



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



INSTITUTE OF FRESHWATER RESEARCH, DROTTHINGHOLM

REPORT No 34

FISHERY BOARD OF SWEDEN

ANNUAL REPORT

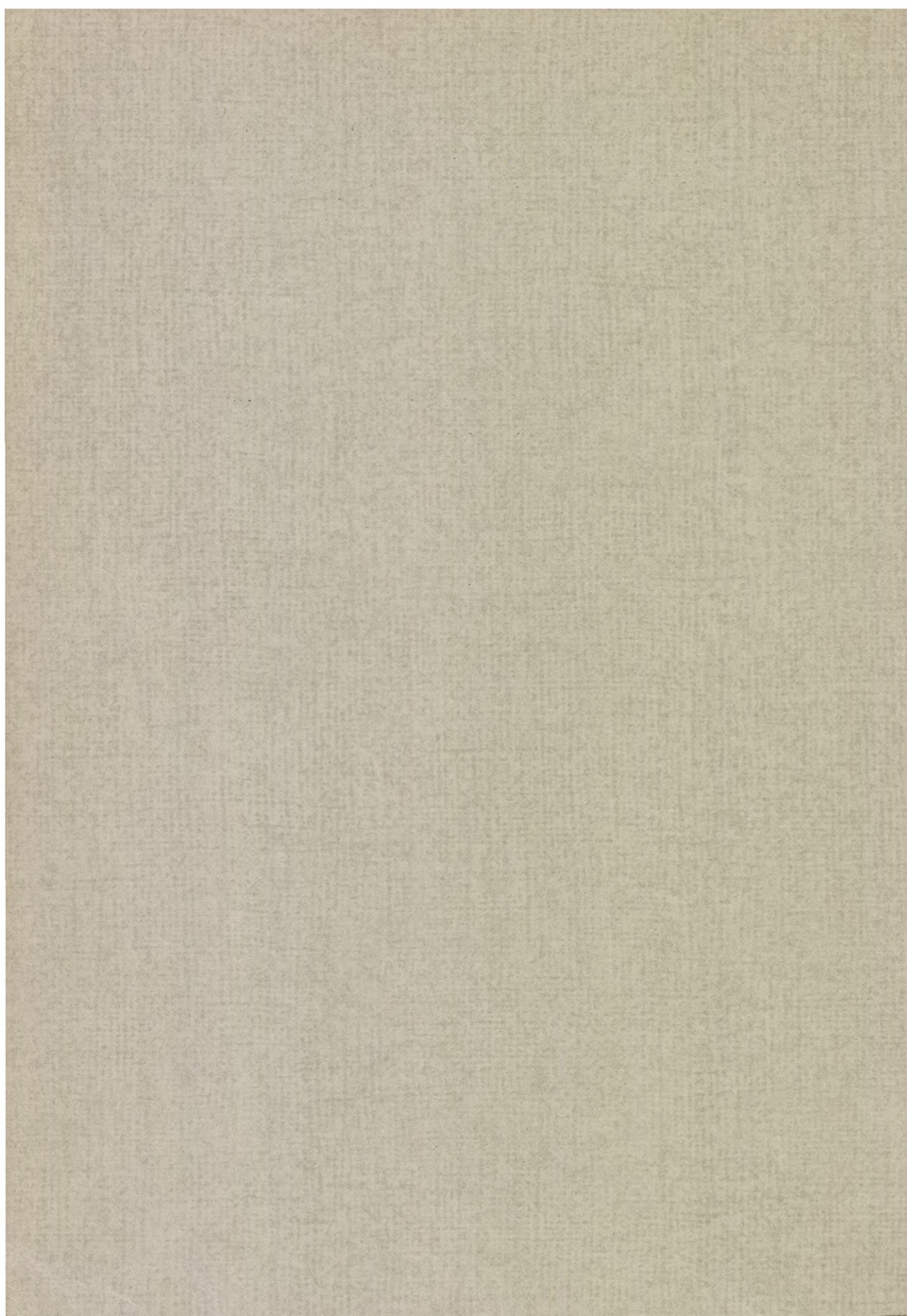
FOR THE YEAR 1952

AND

SHORT PAPERS

LUND 1953

CARL BLOMS BOKTRYCKERI A.-B.



INSTITUTE OF FRESHWATER RESEARCH, DROTTHINGHOLM

REPORT No 34

FISHERY BOARD OF SWEDEN

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR 1952

AND

SHORT PAPERS

LUND 1953

CARL BLOMS BOKTRYCKERI A.-B.

Table of Contents

Director's report for the year 1952; <i>Sven Runnström</i>	5
<i>Short papers:</i>	
Aquarium observations on the spawning behaviour of the char, <i>Salmo alpinus</i> , L.; <i>Eric Fabricius</i>	14
Internal tagging of salmon smolt; <i>Arne Lindroth</i>	49
Beitrag zur Planktonkunde des Faxälv-Systems; <i>Heinz Löffler</i>	58
Test fishing with nets made of monofilament nylon thread; <i>Gösta Molin</i>	73
Die Schuppenmissbildungen bei der Forelle, <i>Salmo trutta</i> L., und eine Deutung dieser Erscheinung; <i>Karl Müller</i>	78
Produktionsbiologische Untersuchungen in Nordschwedischen Fließgewässern; <i>Karl Müller</i>	90
Die Kieselalgenvegetation in zwei azidotrophen Seen des Küstengebietes von Nord- schweden; <i>Ingeborg Stjerna-Pooth</i>	122
The Coregonid problem. V. Sympatric whitefish species of the lakes Idsjön, Storsjön and Hornavan; <i>Gunnar Svärdson</i>	141
Zwei azidotrophe Seen im Küstengebiet von Nordschweden; <i>Sten Vallin</i>	167

Director's Report for the Year 1952

By SVEN RUNNSTRÖM

Members of the Staff in January 1953

Director:	SVEN RUNNSTRÖM, fil. dr.
Fishery Biologists:	LARS BRUNDIN, fil. dr. GUNNAR SVÄRDSON, fil. dr. THOROLF LINDSTRÖM, fil. dr. ERIC FABRICIUS, fil. dr. KARL-JAKOB GUSTAFSON, fil. kand. MAJ STUBE, fil. kand.
Secretary:	THOMAS DAHLÉN, pol. mag.
Librarian:	VOLDEMAR MIEZIS
Fishery Assistants:	GÖSTA MOLIN BIRGER AHLMÉR ARNE JOHANSON EGON AHL RUDOLF SCHMUUL
Assistant Secretaries:	BIRGIT ERICSSON RUT LARSSON ASTRID SINCLAIR
Laboratory Assistants:	INGRID JOHANNISSON NILS KEMPE
Porter:	HENNING JOHANSON
Kälarne Research Station	(in the province of Jämtland)
Fishery Assistant:	ELOF HALVARSSON

Dr. KARL MÜLLER and Dr. HEINZ LÖFFLER have been temporarily employed at the Institute for special investigations and NILS OLOV ÖSTERBERG and RICHARD ÖHMAN have served as extra laboratory assistants. The chairman of the Migratory Fish Committee fil. dr. GUNNAR ALM and two members of the staff, assistant Dr VOLDEMAR MIEZIS and laboratory assistant ANNA HÄGGLUND had their office at the Institute.

Scientific and Practical Work by the Staff

Studies of the Bottom and Plankton Fauna

BRUNDIN has continued his investigations begun last year of the bottom fauna in the arctic lakes, situated above the tree-limit, where the conditions are so extreme that the often complicated relations prevailing between environment and bottom fauna are particularly apparent. The greater part of this field work has been carried out in the Lake Torneträsk area.

The investigations in dammed-up lakes have shown that an unfavourable change occurs in the relation between the fish population and the supply of food, which entails a deterioration in the growth of the fish. It is, therefore, of great interest to know the production of fish food before and after regulation. STUBE's investigations in Russfjärden, River Faxälven have been continued in order to discover how the lowering of the water level in the winter affects the vegetation and the bottom fauna. This lake was regulated for the first time this year.

FABRICIUS has also examined a considerable material of stomach samples from different species of whitefish collected in Lake Vojmsjön before and after the lake was regulated.

LÖFFLER has worked up a large material of plankton samples, previously collected in different lakes in the River Faxälven. The samples were taken with nets on the surface and are not quantitative but give an idea of the numerical relationship between the different species within the area. The results are published elsewhere in this report.

Testing the Effectiveness of Artificial Propagation

Pike: The investigations by SVÄRDSON at Drottningholm and Lake Halmsjön were continued, following the same program as previous years. Spawning began at Drottningholm on April 18th and in Lake Halmsjön on the 19th. The fishing for spawning pike was nearly a complete failure at Drottningholm and only 78 specimens were caught, which is the lowest figure noted since this fishing began in 1945. During the years 1945—1952; 255, 343, 223, 190, 163, 252, 243, and 78 pike were caught at Drottningholm. The reason for this record low figure is not known, but the weather was probably partly responsible, as the spawning took place during a very short period of time. Previous observations have shown that it is difficult to catch as many fish during a concentrated spawning season as during a lengthier one.

In Lake Halmsjön the corresponding figures for spawning fishing from and including the year 1949, when the test fishing began, are 80, 126, 87, and now 33. Spawning fishing appears to have been poor in other places as well and complaints have been heard.

Only a few of the previously mentioned fin-cut fingerlings have been recaptured during the course of the year and it is now apparent that recaptures are decreasing.

The regional pike investigation has been continued during 1952 and during the year a total of 6,150 scale samples have been received with statistical details, the greatest quantity hitherto obtained. The total number of scale samples in this investigation has thereby risen to 34,990. None of them have been worked up yet, and the task of examination will not be commenced until the entire period allotted to the experiment has expired and all the planted fry have had a reasonable time to grow sufficiently big to be caught.

The mortality in the new generation of colour-mutants was alarmingly high during the year. Six specimens remained at the end of the year, however, all being typical and 2 summers old.

Char: ALM and RUNNSTRÖM have continued the collecting of fishery statistics and scale samples of char from Lake Vättern resp. Lake Torrön with a view to compare the strength of the year classes during periods of planting of fry and periods of exclusively natural spawning.

Control of Fish Populations

Trout: The control of the trout population in Lake Storsjön was continued by GUSTAFSON in 1952 and was again located to the two most important streams for spawning, the rivers Dammån and Storboströmmen. Counting and marking of trout migrating upstream took place, partly at weirs near the mouth of the two streams, partly in a fish ladder in the Dammån, 12 km from its mouth.

The control in the fish ladder lasted from the 5.6—30.9, during which time 628 trout migrated upstream, the majority during July (305) and August (262). The high water level with attendant low water temperature had a hampering effect on the intensity of migration upstream. High temperature in the water stimulated the movement as was clearly visible at the beginning of July, when a heat wave occurred and the temperature of the Dammån rose from $+9^{\circ}$ C on July 5th to $+17^{\circ}$ C on July 10th, the day the highest 24 hours catch was noted, 47 trout. The average catch per 24 hours was about 6 trout this season. The sex ratio was 312 ♀♀: 100 ♂♂. Approximately 12 per cent of the 628 trout marked in the fish ladder were recaptured in the upper part of the Dammån, mainly by anglers, and after the trout had returned to Lake Storsjön after spawning four were recaptured in the western part of the lake.

The following table shows the number of controlled trout marked during previous seasons in the fish ladder:

Marked year	1949	1950	1951
Controlled 1952	1	40	5

At the weir in the Dammån control and marking took place from the 17.7—22.10, 301 trout being marked on their way upstream to the spawning grounds. The control had to be discontinued on several occasions during the summer on account of late log-floating. 10 per cent of the trout marked here were recaptured during fishing between the weir and the fish ladder and 50 per cent were controlled during their continued migration at the fish ladder situated 6 km further upstream. The speed of migration in this section of the river was on an average 728 metres/24 hours and varied between 136—6,000 metres/24 hours. The control in the Storboströmmen lasted from the 5.8—28.11, 119 trout being marked on their way upstream. During the summer approximately 15 per cent of these trout were recaptured during fishing up the river. Reports were received during the year from different parts of Lake Storsjön that four trout had been recaptured, that were marked at this weir the previous year (1951).

Char, *grayling* and *whitefish* have also been subjected to control by weirs in the same way as was mentioned in the previous report. Year class fluctuations of the whitefish at the so-called »Vaktfisket» in Lake Idsjön are discussed by SVÄRDSON elsewhere in this report.

Fish Ethology

Hardly any of our species of fish with economic importance have as yet been investigated ethologically, although the study of the behaviour of fish includes several weighty problems for the fishery biologist. Amongst these, for example, are the spawning behaviour and the stimuli releasing spawning, territorial behaviour and the factors determining the size of the territory, hunting behaviour of predatory fish and their releasing stimuli, the behaviour of the fish towards different kinds of light and so on. Thanks to improved aquarium equipment the Institute has been enabled to take up several of these problems for investigation.

Spawning Behaviour in the Char. Experiments in aquariums regarding the spawning of the char were commenced by FABRICIUS in the autumn of 1951, but owing to the fish used at that time having been caught with gill nets which caused damage to the females in particular, no completed spawning could be obtained on this occasion. In the autumn of 1952, undamaged char were employed, which had been caught in the weir in the River Blåsjöälven. Two pairs of these fish spawned in an aquarium, the bottom of which was covered with sand, gravel and stones. The females dug nest pits in the sand and gravel, and in these redds the eggs were spawned. The females then covered a part of the eggs with sand and gravel by performing new digging movements in the redd. About a hundred fry were hatched from the eggs laid during the spawning. A more detailed description of the spawning

behaviour of the char can be found elsewhere in this volume. Cinematographic records were made of the fighting and courting behaviour of the males.

Aggressive Behaviour in Salmonid Fishes. Comparative studies of the aggressive behaviour and the threat display in different species have also been begun by FABRICIUS. The studies have for the time being comprised the atlantic salmon, the brown trout, the char and the grayling. Several common elements are to be found in these species' threat display, but also specific differences. Many of the most pronounced colour markings are displayed in the threat posture, and probably they serve as signals releasing escape or submissive behaviour in the fish that are attacked.

Territorial Behaviour in Young Salmon, Brown Trout and Char. Experiments regarding territorial behaviour in fry of salmon, trout and char have been commenced. Fingerlings of all these three species can under certain circumstances defend territories. It can be observed at feeding-time that hunting behaviour appears to stimulate aggressiveness.

Hunting Behaviour in Brown Trout and Char. Great dissimilarities between the two species, when hunting prey, can be observed. The brown trout makes swift attacks and returns quickly to a hiding place every time, while the char hovers round and makes a long series of bites before it returns to the bottom.

Field Observations on Environmental Factors Controlling the Spawning Activity. In Lake Vojmsjön, where regulation was completely carried out in 1951, FABRICIUS continued his field observations on the effect of water temperature and water level on the spawning season of pike and whitefish. The season for the pike to spawn is considerably retarded after regulation. The reason is that the flooding of the shore vegetation occurs much later than was the case before the lake was regulated. The spawning season of the whitefish is also retarded, because the increased volume of water in the lake caused by damming entails a slower cooling of the water in the autumn. This delay in the cooling of the water and the spawning of the whitefish is particularly pronounced in the shallow Storviken Bay, on account of certain complicated hydrographic conditions. In this bay the spawning season for whitefish has, thus, been retarded by the regulation from the middle of November to the beginning of December, or about three weeks. On the other hand, the retardation of the spawning season for whitefish in the deeper parts of the lake only amounts to a few days.

In Lake Borgasjön the marking of spawning char was continued at five different spawning grounds. Several marked char were recaptured on the same spawning grounds where they spawned the previous autumn, but exchange of fish between different spawning grounds were also observed. At the very earliest in the autumn of 1953, when the regulation of Borgasjön has been completely carried out, will it be possible to discover if the char there, as was the case in Lake Storsjouten, will begin to migrate up to running

water for spawning after regulation. If this occurs, recaptures of marked char will show if the same specimens, that spawned before regulation on grounds in the lake, can spawn in the stream after regulation.

Speciation of Fish

Whitefish. NILS OLOV ÖSTERBERG could be employed for whitefish investigations in the spring of 1952 after financial support had been granted by the National Science Research Council. Thanks to a new grant from the Government, RICHARD ÖHMAN could be employed in the autumn of 1952.

A great deal of the material previously collected could be worked up during the course of the year, but many new samples were received in the autumn of 1952.

The most important new result to be reached during the year was proof that the *blåsik* is not one but in reality two different species. This had already been suspected for a good number of years, but as long as no unmistakable case had occurred, where two species of *blåsik*, one with about 33—35 teeth and one with 38—39 teeth had been found together in one lake, the question had to be left open. During the course of the year two such populations have been discovered in each of the lakes Vänjan, Ansjön, Storsjön, Russfjärden, Ormsjön and Hornavan, thereby providing definite proof that there are five species of whitefish in the country.

A special report on the whitefishes in the lakes Idsjön, Storsjön and Hornavan is published by SVÄRDSON, at another place in this report.

Hybrids. The results of ALM's hybridization experiments with salmon and trout as well as char and brook trout are now being worked up for future publication.

The Clearing of Floating-Ways and the Effect on Fishing

Caterpillars have been used more and more during the last few years for clearing floating-ways. This clearing is chiefly aimed at the removal of the large stones, which usually cover the bottom in streams and which constitute a hindrance for the transport of timber. A smoother river bed and more favourable stream conditions for floating are obtained in this way.

These acts of interference have, however, entailed serious conflicts with persons interested in fishing and MÜLLER began investigations in June 1952 in the River Bodträskån, a tributary of the River Lule älv in Northern Sweden, in order to shed light on the problem of the effect of the clearing on fishing.

During the past year investigations of the bottom fauna in a great number of localities in both natural and cleared river areas have been carried out. The material thus obtained permits certain conclusions to be made concerning the effect of the clearing on the bottom fauna.

The first results show that the clearing, especially by a straightening of the stream and by an increase in speed of water flow, improves the habitats for the true river organisms. The consequence is a considerable increase in the population, both in numbers and weight. These conditions can prevail for a number of years after clearing has taken place. The main components in the bottom fauna in such cleared rivers are *Simulium*, *Hydropsyche*, *Rhyacophila* and *Baetidae*. Preliminary investigations concerning the significance of these groups of animals as food for the most important species of fish in the area, brown trout and grayling, show that both these species make use of the rich but one-sided bottom fauna. MÜLLER gives at another place a more detailed account of the results obtained.

The investigations will be continued and augmented by quantitative population analyses of the fish fauna with the aid of electro-fishing.

Marking Experiments

The following table gives a survey of the markings carried out during the year 1952, and the recaptures from markings during this and earlier years sent in to the Institute and registered by Dr. MIEZIS during the year 1952.

Species	Number of fish marked	Number of recoveries
Salmon	30,456	1,087
Sea trout	663	227
Trout	1,334	445
Char	1,627	1,007
Grayling	194	38
Whitefish	774	109
Pike	167	88
Eel	104	—

Studies of Fishing Gear

The greatest importance in the test fishing with nylon during 1952 was placed on the suitability of monofilament nylon thread for gill-nets. In contrast to other types of yarn, nylon is comparatively transparent and thus relatively invisible in water. The consistency of the yarn is, however, not as suitable for knotting, so that experimental nets were made by hand using special knots. Identical sizes of nets made of cotton yarn, twined (spun) nylon and monofilament nylon were included in the experiment in order to give a reliable idea of the differences in the fishing qualities between these three main groups of yarn. Test fishing was carried out by MOLIN both in Mid-Sweden and Norrland to discover to what extent light conditions and the turbidity of the water affected the result.

Evidence was obtained that the fishing capacity of the twined nylon was approximately twice as great as cotton — which on the whole agrees with

results from previous experiments while the capacity of the monofilament nylon was approximately 7 times as great as cotton. The difference between monofilament nylon and cotton was most apparent in the light summer nights, but even during the dark autumn nights the difference in the catch was considerable. This was also the case in lakes with slight depth of visibility. It is obvious that it is not only the invisibility of the monofilament nylon net, which is the reason for the superior fishing qualities, but the type of yarn must also possess a great snaring capacity in spite of its considerable degree of stiffness as compared to other types of yarn.

The experiment gave further information as to which thickness of yarns are suitable for different sizes of mesh and for catching different types of fish.

An experiment with ultraviolet radiation on nylon and cotton yarn showed that the twined nylon yarn is 15—20 per cent more sensitive to such radiation than cotton while the monofilament nylon yarn is twice as resistant as cotton.

The impregnation experiments carried out by MOLIN during 1952 have mainly dealt with the preserving capacity of recent impregnation substances. None of these have, however, shown better properties than previously known substances. Comparative experiments with substances suitable for nets made of fine yarn have further emphasized that the use of tan substances with subsequent fixation with copper sulphate and potassium chromate give the best results.

Publications in the Year 1952

The following papers by the staff of the Institute and other fishery biologists have been published during the year.

Rep = Report from this Institute.

SFT = *Svensk Fiskeri Tidskrift* (Swedish Fishery Journal). Only Swedish language.

