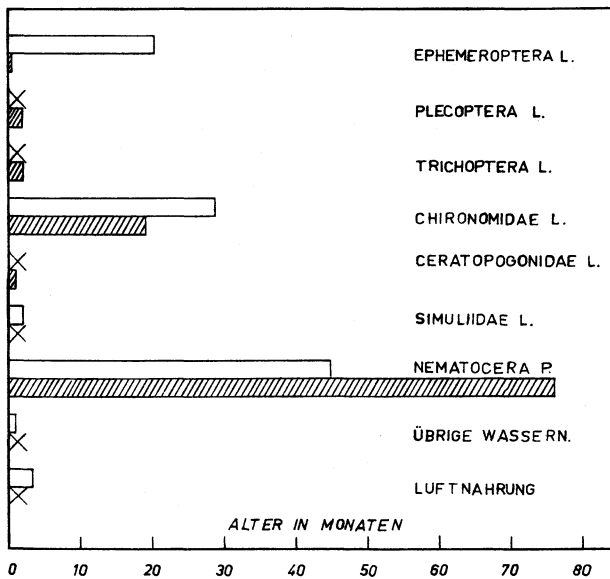


Abb. 13: Vergleich der Nahrungstiergruppen der Jungforellen des Messaurejokk (hell) und der Barsche des Rappojaure (schraffiert). Darstellung der Anzahl in % des Mageninhaltes.

Das Plankton des Diemel- und Edersees und sein Einfluß auf die unterhalb liegenden Flußstrecken*).

Von Peter Sabanejew

Vorwort

Der Einfluß von Seen auf unterhalb liegende Flußbereiche stellt ein aktuelles Problem hydrobiologischer Forschung dar. WOLTERECK (1908) deutete erstmalig das Vorhandensein einer Ausdrift von Planktonern aus Seen an. In neuerer Zeit waren es KNÖPP (1952) und MÜLLER (1956), die an Beispielen in Südwest-Deutschland und in Nordschweden einerseits nachweisen konnten, in welchem Umfange eine durch den Sog des Seeausflusses bedingte Abdrift von Organismen aus dem See erfolgt und andererseits zeigen konnten, daß als Folge des Zustromes von Planktonorganismen sich unterhalb des Sees eine ganz bestimmte individuenreiche Biozönose im Fluß ausbildet. ILLIES (1956) beschreibt an zwei lappländischen Waldbächen die Wechselwirkung zwischen See und Fluß. Er stellt fest, daß Fließgewässer, in deren Lauf Seen eingeschaltet sind, einen wesentlich höheren Benthosreichtum aufweisen, als solche ohne Seen. Er fand unterhalb der Seen die Dominanz eines ganz bestimmten Faunenkomplexes „passiver Organismen“ mit den Leitformen *Simulium venustum*, *Hydropsyche pellucidula*, *H. nevae*, *H. silfenii*, *Polycentropus flavomaculatus* und *Neureclipsis bimaculata*. MÜLLER (1955) und NILSSON (1957) zeigten schließlich, daß der Zustrom von Plankton aus Seen in unterhalb liegende Flüsse in starkem Maße von Jungfischen ausgenutzt wird.

Der mitteldeutsche Raum ist ursprünglich sehr arm an Seen. Die Entwicklung der letzten 50 Jahre brachte durch die stetig wachsende Ausnützung des Wassers und seines Gefälles zur Energiegewinnung künstliche Seen. Die hier behandelten Talsperrenseen von Diemel und Eder haben primär die Aufgabe, die Schiffbarkeit der Weser aufrecht zu erhalten. Sie sind also Wassermagazine, die das Wasser niederschlagsreicher Monate speichern, um es dann in trockenen Sommerzeiten abzugeben. Erst in zweiter Linie dienen diese Anlagen auch dazu, elektrische Energie zu gewinnen. Der Bau einer Talsperre in einen Fluß schafft einen völlig neuen Gewässertypus, der weder mit dem ursprünglichen Fluß noch mit einem natürlichen See vergleichbar ist. Schon frühzeitig beschäftigte sich die Hydrobiologie und Fischereibiologie mit diesen künstlichen Seen: THIENEMANN (1917) und WUNDSCH (1949) trugen durch ihre Untersuchungen viel zum Verständnis des biologischen Geschehens in solchen

*) Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

Gewässern bei. SCHRÄDER (1956) und TESCH (1956) vervollkommneten unser Wissen über die chemisch-thermischen Prozesse der Talsperrenseen und gaben wertvolle Hinweise zu ihrer fischereilichen Nutzung. RUNNSTRÖM (1951) konnte in Schweden interessante Zusammenhänge zwischen dem Alter einer Talsperre und seinem Fischertrag nachweisen. Danach steigt die Produktion zunächst durch die Abbauprozesse in den überdämmten Regionen stark an. Dieser „Dämmerungseffekt“ dauert je nach geographischer Lage, Gewässertypus etc. über eine kürzere oder längere Zeitspanne an. Danach aber sinkt die Produktion in Talsperrenseen erheblich ab. Diese für Schweden gewonnenen Erkenntnisse kann man nicht grundsätzlich verallgemeinern. SEIDLITZ (1956) konnte an zwei Beispielen zeigen (Talsperre von Ottmachau, Schlesien und Edersee), daß durch die Art der Nutzung die Produktion und damit auch die Erträge an Fischen ganz erheblich gesteigert werden können, auch noch lange Zeit nach der Aufdämmung.

Über die Verhältnisse in den Stauseen konnte durch eine Vielzahl von Einzelbeobachtungen unser Wissen wesentlich erweitert werden. Demgegenüber hat man sich nur wenig mit der Frage befaßt, welche Veränderungen unterhalb der Talsperre im Fluß eintreten. BRAUN (1932) zeigte den interessanten Effekt auf, daß die ursprüngliche Barbenregion unterhalb der Ederalsperre in eine Salmonidenregion verwandelt wurde. Die Ursache liegt in der Entnahme des kalten tiefen Wassers aus den Grundablässen der Talsperre. Ist hier ein durchaus positiv zu wertender Effekt zu konstatieren, so stellte MÜLLER (1955) fest, daß unterhalb nordschwedischer Talsperren eine starke Verarmung an eingeschwemmter organischer Substanz und an Bethos eintritt.

Sinn der vorliegenden Untersuchung soll es sein, ausgehend von der Zusammensetzung des Planktons an der Sperrmauer, den Weg der Plankter im Fluß zu verfolgen. Weiterhin soll gezeigt werden, in welchen Quantitäten dieses als allochthones Element im Fluß zu wertende Plankton vorkommt, denn sowohl in der Diemel als auch in der Eder ist die Bildung echten Potamoplankton unwahrscheinlich.

Methodik

Die Planktonproben im See wurden mit einem Schließnetz nach JUDAY entnommen. An den verschiedenen Probestellen im Fluß wurden Schöpfproben genommen, und zwar jeweils 50 Liter filtriert. Die Proben wurden ausgezählt. Ein Filtrationskoeffizient brauchte nicht angewandt zu werden, weil es sich um ein neues Netz handelte.

Zur Hydrographie des Diemel- und Edersees

Eine eingehende Darstellung hierzu hat WUNDSCH (1949) gegeben. Es sollen hier nur die wesentlichsten Daten, die dem Verständnis der vorliegen-

den Arbeit dienen, wiederholt werden. Die Aufstauung des Edersees erfolgte im Jahr 1914, die des Diemelsees 1924. Das Niveau beider Seen unterliegt während eines Jahreszyklus starken Schwankungen. Sie betragen maximal im Edersee 32 m, im Diemelsee 13 m. Der Vollstau ist in der Regel im Vor-sommer erreicht, der niedrigste Wasserstand im Spätherbst. Nach WUNDSCH gehören beide Talsperren zum Typus der Rinnenseetalsperre. Ihre Charakteristika sind: langgestreckte Seenfläche, große Tiefe an der Staumauer und steile Uferböschungen, die durch die großen Wasserstandsvariationen stark erodiert sind. Diese Ufererosionen bedingen die Verlagerung produktiver Bodenschichten in die Tiefe des Sees. Die Uferbereiche weisen daher gegenüber den Bodenschichten außerordentlich niedrige Besiedlungswerte auf (WUNDSCH 1949, MÜLLER 1952). Trotz der starken Wasserstandsschwankungen entwickelt sich, wie der Verfasser früher mitgeteilt hat (SABANEJEV 1953), im Edersee eines reiches Plankton.

Aus der Aufgabe der beiden Talsperren, der Wasserstandsregulierung der Oberweser, der Speisung des Mittellandkanals und erst in zweiter Linie der Stromerzeugung, ergeben sich wesentlich bessere biologische Bedingungen gegenüber den Talsperren, die rein der Energieproduktion dienen. Bei Diemel- und Ederseetalsperre ist die Wasserabgabe in den Fluß relativ gleichmäßig. Für die Eder liegt die Wasserführung im Sommerhalbjahr bei 30 m³/sec. Durch diesen relativ gleichmäßigen Wasserstand in den Flüssen Eder und Diemel und den stetigen Zustrom von Planktern aus den Seen wird in den Flüssen ein reicher Bodenfaunenbestand sichergestellt, der ein geeignetes Nahrungselement für Jungfische darstellt.

Abb. 1 gibt ein Übersichtsbild über die beiden Talsperrenseen und ihre Flüsse.