- ALM, G. Year Class Fluctuations and Span of Life of Perch. *Rep.* 33: 17—38.
 — Några reflexioner rörande fiskevården och härför tillgängliga medel. *SFT* 61: 2—4.
- BRUNDIN, L. Zur Kenntnis der Taxonomie und Metamorphose der Chironomidengattung *Protanypus* KIEFF., *Prodiamesa* KIEFF. und *Monodiamesa* KIEFF. *Rep.* 33: 39—53.
 — Glimtar ur vatteninsekternas liv. *Svenska Flottledsförb. årsbok 1952: 4957—4964.*
- BRUNEAU, L. Accessories for the determination of dissolved oxygen. *Rep.* 33: 54—56.
 — Avgiftning av cyanidhaltiga spillvatten. *Vattenhygien* 1: 12—18.
- FABRICIUS, E. Fiskarnas instinkthandlingar. *SFT* 61: 72—73.
- GUSTAFSON, K. J. Några erfarenheter från undersökningar av lekvandrande harr och laxöring. *Svenska Flottledsförb. årsbok 1952: 4965—4970.*
- HULT, J. Laxfisket och kraftindustriens inverkan på detta. *SFT* 61: 123—129.
- LINDROTH, A. Salmon Tagging Experiments in Sundsvall Bay of the Baltic in 1950. *Rep.* 33: 57—69.
- LINDSTRÖM, T. Sur l'écologie du zooplancton Crustacé. *Rep.* 33: 70—165.
 — Fiske och elkraft. *SFT* 61: 54—55.
 — Populationsanalys och sjöregleringar. *Sv. Faun. Revy 1952 (4): 117—123.*
 — Det gamla laxfisket i nedre Ljusnan. *Hälsingerunor 1952: 61—74.*

- LÖFFLER, H. Beitrag zur Fauna einiger Wasseransammlungen in der Balsberggrotte. *Rep. 33: 166—167.*
- MOLIN, G. Massmärkning av fiskungar. *SFT 61: 27—28.*
— Nylon i fisket 1951. *SFT 61: 97—100.*
- OLOFSSON, O. Värdet av olika utsättningsmaterial av ål. *SFT 61: 28—29.*
— En ny svensk laxälv. *SFT 61: 129—131.*
- PUKE, C. Pike-perch studies in Lake Vänern. *Rep. 33: 168—178.*
- RUNNSTRÖM, S. Director's Report for the Year 1951. *Rep. 33: 5—16.*
— The Population of Trout, *Salmo trutta*, LINNÉ, in Regulated Lakes. *Rep. 33: 179—198.*
— Fiskodlingsfrågans aktuella läge. *SFT 61: 178—183.*
- STENDAHL, B. Tolkning och handläggning av avloppsärenden enligt vattenlagen. *Hygienisk revy 10: 411—420.*
- SVÄRDSON, G. Spawning behaviour of *Leuciscus rutilus* (LINNÉ) *Rep. 33: 199—203.*
— The Coregonid Problem, IV. The Significance of Scales and Gillrakers. *Rep. 33: 204—232.*
— Laxfiskars utvandring ur rinnande vatten. *SFT 61: 49—54.*
— En metod att massmärka fiskungar. *SFT 61: 132—134.*
- SÖRENSEN, I. Studies on the ecology of *Hydrodictyon reticulatum* (L.) LAGERH. *Oikos 2: 197—212.*
— Försök med elektrisk spärranordning vid turbinintag. *SFT 61: 65—66.*
- TÖRNQUIST, N. Skaraborgs läns sjöar. *SFT 61: 5—7.*
- VALLIN, S. Föroreningar genom pressaften från siloanläggningar. *SFT 61: 161—163.*
— Sockerbrukens avloppsvattenfrågor. *Socket Meddel. 10: 435—457.*

Aquarium Observations on the Spawning Behaviour of the Char, *Salmo alpinus*.

By ERIC FABRICIUS

Contents

	Page
1. Introduction	14
2. Some General Observations on the Behaviour of the Char in Aquaria	16
3. Fighting and Threat Display	18
4. Nest-digging	21
5. The Spawning Act and Courting	23
6. Fluctuations in the Frequency of Attacks and Courting Acts, and Inhibitory Interaction Between the Fighting and Courting Drives	27
7. Combination of Elements Belonging to Attack and to Courting	28
8. Situations Releasing Attack	28
9. Situations Releasing Courting	29
10. Displacement Activities	30
11. The Reproductive Behaviour as a Whole	33
12. Spontaneous Release of Eggs by Females	39
13. Water Temperature and Light	40
14. The Length of the Season During Which Reproductive Activity Occurs	41
15. Discussion	42
16. Summary	45
17. References	47

1. Introduction

Fishery biologists have watched the spawning behaviour in several species of salmonoid fishes. Most of these studies have been field observations. For literature one can refer to JONES and KING (1949), HULT (1950) and to NEEDHAM and VAUGHAN (1952). Experimental studies on the spawning behaviour have, as far as I know, been made only in the steelhead trout, *Salmo gairdnerii* RICHARDSON, by NEEDHAM and TAFT (1934), and in the atlantic salmon, *Salmo salar* LINNÉ, by JONES and KING (1949, 1950, 1952) and by HULT (1950). HULT fenced off a part of the narrow river Bråån in south Sweden and watched the spawning of some salmon which were

introduced into this enclosure, and this experiment has also been referred by HYLBOOM (1949). The most detailed and extensive of the studies on the spawning behaviour of the atlantic salmon, however, are those made by JONES and KING, who used an observation tank built on a tributary of the River Dee in England.

In all species of the genus *Salmo* in which the spawning behaviour has been studied, the female digs a nest pit in which the eggs are deposited, and then she covers them with sand, gravel and stones. Field observations on the spawning behaviour of the char are very difficult to make in Sweden, as this species in most cases does not enter rivers or brooks to spawn, but spawns in the lakes where it lives.

The char is of importance for the fishing in the mountain lakes. Great projects are being realized to impound many of these lakes as water reservoirs for the power-generating stations, and these regulations cause considerable variations in water level, influencing the conditions of the lake bottoms to a depth of several meters. Thus it would be desirable to know what kind of ground the char needs for its spawning. In very many Swedish lakes the fishermen only catch spawning char on bottoms mainly consisting of stones so large that they could hardly be moved by any digging activity performed by a fish of such a small size as the char. Many fishermen do not, therefore, believe that the char makes any nest pits. On the other hand, it would be very surprising if the char would prove to lack an instinctive activity so characteristic to the genus *Salmo* as nest-digging, particularly when it is known that nests are dug by the females in the brook trout, *Salmo fontinalis*, L. (GREELEY 1932, HAZZARD 1932) and, as shown by NEEDHAM and VAUGHAN (1952) also in the Dolly Varden char, *Salmo malma* (WAHLBAUM). These two American species might probably be closely related to the European char. The char, the brook trout and the Dolly Varden char actually all belong to a group of species, which many authors regard as forming a separate genus, *Salvelinus*.

As it was felt that a close study of the spawning behaviour of the char would be of some interest, a number of living char from the province of Jämtland were sent by rail to the Institute of Freshwater Research at Drottningholm, and the behaviour of these fishes was observed in an aquarium. This observation tank was 215 cm long, 57 cm broad and 54 cm high. The water was stagnant, but it was powerfully aerated by an air compressor. Running water from the tap could not be used, because this water was too warm. By immersing lumps of ice in the aquarium the water temperature was kept most of the time between $+6^{\circ}$ and $+12^{\circ}$ Centigrade, which is the temperature range within which the char usually spawns in Swedish mountain lakes.

The first experiment was made in October 1951, with 9 char from Lake Rengen. These fishes, 6 males and 3 females, had been caught in gill nets,

and the females in particular were injured by the net meshes. Frequent fighting and courting was observed in the males, but the females, which looked very sick, did not perform any normal spawning activity. In September and October 1952 a new experiment was made with 20 char, 10 males and 10 females, from Lake Jormsjön. This lake is one of the few Swedish lakes, where a part of the char population makes a spawning migration into a river mouth. The char were caught in a weir built across this river, and thus they were unhurt. Two females of these fish spawned in the aquarium, both of them probably with the same male, and in one of the pairs it was possible to observe the spawning behaviour. In order to get a cinematographic record a third experiment was made in October 24th 1952 with 8 char from Lake Rengen, caught in gill nets, but this time too the females were injured and did not spawn.

In order to get a more complete picture of the behaviour of the char, I have made aquarium observations on young fish of this species as well, from the time of hatching up to an age of about two years. The char in the mountain lakes of Jämtland usually reach sexual maturity at an age of 3—5 years (RUNNSTRÖM 1951).

General observations were made for several hours every day during the whole spawning season. In 1951 timed observations were also made on the behaviour of three males. During these observations, which lasted a total of 500 minutes, every activity shown by each of the specimens observed was recorded and timed. In October 1952 a cinematographic film was made of the fighting and courting behaviour, and an examination of this film greatly facilitated the detailed study of the postures and movements of the char.

2. Some General Observations on the Behaviour of the Char in Aquaria

The char, like many other species of the genus *Salmo*, spends very much of its time resting on the bottom. It usually chooses a smooth and fairly hard surface for resting, such as sand, gravel or flat stones. Contrary to the brown trout, *Salmo trutta*, L., the char does not usually hide between or under stones. In the resting posture the fish supports itself on its pectoral, pelvic, anal and caudal fins. The pectoral fins point sideways and obliquely downwards, slightly raising the head of the fish and often the fore part of its body as well from the ground. Now and then resting is interrupted and the fish swims about performing several activities, such as hunting, feeding, fighting or courting, and then it rests again, often returning to the same resting place. I have seen this behaviour in aquaria as well as at Lake Jormsjön, where one can watch the char from bridges crossing the mouth of the River Blåsjöälven, where the char spawn. It is not unusual for a char to rest on the bottom for several hours.

Shortly after being put in the aquarium at Drottningholm the fishes very frequently swam up to the surface, made a snapping movement in the air, and then returned to the bottom, behaving quite like air-snapping Labyrinth fishes. This behaviour, hardly ever seen in char, which have been kept for a longer time in an aquarium, was probably caused by changes in the pressure in their air bladders during transport from Lake Jormsjön, situated 345 m above sea level, to Drottningholm, only about 3 m above sea level.

When hunting for food objects floating in the water, the char swims about for a long while, swallowing a large number of these objects in rapid succession. In this behaviour the char differs from the brown trout, which usually makes a sudden forward dash, snapping up a food object and then immediately turns round returning to its cover on the bottom.

Like most other species of fish the char, when irritated by parasites or slight injuries in the skin, can turn itself on its flank and make a forward dash along the bottom, chafing the flank against the ground. The normal occurrence of this chafing movement in both sexes must be understood, because it can otherwise be confused with the nest-digging movements.

Two movements often seen in the char as well as in the brown trout are prey-shaking and snapping. These movements are normally performed when the fish has caught a prey which is so big that it cannot be swallowed at once.

In prey-shaking the fish violently jerks the fore part of its body laterally, from one side to the other. The axis of the movement runs approximately through the dorsal fin, the amplitude of the beats is roughly 30° , and the frequency appears to be about 4 beats per second. Simultaneously with the jerking of its fore body and head, the fish makes repeated biting movements with its jaws.

In snapping the fish makes a rapid series of biting movements, opening and closing its mouth in a way that gives the animal a comical resemblance to a little dog barking furiously. The body does not make any movements but the snapping fish usually stands in a tilted position, its tail pointing obliquely downward and its head upward.

The prey-shaking movements, as well as snapping, are often performed even when the fish has no prey in its mouth, and this is particularly true during courtship. At least in the case of prey-shaking, it is evident that this movement often occurs as a displacement activity. This phenomenon will be discussed more fully in chapter 10. Another movement often seen in the char, as well as in many other fishes, is yawning. Flickering the pelvic fins and the dorsal fin also occur and, when resting on the bottom, a char can make slow body undulations as if swimming on the spot. These slow body undulations, which are often accompanied by swimming movements performed by the pectoral fins, are particularly seen shortly after a fish has been introduced into an aquarium, but they may also be observed on other

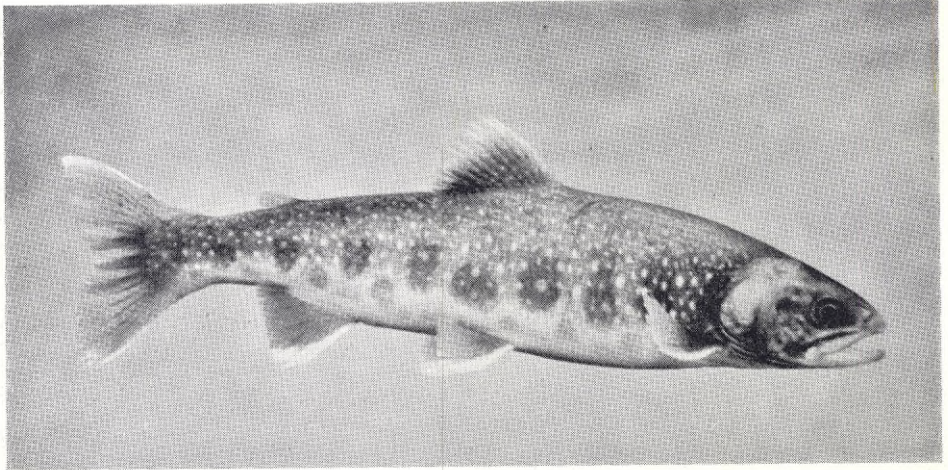


Fig. 1. A male char patrolling in his territory. The fins are kept in a normal position. —
Photo: K.-J. GUSTAFSON.

occasions. They occur in both sexes, but more often in females than in males. I have the impression that these swinging or weaving body movements are low intensity swimming movements, for I have very often seen them performed as intention movements shortly before the fish actually swims up for attacking, courting, digging or other activities.

3. Fighting and Threat Display

In the char aggressive behaviour occurs in both sexes and at all times of the year, and in young specimens it is seen at least as early as towards the end of their first summer of life. During the spawning season the frequency of aggressive behaviour is much increased, particularly in males.

When attacking, the char turns towards its opponent and opens its mouth, displaying the black and white colour pattern which the char has in the mucous membranes of its mouth cavity, and the light coloured jaws which frame the mouth. The pectoral fins are turned to their foremost position, pointing out laterally like wings, and the dorsale, the pelvics and the anale are maximally erected, displaying the bright white anterior margins of these fins (Fig. 2). In this posture of frontal display the fish swims rapidly towards its adversary, and if this one does not flee the attacker rams it with open mouth, usually in the flank, and performs a series of biting movements, pushing itself against its opponent. On some occasions I have seen a male char gripping one of its adversary's fins in its jaws and keeping hold of it for a long while, performing movements resembling prey-shaking. Sometimes the fish attacked may make a counterattack, causing a furious fight, during which the two antagonists circle round each other, repeatedly biting each

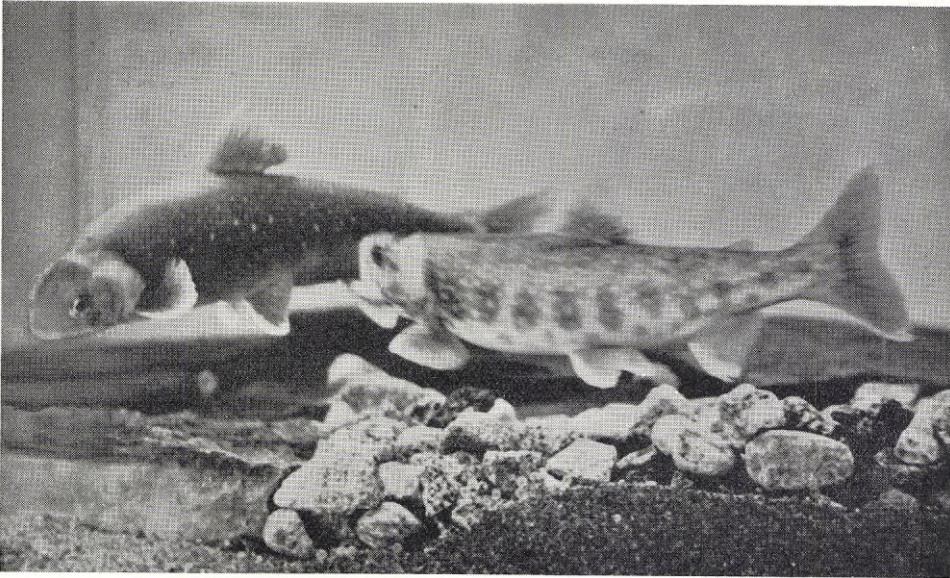


Fig. 2. Male char making an attack. The fins are maximally erected and the mouth is opened. — Photo: K.-J. GUSTAFSON.

other in the tail. Serious injuries on the fins sometimes result from the hostile encounters.

The frontal threat display in the char shows some clear differences from the corresponding display in the brown trout. The char erects its dorsal fin maximally, but in the brown trout I have observed that the fish in its frontal threat display presses the dorsal fin down, and instead bends its back slightly upwards, simultaneously erecting the branchiostegal membrane and lowering the hyal bones. As a result, a large protrusion at once appears under the head. The white colour of this protrusion contrasts very conspicuously with the dark brown colour of the rest of the head.¹ This downward pressing of the mouth bottom, in fact, also occurs in the char, but in this species it is only conspicuous in young specimens. When a char fingerling makes an aggressive approach towards an opponent, a white knob appears under the aggressor's head sharply contrasting in colour with the dark greyish colour of the rest of the head. But in the adult char, contrary to the adult brown trout, the lowering of the mouth bottom is so slight that it can only be recognized by very close observations under good light conditions. Perhaps the function as an intimidating signal, which this display probably has in the young char, has been taken over in the adult char by the display of the white anterior margins of the fins. The young char, which

¹ The brown trout studied were immature specimens of different ages, between 1 and 4 years.

has quite transparent fins without any marked anterior margins, also erects its fins in the threat display. Thus, in the growing young char, this signal movement is fully developed before the patterns of the fins have reached the full colouring displayed by the adult in this movement. As pointed out by LORENZ (1935), this is a common phenomenon in the development of instinctive behaviour.

As to the dilating downwards of the lower parts of the mouth bottom, this display is involved in the aggressive behaviour of many species of fish. It is particularly common in Cichlid fishes (BAERENDS and BAERENDS 1950), but I have also seen it in the pike.

The char has a lateral display as well, in which all its fins are maximally erected and its head and tail are slightly flexed upwards from the vent, causing the white-edged brilliant red pelvic and anal fins to protrude more than they do normally. The mouth is not opened in this act. The char may remain on the spot, performing slow body undulations, but it often swims forwards, making »exaggerated» swimming movements. It looks like a sort of dance and it probably represents the highest level of intensity in the lateral display. Sometimes the »dancing» fish after a rapid rush forwards flexes its tail laterally, causing itself to turn in such a way that its track resembles the figure »9». When performing the lateral display, the char sometimes may orientate itself so that its flank is turned towards its adversary. These orientation movements are, however, very poorly developed in the char, in comparison with fishes belonging to *Cichlidae*, *Labyrinthinae*, *Centrarchidae* and some *Cyprinidae*. On some occasions I have seen two male char swimming side by side, both of them performing the dancing type of lateral display. I have found this behaviour rather common in the brown trout, and GREELEY (1932) has reported it in the brook trout.

Whereas the frontal display is clearly aggressive and is often followed by an actual attack, one has the impression that the lateral display has a more defensive character. The lateral display and the dance are, therefore, most often observed in an attacked fish, as a response to the hostile approach or attack made by another fish. Performing the frontal display a territory owner swims towards an intruder, and the intruder may respond by lateral display, but contrary to what is the case in so many other species of fish hardly any mutual lateral display ever develops. If the fish attacked does not flee, the aggressor in most cases either makes an actual attack immediately or flees.

At low levels of intensity the mouth is not opened in the frontal display and the body is not flexed backwards in the lateral display. In such cases the two types of display differ from each other only in the way in which the fish orientates itself to the adversary.

In the atlantic salmon JONES and KING (1950, 1952) have seen males driving an opponent away by swimming some feet upstream and dropping

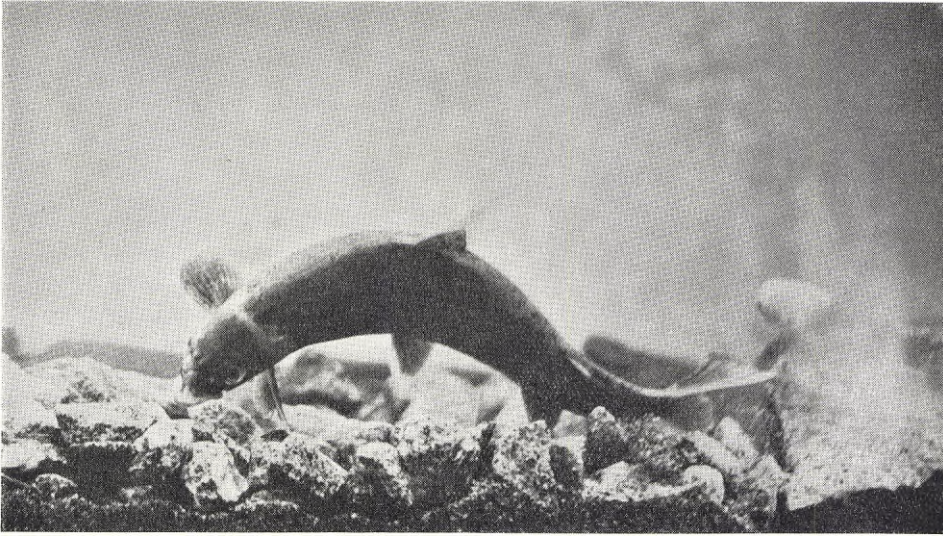


Fig. 3. A female char digging. A small stone has been thrown up by the tail flaps.
— Photo: K.-J. GUSTAFSON.

backwards from this point, tail first, towards the adversary and driving it off by flapping the tail laterally ahead of its snout. As there was no current of water in our aquarium, the char had no opportunity of performing anything like this.