Resultate der Plankton-Untersuchungen im Diemelsee und in der Diemel

a) Am 8. 8. 1953

Mit dem Planktonnetz wurde eine Zugprobe von 10 — 0 m unmittelbar an der Sperrmauer genommen. Die Auszählung ergab folgende Zusammensetzung:

ROTATORIA:

<i>Notholca longispina</i>	13150
<i>Polyarthra trigla</i>	1500
<i>Ascomorpha spec.</i>	2500
<i>Keratella quadrata</i>	125
<i>Conochilus spec.</i>	85

COPEPODA:

<i>Nauplii</i>	578
<i>Cyclops juv.</i>	150

<i>Cyclops strenuus</i> ♀	25
<i>Cyclops strenuus</i> ♂	16
<i>Diaptomus juv.</i>	250
<i>Diaptomus coeruleus</i> ♀	150
<i>Diaptomus coeruleus</i> ♂	110

CLADOCERA:

<i>Daphnia longispina</i>	1250
<i>Leptodora kindtii</i>	12

PROTOZOA:

<i>Epistylis rotans</i>	155
Summe der Plankter:	20056

In Abb. 2 sind die prozentualen Werte des an der Sperre entnommenen Planktons, sowie die Zusammensetzung des Planktons im unterhalb liegenden Flusse dargestellt. Zunächst ist festzustellen, daß alle leitenden Formen des Seenplanktons im Flusse wieder anzutreffen sind. Der hohe Anteil der Rotatorien im Plankton des Sees erscheint allerdings im Fluß nicht in dem Maße wieder. An den Probenahmestellen A, B und C dominieren die Copepoden (Nauplii), in D die Cladoceren, hier fast ausschließlich durch *Bosmina longirostris* repräsentiert. An Protozoen tritt bis zum Ort B überwiegend *Epistylis rotans* auf, an den folgenden Probeentnahmestellen im Fluß kommen dann die im Seenplankton nicht beobachteten Formen *Arcella* und *Diffugia* hinzu. Die typischen Seenplanktonformen nehmen mit der Entfernung von der Talsperre zahlenmäßig stetig ab. Diese Tendenz scheint lediglich im Punkte D gestört zu sein. Es ist aber möglich, daß aus dem Nebenfluß Höppecke das Cladocerenplankton in die Diemel hineingeschwemmt wird, denn auch am Orte H an der Höppecke wurde *Bosmina longirostris* in Massen beobachtet. b) Am 5. 9. 1953

In dieser Untersuchung wurde unmittelbar an der Sperrmauer eine Zugprobe von 5—0 m entnommen, und bei der Auszählung folgendes festgestellt:

ROTATORIA:

<i>Notholca longispina</i>	3960
<i>Polyarthra trigla</i>	7230
<i>Keratella quadrata</i>	72
<i>Keratella cochlearis</i>	45
<i>Synchaeta spec.</i>	125
<i>Conochilus spec.</i>	465
<i>Asplanchna spec.</i>	11

COPEPODA:

<i>Nauplii</i>	375
<i>Cyclops juv.</i>	95
<i>Cyclops strenuus</i> ♀	45
<i>Cyclops strenuus</i> ♂	21

<i>Diaptomus juv.</i>	225
<i>Eudiaptomus coeruleus</i> ♀	32
<i>Eudiaptomus coeruleus</i> ♂	41

CLADOCERA:

<i>Daphnia longispina</i>	670
<i>Leptodora kindtii</i>	16

PROTOZOA:

<i>Epistylis rotans</i>	72
Summe der Plankter:	13500

Die prozentuale Zusammensetzung des Diemelseeplanktons, wie sie in Abb. 3 dargestellt ist, hat sich nur wenig gegenüber der Untersuchung vom 8. 8. 1953 geändert. Auch die aus dem See austretende „Planktondrift“ hat an den Probenahmestellen A, B und C eine ähnliche Zusammensetzung wie 1 Monat zuvor. In D dagegen ist eine starke Veränderung festzustellen. Das Auftreten neuer Formen läßt wiederum den Einfluß durch die Höppecke vermuten. Als neue Planktonformen treten hier auf: *Euchlanis spec.*, *Dinoharis spec.*, *Diurella spec.*, *Lepadella spec.*, *Monostyla spec.*, *Pterodina patina*. An Copepoden treten nach dem Zufluß der Höppecke erstmalig *Harpacticiden* auf, an Cladoceren: *Chydorus sphaericus*, *Alona spec.* und *Alonella spec.* Daneben aber sind wie an den übrigen Probenahmeorten in geringer Menge alle Formen des Seenplanktons anzutreffen.

Diese Beobachtungen zeigen deutlich, in welchem Ausmaß durch den Talsperrensee der Fluß durch das Seeplankton, d. h. durch allochthone Elemente angereichert wird.

Die Untersuchungen wurden durch eine weitere Probeneinsammlung am 20. 9. 1933 von der Talsperre bis zum Orte Wrexen (G) ergänzt. Die Wasserführung des Flusses war zu diesem Zeitpunkt höher gegenüber den vorhergehenden Untersuchungen. Die Planktondichte in den Schöpfproben lag um ein Vielfaches höher gegenüber den Untersuchungen vom 8. 8. und 5. 9.

Dies kann auf die erhöhte Sogwirkung bei stärkerer Wasserabgabe der Talsperre zurückzuführen sein. Die bei den verschiedenen Untersuchungen angetroffenen Werte der Planktondichte im Fluß werden mitgeteilt:

Untersuchungsort (vergl. Abb. 2)	Planktondichte in 50 l Flußwasser		
	8. 8. 53	5. 9. 53	20. 9. 53
A	193	106	1018
B	133	74	1219
C	48	73	559
D	123	117	339
E	43	89	286
F	68	77	224
G	58	69	328
H	103	—	—

Resultate der Untersuchung in der Eder

Am 15. 8. 1953 wurden in der Eder Planktonproben eingesammelt, und zwar an den in der Abb. 4 eingezeichneten Orten beginnend unterhalb der Sperre bis zur Stadt Fritzlar. Die Zusammensetzung des Planktons ist aus der Abb. 4 zu ersehen. Bei der wesentlich höheren Wasserführung der Eder gegenüber der Diemel dominiert durchgehend der Anteil an Copepoden und Cladoceren im Plankton. Im Einzelnen ergaben die Untersuchungen folgendes

Resultat:

Untersuchungsort	A	B	C	D	E	F	G
Temperatur ° C	11,5	11,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,5
Strömungsgeschw. m/sec	0,4	0,3	0,7	1,2	1,2	1,4	0,9

ROTATORIA:

<i>Notholca longispina</i>	34	17	9	15	24	9	11
<i>Keratella quadrata</i>	4	1	3	—	1	—	3
<i>Keratella cochlearis</i>	2	4	—	3	1	—	—
<i>Polyarthra trigla</i>	15	5	9	12	5	3	8
<i>Filina longiseta</i>	—	2	7	3	27	4	11
<i>Asplanchna spec.</i>	1	3	—	—	1	—	—
<i>Euchlanis spec.</i>	—	17	2	4	7	3	10
<i>Dinocharis spec.</i>	—	—	3	2	7	—	2
<i>Rotatoria</i>	1	3	2	5	3	4	3

COPEPODA:

<i>Nauplii</i>	163	113	104	95	71	78	65
<i>Cyclops juv.</i>	18	22	12	8	10	7	13
<i>Cyclops spec.</i>	5	2	3	2	4	2	2
<i>Diaptomus juv.</i>	20	16	9	3	—	—	1

CLADOCERA:

<i>Daphnia longispina</i>	15	12	3	—	—	—	—
<i>Bosmina longirostris</i>	7	52	38	33	61	42	53
<i>Chydorus spaericus</i>	—	1	5	3	1	3	3
<i>Alona spec.</i>	—	—	—	—	—	1	4
<i>Acroperus harpae</i>	—	—	—	—	—	2	2
<i>Ceriodaphnia spec.</i>	—	—	—	—	—	3	1
<i>Macrotrix spec.</i>	—	—	—	—	1	—	1
<i>Simocephalus vetulus</i>	—	—	—	—	—	2	—
<i>Eurycercus lamelattus</i>	—	—	—	—	2	1	2
<i>Leptodora kindtii</i>	2	—	—	—	—	—	—

PROTOZOA:

<i>Arcella spec.</i>	—	2	11	16	8	4	10
<i>Diffflugia spec.</i>	—	—	6	3	4	8	3
Gesamtzahl der Zooplankter:	289	255	230	209	238	176	208

(50 l)

Diskussion der Resultate

Orientierende Untersuchungen über den Einfluß des in Talsperren gebildeten Planktons auf die Zusammensetzung des Planktons der unterhalb liegenden Flußbereiche zeigten, daß alle Leitformen aus den Seen auf längere Strecken im Flusse wieder auftreten. Produktionsbiologisch bedingen also die künstlichen Stauseen einen starken Zustrom allochthoner Elemente im darunter liegenden Fluß. Diese Wirkung ist durchaus positiv zu werten. Es kann nicht angenommen werden, daß die Verhältnisse vor dem Bau der Talsperren in ähnlichem Maße so lagen. Wenn auch nach Planktonresten, die wir unmittelbar unter den Sperren von Diemel- und Edersee (Punkte A der Abb. 2 und 4) feststellten, anzunehmen ist, daß ein Teil der Plankter beim Durchlaufen der Turbine vernichtet wird, so hat es doch den Anschein, daß die Masse der Tiere lebend in den Fluß gelangen. In den schnellströmenden Bereichen der Flüsse ist ihnen kaum die Möglichkeit der Weiterentwicklung gegeben. Nach Untersuchungen von MÜLLER (1956) wird diese „Organische Seedrift“ in starkem Maße von den benthischen Organismen des Flusses als Nahrung ausgenutzt. Sie wird dadurch in den Produktionskreislauf des Flusses eingeschaltet.