4. Nest-digging

During the experiment made in the autumn of 1952 three ripe females were kept in the observation tank and two of them dug nest pits. The redds were dug in sand and gravel mixed with small stones. When digging the female char turns over on her side and, curving her body laterally in an S-shape, she performs a series of vigorous flapping movements, beating the ground with her tail (Fig. 3). Beginning with some rhythmic flaps the frequency of the tail beats swiftly increases, ending with a violent rattle. Consequently the digging movements of the char are similar to those described in other species of *Salmo*, but photographs published by JONES and KING (1949, 1950) illustrating the digging in the female atlantic salmon give the impression that this species bends its body more than the char. However, the digging movements of the female char are by far too rapid to be analysed in detail without good photographic records.

By the digging movements sand, gravel and small stones were drawn up from the ground and flung backwards, and a scrambling noise could be distinctly heard. The females, which were about 30 cm long, were able to throw up stones measuring up to 4 cm in diameter.

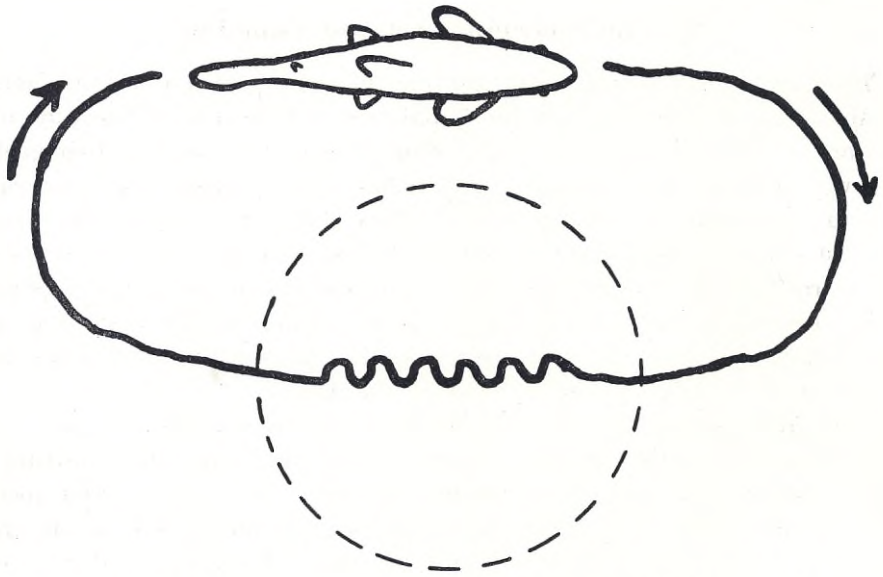


Fig. 4. Sketch showing the movements of a female char digging a nest pit.

- swimming track of the female.
- ~~~~~ digging movements.
- periphery of the nest pit.

After digging the females usually swam forwards and turned in circle, returning to the place where the digging had been performed. There they sank down in a «feeling» manner, and then they often turned over again on one side and performed a new series of digging flaps (Fig. 4). As a result of these repeated digging movements a pit was formed in the gravel, and the depth of the pit increased more and more in the centre. Because small particles were moved easier than larger ones, larger stones often formed the bottom of a completed nest pit, whereas smaller stones and sand formed its periphery. Both of the females dug several pits. It is known that one female often digs several nest pits in the brook- and rainbow trout (GREELEY 1932), and the atlantic salmon (JONES and KING 1949, 1950, HULT 1950) as well.

Before the females started their digging activity, their eye movements clearly showed that they looked downwards, examining the ground, and they swam about close to the bottom in a searching manner, with their heads slightly tilted downwards, as when searching for food. On this account it seems highly probable that visual stimuli are involved in the releasing mechanism for the digging movements. Probably tactile stimuli are also working in this mechanism, and in the atlantic salmon JONES and KING (1950) have seen special «feeling actions», in which the female moved her anal fin over the gravel.

5. The Spawning Act and Courting

Three spawning acts were seen, and they all took place in a nest pit. During the spawning act the male and the female swam forwards side by side over the bottom of the pit, touching each other's flanks and keeping their genital openings close to one another. Both fishes gaped widely and performed vigorous trembling movements with the fore part of the body. The female expelled some ten eggs, and simultaneously the male ejected a jet of sperm. The sperm formed a large white cloud, and through this cloud the eggs were flung backwards, behind the fishes. As the water in the aquarium was stagnant, the current which carried the eggs backwards must have been caused by the movements performed by the fishes.

Before, between and after the spawning acts the char performs innumerable times an activity, which in the atlantic salmon has been called courting by JONES and KING (1949), and which has also been observed in other species of salmonoid fish, for example in the brown- steelhead- and brook trout (GREELEY 1932) and in the Dolly Varden char (NEEDHAM and VAUGHAN 1952). In courting all the elements of the actual spawning act are present, except the ejection of eggs and sperm. In typical cases the courting fish, maximally erecting its dorsale, pelvics and anale, approaches a resting fish from behind, glides along its side performing a trembling movement and then swims on forwards, leaving the courted fish resting on the bottom (Fig. 5—7). In trembling the fore part of the body swings laterally from side to side, with very great frequency but with small amplitude, and the axis of this swinging movement runs approximately through the dorsal fin.

The courting act looks different at different degrees of intensity. At the highest intensity level the trembling fish opens its mouth wide. At a lower degree of intensity the fish glides forwards and trembles, but does not open its mouth. At the lowest intensity level, finally, the fish only glides along the flank of its partner, neither trembling nor opening its mouth. If, in the last-mentioned case, the fish moves near the pane, one can, when observing it very closely, sometimes see a slight undulating movement in the lateral musculature of the

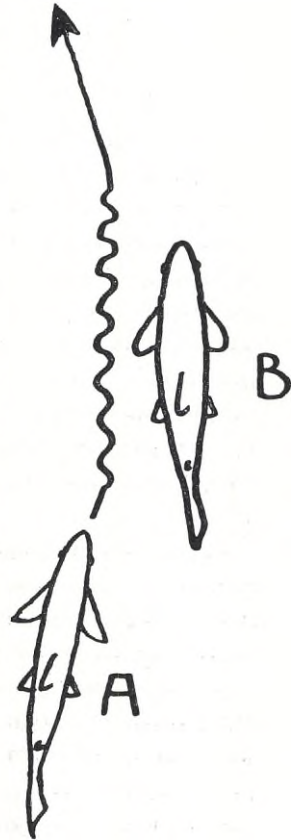


Fig. 5. Sketch showing courting.

- swimming track of the courting fish.
 ~~~~ trembling.  
 A. the courting fish.  
 B. » courted »

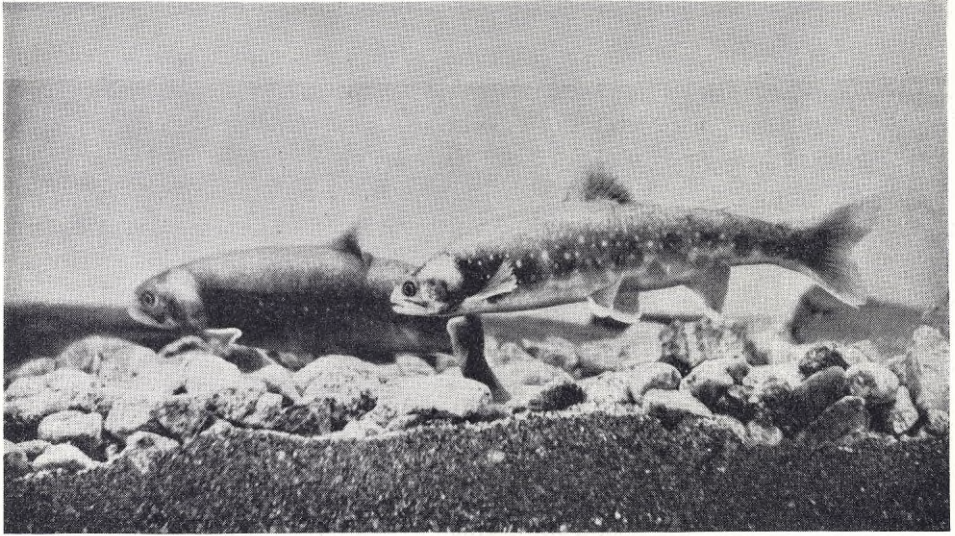


Fig. 6. Male char approaching a female for courting. The erected fins are typical of the courting approach. — Photo: K.-J. GUSTAFSON.

gliding fish, but these undulations are so feeble that they do not cause any flexions of the body. During the timed observations gliding was observed 12 times, gliding and trembling 68 and gliding with both trembling and gaping 8 times.

Besides the differences due to different levels of intensity, other dissimilarities also occasionally occur in the way courting is performed. The courting fish does not always approach from behind, but sometimes from the front, gliding along its partner's side from the snout to the tail, or the approach may be made from the side, in which case the courting fish glides across the head, back or tail of its partner. Trembling and opening of the mouth can be performed in all these types of courting, if the intensity level is high enough.

For the release of trembling it is not necessary that the courting fish swims forwards towards its partner and then glides along or over it. For example, a male, which hovered in the water over a female resting on the bottom, suddenly sank vertically down and trembled alongside the female. Also, one or both of two fishes resting motionless side by side on the bottom may perform the trembling movement. Nor is actual contact between the two fishes absolutely necessary for the release of trembling, for sometimes the approaching fish may begin the trembling movement before it has reached contact with its partner. Once when a female rested close to the overflow pipe, which was about 1.5 cm thick and made of a transparent material, a male approached and glided trembling along the side of the

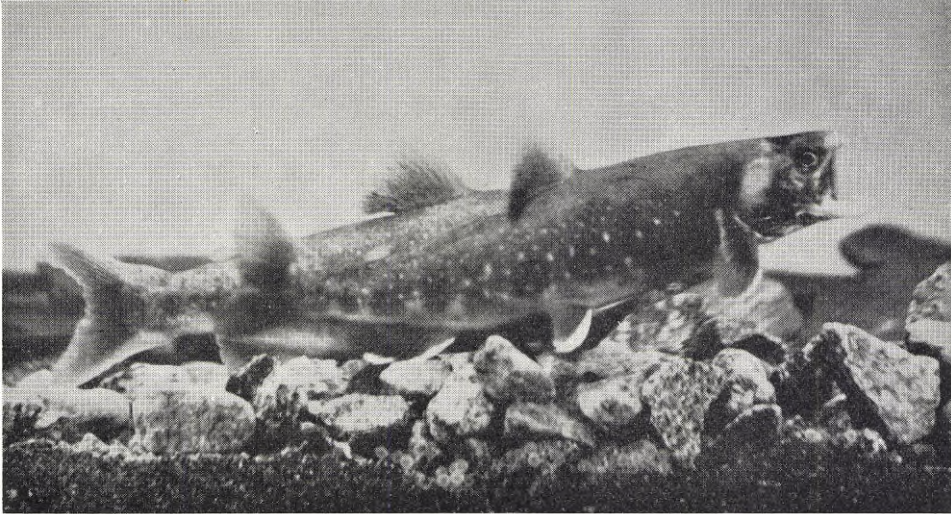


Fig. 7. Male char opening its mouth in the final phase of a high intensity courting act.  
— Photo: K.-J. GUSTAFSON.

female, despite the fact that he did not touch his partner because the pipe was between the two fishes. Instead the male touched the pipe and trembled against it. In some males which were kept alone, each in a small aquarium where no other fishes were present, I have also occasionally seen trembling performed spontaneously as a »vacuum activity», and in such cases the trembling fish does not make any locomotory movements.

As has been pointed out by HEINROTH (1911), LORENZ (1935, 1937, 1939), TINBERGEN (1939) and SEITZ (1940), and worked out more fully by TINBERGEN and VAN IERSEL (1947), DAANJE (1950) and TINBERGEN (1951, 1952 c), instinctive activities in animals may be seen in numerous degrees of intensity, which can be arranged in a sliding scale from full intensity down to an almost imperceptible indication of it. Incompleteness occurs at a low intensity level of stimulation, and the completeness of the movement then increases with the increasing intensity of the drive. Most probably the different intensity degrees of the courting, and the spawning act, form such a series of increasing completeness. At low intensity only approach and possibly gliding alongside the partner occur, and then, with increasing intensity trembling, gaping and finally, in the actual mating act, the ejection of the sex products, are successively added. Also in the atlantic salmon, fishes have been seen going through the complete action of spawning, including gaping and trembling, without ejecting any eggs or sperm (JONES and KING 1950).

The intense research work on ethology done since the 1930's has led to the view that instinctive behaviour usually ends in a consummatory act

(Craig 1918), which is usually characterized by stereotyped motor patterns. When a drive is activated the animal performs a more or less variable »appetitive behaviour», involving searching and orientation movements as well as fixed motor patterns, and this appetitive behaviour is carried on until a situation is found which provides the animal with the stimuli adequate for releasing the consummatory act. For further details on these topics the reader is referred to TINBERGEN (1951) and HINDE (1953 b).

As to courting and spawning in the char, the trembling, gaping and ejection of sex products must be regarded as fixed motor patterns, belonging to the consummatory act and representing different intensity degrees of this act, whereas the various ways of approach, as well as gliding belong to the appetitive behaviour. In the actual mating act the male approaches from behind and both fishes then swim forwards side by side, ejecting their sex products. But in courting, if the courted fish remains resting on the bottom, a gliding movement along its side results because the courting fish, after having made its approach from behind, goes on swimming forwards.

Contrary to the spawning act, courting was not confined to the nest pits, but it occurred at almost every place in the aquarium. I have also seen char courting each other at places in the River Blåsjöälven where no nest pits existed, for example on top of a large flat stone. Contrary to practice in the atlantic salmon as described by JONES and KING (1949, 1950) courting in the char is performed by both sexes, but except during the days of nest-digging and actual spawning, it is far more common in the males than in the females.

In the actual mating the response to courting is trembling, ejection of sex products, and gaping. If the mating act is not completed in this way, a courted fish may either remain on the same spot without showing any visible response, or it may respond by one or several of the following activities:

1. Bending the body laterally, either with head and tail flexed away from the flank which has been touched by the courting fish, or towards this side.
2. Starting the slow body undulations described in p. 17 as »swimming on the spot» or »weaving».
3. Swimming forwards and then dropping to the ground again, readopting the resting posture.
4. Swimming forwards performing the lateral display, which in some cases can be of the »dancing» type.
5. Attacking the courting fish.
6. Courting in return. As a rule this only happens if the initiating fish drops to the bottom in a resting posture after the courting act.
7. Performing the prey-shaking movements.
8. Performing incomplete digging movements. Seen in females in two cases.

9. Performing complete digging movements. Seen in a female in one case.
10. Moving forwards performing the trembling and the gaping act. I have noticed this response only once. On October 30th 1951 a male approached a resting male from behind and glided trembling along its side. The resting male responded by moving forwards and trembling, so that both the fishes swam trembling forwards side by side as in the mating act. Both males gaped, but no ejection of sperm was seen. This was repeated three times in succession. Then they approached a female and courted her simultaneously, one of them gliding along her left and the other one along her right side. After this, one of the males again courted the other male, but was met by an attack, followed by a counterattack from the first male, and the two opponents then circled round in a violent fight.

These observations show that a courted char may respond by at least ten different activities, none of which can be regarded as a specific response shown only to the courting behaviour. I have not made any statistical records on the frequency of these different responses.

## 6. Fluctuations in the Frequency of Attacks and Courting Acts, and Inhibitory Interaction Between the Fighting and Courting Drives

Attacks and courting acts are not evenly spaced, but occur in rather irregular bursts, as shown in table 1, and this is the case even if the environmental conditions are almost unchanged to the human eye. Several recent studies have shown that instinctive activities »do not occur regularly, but in complex patterns of bursts, and bursts superimposed on bursts» (HINDE 1953 b, p. 202). This might probably be at least partly due to fluctuations in the readiness to respond.

Table 1. The frequency of attacks and courting acts recorded in two male char during periods of 100 min.

|                         |       | » ♂ C » 29.10.1951 |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-------------------------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Minutes                 |       | 0-10               | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 | 80-90 | 90-100 |
| Number of attacks       | ..... | —                  | 10    | 5     | 5     | 10    | 3     | 2     | 1     | 1     | 1      |
| Number of courting acts | ..    | —                  | —     | —     | 1     | 1     | 9     | 10    | 7     | 6     | 5      |

|                         |       | » ♂ D » 31.10.1951 |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-------------------------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Minutes                 |       | 0-10               | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 | 80-90 | 90-100 |
| Number of attacks       | ..... | —                  | 2     | —     | —     | —     | 3     | 1     | 1     | —     | 1      |
| Number of courting acts | ..    | —                  | 4     | —     | 1     | 2     | 1     | —     | —     | —     | —      |

The records also seem to show a tendency towards the frequency of courting acts being low when the frequency of attacks is high, and vice versa. This could probably be explained by assuming that an inhibitory interaction occurs between the fighting drive and the courting drive. It is already a wellknown fact that such an inhibitory interaction between different drives is very common in instinctive behaviour. (See TINBERGEN 1948, 1951, FABRICIUS 1951, HINDE 1952, 1953 a, VAN IERSEL 1953, and references in these papers).

The change from an attacking mood to a mood of courting shown by »♂ C» after the 50th minute of observation was interesting. Apart from »♂ C» 2 other males and 2 females were present in the aquarium, and on this occasion I could not see any change in the behaviour of the other fishes, which could have been held responsible for the change of mood in »♂ C». Probably the frequent attacks performed between the 10th and the 50th minute had discharged the nervous mechanisms underlying the aggressive behaviour and this had weakened their inhibitory effect on the mechanisms controlling courting, thus giving the courting act an increased chance of being released. TINBERGEN (1948) has described similar phenomena in the three-spined stickleback.

### 7. Combination of Elements Belonging to Attack and to Courting

On one occasion I saw behaviour, which must be regarded as a mixture of courting and attack. A male approached a female and glided along her side as in courting, but when approaching he opened his mouth as in attack, and when gliding he turned his head towards the female and made biting movements. Another such case was found when I examined the 1952 cinematograph.

Such a synchronous activity of two instincts is, as pointed out by TINBERGEN (1951), only possible at low motivation. When the attacking and the courting drive are both activated at the same time, I have often seen a char at first courting a partner and then turning back and attacking it, or vice versa, thus showing a sort of ambivalent behaviour.

### 8. Situations Releasing Attack

When the timed observations were made, there were 3 males and 2 females in the aquarium and each male had, therefore, the opportunity of encountering 2 other males and 2 females. Each male attacked both males and females. During the timed observations males were seen attacking females 17 and other males 59 times.

Table 2. Attacks performed by the males during 500 minutes of observation in an aquarium in which 3 males and 2 females were present.

|                                            | ♂  | ♀  | Total |
|--------------------------------------------|----|----|-------|
| Number of attacks on swimming fishes ..... | 46 | 10 | 56    |
| » » » » resting » .....                    | 13 | 7  | 20    |

As shown in the table, swimming fishes were attacked more often than resting ones.

### 9. Situations Releasing Courting

As has already been stated each male courted other males as well as females, but I have also seen a female courting another female. The char thus shows a sort of homosexual behaviour. In the atlantic salmon JONES and KING (1950) have observed a male courting another male only on occasions where this other male had placed himself between a female and the courting male, in which case the courting male trembled against the side of the male which separated him from the female. In the char, the males courted by other males were in most cases resting quite separately on the bottom, without being in close proximity to any females. When watching char in the River Blåsjöälven in October 1950, I noticed this homosexual behaviour in male char. During the timed aquarium observations referred to, males were seen courting females 47 and other males 24 times.

Table 3. Courting acts performed by the males during 500 minutes of observation in an aquarium containing 3 males and 2 females.

|                                                         | ♂  | ♀  | Total |
|---------------------------------------------------------|----|----|-------|
| Number of cases where a swimming fish was courted ..... | 2  | 1  | 3     |
| » » » » resting » » » .....                             | 22 | 46 | 68    |

As shown in table 3, resting fishes were courted much more often than swimming ones. For this reason, it seems probable that the situation with »a fish resting on the bottom» involves some sign stimuli belonging to the innate releasing mechanism of the courting act. This was confirmed by an interesting observation made in December 1952. On December 10th a male and a female char were introduced into an aquarium with contained some small whitefish (*Coregonus sp.*). During the following nine days the male, except for an occasional attack, paid very little attention to the whitefish, but he courted the female char several times. The whitefish, showing the normal behaviour of this species, were almost constantly swimming about in the water, hardly ever resting on the bottom. On December 20th one of the whitefish, which had become very sick, was seen resting on the bottom for long periods. The male char, which between 9 a.m. and 9.40 a.m. had courted his female 4 times by gliding along her side without trembling, at



9.40 a.m. approached the resting whitefish from behind and courted it by both gliding and trembling. Between 3.00 p.m. and 3.40 p.m. he again courted his female 3 times and the whitefish once, all this courting consisting only of gliding. At 3.50 p.m. he first courted his female by gliding only and then he courted the whitefish by gliding, trembling vigorously, and gaping, thus showing the highest intensity of courting. He courted the whitefish only when it was resting in a normal position with its dark back turned upwards, but did not pay any attention to it when it was swimming about, nor when it lay in a dying condition on the bottom with its white belly turned upwards. The length of this whitefish was 21 cm, whereas the male char was 32 and the female 29 cm long.