Literatur

- BRAUN, W. — 1943 — Die Fischerei in Kurhessen. Zeitschr. f. Fisch- u. die Hilfswissenschaften. Bd. XII, H. 2.
- ILLIES, J. — 1956 — Seeausfluß — Biozönosen lappländischer Waldbäche. Sv. Entomol. Tidskrift, 77, H. 2-4, 138-153.
- KNÖPP, H. — 1952 — Studien zur Statik und Dynamik der Biozönose eines Teichausflusses. Arch. f. Hydrobiol. 46, 15-102.
- MÜLLER, K. — 1952 — Fischereibiologische Untersuchungen an der Edertalsperre. Ber. d. Limn. Flußstat. Freudenthal Nr. III, 26-35.
- MÜLLER, K. — 1955 — Die Bedeutung der Seen und Stillwasserzonen für die Produktion in Fließgewässern. Inst. of Freshwater Res. Drottningholm, Rep. 36, 148-162.
- MÜLLER, K. — 1956 — Das produktionsbiologische Zusammenspiel zwischen See und Fluß. Ber. Limn. Flußstation Freudenthal VII, 1-8.
- NILSSON, N. A. — 1957 — On the Feeding of Trout in a Stream of Northern Sweden. Inst. of Freshwater Res. Drottningholm. Rep. 38, 154-166.

- RUNNSTRÖM, S. — 1951 — The Population of Char, *Salmo alpinus*, LINNÉ, in a Regulated Lake. Inst. of Freshwater Res. Drottningholm, Rep. 32, 66-78.
- SABANEJEW, P. — 1953 — Zur Kenntnis des Zooplanktons der Edertalsperre. Archiv f. Hydrobiol. 48/1, 81-91.
- SEIDLITZ, H. J. — 1956 — Die Fischerei in Talsperren. Heft 94 „Die Binnenfischerei“ Schriftreihe des AID.
- SCHRÄDER, Th. — 1956 — Talsperren. Urania 19. Jahrg. H. 2, 57-65.
- SCHRÄDER, Th. — 1956 — Die Saaletalsperren. „Thüringer Heimat“ 1. Jahrg. H. 2, 98-113.
- TESCH, F. W. — 1956 — Die Eignung kleinerer Mittelgebirgstalsperren zur fischereiwirtschaftlichen Nutzung. „Wasserwirtschaft — Wassertechnik“. 6. Jahrg. H. 10, 320-326.
- THIENEMANN, A. — 1917 — Die Fischerei in den westfälischen Talsperren während des Krieges. Fischerei Zeitg. Bd. 20.
- WOLTERECK, R. — 1908 — Plankton und Seeausfluß. — Int. Rev. Hydrobiol. 1.
- WUNDSCH, H. H. — 1949 — Die Grundlagen der Fischwirtschaft in Großstaubecken. Abhdlg. a. d. Fisch. u. d. Hilfswissenschaften. Lief. N. F. 1.

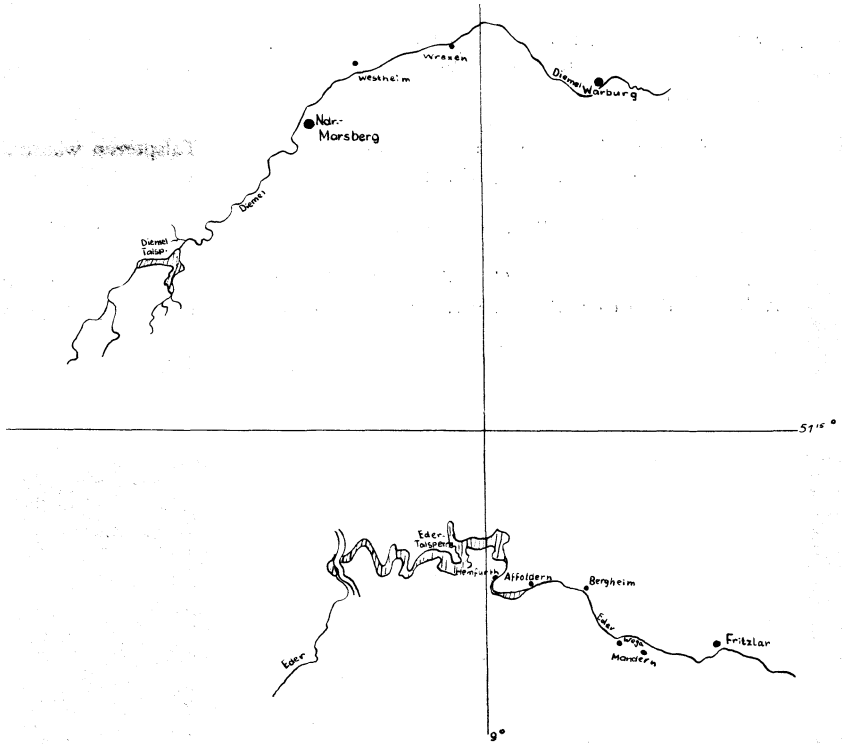


Abb. 1: Die geographische Lage von Diemel- und Edersee und der untersuchten Flußstrecken.

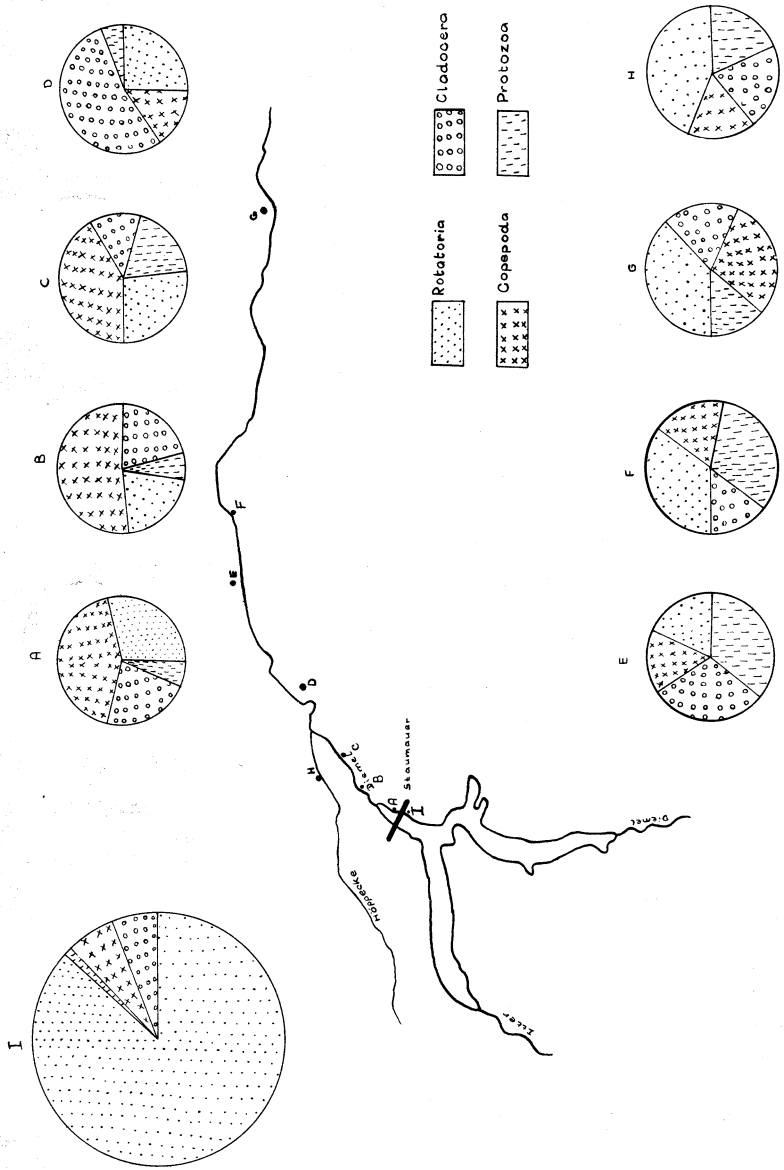


Abb. 2: Diemelseeplankton und Flußplankton am 8. 8. 1953.