By placing a dead female char in a resting posture on the bottom of the aquarium I have caused males to approach it from behind as in courting, but they always turned round before they reached actual contact with it. Perhaps, like the cichlid fishes studied by SEITZ (1940), they were frightened by the unnatural condition of the skin in the dead fish. Living female char, however, were also present in the aquarium, and the sexual motivation in the males was probably not very high during these experiments.

The reason why female char were courted more often than males was probably at least partly due to the fact, that the females spent much more time resting on the bottom than did the males.

## 10. Displacement Activities

As mentioned on p. 17 the prey-shaking movements are normally performed when the fish has caught a prey which is too large to be swallowed at once, but these movements often occur when the fish has no food object in its mouth as well. This »irrelevant» prey-shaking often occurs under conditions, where one would expect to see displacement activities (see TINBERGEN 1952 c and references). If, for example, a large number of very small food objects, such as living whitefish fry, are given to some char in an aquarium, the char will swim about hunting for these objects, and between the catching acts they will perform the prey-shaking movements with great intensity. As a rule, these movements are not performed so often if the food objects are somewhat larger, but still small enough to be swallowed without difficulty. In addition the prey-shaking movements are often seen, if a prey escapes an attack made by a hunting char. I have also noticed this behaviour in the brown- and rainbow trout and in the grayling, *Thymallus thymallus* L. The displacement prey-shaking occurring in connection with feeding and hunting can probably be explained as an »after-discharge» of the feeding drive (see TINBERGEN, op.cit.). If, for example, a hungry char has caught a very small prey, the biting and swallowing activities released by this small object are

probably of too low an intensity to serve as a sufficient outlet for the strongly activated feeding drive.

Though the char do not take any food during the days when the sexual activity is most intense, the »irrelevant« prey-shaking is much more frequent in the spawning season than in other seasons. During 500 observation minutes these prey-shaking movements were seen 66 times. In some cases their character of a displacement activity was clear. For example, the prey-shaking movements were often performed immediately after an attack or a courting act (after-discharge), or they appeared just before such an activity (conflict between the escape drive and the fighting or courting drive).

The snapping movements, which, as mentioned on p. 17, like the prey-shaking are normally performed when the fish has caught too big a prey, are also often seen under circumstances in which it seems probable that they can be regarded as a displacement activity. For example, I have seen a female char making the snapping movements immediately after a series of digging movements in a nest pit, and char are often seen snapping just before they perform the chafing movement.

During the spawning season, prey-shaking, as well as the snapping, seem also to occur very often quite »spontaneously«. However, there is some evidence that in these cases too there might be either a conflict between drives or an excess of one drive.

When a char approaches another char for courting or attacking, it often happens that the approaching fish turns round and swims away before it has reached actual contact with its partner or opponent. During the 500 minutes of timed observations 41 such interrupted approaches were recorded, and it seemed evident that in one and the same fish both the prey-shaking and the snapping movements were most frequent during periods when the interrupted approaches were more numerous than the actual courting acts and attacks. This would support the view that displacement prey-shaking and snapping were caused by a conflict between the escape drive and the courting or the fighting drive. It must, however, be pointed out that many more statistical records are needed before any certain conclusions can be drawn.

The displacement activities could also have been caused by an excess of the sex drive only. As the complete mating behaviour is only released when both the female and the male are together in a nest pit, the stimuli necessary for a full discharge of the sex drive were absent for most of the time during which the observations were made.

Other feeding activities than prey-shaking and snapping also occur as displacement activities. When the females were digging, it was often seen that the fish between the series of digging movements could, when swimming outside the nest pit, take a small stone or some sand in its mouth and then

spit it out again. This behaviour normally occurs when a hungry char is searching along the bottom for food, but the spawning and digging females did not take any food. As pointed out on p. 22 a female char, which is searching for a place suitable for digging, behaves quite like a char searching for food. When the »digging drive» was thwarted because the female was outside the nest pit, the picking up of an object from the bottom probably can have been used as an outlet for this drive because the female, when searching for the nestpit, adopted the same initial posture as when searching for food. Similar cases, where the posture in which an animal finds itself when a drive is thwarted probably decides which activity will be used as an outlet, have been described by TINBERGEN (1952 c).

The occurrence in salmonoid fishes of displacement activities consisting of movements normally belonging to the feeding behaviour might be of some interest, because up to now, as pointed out by TINBERGEN (*op.cit.*), there has been little evidence of displacement feeding in animals other than birds and some mammals. It is also interesting that the two displacement movements which most frequently occur in the char, *viz.* the prey-shaking and the snapping, both are movements which also normally occur in a »conflict situation», when the fish is attempting to swallow too big an object.

Though the chafing, described on p. 17, is normally a »comfort movement» as pointed out by BAERENDS and BAERENDS (1950), there is some evidence that chafing can also occur as a displacement activity. Thus the char often performs the chafing act immediately before or after an attack or a courting act. Moreover, chafing is more frequent during the spawning season than at other seasons. This chafing is often very intense, and the fish not only lies on its flank when chafing over the bottom substrate, but it also rotates, repeatedly turning its red belly upwards.

I have noticed in one case only courting performed under conditions where it could be regarded as a displacement activity and not, as normally, only as low intensity mating. On November 4th 1952 a hungry male »D» was rushing towards a piece of ox liver, but before the fish reached it, the object sank down just in front of the snout of a larger male »A», which was resting on the bottom. Male »D» then recoiled, but returned and courted male »A», who was the dominant »tyrant» in the aquarium. Here, it was evident that there was a conflict between the feeding drive and the escape drive, which conflict can have caused displacement courting.

I could not see any differences between the displacement activities in the char and the autochthonous acts from which they must be derived. Probably these displacement activities only serve as outlets for thwarted drives, and I do not know whether any of them have acquired in addition any releasing function. However, it can be mentioned, that I have watched aggressors turning round when the attacked fishes, probably as a response to the attack,

immediately performed the prey-shaking movements. I also have seen that a male, which approached a female for courting, recoiled and swam away when the female performed the snapping movement.

## 11. The Reproductive Behaviour as a Whole

All the instinctive actions described in the previous chapters co-operate in the reproductive behaviour of the char. This may be illustrated by a summary of some records from the 1952 experiment.

In both end sections of the observation tank (fig. 8) the bottom was covered by an approximately 10 cm deep layer of sand and gravel, mixed with small stones. In the middle section of the aquarium the bottom was covered by large flat stones, taken from a char spawning ground in Lake Borgasjön. The rear half of this »stone skerry» was bare, but the front half of it, facing the front pane of the aquarium, was covered by an approximately 2 cm deep layer of sand. The whole bottom sloped slightly downwards toward the front pane, which made it easier to observe the fish.

Of the 20 char from the River Blåsjöälven 3 ripe females with running roe and 4 of the most active males were introduced in this aquarium on September 30th 1952, at 9 a.m. The males were called A, B, C, D and the females I, II, III. Of these fishes A was 33.0, B 28.0, C 31.5, D 29.0, I 31.4, II 31.0, and III 30.5 cm long.

After only a few minutes the males showed frequent fighting, threat display, courting and displacement prey-shaking. They courted both females and other males. Female I was very aggressive and attacked all the other fishes. After 2 hours male B had established a territory covering both the middle and the right section of the aquarium. He drove all the other fishes from this area by violent attacks, vanquishing the aggressive female I as well. Male A moved about in the left section and attacked other fishes there. The males C and D had become inactive. The territory boundaries were not constant, for after some hours I observed that the territory of male B had decreased in size, so that he now only held the right section of the aquarium. The middle section, which B had »lost», was now occupied in turns by male A and female I, which were repeatedly seen engaged in fights with each other. During some occasional periods of inactivity on the part of the territory owners, other fishes invaded their territories without being attacked, and resting fishes were often tolerated within a territory.

Female I was twice seen performing a courting act, in which she glided and trembled but did not gape. She courted a male in one of these cases and a female on the other occasion. My observations, which were made in daylight, were interrupted at 4.30 p.m.

In the evening, at 7.58 p.m., I came to the aquarium building in darkness and switched on a 60 watt electric lamp over the aquarium. All the fishes

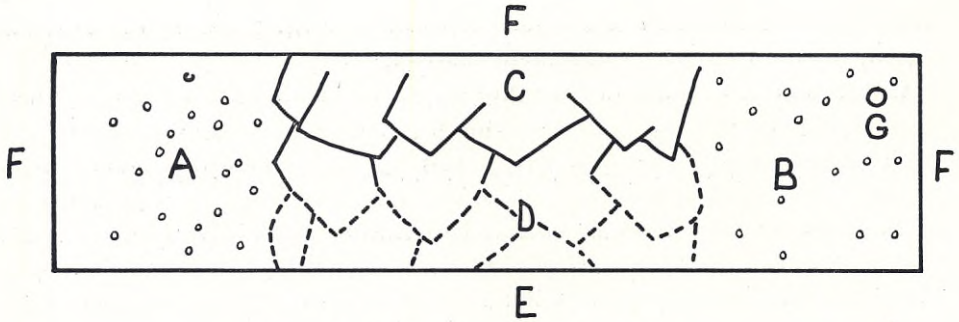


Fig. 8. Plan of the observation tank.

- A. Area covered by sand and gravel in the left section.
- B. » » » » » » » » right »
- C. Area covered by large stones in the back of the middle section. («The stone skerry»).
- D. Large stones covered by a thin layer of sand in the front part of the middle section.
- E. Front pane.
- F. Opaque walls, which were painted white.
- G. Overflow pipe.

were resting motionless on the bottom, but 2 minutes after I had switched on the light, the fishes became active and courting, attacks and other activities were seen. I observed that female I swam restlessly about over the bottom in a searching manner, and when she passed over the large stones in the rear of the middle section, she repeatedly tilted her head down between the stones, as if looking for something. She did not, however, take some earthworms which I dropped in the aquarium. This searching behaviour was continued for one hour, only interrupted by short periods of resting, and by some attacks which she made on the other fishes.

At 9.05 p.m. female I started digging in the sand and gravel of the right section. From 9.05 to 9.21 p.m. she swam in circles and performed a number of digging acts, all of them at the same place. When circling, she did not perform the complete digging act every time she passed through the nest pit. Sometimes she only moved across the bottom of the bed, sometimes she showed digging intentions by slightly leaning her body to one side when passing through the pit, sometimes she turned over on her side but only performed a few tail flaps, and finally, she occasionally performed a complete series of digging flaps. During a period of 10 minutes 6 incomplete and 2 complete digging acts were seen.

The digging female violently attacked all the other char which approached the nest pit. By means of these attacks she drove away male B from his territory, in which she had started digging. On two occasions the female swam up and immediately after a digging act hovered between the bottom and the surface, performing the trembling movement belonging to the courting act. Probably this behaviour could be explained as being caused

either by an excess of the sex drive, or by an after-discharge of the activated digging drive through displacement courting.

At 9.25 p.m. the female started digging in the gravel at a new place, about 10 cm from the first pit, and here she dug repeatedly to 9.28 p.m. Then, in the area between the two pits she picked up sand and small stones in her mouth a few times and spat it out again, and after that she dropped down in the first nest pit, adapting the resting posture. When resting she now and then performed the slow »weaving» body undulations, but these were so weak that they did not cause any visible movements of the sand and gravel particles in the pit. At 10.10 p.m., when I switched off the light and concluded my observations, female I was still resting in her first nest pit and no more digging had occurred.

On October 1st I returned to the aquarium at 6.30 a.m. In the right section the two nest pits had been enlarged and an additional third pit had been made, and in the left section a fourth pit had been dug, which was larger than the other ones. Female II rested in the last-mentioned pit, and female I in one of the pits in the right section. Eggs were found in all the pits, and their total number was about 100. The eggs, which were not covered by sand or gravel, were removed by a rubber tube and transferred to hatching troughs. They later proved to be fertilized, for a number of young char hatched from them. Thus actual spawning had occurred, probably very early in the morning.

During this day no nest-digging was seen. All the males frequently performed the courting act, and all the fishes, males as well as females, were courted. Male A and female I spent most of the time resting together in one of the redds in the right section. They attacked all the other fishes which approached, but some times they also attacked each other, and a fight between them was seen.

On October 2nd—4th the observations began every day at 9 a.m. and were finished at 4.45 p.m. A new nest pit was found in the left section on October 2nd, and on October 3rd female I started digging another pit in the sand, which in the middle section covered the stones facing the front pane. Female I was seen digging in the latter pit at 2.29 p.m. and at 4 p.m. on October 3rd and at 10.10 on October 4th, on which day she also dug in one of the pits in the right section at 10.10 a.m. and from 1.10 to 1.15 p.m. swam about in a searching manner before the digging, and in two cases she was seen taking sand in her mouth immediately after a digging act and spitting it out again. On the same day, 6 minutes after a digging act, she swam to male A, which was resting at the opposite end of the aquarium, and courted him. The male responded by attacking her. Frequent courting and attacking were performed by all the males every day, and female I attacked the other fishes frequently. Every morning new eggs were found, most of them in the nest pits, but a considerable number of eggs were also dispersed on the gravel

outside the pits, and in the spaces between the stones. All the eggs must have been laid by female I, for only this specimen's swollen abdomen had diminished in size. Probably all the nest-digging too had been done by this female.

On October 5th the observations began at 5.15 a.m. In the right section a very large new pit had been dug, covering the whole section and erasing all the old pits there. A large number of eggs were found in this pit and at many other places in the aquarium. The belly of female I looked hollow. She was removed, and was found to be totally spent.

On October 6th the observations began at 9 a.m. In the left section two new pits had been dug, one of which was very large and deep, and a number of eggs were found just outside the pits. From 9 a.m. to 2.08 p.m. female II dug with very great intensity, mainly in the larger pit, but sometimes in the smaller one as well. There were only short interruptions for resting, and during long periods the female performed about one series of digging movements every minute. Female II was very frequently courted by male A, but usually she did not show any visible response, except for one occasion when she started digging immediately after she had been courted, and another time when, after having been repeatedly courted, she approached the male in the nest pit and courted him. After the last-mentioned occasion at 2.30 p.m. she attacked male A when he made an approach. Immediately after this the female left the pit for a moment and swam »searching» about in the aquarium. Then, having discovered male A, which rested at the end of aquarium opposite to the pit where she dug, she courted the male and afterwards, followed by him, returned to the nest pit, where he in turn courted her. At 3.08 p.m. female II still dug, but at 3.10 p.m. she swam away from the pit, and then she rested at the opposite end of the aquarium. During this period digging intention was seen in female III. She swam about searching and then turned herself on her flank, but did not perform any digging flaps. Instead of digging she swam forwards and performed the snapping act.

At 4.45 p.m. female II returned to the large pit in the left section and started digging with very great intensity. She swam incessantly in circles, digging every time she passed through the pit. Male A hastened to the pit and started courting the female with a higher frequency than I had ever seen before. As soon as the male arrived, the female ceased to dig, but continued her restless circling. She swam in a small circle, passing through the pit once each round and whilst in the pit she moved gently every time along the gravel on the bottom. The male swam round in a larger circle, and nearly every time the female dropped to the bottom of the redd, the male darted alongside her from behind and performed the highest intensity type of the courting act, but without ejecting sperm. When the circling male was outside the pit, he attacked and chased the other fishes very vigorously, so that they were all driven together at the opposite end of the aquarium.

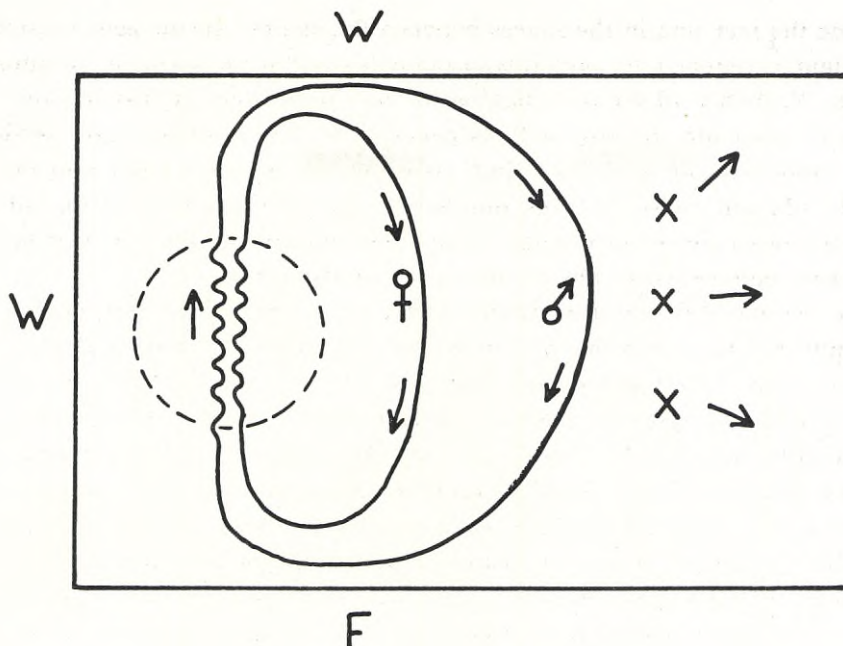


Fig. 9. Sketch showing the movements of a pair of spawning char.