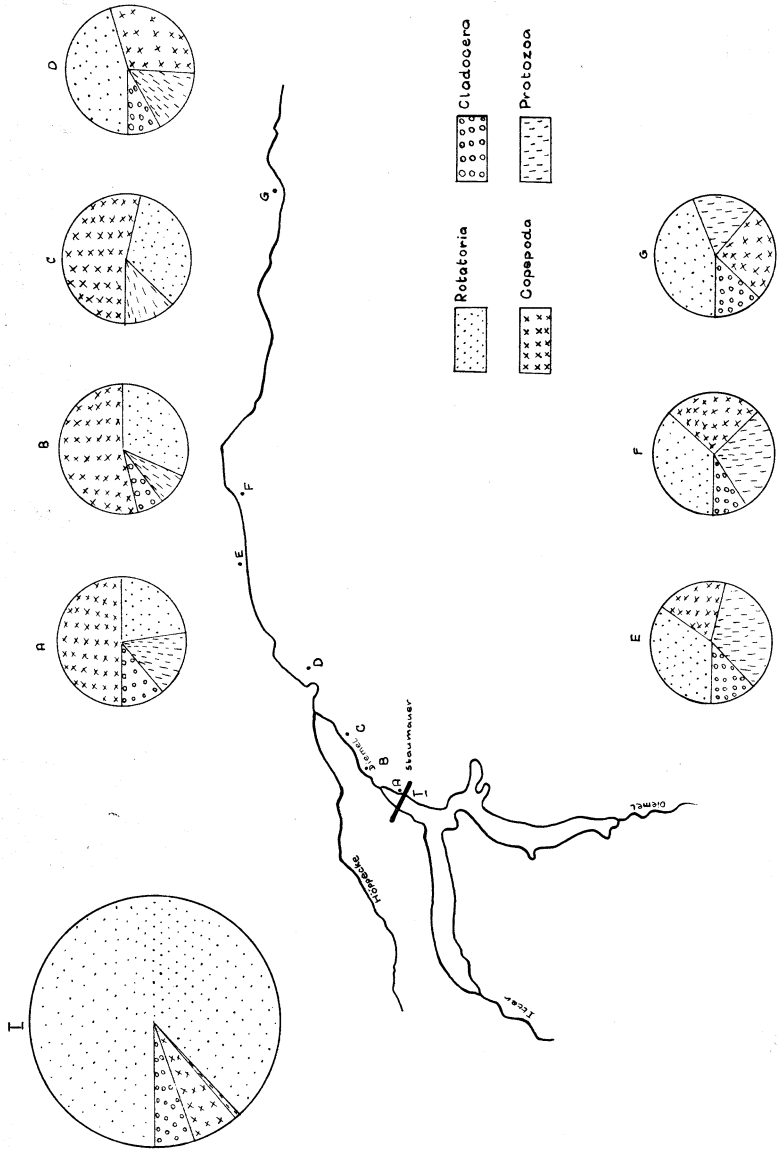


Abb. 3: Diemelseplankton und Flußplankton am 5. 9. 1953.

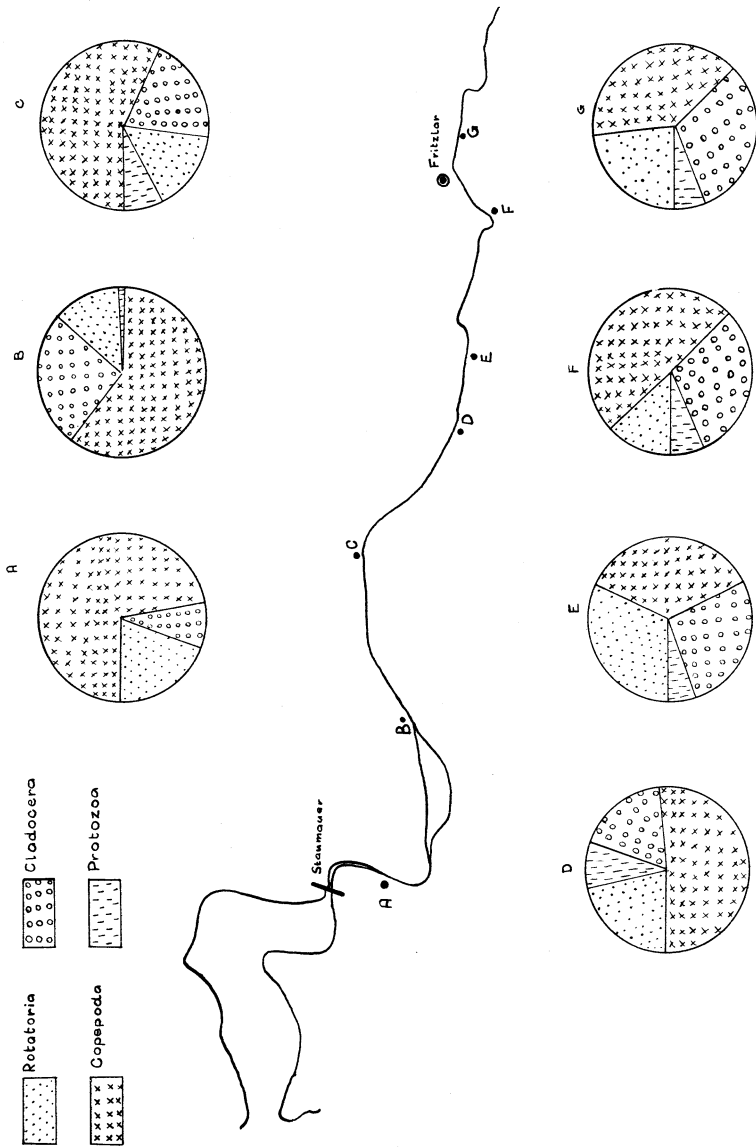


Abb. 4: Das Plankton in der Eder unterhalb des Edersees am 15. 8. 1953.

Der Mikroprojektionstisch

Von August Wilhelm Steffan

Das im folgenden beschriebene Gerät ermöglicht das makroskopische Auswerten von mikroskopischen Präparaten durch Projektion des mikroskopischen Bildes auf eine Mattscheibe.

Im Prinzip wurde diese Methode der Auswertung mikroskopischer Objekte schon mehrfach angewandt, z. B. von KÜHL (1949), G. KUNZE (1955) und in der Fischereibiologie. Die bisher benutzten Geräte sind jedoch in der Anschaffung recht teuer oder in ihrer Anwendungsmöglichkeit eng begrenzt. Der von uns entwickelte Mikroprojektionstisch verbindet mit geringen Herstellungskosten einfache Handhabung und umfassende Anwendungsmöglichkeiten. Neu und vorteilhaft in der Ausführung und Arbeitsweise ist bei unserem Gerät die Projektion des mikroskopischen Bildes in der Senkrechten von unten gegen eine horizontale Ebene. Weiterhin werden durch die Möglichkeit, den Abstand Mikroskopokular—Projektionsebene durch Heben oder Senken der Projektionsplatte zu verändern, die verschiedensten Vergrößerungen zugänglich.

Abb. 1 und 2 zeigen in Skizzen das Gerät mit Maßangaben: Die untere Tischplatte C trägt die Beleuchtungsanlage, am besten eine Monla-Lampe. Die mittlere Tischplatte B besitzt in der Mitte eine runde Öffnung, über der das Mikroskop aufgestellt wird. Die obere Tischplatte A, die eigentliche Arbeitsebene, trägt in einem quadratischen Ausschnitt eine Kristallglasscheibe. Über die Scheibe wird ein feinkörniges, mattgraues Transparentpapier gelegt, gegen das das mikroskopische Bild projiziert wird. Das Papier wird mittels 4 Klemmschrauben fest eingespannt. Die Beine des Tisches sind zweiteilig und in sich verstellbar. Dies erlaubt eine Hebung der Platte A und ermöglicht stärkere Vergrößerung des Bildes. Die tatsächliche Vergrößerung bei bestimmtem Objektiv-, Okular- und Projektionsebenen-Abstand wird festgestellt durch Projektion eines Objektmikrometers.

Im folgenden werden ein paar Beispiele zur Anwendung des Mikroprojektionstisches gegeben.

1. Zeichenapparat

Man kann beim Arbeiten mit dem Mikroprojektionstisch ohne weiteres die auf dem transparenten Papier erkennbaren Linien nachzeichnen — ohne wie beim Prismen- oder Abbeschen Zeichenapparat häufig zur Kontrolle absetzen zu müssen. Auch ohne Einschalten einer zweiten Lichtquelle kann man dauernd seine Zeichnung kontrollieren und doch das Projektionsbild scharf erkennen. Auch histologische Präparate kann man bei starker Vergrößerung zeichnen, jedoch nur dann, wenn die Beleuchtung optimal eingestellt ist und alles Nebenlicht der Projektionslampe durch einen Lichtschacht (auf der Unterseite der Tischplatte B) abgeschirmt wird.

2. Meßapparat

Der Mikroprojektionstisch erlaubt es, Kurven und jede Art gewundener Linien zu messen. Mit einem Planimeter oder einem einfachen Kurvenmesser kann man auf dem Pergamentpapier die zu messende Strecke nachfahren und unter Berücksichtigung der Vergrößerung (Multiplikation des Meßwertes mit dem Vergrößerungsfaktor) sofort den Wert erhalten. Um ein Ausgleiten des Kurvenmessers auf dem Pergamentpapier zu vermeiden, kann man eine Kunststoffolie darüber spannen.

Zum Ausmessen von Flächen z. B. bei histologischen Arbeiten projiziert man gegen transparentes Millimeterpapier. Durch Auszählen der vom Objekt bestrahlten Zentimeter-Kästchen und Berücksichtigung der Vergrößerung kann die genaue flächenmäßige Größenbestimmung erfolgen.

3. Zählapparat

Zum Auszählen kleiner Teilchen wie Blutkörperchen oder Mikroorganismen verfährt man am besten so, daß man auf transparentes Millimeterpapier projiziert und während des Zählens die gezählten Teilchen ankreuzt.

4. Altersbestimmung von Fischen

Das Lebensalter der meisten Fischarten kann man nach der dichterem oder weiteren Aufeinanderfolge der Zuwachslamellen der Schuppen bestimmen. Da die Ausbildung derselben durch unterschiedliche Lebensverhältnisse der Fische oft recht unregelmäßig ist, betrachtet man das Bild der Schuppe gern bei starker Vergrößerung, um zu einer eindeutigen Bestimmung des Alters zu gelangen. Man hat dabei auch die Möglichkeit, die Schuppenzuwachslinien nachzuzeichnen.

Einigen Kollegen möchte ich für Anregungen und Vorschläge, sowie Herrn Schneider, Schreiner am Zoologischen Institut der Universität Frankfurt a. M., für die Anfertigung des ersten Exemplares des Mikroprojektionstisches herzlich danken.

Literatur

- KUHL, W. — 1949 — Die technischen Grundlagen der kinematischen Zellforschung. Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- KUNZE, G. — 1956 — Untersuchungen über die Variabilität zweier Rassen von *Apis mellifica* L. sowie ihrer Kreuzung unter Anwendung der graphischen Form- und Korrelationsanalyse. Z. Morph. u. Ökol. Tiere 44: 269-328.
- STEFFAN, A. W. — 1958 — Vergleichend-ökologische Untersuchungen über Wachstum und Ernährung von zwei *Salmo trutta*-Populationen des nordschwedischen Waldgebietes. Ber. d. Limn. Flußst. VIII.
- WESTPHAL, W. H. — 1952 — Physikalisches Praktikum. Braunschweig.