- swimming tracks of the fishes.
- ~~~~ spawning acts and high intensity courting.
- periphery of the nest pit.
- × attacks on trespassers, made by the male.

At 4.55 p.m. a spawning act took place in the pit, and between 4.56 p.m. and 5.10 p.m. I observed two more spawning acts in the same pit. Before, between and after the spawning acts the male performed a large number of high intensity courting acts, while both fishes continued their circling round the pit. There were some differences between these acts and the spawning acts of the atlantic salmon, which have been described by BELDING (1934), JONES and KING (1949, 1950), and HULT (1950). In the salmon the female drops down and remains lying at the bottom of the redd, immediately before the spawning act, adopting a posture with the tail flexed upwards, which probably serves as a releasing signal. The female char also dropped down in the redd, but she swam forwards during the spawning act, and I could not see any movement which could have served as a signal other than the swimming across the bottom of the redd, which the circling female performed on every round. I had the impression that the spawning act was only released when the male succeeded in coming alongside the female and exactly parallel to her just at the moment when she passed through the centre of the pit, and that the result was only courting if he did not get in this position. This was evidently difficult to attain, because the female



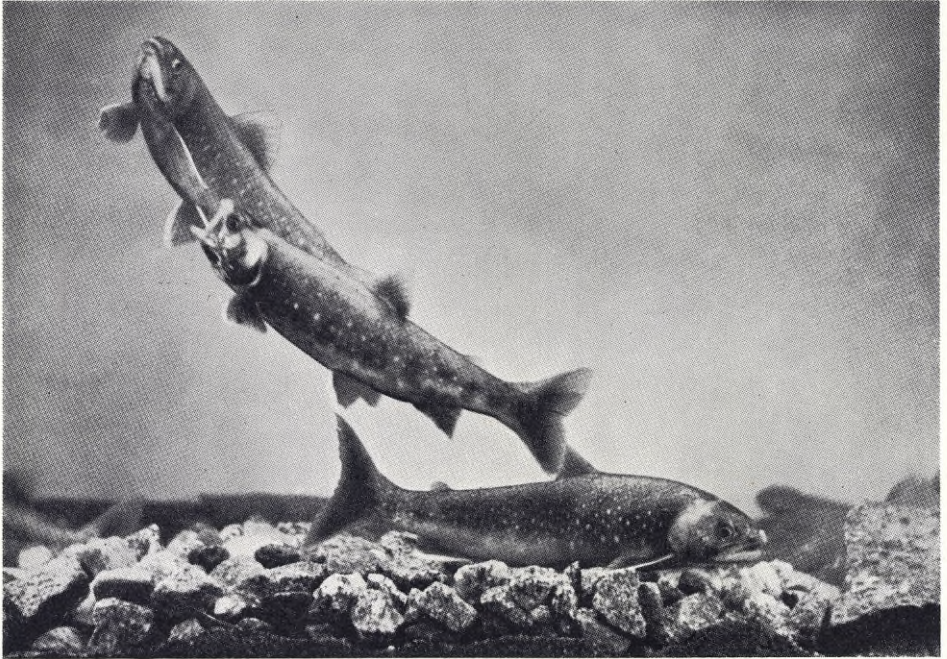


Fig. 10. A territory guarding male char attacking a trespasser, while the female is resting on the bottom. — Photo: K.-J. GUSTAFSON.

moved so constantly. Moreover, the female salmon after a spawning act always immediately performs digging movements, serving to cover the eggs with gravel and sand, but the female char I observed performed three successive mating acts, which were not following by any digging movements. The pair of Dolly Varden char observed by NEEDHAM and VAUGHAN (1952) also performed three successive spawning acts before any digging was seen. The male atlantic salmon, as described by JONES and KING (*op.cit.*), ejected their milt some seconds after the females had released their eggs, but in the char the ejection of the sex products was almost simultaneous in male and female.

As it was at sunset and rather dark in the aquarium building, I switched on a 60 watt light about 8 m from the aquarium, but this resulted in both fishes swimming away from the pit and ceasing to spawn. When the light was switched off again they returned to the redd, but it was already so dark that their movements could not be observed.

On October 7th I returned at 9 a.m. No more digging had taken place, but a large number of eggs were found in and around the pit, where the spawning had taken place, and female II was resting in this pit. She was removed and found to be totally spent.

After that no more spawning or nest-digging took place in this aquarium during the autumn, but on October 7th male A ejected some sperm when he courted female III, and on October 8th he did so again when courting male C. In both these cases courting was of the highest intensity, with trembling and gaping, but the courted fish did not show any visible response. The later behaviour of the remaining female III will be discussed in the next chapter.

From October 1st—7th all the eggs, which were discovered in the aquarium, were removed every morning and transferred to hatching troughs, and young char later hatched from a large number of them. The fertilization percentage could not be estimated, however, because the tap water used in the hatching troughs at Drottningholm causes a very high mortality in eggs of salmonoid fishes. On October 15th the fishes were removed and the bottom of the aquarium was examined. There I found 81 eggs completely covered by sand in the left section and 59 in the right. Some of them were covered by an approximately 8 cm thick layer of sand. Most of the covered eggs were found in the areas forming the periphery of the largest nest pits, which were saucershaped and with a diameter of approximately 40 cm and a depth of approximately 10 cm. Some of the eggs formed dense groups or »pockets», but very many were more or less evenly dispersed in the sand. The covered eggs were dead, probably owing to a lack of oxygen at the bottom of the aquarium.

## 12. Spontaneous Release of Eggs by Females

Two of the female char, which in October 1951 arrived from Lake Rengen, survived and lived in the aquarium the whole winter. One of these females released her eggs between November 30th and December 3rd, and the other one between January 5th and 10th. During these periods the females were repeatedly seen performing incomplete digging movements on a small gravel area between some large stones, but no nest pits were dug. New eggs were found every morning during these days, but they were unfertilized. On several occasions I saw an egg dropping out from one of the females, when she rested on the bottom or swam slowly forwards. The females were courted by the males, but they did not release any eggs on these occasions.

In 1952 female III, mentioned in the preceding chapter, was after October 7th the only female present in the aquarium which she shared with 4 males. Although no nest pits were dug and no spawning was observed, large numbers of new eggs were found in the morning on October 8th and 9th, and later on it was found that all these eggs were unfertilized. On October 8th I twice observed that the female released an egg when she rested on the bottom, and on October 9th I saw her releasing an egg when swimming slowly. Like the females observed in 1951 she did not show any courting movements on these occasions. The eggs just dropped out.

Of the 20 char which arrived on September 30th from Lake Jormsjön, only 7 were used in the experiment. It was my intention to use the remaining char, 6 males and 7 females, in another experiment in a larger aquarium, but this tank was not ready when the fishes arrived. In order to prevent the char from spawning before the observation tank had been prepared, the sexes were isolated from each other. The females were released in a fish pond with a gravel bottom, and the males were kept in small aquaria. On October 16th the females were taken from the pond. Several hundred eggs were then found on the bottom of the pond, and some nest pits were seen there, and some covered eggs were also found in the pits. Thus the females had both dug nests and ejected eggs in the absence of males. Three of the females from the pond were totally spent.

The »spontaneous» release of eggs by the females was probably abnormal behaviour caused by unnatural conditions. This phenomenon has often been observed in female char kept in Swedish fish hatcheries, and SVÄRDSON (1950) has described a case where it probably was caused by a sudden drop in the water temperature.

### 13. Water Temperature and Light

Owing to the primitive method of cooling the water by immersing lumps of ice in it, the fluctuations in the water temperature were too great and too irregular to allow for any study of the influence of the temperature on the frequency of the spawning activities. On October 6th 1952, when the spawning acts took place the water temperature was  $+6.5^{\circ}$  C, and during the period from September 30th to October 7th 1952, when spawning and digging occurred, it varied between  $+9.8^{\circ}$  and  $+5.0^{\circ}$  C. I have seen courting and fighting at all degrees of temperature between  $+12.2^{\circ}$  and  $+3.2^{\circ}$  C.

Several times I visited the aquarium building at midnight, and I always found that the char were resting in the darkness motionless on the bottom, and that they became active after a few minutes if the electric light was switched on. In daylight a lot of courting and aggressive behaviour was seen at all times of the day. A number of digging acts were also seen in daylight, but the only three spawning acts observed took place at sunset, and most of the spawning and digging must have been performed early in the morning and late in the evening.

Five 500 watt »Photolita»-lamps were used for photographing in October 1952 over an aquarium with 3 male and 2 female char from Lake Rengen. Despite the intense light from these lamps totalling 2500 watts, frequent courting and attacking occurred, and a cinematograph film on courtship and aggressive behaviour could be made.

#### 14. The Length of the Season During Which Reproductive Activity Occurs

Aggressive behaviour occurs at all seasons of the year, and during the nonreproductive seasons it is most often associated with feeding. It is not always possible to discriminate between this food fighting and the reproductive fighting. However, aggressive behaviour and fighting is far more frequent in the reproductive season than in other seasons, and because the spawning char do not feed, all this fighting must be regarded as reproductive fighting.

Whereas fighting is a form of behaviour which also occurs over food and in some cases also in the territorial behaviour which the char, like many other salmonoid fishes, occasionally shows even in the nonreproductive seasons (c.f. BROWN 1946 a, b and HOAR 1951 for nonreproductive territorial behaviour in salmonoid fishes), courting is a purely sexual activity.

The char used in the 1951 experiment were caught in Lake Rengen on October 25th, and the spawning of char in this lake had begun in the middle of that month. Therefore, the fishes had probably been sexually active for some weeks before they arrived at Drottningholm. In the aquarium frequent courting was seen in the males every day from October 27th 1951 to January 9th 1952. Then courting became less frequent and did not occur every day. The last courting act was seen on January 26th 1952. The first feeding was seen on December 12th. From January 26th feeding became frequent, and at the same time the flanks of the fishes began to get the silvery colour they have in their nonreproductive attire.

The fishes used in the 1952 experiment were sent to Drottningholm on September 29th from the River Blåsjöälven, where the spawning of char had begun in the middle of September. In the aquarium frequent courting was seen every day in the males from the date of their arrival to October 27th. After that date the courting no longer occurred every day, but still it could be frequent on some days, for example on October 29th. The last courting acts performed by males were seen on December 16th 1952 and on February 17th 1953. In the last-mentioned case the courting can, however, have been a displacement activity, for it was performed immediately after the male, when attempting to swallow an object which it saw moving outside the aquarium, had collided with the front pane. In the females courting was seen only from September 30th to October 6th. The first search for food was seen on October 15th and the first actual feeding on the 20th. From October 30th feeding was frequent, and from January 29th 1953 the fishes were feeding voraciously. On January 31st the first signs of a change to a silvery colouring on the flanks were discovered, and in the middle of February the change to the nonreproductive colours was completed.

On June 8th 1953 one of the males from the River Blåsjöälven twice courted a female by gliding alongside her, and a slight trembling movement could also be seen during the second of these courting acts. Unfortunately all the fishes were killed a few weeks later by a disease putting an end to the studies. By examining these fishes and some other char which during the winter and spring had died in the aquarium, it was found that their gonads, which after the spawning were quite small, began to increase in size in February. In the first days of July the ovaries in the females already occupied the whole length of the body cavity and reached to the genital pore, and the males had large testes. On this account the courting acts observed on June 8th very likely were the first sexual activities of a new reproductive season. As mentioned, the char in the River Blåsjöälven spawn in September, and the migration into the river mouth begins as early as the last week in August.

The aquarium observations seem to indicate, that the season during which courting occurs in the char is fairly long in the male as compared to the female.

## 15. Discussion

In the threat display the char, as previously mentioned, erects the dorsale, the pelvics and the anale, and in addition it turns the pectoral fins forwards. Several recent studies have shown that threat display in fishes and birds is a result of a conflict between a tendency to attack and a tendency to flee (TINBERGEN 1940, 1952 c, HINDE 1952, 1953 a). Most probably the erection of the fins in the display of the char has been derived from braking movements, originally released by the increased strength of the escape drive in the attacking or courting fish when it approaches its opponent or partner. The display of erected fins is shown in the char in attacking as well as in courting. Approaches made by attacking or courting char are often interrupted, which shows that the escape drive actually is activated.

In the spawning attire of the char the pectorals, the pelvics and the anale in both sexes are brilliant red and have bright white anterior margins. Many males have a white anterior margin also on the dark greyish dorsale, and such margins often also occur on the reddish caudal fin. These white margins are all displayed in a very conspicuous manner when the fish erects its fins in the threat posture, and they are all very visible in the front view of an attacking char. Probably these white markings serve as signals releasing escape or submissive behaviour in the fish attacked, and the black and white-coloured opened gape, framed by the light coloured jaws, probably has a similar function. Under poor light conditions the white fin margins are the first things one is able to discover in a char. As much of the repro-

ductive behaviour of the char probably occurs in the morning twilight and at sunset or shortly after, and as the char in the lakes in some cases spawn at a considerable depth (c.f. MÄÄR 1949) where the light conditions must be poor, it seems probable that the white colouring on the displayed anterior margins of the fins is an adaption to poor light conditions. As pointed out by TINBERGEN (1947) this is the case, for example, with the white spots on the wings which the nightjar shows during its display flight.

When courting, the char normally approaches its partner from behind, so the courted fish does not see it approaching and the white fin margins are not visible to the courted fish, despite the fact that the fins are erected. Perhaps in the courtship of the char the approach from behind could be interpreted in the same way as TINBERGEN and MOYNIHAN (1952) recently have interpreted the »head flagging» of the blackheaded gull, *viz.* as a hiding of the structures used in the threat display.

The homosexual behaviour shown by the char, in which males frequently court other males, and females also may court each other, is of a different type to the homosexuality in the tenpined stickleback, recently described by MORRIS (1952). In the case of the sticklebacks, some males in a crowded tank will become dominant and behave to the dominated males as if they were females, and moreover, the dominated males exhibit the complete female behaviour pattern. In the char the homosexual behaviour probably is just due to the fact that the sight of a char in a normal resting posture represents one of the sign stimuli, to which the releasing mechanism of the courting act responds. There must be other such sign stimuli too, for the complete mating behaviour is normally only released when the fishes move in a certain manner in a nest pit. The courting act is a low intensity mating, and it is released when one or more, but not all, of the sign stimuli belonging to the releasing mechanism of the mating act are present. A homosexual behaviour similar to that of the char is very common in some tropical fishes. Every aquarist has seen *Lebistes*-males making »gonopodium attacks» on other males, and SCHLOSBERG, DUNCAN, and DAITCH (1949) have described this behaviour in *Xiphophorus hellerii* and *Platypoecilus maculatus*.

Often the courting act in the char does not release any visible response, but it may serve as an outlet for the sex drive or, as recently pointed out by TINBERGEN (1952 c), the response can be »a gradual change . . . in the intensity of a drive, which does not at once express itself in overt action, but which increases or decreases the readiness to react» (TINBERGEN *op.cit.*, p. 29). The fact that the males court resting fishes also results in the circumstance that a male by courting them »tests» all fishes on the bottom until he finds a female which is at the stage, when she tolerates a male in her pit and releases a more intense courting and finally the mating act in him. The long period of sexual activity in the males guarantees that a

sexually active male always is at hand during the very short period, when a female is ready to spawn in her just completed nest pit.

In the spawning attire of the char the whole underneath part of the body is more or less brilliant red, in the females as well as in the males, and particularly in some males this red colouring also covers the flanks. The back is dark grey or brown, and the flanks usually are this colour as well, but they are sprinkled with numerous red or yellowish red spots. There are some indications that the red colour in the spawning markings of the char acts as one of the releasing stimuli for attacking. In fighting char, most attacks are directed against the red flanks and fins of the opponent, and I have seen aggressive char attacking a piece of red rubber tube, which formed a joint on an aeration pipe in the aquarium.

Because the red colouring is concentrated to the underneath part of the body, it is much more conspicuous when a char is swimming than when it is resting on the bottom so that the red colour is actually more or less hidden. If the sight of the dark back of a fish releases courting, whereas the sight of the red belly releases attack, this signifies that resting char would as a rule be courted and swimming char would be attacked, and observations have shown that this actually is the case. In the early stages of nest-digging the fighting drive is active in the females, and if the reaction to the red-coloured bellies makes her prefer to attack swimming fishes, all approaching char of both sexes are driven away from the nest pit. This results in a spreading out of the nest pits of the different females. When the redd is completed, the female tolerates a male in the pit during the actual spawning. The sight of the female, which releases his courting and mating activity, then keeps the male at the pit, whereas the sight of red bellies makes him attack and drive away all approaching char which results in the male »defending the pit». Thus, in the char comparatively simple mechanisms are probably responsible for the defense of a nest pit and a »territory» round it.

As already mentioned, the territories were not constantly defended. Because of the fluctuations of the fighting drive, described in chapter 6, territories could be invaded by trespassers on occasions when the readiness to attack was low in the territory owner. It is possible, in some cases at least, that this was a result of the crowding in the small tank, where situations releasing attacks sometimes can have been so frequent that the attacking drive was totally discharged.

As has recently been pointed out by TINBERGEN (1952 a), the effect of spacing out may be an important function of territorial behaviour in birds, because the damage done by predators is greatest where many nests are close together. In a nest-digging fish like the char, the spreading out of the nests also prevents a too frequent digging up again of nests, in which fertilized eggs already have been covered.

As to the covering of the eggs, I could not observe exactly how this was performed. Owing to the small space in the aquarium, many nests were dug close to each other, and some old nests were dug up. In many cases I saw that eggs were carried about by the water movements caused by digging females, and some of these eggs rolled down in small depressions in the bottom or in other nest pits and were partly covered by sand flung up by the digging fishes. When many eggs rolled together in a depression, a dense group of eggs was formed, and probably the »egg pockets» which I later found in the bottom material had been formed when such groups of eggs had been covered with sand. Sand and gravel was also sprinkled over the large stones in the middle section when females dug nests close to this place, and this material partly filled the space between the stones as well, covering many eggs which had dropped down there.

While the female char kept in the aquarium dug nest pits, it is a fact previously mentioned, that spawning char in many lakes are caught on bottoms covered by large stones, which could hardly be moved by the char. On such rocky bottoms in the lakes Vättern and Ransaren I have found nest pits of char in patches of gravel and smaller pebbles between the large stones where digging was possible. The water movements caused by the winds tend to sort out the bottom material along lake shores, so that one finds the largest particles at the least depths, and smaller particles at a greater depth. Thus it seems probable that in many cases nest-digging is possible along the border line between a stone riff and the areas covered by sediment at a greater depth on the lake bottom.

## 16. Summary

The spawning behaviour of some char from the province of Jämtland was studied in an aquarium at Drottningholm. Frequent fighting was seen in males as well as in females. When attacking the char shows a threat posture in which the white anterior margins of the maximally erected fins are displayed, and the mouth is opened, showing the black and white colour pattern in the mouth cavity.

Two females dug several nest pits. When digging, the female turns over on her flank and performs a series of violent flaps with her tail. By this activity saucershaped pits were made in the sand. All digging was made on sand and gravel, and no digging acts were performed on a group of large stones, which had been built up in one section of the aquarium. No male dug.

In early stages of nest-digging the females were aggressive, chasing away all the fishes which attempted to approach the pit, males as well as females. When the digging was completed, a male was tolerated in the nest pit. Three spawning acts were seen. During spawning the female swam in circles,



dropping down in the pit on every round and passing across the bottom of it. The male, swimming in a larger circle, glided alongside the female almost every time she passed through the pit, and on three of these occasions both fishes, performing the actual spawning act, moved forward side by side trembling and gaping, the female releasing some eggs and the male ejecting a cloud of sperm. No digging was seen immediately after the spawning, but when the bottom later on was examined, 140 eggs were found covered by sand. A large number of uncovered eggs were also found, and most of these were fertilized. Some females without showing any spawning activity spontaneously released eggs, which were unfertilized.

The males very frequently performed the courting act, and they courted both females and other males. Females could also court both males and other females. In courting a fish approaches another fish, usually from behind, and glides forward alongside it, touching its flank and often performing trembling body movements, and sometimes the courting fish also opens its mouth. Courting must be regarded as a low intensity form of the spawning act. In the highest intensity degree of the courting act all the elements of the mating act are present, except the ejection of sex products. The courting act is performed by females as well as by males, but it is more frequent in males. In the males courting was seen for several months, whereas in the females courting, as well as nest-digging and spawning, only occurred for a week.

Resting char were courted much more often than swimming ones, and a male char was also seen courting a whitefish which was resting on the bottom of the aquarium. Char were attacked more often when swimming than when they rested. In the spawning attire both sexes of the char have a red belly, and there are some indications that the aggressive behaviour is stimulated by the sight of this red colouring, which is conspicuous in a swimming fish but is more or less hidden when the fish is resting on the bottom. When resting the fish displays its dark back, the sight of which seems to release courting.

Some movements belonging to the feeding behaviour occurred as displacement activities during the reproductive season.

*Acknowledgements.* The author would like to express his gratitude to the fishery assistants R. Schmuul and B. Lundgren for their successful management of the transport of live char from Jämtland to Drottningholm, as well as to my colleague fil. mag. K.-J. Gustafson for his most valuable assistance in photographing and filming.

## References

- BAERENDS, G. P. and J. M. BAERENDS VAN ROON 1950. An introduction to the study of the ethology of Cichlid Fishes. *Behaviour, Suppl. I*: 1—242.
- BELDING, D. L. 1934. The spawning habits of the Atlantic Salmon. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 64: 211—218.
- BROWN, MARGARET E. 1946 a. The growth of Brown Trout (*Salmo trutta* LINN.) I. Factors influencing the growth of trout fry. *Journ. Exp. Biol.* 22: 118—129.
- 1946 b. The growth of Brown Trout (*Salmo trutta* LINN.) II. The growth of two-year-old trout at a constant temperature of 11.5° C. *Journ. Exp. Biol.* 22: 130—144.
- CRAIG, W. 1918. Appetites and aversions as constituents of instincts. *Bull. Biol.* 34: 91—107.
- DAANJE, A., 1950. On locomotory movements in birds and the intention movements derived from them. *Behaviour* 3: 48—98.
- FABRICIUS, E. 1951. Zur Ethologie junger Anatiden. *Acta Zool. Fenn.* 68: 1—178.
- GREELEY, J. R. 1932. The spawning habits of Brook- Brown- and Rainbow Trout, and the problem of egg predators. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 62: 239—248.
- HAZZARD, A. S. 1932. Some phases of the life history of the Eastern Brook Trout, *Salvelinus fontinalis* MITCHELL. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 62: 344—350.
- HEINROTH, O. 1911. Beiträge zur Biologie, namentlich Ethologie und Psychologie der Anatiden. *Verh. V. Internat. Ornith. Kongr., Berlin 1910*, p. 589—702.
- HINDE, R. A. 1952. The behaviour of the Great Tit (*Parus major*) and some related species. *Behaviour, Suppl. II*: 1—201.
- 1953 a. The conflict between drives in the courtship and copulation of the Chaffinch. *Behaviour* 5: 1—31.
- 1953 b. Appetitive behaviour, consummatory act, and the hierarchial organisation of behaviour — with special reference to the Great Tit (*Parus major*) *Behaviour* 5: 187—224.
- HOAR, W. S. 1951. The behaviour of Chum, Pink and Coho Salmon in relation to their seaward migration. *Journ. Fish. Res. Bd. Canada* 8: 241—263.
- HULT, J. 1950. Försök med laxlek i Bråån. *Skrifter utg. av Svenska Lax- o. Laxöringfören. Malmö* 6: 1—18.
- HYLBOM, R., 1949. Något om laxens fortplantningsbiologi och yngelfiender. *Svensk Faunistisk Revy* 11: 54—57.
- IERSEL, J. J. A. VAN, 1953. An analysis of the parental behaviour of the male Three-Spined Stickleback. *Behaviour Suppl. III*: 1—159.
- JONES, J. W. and KING, G. M. 1949. Experimental observations on the spawning behaviour of the Atlantic Salmon (*Salmo salar* LINN.). *Proc. Zool. Soc. London* 119: 33—48.
- 1950. Further experimental observations on the spawning behaviour of the Atlantic Salmon (*Salmo salar* LINN.) *Proc. Zool. Soc. London* 120: 217—323.
- 1952. The spawning of the male Salmon parr (*Salmo salar* LINN. juv.). *Proc. Zool. Soc. London* 122: 615—619.
- LORENZ, K. 1935. Der Kumpan in der Umwelt des Vogels. *Journ. Ornith.* 83: 137—213, 289—413.
- 1937. Ueber die Bildung des Instinktbegriffes. *Naturwiss.* 25: 209—300, 307—318, 324—331.
- 1939. Vergleichende Verhaltensforschung. *Verh. Deutsch. Zool. Ges.* 41: 69—102.
- MORRIS, D. 1952. Homosexuality in the Ten-Spined Stickleback (*Pygosteus pungitius* L.). *Behaviour* 4: 233—261.
- MÄÄR, A. 1949. Fertility of Char (*Salmo alpinus* L.) in the Faxälven water system, Sweden. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 29: 57—70.
- NEEDHAM, P. R. and TAFT, A. C. 1934. Observations on the spawning of Steelhead Trout. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 64: 332—338.

- NEEDHAM, P. R. and VAUGHAN, T. M. 1952. Spawning of the Dolly Varden (*Salvelinus malma*) in Twin Creek, Idaho. *Copeia* 1952: 197—199.
- RUNNSTRÖM, S. 1951. The population of Char, *Salmo alpinus*, LINNÉ, in a regulated lake. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 32: 66—78.
- SCHLOSBERG, H., MARIE C. DUNCAN and BETTY H. DAITCH. 1949. Mating behaviour of two live-bearing fish, *Xiphophorus hellerii* and *Platypoecilus maculatus*. *Physiol. Zool.* 22: 148—161.
- SEITZ, A. 1940. Die Paarbildung bei einigen Cichliden. I. Die Paarbildung bei *Astatotilapia strigigena* PFEFFER. *Zeitschr. Tierpsychol.* 4: 40—84.
- SVÄRDSON, G. 1950. Vad bestämmer fiskars lektid och val av lekplats? *Svensk Fiskeritidskr.* 59: 8—12.
- TINBERGEN, N. 1939. On the analysis of social organization among vertebrates, with special reference to birds. *Amer. Midl. Natural.* 21: 210—233.
- 1940. Die Uebersprungbewegung. *Zeitschr. Tierpsychol.* 4: 1—40.
- 1947. Inleiding tot de diersociologie. Gorinchem.
- 1948. Social releasers and the experimental method required for their study. *Wilson Bull.* 60: 6—51.
- 1951. *The Study of Instinct*. Oxford.
- 1952 a. On the significance of territory in the Herring Gull. *Ibis* 94: 158—159.
- 1952 b. A note on the origin and evolution of threat display. *Ibis* 94: 160—163.
- 1952 c. »Derived activities», their causation, biological significance, origin and emancipation during evolution. *Quart. Rev. Biol.* 27: 1—32.
- and MOYNIHAN, M. 1952. Head flagging in the Blackheaded Gull: its function and origin. *Brit. Birds* 38: 94—95.
- and VAN IERSEL, J. 1947. »Displacement reactions» in the Three-Spined Stickleback. *Behaviour* 1: 56—63.

# Internal Tagging of Salmon Smolt<sup>1</sup>

By ARNE LINDROTH

## I. Introduction

The Swedish salmon rivers are nowadays taken into use for the production of electric power to such an extent that the total river area available for salmon spawning and smolt production has been seriously reduced. A situation will soon arise when the production of smolts must be performed to a great extent outside the rivers and by artificial means.

Smolt production has to maintain a certain stock of salmon. The only possibility at present of estimating the size of the stock in a certain river is to give a figure for the catch in that river or in the river and the nearest coastal area.

The chief problem, when estimating the necessary smolt production, is thus to investigate the relation between the number of smolts and subsequent recaptures in the river. This relation — which can be expected to vary as to time and river — must also be known when estimating the economic justification for the liberating of artificially reared smolts. The problem is thus of great practical and economic interest. As a complete control of smolt migration in the rivers is not practically feasible, the best method of investigation is tagging.

Tagging of smolts of different species was undertaken at an early date in Great Britain and later on in the USA, Norway and Iceland. The results of the taggings of the Atlantic salmon outside the Baltic, are, however, not applicable for its Baltic stock; the biological conditions as well as the salmon fishing in the Baltic being different from the conditions in the Atlantic. Smolt tagging has, however, been carried out for Baltic salmon in Sweden by ALM (1931) and during the last few years by the Migratory Fish Committee. External tags have been used in all cases in Sweden.

The disadvantage of marking a fish of 10—15 centimetres with an external tag when the fish in a few years grows to a length of one metre, is obvious. Tags fitted to the fish at the time of tagging may be lost; tags of a size suited to large salmon, may somehow affect the smolt so that the

---

<sup>1</sup> Report from Bergforsen's Hydro Electric Company.



Fig. 1. Tagging apparatus. From above: tag case, tag case turned round, tagging apparatus with tag barrel (the knife is seen to the right of the ring-shaped lever), tags and forceps.

mortality, already great for untagged smolt, is heavier and no longer representative for the population. Though the results of the latest large scale Swedish taggings can not be expected for some years, we can be sure that external tagging, for biological reasons, gives but minimum figures for the recapture of adult salmon (irrespective of imperfections in the reporting).

A tag of metal, put into the body cavity with a knife and forceps or with a special tagging apparatus, has been used for the tagging of halibut, mackerel, herring and sardines in America. Similar tags of celluloid have been used *i.a.* for smolt of coho, a Pacific salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In this case smolts could be tagged that were only 4 times longer than the tag and it is said to be »the only tag so far successfully used to mark very small fish with much hope of recovery of the tags in the adult, after a tremendous increase in size with the possible exception of the internal anchor» (ROUNSEFELL and KASK 1945). The method is used on herring in Europe too, and the tag has been operated into the body with a knife and forceps (FRIDRIKSSON and AASEN 1950) or a tagging gun (FRIDRIKSSON 1952, see also HART and TESTER 1938).

The recapture of the tagged fish cannot be based on reports from fishermen or other persons, who get a single fish under observation. It has been necessary to resort to such species of fish, as are caught in great numbers at a few places, so that an active search for the tags can yield results. In herring the tags have been collected in the processing of herring-meal by means of electromagnets and in other cases electronic tag detectors have been used at the landing of the catch from the fishingboats. (DAHLGREN 1936, ROUNSEFELL and KASK 1945, FRY and ROEDEL 1949.)

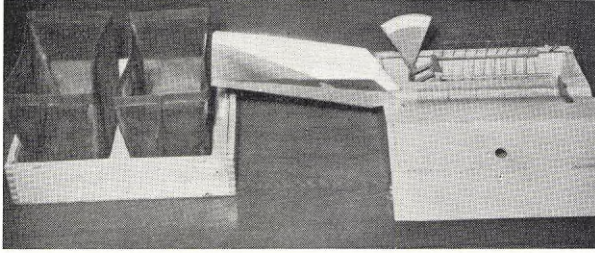


Fig. 2. From left to right: equipment for anaesthesia (two nylon net baskets in the plated-lined cover of the wooden case), a board leading to the wooden case with measuring scale and balance.

There is no doubt that the body cavity tag is perfect for salmon tagging, technically and biologically. The tagged specimen is in all probability representative for the untagged stock. The difficulty lies in the recapture and it is necessary to do without assistance from the fishermen working in the Baltic sea, through whom the migrations of the feeding salmon could be controlled. The catch of salmon in certain rivers of the Baltic is, however, concentrated to a few fishing stations. At the planned hydroelectric plant in the mouth of the River Indalsälven from the fishing season of 1954 the whole river catch of salmon will take place in one central trap in connection with the power plant. The conditions for the use of the internal tag are thus favourable and a method has been worked out that is described below.

## II. Methods

### *The Tag*

The tag has to meet the following demands: 1. it has to be as small as possible in order to be used for small parr. 2. it has to allow individual numbering (no other text is necessary as the assistance of the general public is dispensed with. 3. it has to be easy to find at the recapture.

A tag of the highest quality stainless steel,  $12 \times 3 \times 1$  mm (Fig. 1), was chosen. On the tag it is possible to punch numbers of six figures.

The grades, that ensue on punching the tags, do not seem to hurt the fish (cf. p. 55).

The tags are kept by the hundred in numerical order in aluminium cases (Fig. 1).

### *Tagging apparatus*

As tagging has to be done on a large scale, it is necessary to find a method for the insertion of the tag that is to the greatest possible extent automatic. After a trial tagging with scissors and forceps a special apparatus was

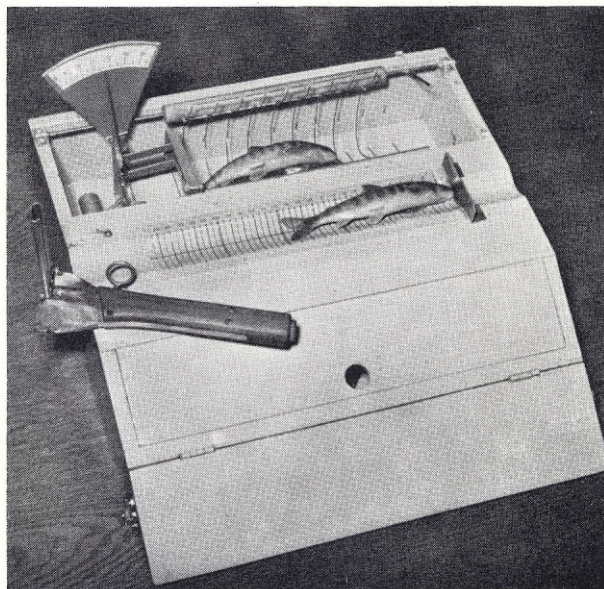


Fig. 3. Close up of the wooden case. Observe comb-shaped weighing scale, the teeth alternating with the teeth of the ejector.

constructed in the main points resembling other existing types, with which I later became acquainted.

The apparatus (Fig. 1) consists of a tag feeder, an edged tool for incision and an arrangement for pushing in the tags. The feeding of tags is effected through the force of gravitation in a vertical stack of 50—100 tags placed in numerical order in a detachable barrel. The edged tool consists of an exchangeable, double-ground knife-edge against whose lower surface a thin steelspring of the same size presses its tip. The insertion is carried out by means of a tag leader operated by a lever.

First the tag leader is pulled back, causing the nearest tag to fall down. Then it is pulled forward, so the tag is pressed past a slot where the number is controlled and then out between the knife edge and knife spring, which have already been inserted in the ventral side of the fish and are now opened by the tag and the blunt tag leader. The latter goes just past the knife edge. It is possible to supply the apparatus with an arrangement for scale sampling.

### *Implements*

Equipment for anaesthesia, tagging table with measuring scale and balance (Fig. 2—3).

A small transportable wooden case is used for the tagging. In its plate-lined cover the fish is anaesthetized in nylon nets. A board is fixed on to the case leading to the slightly hollowed groove with a millimetre scale. Behind is a partition with a simple balance. The weighing scale is built like a comb



Fig. 4. The tagging team at work. From right: anaesthetizing, tagging, recording.

with few teeth and a corresponding arrangement lifts the fish from the weighing scale and tips it over the edge of the case, when a lever is pressed. The case moreover contains a compartment for tags, tagging apparatus, anaesthetics etc.

#### *Tagging procedure*

Anaesthetizing is done with ethylurethane by an assistant, who always has some anaesthetized fish ready on the board. From this the fish are taken one after another, measured and estimated for colour. Not until now is the

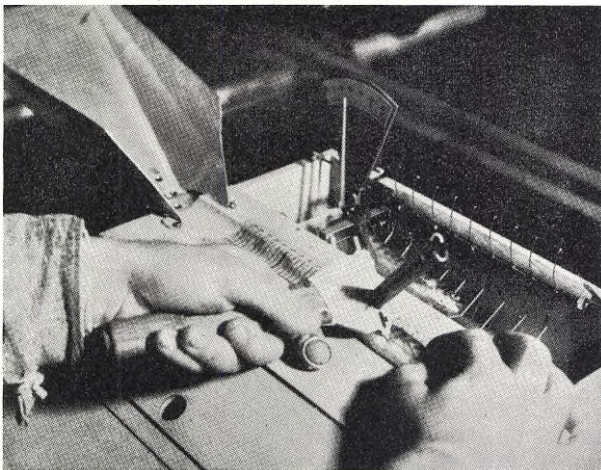


Fig. 5. Tagging.



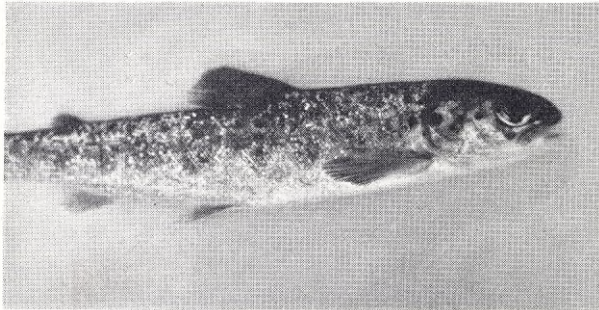


Fig. 6. Tagged smolt. Faintly visible scar close behind the tip of the pectoral fin.

weight read for the preceding fish, which is tipped over the edge down to a fish box. The fish on the measuring-board is tagged through an incision on one side close behind the tip of the pectoral fin and beneath the point where the myomeres form an angle open towards the head. The tag is pressed forward under the body wall. Now scales may be sampled and the fish is pushed over on the weighing scale. The next fish is then handled and so on (Fig. 4 and 5).

Only a short pause is necessary for refilling tags. One of the screws on a tag case is taken away (at the same end as the lower surface of the tags), the case is put into the tag barrel and the whole pile of tags sinks down in position supported by a pair of forceps.

Salmon parr down to a size of 7—8 cm have been tagged.

#### *Tagging speed*

It has been found in practice that three persons may for considerable periods measure, weigh and mark 250 fish per hour with the arrangements here described.

If no individual weighing is performed up to 600 smolts could be handled per hour.

### **III. Controlling experiments**

It seemed probable from observations on dissected smolt that the tag would least incommode the fish if it was placed between the right body wall and the pyloric appendages. Taking this into consideration 40 salmon smolts were tagged with scissors and forceps on October 4th 1951. 20 tags were well ground down, the other 20 were not free from grades. Together with 20 untagged smolts they were kept over the winter. No difference in

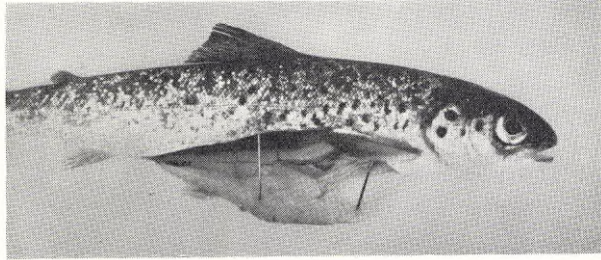


Fig. 7. Tagged smolt opened.  
Middle part of tag visible.

vitality could be observed. On July 8th 1952, after 274 days, 29 smolts with tags were dissected. One of the 11 missing smolts died during the winter, and two of them during the summer (untagged smolts for control had been subjected to losses too). It was not possible to get any information regarding 8 missing smolts.

The operation scar was only faintly visible on the 29 smolts (Fig. 6). The tag was generally found between the intestine and the left bodywall, mostly a little behind the operation scar and entirely enclosed in a peritoneal membrane that most frequently possessed a sometimes pigmented connection with the peritoneal membrane of the body wall by the scar itself (Fig. 7—8). In no case was an acute irritation noticed. One smolt with scar and membrane string had no tag. 16 smolts belonged to the series with ground tags, 12 smolts to the unground series.

As there is no reason to suppose that the missing smolts have been otherwise affected by the tagging, it seems justifiable to regard the tagging as non-injurious to the fish.

One previously tagged fish had no tag left, as already stated. At the same time as the experimental tagging was performed 900 smolts were tagged in the same way and some tags were found in the fish box afterwards. At a later tagging of 3.350 parr in 1952 with tagging apparatus no ejected tag could be found in the troughs, where 1.610 of the parr were kept for 19 days (nor did any parr die). The ejection of tags will probably not be of any

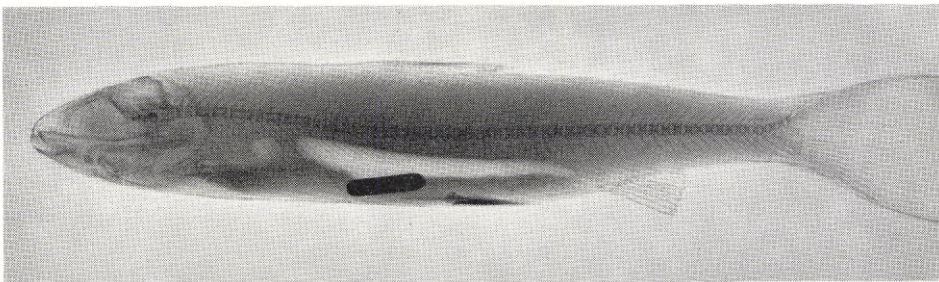


Fig. 8. X-ray picture of tagged smolt.

significance in careful tagging. When marking sardines in California the ejection of tags occurs to such an extent that this factor must be considered when working up the material of recaptures (cf. JANSSEN and APLIN 1945).

#### IV. Recaptures

Special equipment is required for the control of salmon populations, where tagged specimens are to be found. Thus the control can only be performed, where very large quantities of the population under investigation are caught.

When the extent of internal tagging in the Baltic area has increased considerably, it may be worth stationing control equipment in the larger fishing harbours, where salmon is landed. Probably electric metal detectors will prove to be most suitable in this case.

This method could also be practiced at the fish traps in blocked river mouths. However, as we want to take out the tag from a tagged salmon as soon as possible, it has been considered easier to do so, if the position of the tag in the body is known. For that reason the method has been chosen to control the captured salmon with X-rays and an apparatus for this purpose is under construction.<sup>1</sup> On examination the salmon will probably be anaesthetized by a direct current electric field. Experiments for this purpose have given promising results.

#### Summary

The realization of the Swedish salmon conservation program demands an intimate knowledge of the effectivity of the liberating of salmon, e.g. salmon smolt. It has been considered suitable to supplement the external tag method hitherto used with a method where the tag is operated into the smolt. This method is described. About 20.000 smolts have been tagged in this way up to now (Dec. 1953). Recaptures will be recorded by means of an X-ray examination of the centralized catch in certain rivers.

#### References

- ALM, G. 1931. Resultaten av laxmärkningarna i Sverige åren 1924—1926. *Svensk Fiskeritidskrift* 40: 1—6.
- DAHLGREN, E. H. 1936. Further developments in the tagging of the Pacific herring, *Clupea pallasii*. *Cons. int. explor. mer, J. 11 (1):* 229—247.
- FRIDRIKSSON, A. 1952. Marking of fish in Europe during 1927—1951. *Cons. int. explor. mer, Rapp. 132:* 55—64.

<sup>1</sup> Moreover preparations have been made for the manufacturing of tags, where the tag number could be read directly in the living fish by means of X-ray apparatus.

- and O. AASEN, 1950. The Norwegian—Icelandic herring tagging experiments 1. *Rep. Norw. fish. mar. inv.* 9 (11): 1—43.
- FRY, D. H. and PH. M. ROEDEL, 1949. Tagging experiments on the Pacific mackerel (*Pneumatophorus diego*). *Calif. div. fish and game, Fish bull* 73: 1—64.
- HART, J. L. and A. L. TESTER, 1938. The tagging of herring (*Clupea pallasii*) in British Columbia. *Brit. Col. Fish. Dep. Provincial Rep.* 1938.
- JANSSEN, J. F. and J. A. APLIN, 1945. The effect of internal tags upon sardines. *Calif. div. fish and game, Fish bull.* 61: 43—62.
- ROUNSEFELL, G. A. and J. L. KASK, 1945. How to mark fish. *Amer. fish. soc., Trans.* 73: 320—363.

# Beitrag zur Planktonkunde des Faxälv

Von HEINZ LÖFFLER

## Einleitung und Methodik

In den Jahren 1944—52 wurde von den Fischereiassistenten des Süßwasserinstitutes Drottningholm gelegentlich fischereiwirtschaftlicher und anderer Arbeiten ein reichhaltiges Planktonmaterial aus dem Faxälvsystem eingesammelt, dessen Bearbeitung umso wünschenswerter erschien, als erst in jüngster Zeit LINDSTRÖM (1949, 1951) ein Seengebiet im südlichen Jämtland bearbeitete. Im Gegensatz zu den eben zitierten Untersuchungen stand mir allerdings kein systematisch gesammeltes, quantitatives Material zur Verfügung, sondern 100 an der Oberfläche der verschiedenen Gewässer mit dem Planktonnetz entnommene Proben, zwischen denen ein absoluter Vergleich etwa in bezug auf Planktonvolumina unmöglich war. Einmal sind schon die Angaben über die Art dieser Horizontalfänge ungenau und spärlich, dann ist von vornherein die Netzmethode für quantitative Zwecke unzulänglich. Vorliegende Arbeit kann daher quantitative Fragen (für welche derzeit Aufsammlungen mit dem 5 l Schöpfer nach RODHE, 1941, durchgeführt werden) nicht beantworten, doch war schon die Untersuchung der Artzusammensetzung der Jahrescyclen in dem mehr als 150 km langen Seensystem eine lohnende Aufgabe, wie im folgenden gezeigt werden soll.

Insgesamt wurden 110 000 Tiere gezählt, der Gehalt jeder Art pro Probe in Prozenten ausgedrückt. In den meisten Proben wurden, um auch die spärlich vertretenen Formen miterfassen zu können, gegen, oft über 1000 Tiere ausgezählt. Eine Trennung der Nauplien von *Cyclops* und *Diaptomus* war aus zeitlichen Gründen nicht möglich, doch können die jeweiligen Maxima derselben mit Hilfe der entsprechenden Copepoditenmaxima gedeutet werden. Anlässlich eines kurzen Besuches vom 29.10. bis zum 1.11. 1952 war es mir selbst möglich, Proben für Planktonanalysen und chemische Untersuchungen wenigstens in einigen Abschnitten des Seesystems zu entnehmen. Die ph-Bestimmungen wurden dabei mit dem Helligekomparator, die des löslichen Phosphor nach der Molybdänblau-Methode im Beckman-Spektrophotometer (Modell B) durchgeführt. Für das Gesamtleitvermögen stand ein Philips-Phylloskop (Type: GM 4140) zur Verfügung. Die Werte

für die Gesamthärte, in DHG angegeben, wurden nach SCHWARZENBACH's eleganter Methode (SCHWARZENBACH *et alii* 1946) ermittelt. Aus dem SBV lässt sich das Bicarbonatleitvermögen errechnen; ersteres (Titration mit  $n/10$  HCl gegen Bromkresolgrün und Methylrot als Mischindikator) wurde in 100-ccm Proben bestimmt. Trotz der wenigen Daten, die erhalten werden konnten, ist doch eine Übersicht der wichtigsten Eigenheiten jener Seen möglich, auf die im folgenden näher eingegangen sei.

### Die allgemeinen Naturverhältnisse

Der weitaus grösste Teil des Seesystems (siehe Tabelle 1) liegt innerhalb der kalkarmen »Fjällschieferzone«, die etwa bei Bågede von einer Granit- und diese wiederum im oberen Teil des Dragan von den östlichen kambrosilurischen Formationen abgelöst werden. Besonders die kalkarmen Schiefer aus der Seve-Gruppe im oberen Teil des Systems lassen nur elektrolytarmer Wässer erwarten und tatsächlich handelt es sich auch wie bei den südjämtländischen Seen, die LINDSTRÖM (1951) untersuchte, um kalkarme Seen, von denen nur Russfjärden ein etwas höheres Leitvermögen hat (siehe Tabelle 2). Hierbei ist aber zu beachten, dass dieser Teil des Systems als unterster Talsee auch des grösste Einzugsgebiet hat, eine etwas höhere Bikarbonatkonzentration der Russfjärden (SBV=0,22) aber ausserdem durch die hier sehr geringe Strömung erklärlich wird.

Betrachtet man den Quotienten aus  $\frac{\text{Bikarbonat}}{\text{Gesamt}}$ -Leitfähigkeit so ergeben sich durchwegs Werte unter 1 und zwar für

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Stora Blåsjön .....     | 0,57 |
| Lilljorm .....          | 0,52 |
| Kvarnbergsvattnet ..... | 0,49 |
| Ösjön .....             | 0,57 |
| Russfjärden .....       | 0,58 |

Man kann daher einen verhältnismässig hohen Gehalt an Erdalkalisalzen der starken Säuren annehmen. Die zwangsläufig resultierende Gleichmässigkeit der chemischen Eigenschaften gilt auch für die Phosphate, deren Konzentration zwischen 0,010 mg und 0,022 mg schwankte, wobei dieser letzte, höchste Wert wieder für die Russfjärden gilt. Dabei darf nicht vergessen werden, dass diese Werte wahrscheinlich als Maxima im Jahresablauf anzusehen sind, da nach der Schneeschmelze mit einer erheblichen Verdünnung gerechnet werden muss (siehe OHLE 1940).

Weichen also die chemische Verhältnisse der einzelnen Seen wenig voneinander ab, so tritt umso mehr die Unterschiedlichkeit in thermischer Hinsicht hervor. Einmal liegen die höchstgelegenen Seen (z.B. Semningsjön) bereits in der arktischen oder wie Stora Blåsjön in der subarktischen Region

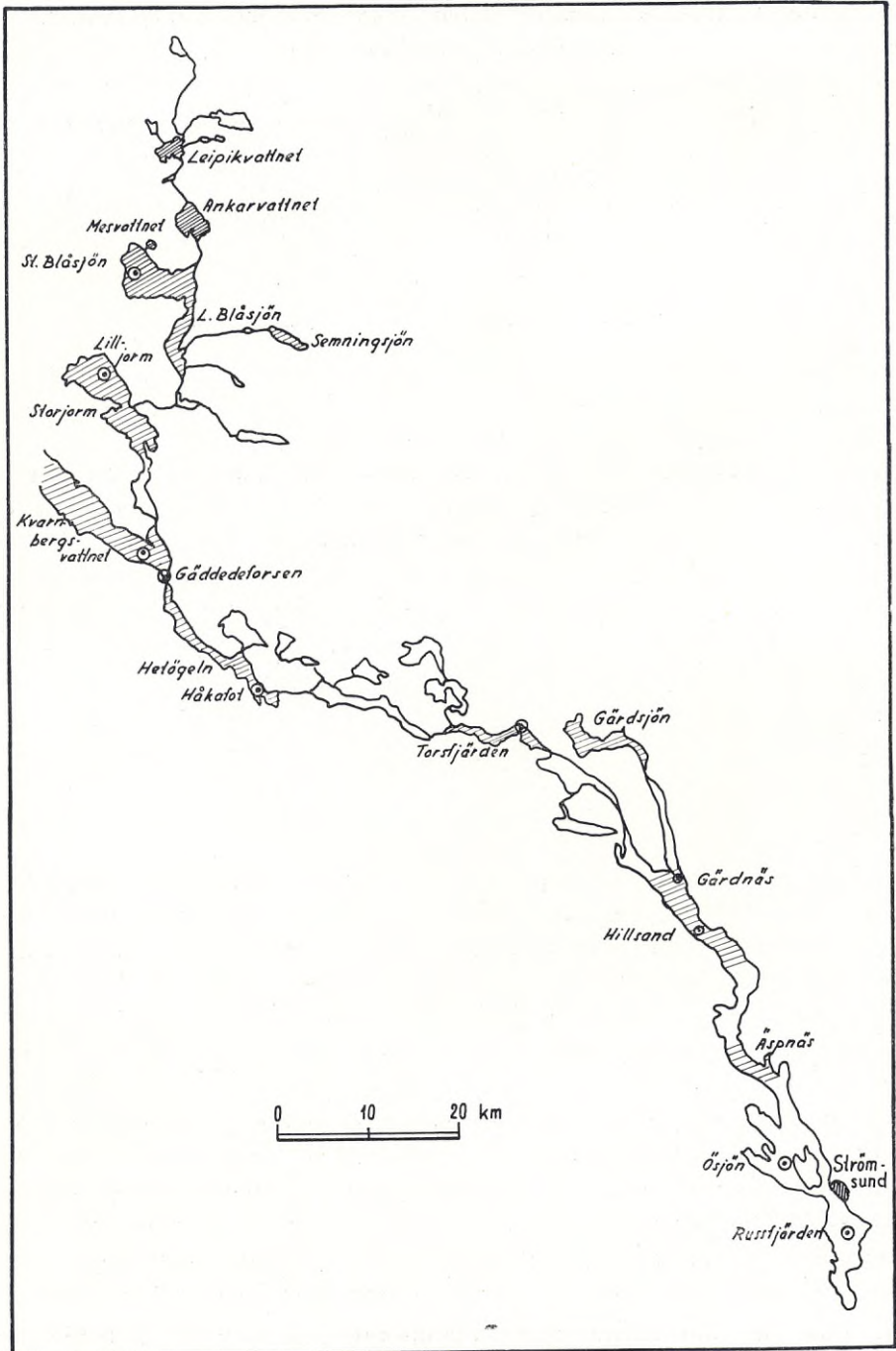


Fig. 1. Die untersuchten Seen in Faxälvsystem.

Tabelle 1. Hydrographische Daten einiger Seen des Faxälvsystems  
(teilweise nach MÄÄR, 1949).

| See                     | Höhe über dem Meeresspiegel in m | Areal in qkm | max. Tiefe in m |
|-------------------------|----------------------------------|--------------|-----------------|
| Leipikvattnet .....     | 468,0                            | 5,0          | 24              |
| Ankarvattnet.....       | 448,0                            | 9,4          | 72              |
| Semningsjön .....       | 689,0                            | 3,2          | 42              |
| Stora Blåsjön .....     | 433,5                            | 41,4         | 152             |
| Jormsjön .....          | 344,5                            | 35,3         | 94              |
| Kvarnbergsvattnet ..... | 310,0                            | 67,4         | 93              |
| Hetögeln .....          | 294,1                            | 22,4         | 60              |
| Ströms Vattudal .....   | 285,6                            | 117,3        | 68              |
| Russfjärden .....       | 285,6                            | 30,0         | 25—26           |

Tabelle 2. Milieufaktoren einiger Seen des Faxälvsystem. Die Temperatur wurde nahe der Oberfläche gemessen, ebenso erfolgte die Entnahme der Wasserproben daselbst.

| See                     | Datum 1952 | Zeit               | Secchi in m | Temp ° C | H <sub>18</sub> ·10 <sup>6</sup> | ph   | SBV  | DHG  | P,γ/l |
|-------------------------|------------|--------------------|-------------|----------|----------------------------------|------|------|------|-------|
| Stora Blåsjön .....     | 31.10      | 10 <sup>h</sup>    | 9,0         | 4,5      | 24,8                             | 6,9  | 0,16 | 0,57 | 12    |
| Lilljorm .....          | 30.10      | 16 <sup>h</sup>    | —           | 4,3      | 20,5                             | 6,95 | 0,12 | 0,46 | 10    |
| Kvarnbergsvattnet ..... | 30.10      | 13 <sup>h</sup>    | —           | 4,5      | 24,9                             | 7,0  | 0,14 | 0,54 | 10    |
| Ösjön .....             | 1.11       | 14 <sup>h</sup>    | 5,0         | 3,0      | 24,9                             | 7,0  | 0,16 | 0,57 | 12    |
| Russfjärden .....       | 1.11       | 12 <sup>h</sup> 30 | 5,5         | 1,5      | 33,5                             | 7,05 | 0,22 | 0,81 | 22    |

(BRUNDIN 1949) und dann nimmt die maximale Tiefe in den einzelnen Seen Stora Blåsjön (152 m) gegen Russfjärden (25—26 m) ab, sodass der Einfluss der verschiedenen Jahrestemperaturen von sehr differentem Wirkungsgrad sein muss. So werden die Temperaturen des Tiefenwassers von Kvarnbergsvattnet aufwärts in den grösseren Seen um 4,0° C nur kaum oder wenig überschreiten (Angaben MÄÄRS in BRUNDIN 1949 von 5,0—6,0° 7.8.46. resp. 22.7.47., für das Tiefenwasser des Stora Blåsjön stimmen schlecht mit jenen aus dem verhältnismässig warmen Frühsommer 1953 überein; nach schriftlicher Mitteilung von STUBE 4,5° C in 80 m Tiefe am 3.7.53, Sprungschicht zwischen 5 und 10 m). Dagegen zeigen alle Gewässer von Gäddedeforsen abwärts bereits Anfang Juli (1953 nach STUBE) um mehrere Grade erwärmtes Tiefenwasser, während die Sprungschicht auch hier überall zwischen 5 und 10 m liegt. Wir dürfen daraus zwei Tatsachen ableiten:

1. Dass die wärmeliebenderen Planktonformen sich hauptsächlich im unteren Teil des Systems aufhalten werden und umgekehrt die kälteliebenderen im oberen Abschnitt, wobei als Übergangszone wahrscheinlich das Gebiet unterhalb Gäddede in Frage kommt.



2. Dass die erhaltenen Prozentwerte der Planktonzusammensetzung im unteren Teil des Systems eine Verschiebung der Maxima gegen das Frühjahr hinzeigen, dass die Jahrescyclen der meisten Arten hier früher einsetzen und bei einigen Arten (*Polyphemus*) länger dauern bzw. überhaupt um eine Generation mehr auftritt.

Es tritt also hier in einer kontinuierlichen Seenkette, die oberhalb Gäddede gegliedert, d.h. nur durch Flüsse verbunden, unterhalb dieses Ortes höchstens von Bågedeforsen unterbrochen ist, eine räumliche Planktonverteilung auf, in der die Temperaturverhältnisse einen deutlichen Ausdruck finden. Die langen See-systeme Mittel- und Nordschwedens sind leider bisher nie unter diesem Gesichtspunkt bearbeitet worden, sodass kein Vergleichsmaterial vorliegt. Ich bin aber der Überzeugung, in diesen allem Anschein nach regional gegliederten Gewässern, denen man *a priori* in der Annahme, es könne sich in solchen nur um eine gleichmäßige Planktonzusammensetzung handeln, bisher keine Beachtung geschenkt hat, eine vorzügliche Studienobjekte ökologischer und auch planktonsoziologischer Fragen erkennen zu können. Auch die jüngsten Arbeiten LINDSTRÖMS (1949, 1951) behandeln nur Systeme von max. 60 km Länge, die zu kurz sind, um die erwähnte Ausbildung von Regionen noch erkennen zu lassen. Bevor nun auf weitere Diskussionen eingegangen werden soll, sei vorerst das Planktonmaterial selbst beschrieben.

### Die Zusammensetzung der Fauna

Insgesamt wurden 37 Entomostrakenarten gefunden, dagegen nur 9 Rotatorienarten, was auf die bereits erwähnten Fangmethoden zurückzuführen sein dürfte (Tabelle 3).

Unter den Rotatorien waren vor allem *Asplanchna priodonta* GOSSE, *Kellicottia longispina* (KEL LICOTT), *Keratella stipitata* (EHRENBERG) und *Conochilus hippocrepis* (SCHRANK) und *unicornis*(?) ROUSSELET vertreten, daneben noch *Polyarthra vulgaris* CARLIN, ferner *Euchlanis triquetra*, *Euchlanis parva*, *Ploesoma hudsoni*. Über ihre Verteilung kann aus bereits erwähnten Gründen leider nichts ausgesagt werden. (So war zum Beispiel *Polyarthra vulgaris* nur in jenen Proben des Kvarnbergsvattnet enthalten, die ich selbst mit einem Planktonnetz No 25 entnommen hatte.) Das gleiche gilt in noch höherem Mass vom Phytoplankton. Wenn überhaupt solches in den Proben vorkam, dann neben *Ceratium*, *Micrasterias*, *Closterium* vor allem Diatomeen (*Ceratoneis arcus linearis*, wenigstens vier *Cymbella*-arten, *Didymosphenia geminata*, *Eunotia lunaris*, *Epithemia* sp., *Fragilaria* sp., 3 *Navicula* sp., *Surirella* sp., *Synedra acus*, *Tabellaria fenestrata* und *flocculosa*).

Bei Betrachtung der räumlichen Verteilung des Crustaceen-planktons (Tabelle 4) fällt erstens die starke Abnahme von *Cyclops scutifer*, *Diaptomus laticeps* und *Heterocope saliens* von Gäddede abwärts auf, zweitens aber treten ab

Tabelle 3. Entomotrakenarten in der Wasser-systeme Faxälven, Jämtland.

| Art                                        | Leipikvattnet | Ankarvattnet | Mesvattnet | Semningsjön | Blåsjön | Jormsjön | Kvarnbergsvattnet | Gäddedeforsen | Hetögelin-Håkafof | Torsfjärden | Gärdsjön | Gärdnäs-Hillsand | Äspnäs | Ösjön | Russfjärden |
|--------------------------------------------|---------------|--------------|------------|-------------|---------|----------|-------------------|---------------|-------------------|-------------|----------|------------------|--------|-------|-------------|
| <i>Lepidurus arcticus</i> KRÖYER           | +             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Sida crystallina</i> MÜLLER             | +             | +            | —          | —           | +       | +        | —                 | —             | —                 | —           | —        | +                | +      | —     | +           |
| <i>Holopedium gibberum</i> ZADDACH         | +             | +            | +          | +           | +       | +        | +                 | —             | +                 | +           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Daphnia longispina-galeata</i> LEYDIG   | +             | +            | +          | +           | +       | +        | +                 | +             | +                 | +           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Daphnia cristata</i> SARS               | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | +     | +           |
| <i>Ceriodaphnia spec.</i>                  | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | +     | —           |
| <i>Bosmina coregoni obtusirostris</i> SARS | +             | +            | +          | +           | +       | +        | +                 | +             | +                 | +           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Ophryoxus gracilis</i> SARS             | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | +     | —           |
| <i>Eurycerus lamellatus</i> MÜLLER         | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | +                | —      | +     | +           |
| <i>Acroperus harpae</i> BAIRD              | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | +                 | —           | —        | —                | —      | —     | +           |
| <i>Alonopsis elongata</i> LILLJEB.         | —             | —            | —          | +           | +       | +        | +                 | +             | +                 | —           | +        | —                | —      | +     | +           |
| <i>Alona costata</i> SARS                  | —             | —            | —          | —           | —       | +        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Alona affinis</i> LEYDIG                | +             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | +                 | +           | —        | +                | —      | —     | —           |
| <i>Alonella nana</i> BAIRD                 | —             | —            | —          | —           | +       | —        | —                 | +             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | +           |
| <i>Alonella excisa</i> FISCHER             | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | +                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Peracantha truncata</i> MÜLLER          | —             | —            | —          | —           | —       | +        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Chydorus globosus</i> BAIRD             | —             | —            | —          | —           | +       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Chydorus sphaericus</i> MÜLLER          | ?             | —            | —          | —           | —       | +        | —                 | —             | —                 | ?           | —        | ?                | —      | +     | +           |
| <i>Polyphemus pediculus</i> LINNÉ          | —             | +            | +          | +           | +       | +        | +                 | —             | +                 | +           | —        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Bythotrephes longimanus</i> LEYDIG      | —             | —            | +          | +           | +       | +        | +                 | —             | +                 | +           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Leptodora kindtii</i> FOCHE             | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | +           | —        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Diaptomus gracilis</i> SARS             | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | ?        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Diaptomus graciloides</i> LILLJEB.      | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | ?                 | ?           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Diaptomus laciniatus</i> LILLJEB.       | —             | —            | —          | —           | +       | ?        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Diaptomus laticeps</i> SARS             | +             | +            | ?          | +           | +       | +        | +                 | +             | +                 | +           | —        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Heterocope appendiculata</i> SARS       | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Heterocope saliens</i> LILLJEB.         | +             | +            | ?          | —           | +       | +        | —                 | +             | +                 | —           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Macrocylops albidus</i> JURINE          | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | +                | +      | —     | —           |
| <i>Eucyclops speratus</i> ? LILLJEB.       | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | ?      | —     | —           |
| <i>Eucyclops macrurus</i> SARS             | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | ?                | —      | —     | —           |
| <i>Paracyclops fimbriatus</i> FISCHER      | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | +             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Cyclops strenuus</i> FISCHER            | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | +           |
| <i>Cyclops scutifer</i> SARS               | +             | +            | +          | +           | +       | +        | +                 | +             | +                 | +           | +        | +                | +      | +     | +           |
| <i>Megacyclops viridis</i> JURINE          | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | +                | —      | —     | +           |
| <i>Megacyclops gigas</i> CLAUS             | +             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | —     | —           |
| <i>Mesocyclops leuckarti</i> CLAUS         | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | +                | —      | —     | —           |
| <i>Mesocyclops oithonoides</i> SARS        | —             | —            | —          | —           | —       | —        | —                 | —             | —                 | —           | —        | —                | —      | +     | —           |

Gärdsjön und Torsfjärden *Diaptomus gracilis* und *graciloides*, ferner *Heterocope appendiculata* und ab Ösjön *Daphnia cristata* und *Cyclops strenuus* auf. Vergleichen wir diese Verteilung mit der von EKMAN (1922) aufgestellten Tabelle, die Temperaturempfindlichkeit verschiedene Planktontiere betreffend, so finden wir eine Übereinstimmung zwischen ersterer und EKMANS Angaben: diese gilt sowohl für die Cladoceren (bes. *Holopedium* und *Leptodora*) als auch besonders für die Copepoden. Es heisst da (p. 486):

|                                       | Kaltes<br>Wasser | Ziemlich kaltes<br>Wasser | Wärmeres<br>Wasser |
|---------------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------|
| <i>Cyclops strenuus</i> .....         | +                | ++                        |                    |
| <i>Cyclops scutifer</i> .....         | ++               |                           |                    |
| <i>Cyclops oithonoides</i> .....      |                  | ++                        | ++                 |
| <i>Diaptomus gracilis</i> .....       | +                | ++                        | ++                 |
| <i>Diaptomus graciloides</i> .....    | ++               | +                         |                    |
| <i>Diaptomus laticeps</i> .....       | ++               |                           |                    |
| <i>Diaptomus laciniatus</i> .....     | ++               |                           |                    |
| <i>Heterocope saliens</i> .....       | ++               |                           |                    |
| <i>Heterocope appendiculata</i> ..... | +                | ++                        |                    |

Dass in einem solchen Übergangsgebilde Fluss—See (von Bågedeforsen bis Ulriksfors ist überhaupt kein Gefälle mehr vorhanden) Regionen, in diesem Fall eine *Heterocope saliens*-*Diaptomus laticeps*- und eine *Heterocope appendiculata*-*Diaptomus gracilis*-Zone auftreten, erscheint im Zusammenhang mit den Strömungs- und Temperaturverhältnissen erklärlich. Eine ähnliche Beobachtung hat erst kürzlich SABANEFF (1952) in der Fulda gemacht, wenngleich es sich hier auch nur um Veränderungen der Artenzahl und nicht eigentliche Planktonregionen handelt. Doch treten ja in der Fulda Abwasser als ein weiterer Faktor zu den klimatischen hinzu. Eine Einwirkung der Strömung (Daten über dieselbe stehen mir leider nicht zur Verfügung, doch kann sie im unteren Teil mit Ausnahme der Engen bei Håkafot, Bågedeforsen und Ögelströmmen in den oft mehrere Kilometer breiten Gewässern nicht sehr bedeutend sein) kann auch in unserem Falle nicht geleugnet werden, indem nämlich die Kaltwasserarten wie *Diaptomus laticeps* und *Heterocope* stromabwärts gedrängt werden (teilweise wahrscheinlich deren Dauereier!), während gleichzeitig die Tiere des wärmeren, unteren Seengebietes kaum aus ihrem optimale Wohngebiet stromaufwärts vordringen dürften. Die regionalen Grenzen sind somit stromabwärts, was die qualitative Artzusammensetzung anbelangt verwischt, können aber mit Hilfe der prozentuellen Artzusammensetzung leicht erkannt werden. In diesem Zusammenhang ist Gårdsjön, als nicht von der Hauptströmung betroffenes Seitensystem interessant, da hier *Diaptomus laticeps* und *Heterocope saliens* fehlen.

Dass das regelmässige, wenn auch zahlenmässig sehr beschränkte Vorkommen von *Diaptomus laticeps* und *Heterocope saliens* in den Gewässern zumindest südlich Torsfjärden auf der vorhandenen Strömung beruhen muss, wird schon daraus ersichtlich, dass meines Wissens weder *Diaptomus gracilis* und *laticeps* noch *Heterocope appendiculata* und *saliens* je in abgeschlossenen Gewässern zusammen gefunden worden sind!

Wir haben hier also einen speziellen Fall horizontaler Verteilung vor uns, der durch die Temperaturverhältnisse gegeben erscheint. Der Sauerstoffgehalt dürfte auch in den unteren Seen in der gesamten Wassermasse selbst während des Sommers nur unwesentlich verringert werden. Siehe sonst BRUNDIN (1949). Über Horizontaldifferenzierungen in Flachseen habe ich zu einem früheren Zeitpunkt bereits berichtet (LÖFFLER 1952 im Druck).

## Die zeitliche Verteilung

Während über die tägliche Tiefenwanderung auf Grund sporadisch entnommener Oberflächenproben nichts ausgesagt werden kann — die Einwirkung der hellen Nächte wäre hier von besonderem Interesse — bieten die Jahreszyklen einiger Arten in den verschiedenen Seen bemerkenswertes Vergleichsmaterial. Freilich darf auch hier nicht vergessen werden, dass 1. immer nur die Oberflächensituation erfasst wurde und 2. dass nur ungenügend Fröhsommerproben und überhaupt keine Winterproben vorliegen. In der Tabelle 4 ist die prozentuelle Artzusammensetzung der Proben zusammengestellt, von denen die grösste Anzahl aus Blåsjön und Russfjärden her stammt. Die Werte derselben sind für 1949 in Tabelle 5 zusammengefasst. Ganz allgemein lässt sich ein grösserer Zeitraum für Russfjärden feststellen, innerhalb dessen die einzelnen Arten während eines Jahres aufscheinen. Dies gilt bloss für *Heterocope saliens* nicht, dagegen bemerkenswerter Weise für *Diaptomus laticeps*: er tritt hier bereits zwei Monate früher auf als in Blåsjön.

*Holopedium gibberum* erscheint in Blåsjön erst Ende Juni, also mindestens einen Monat später als in Russfjärden. Die Tiere verschwinden erst im späteren Herbst.

*Daphnia longispina galeata* ist wahrscheinlich in beiden Seen schon vor dem Auftauen des Eises vorhanden. Anfang Juni sind juvenile Tiere festzustellen, Mitte Juli ♀ mit Embryonen. Im August ist *Daphnia l. g.* besonders reichlich vertreten. Die Cyclomorphose — von BROOKS (1946) eingehend behandelt — soll in Verbindung mit den geplanten quantitativen Untersuchungen zu einem späteren Zeitpunkt beschrieben werden. Das vorliegende Material reicht hierzu nicht aus. In Russfjärden sind Ende Mai bereits erwachsene Exemplare festzustellen. Neben den bis Ende rundköpfigen Daphnien erscheinen zu diesem Zeitpunkt bereits solche mit zugespitztem Kopf, die erst Ende Oktober wieder von rundköpfigen abgelöst werden.

*Bosmina coregoni obtusirostris* tritt ausnahmslos in allen Proben beider Seen vom Fröhsommer bis in den Herbst hinein auf. Die ♂♂ sind am zahlreichsten im Oktober. Es sind zumindest in Russfjärden zwei Vermehrungsperioden festzustellen.

*Polyphemus pediculus* erscheint in Russfjärden um vieles zeitiger. Spätestens Ende September verschwinden die Tiere.

*Heterocope saliens* und *H. appendiculata* unterscheiden auffällig in der Dauer ihres Auftretens. Beider Maximum liegt Ende August, Anfang September, doch ist *appendiculata* den ganzen Sommer und auch bis in den November hinein vorhanden.

*Diaptomus laticeps* habe ich bereits mehrfach erwähnt. Es sieht zumindest bei Russfjärden so aus, als ob zwei Generationen auftreten würden, die zweite im späteren Herbst.

Tabelle 4. Die prozentuelle Verteilung der gefundenen Entomostraken-arten.

|                                   | Leipik-vattnet |           | Ankar-vattnet |            | Mes-vattnet |          | Semning-sjön |           | Blåsjön   |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      | Blåsjö-älven |      |     |     |
|-----------------------------------|----------------|-----------|---------------|------------|-------------|----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----|------|--------------|------|-----|-----|
|                                   | Jul 1946       | Okt. 1945 | Jun 1946      | Sept. 1945 | Jun 1946    | Jul 1946 | Aug. 1946    | Aug. 1946 | Aug. 1946 | Aug. 1945 | Aug. 1945 | Aug. 1946 | Aug. 1946 | Aug. 1949 | Aug. 1949 | Sept. 1949 | Okt. 1952 | Apr. 1946 |     |      |              |      |     |     |
| <i>Sida crystallina</i> .....     | 1              | 1         | 1             | 1          | 1           | 1        | 1            | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1   |      |              |      |     |     |
| <i>Holopedium gibberum</i> .....  | 1              | 1         | 1             | 1          | 1           | 1        | 1            | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1   |      |              |      |     |     |
| <i>Daphnia longispina</i> .....   | 1              | 1         | 1             | 1          | 1           | 1        | 1            | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1   |      |              |      |     |     |
| <i>Daphnia cristata</i> .....     | 1              | 1         | 1             | 1          | 1           | 1        | 1            | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1   |      |              |      |     |     |
| <i>Bosmina coregoni</i> .....     | 38             | 58        | 99            | 88         | 3           | 3        | 2            | 2         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1   |      |              |      |     |     |
| <i>Polyphemus pediculus</i> ..    |                |           |               |            | 3           | 3        | 3            | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3          | 3         | 3         | 3   |      |              |      |     |     |
| <i>Bythotrephes longimanus</i> .. |                |           |               |            | 1           | 1        | 1            | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1   |      |              |      |     |     |
| <i>Leptodora kindtii</i> .....    |                |           |               |            | 1           | 1        | 1            | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1   |      |              |      |     |     |
| Phylloz. Embryonen .....          | 34             |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Heterocope appendiculata</i>   |                |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Heterocope saliens</i> .....   |                |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Diaptomus gracilis</i> .....   |                |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Diaptomus graciloides</i> ..   |                |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Diaptomus lacinatus</i> .....  |                |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Diaptomus laticeps</i> .....   |                | 18        |               | 10         |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Diaptomus sp. Copepoditen</i>  | 1              |           |               |            | 67          | 63       | 21           | 8         |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Cyclops strenuus</i> .....     |                |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Cyclops scutifer</i> .....     | 6              | 23        | 1             | 1          |             | 4        | 48           | 55        |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| <i>Cyclops sp. Copepoditen</i> .. | 15             |           |               |            | 23          | 19       |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| Nauplien .....                    | 4              |           |               |            | 6           | 5        |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| Andere Crust.-arten .....         | 1              |           |               |            |             |          |              |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |           |     |      |              |      |     |     |
| Prozentsumme .....                | 100            | 100       | 100           | 100        | 100         | 100      | 100          | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100        | 100       | 100       | 100 |      |              |      |     |     |
| Summe der gerechneten Tiere ..... | 500            | 3159      | 1892          | 1618       | 8795        | 889      | 622          | 1161      | 905       | 294       | 273       | 946       | 999       | 111       | 693       | 1792       | 284       | 587       | 203 | 1843 | 310          | 1045 | 962 | 117 |

Maschenweite in den Jahren 1944—1949 war 150—200 µ, danach 75—200 µ.



Tabelle 4 (Forts.).

|                                        | Torsfjärden (Forts.) |           |           | Gårdnäs-Hillsand |           |           |           | Äspnäs    |           | Ö s j ö n  |           |           |           |            | Russfjärden |          |          |            |            |            |            |            |     |
|----------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----|
|                                        | Julii 1944           | Aug. 1945 | Aug. 1946 | Aug. 1946        | Aug. 1946 | Aug. 1946 | Aug. 1946 | Aug. 1946 | Aug. 1946 | Julii 1948 | Aug. 1948 | Aug. 1948 | Aug. 1948 | Oktr. 1948 | Nov. 1952   | Mai 1949 | Mai 1949 | Junni 1944 | Junni 1949 | Junni 1949 | Junni 1949 | Julii 1948 |     |
| <i>Sida crystallina</i> .....          | 1                    | 1         | 5         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 14        | 10         | 3         | 7         | 1         | 1          | 1           | 5        | 3        | 3          | 10         | 5          | 6          |            |     |
| <i>Holopedium gibberum</i> .....       | 1                    | 1         | 1         | 5                | 1         | 1         | 1         | 31        | 9         | 8          | 18        | 9         | 1         | 1          | 1           | 3        | 4        | 4          | 1          | 1          | 1          | 4          |     |
| <i>Daphnia longispina</i> .....        | 1                    | 1         | 1         | 1                | 9         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Daphnia cristata</i> .....          | 46                   | 72        | 88        | 1                | 1         | 1         | 1         | 22        | 1         | 2          | 32        | 1         | 13        | 10         | 1           | 9        | 6        | 8          | 18         | 43         | 1          | 31         |     |
| <i>Bosmina coregoni</i> .....          | 1                    | 1         | 3         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 10         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Polyphemus pediculus</i> .....      | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Bythotrephes longimanus</i> .....   | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Leptodora kindtii</i> .....         | 23                   | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| Phyllof. Embryonen .....               | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Heterocope appendiculata</i> .....  | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 3         | 1         | 1          | 1         | 2         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 15         | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Heterocope satiens</i> .....        | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 5          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Diaptomus gracilis</i> .....        | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 32         | 48          | 4        | 3        | 13         | 5          | 1          | 2          | 1          |     |
| <i>Diaptomus graciloides</i> .....     | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 56         | 44        | 66        | 1         | 1          | 1           | 4        | 7        | 6          | 3          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Diaptomus laciniatus</i> .....      | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Diaptomus laticeps</i> .....        | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 36        | 75        | 1          | 1         | 1         | 29        | 1          | 1           | 1        | 1        | 18         | 20         | 4          | 55         |            |     |
| <i>Diaptomus</i> sp. Copepoditen ..... | 1                    | 1         | 99        | 9                | 89        | 1         | 92        | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| <i>Cyclops strenuus</i> .....          | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 6          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 12         | 1          | 3          | 1          |     |
| <i>Cyclops scutifer</i> .....          | 48                   | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 6         | 3         | 45         | 26          | 45       | 21       | 14         | 15         | 10         | 10         | 1          |     |
| <i>Cyclops</i> sp. Copepoditen .....   | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 4          | 1         | 7         | 52        | 9          | 21          | 27       | 56       | 20         | 10         | 31         | 1          | 1          |     |
| Nauplien .....                         | 2                    | 2         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| Andere Crust.-arten .....              | 1                    | 1         | 1         | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1           | 1        | 1        | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |     |
| Prozentsumme .....                     | 100                  | 100       | 100       | 100              | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100        | 100       | 100       | 100       | 100        | 100         | 100      | 100      | 100        | 100        | 100        | 100        | 100        | 100 |
| Summe der gerechneten Tiere .....      | 558                  | 193       | 468       | 2838             | 493       | 3180      | 1268      | 1676      | 2163      | 1146       | 454       | 774       | 430       | 696        | 948         | 2062     | 1614     | 1202       | 1160       | 767        | 1204       | 678        | 546 |

Tabelle 4 (Forts.).

|                                        | R u s s j ä r d e n (Forts.) |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           |     |      |
|----------------------------------------|------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|------|
|                                        | Julii 1948                   | Julii 1949 | Julii 1951 | Aug. 1945 | Aug. 1945 | Aug. 1946 | Aug. 1946 | Aug. 1948 | Aug. 1948 | Aug. 1949 | Aug. 1949 | Sept. 1949 | Sept. 1949 | Oct. 1948 | Oct. 1948 | Oct. 1949 | Oct. 1949 | Oct. 1949 | Oct. 1952 | Oct. 1952 | Nov. 1952 |     |      |
| <i>Sida crystallina</i> .....          | 1                            | 12         | 1          | 27        | 11        | 5         | 4         | 10        | 3         | 2         | 4         | 4          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Holopedium gibberum</i> .....       | 6                            | 1          | 1          | 1         | 4         | 1         | 20        | 20        | 1         | 1         | 1         | 1          | 5          | 1         | 2         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Daphnia longispina</i> .....        | 1                            | 1          | 9          | 8         | 1         | 6         | 6         | 1         | 1         | 4         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Daphnia cristata</i> .....          | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Bosmina coregoni</i> .....          | 1                            | 3          | 31         | 13        | 18        | 42        | 9         | 2         | 1         | 2         | 4         | 60         | 32         | 10        | 34        | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Polyphemus pediculus</i> .....      | 1                            | 1          | 1          | 1         | 3         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 6         | 3         | 29        | 7         | 39        | 7         | 1         | 9   |      |
| <i>Bythotrephes longimanus</i> .....   | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Leptodora kindtii</i> .....         | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| Phyllop. Embryonen .....               | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Heterocope appendiculata</i> .....  | 3                            | 1          | 4          | 1         | 1         | 1         | 2         | 1         | 1         | 1         | 1         | 6          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Heterocope satiens</i> .....        | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Diaptomus gracilis</i> .....        | 1                            | 1          | 5          | 2         | 1         | 9         | 1         | 1         | 3         | 1         | 1         | 1          | 1          | 3         | 2         | 6         | 1         | 1         | 1         | 3         | 11        | 5   |      |
| <i>Diaptomus graciloides</i> .....     | 3                            | 3          | 1          | 1         | 2         | 3         | 2         | 1         | 8         | 3         | 1         | 8          | 21         | 3         | 3         | 3         | 32        | 5         | 5         | 5         | 15        | 15  |      |
| <i>Diaptomus laciniatus</i> .....      | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Diaptomus laticeps</i> .....        | 83                           | 27         | 16         | 16        | 53        | 9         | 36        | 61        | 24        | 14        | 7         | 3          | 7          | 5         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 5   |      |
| <i>Diaptomus</i> sp. Copepoditen ..... | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 2         | 2         | 1         | 3         | 4         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Cyclops strenuus</i> .....          | 1                            | 11         | 3          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| <i>Cyclops scutifer</i> .....          | 1                            | 11         | 6          | 5         | 32        | 1         | 31        | 2         | 42        | 17        | 5         | 14         | 28         | 46        | 60        | 36        | 55        | 9         | 40        | 34        | 10        | 23  |      |
| <i>Cyclops</i> sp. Copepoditen .....   | 1                            | 30         | 22         | 24        | 8         | 6         | 8         | 1         | 18        | 52        | 74        | 2          | 6          | 25        | 8         | 9         | 33        | 23        | 40        | 16        | 32        | 62  |      |
| Nauplien .....                         | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| Andere Crust.-arten .....              | 1                            | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1   |      |
| Prozentsumme .....                     | 100                          | 100        | 100        | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100        | 100        | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100 |      |
| Summe der gerechneten Tiere .....      | 1047                         | 921        | 716        | 3117      | 1197      | 660       | 758       | 563       | 643       | 1120      | 1012      | 729        | 1134       | 455       | 804       | 839       | 805       | 1205      | 780       | 1029      | 1481      | 422 | 1062 |
| 844                                    |                              |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |           |           |           |           |           |           |           |           |     |      |



Tabelle 5. Auftreten planktischer Crustaceen in Blåsjön und Russfjärden 1949.

|                                   | Blåsjön |              |      |       |      | Russfjärden |      |      |      |       |      |      |
|-----------------------------------|---------|--------------|------|-------|------|-------------|------|------|------|-------|------|------|
|                                   | Juni    | Juli         | Aug. | Sept. | Okt. | Mai         | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. |
| <i>Holopedium</i> .....           | —       | —            | —    | •     | —    | ?           | —    | •    | —    | —     | —    | —    |
| <i>Daphnia l.</i> .....           | ?       | —            | —    | •     | —    | ?           | —    | •    | —    | —     | —    | —    |
| <i>Daphnia cr.</i> .....          | —       | —            | —    | —     | —    | —           | —    | —    | —    | —     | •    | —    |
| <i>Bosmina</i> .....              | ?       | —            | •    | •     | —    | ?           | —    | •    | —    | •     | —    | —    |
| <i>Polyphemus</i> .....           | —       | —            | •    | —     | —    | ?           | —    | —    | —    | —     | —    | —    |
| <i>Heterocope saliens</i> .....   | —       | —            | •    | —     | —    | —           | —    | —    | —    | —     | —    | —    |
| <i>Heterocope append.</i> .....   | —       | —            | —    | —     | —    | —           | —    | —    | —    | •     | —    | —    |
| <i>Diaptomus laticeps</i> .....   | —       | Jorm sjön 44 | —    | —     | —    | ?           | —    | —    | —    | —     | —    | •    |
| <i>Diaptomus gracilis</i> .....   | —       | —            | —    | —     | —    | ?           | •    | —    | —    | —     | —    | •    |
| <i>Diaptomus graciloid.</i> ..... | —       | —            | —    | —     | —    | ?           | •    | —    | —    | •     | —    | —    |
| Copepoditen <i>Diapt.</i> .....   | ?       | —            | —    | —     | —    | ?           | —    | •    | —    | —     | —    | —    |
| <i>Cyclops sc.</i> .....          | ?       | •            | —    | —     | •    | ?           | —    | •    | —    | —     | —    | •    |
| <i>Cyclops str.</i> .....         | ?       | —            | —    | —     | —    | ?           | •    | —    | —    | —     | —    | —    |
| Copepoditen <i>Cyclops</i> .....  | ?       | •            | —    | —     | —    | ?           | —    | —    | —    | —     | —    | •    |
| Nauplien .....                    | ?       | •            | —    | —     | —    | ?           | —    | —    | •    | —     | —    | •    |

•: maximales Auftreten der betreffenden Arten.

—: zeitl. Ausdehnung des Vorkommens in übrigen Jahren zw. 1944 u. 1952.

*Diaptomus gracilis* und *graciloides* scheinen ebenfalls zwei Generationen zu haben, die drei—vier (*gracilis*) Monate auseinanderliegen. Es sind zu allen Zeiten der Probenentnahme Copepoditen und Nauplien vorhanden, die Maxima selbst undeutlich. Das Zahlenverhältnis der Männchen und Weibchen fällt bei beiden Arten während des Sommers zu Gunsten letzterer aus, während im Herbst oft die Männchen überwiegen.

*Cyclops scutifer*: Anfang Juni 1949 sind in Blåsjön bereits massenhaft Nauplien vorhanden, reife Tiere fehlen. Ende Juni haben diese Copepoditstadien erreicht und Mitte Juli sind fast nur reife Tiere vorhanden. Ende September tritt abermals ein Maximum an reifen Exemplaren auf und man kann darin wohl eine zweite Generation vermuten. Wenigstens für den ersten Teil des Winters können reife Tiere angenommen werden. In Russfjärden sind von Mai bis November Copepoditstadien vorhanden. Ein Maximum reifer Tiere fällt in die ersten Julitage, doch sind solche schon Ende Mai vorhanden. Eine zweite Generation scheint Anfang Oktober auf. Im September fehlen reife Tiere vollständig.

### Zusammenfassung

100 Proben aus dem Faxälvsystem zwischen Leipikvattnet und Ulriksfors wurden auf ihre prozentuelle Artzusammensetzung geprüft und eine Ausbildung von Planktonregionen gefunden, die in den chemisch weitgehendst gleichartigen Gewässern ein Ausdruck der klimatischen Verhältnisse ist.

Unter den 37 Entomostrakenarten konnten 11 (5 Cladoceren und 6 Copepoden) zu eingehenderen Vergleichen herangezogen werden.

Eine Einwirkung der Strömung konnte im unteren Teil des untersuchten Gebietes festgestellt und damit das auffällige Zusammen-vorkommen mehrerer Arten gedeutet werden.

Die Übereinstimmung mit den Angaben EKMANS über die Temperaturempfindlichkeit von *Cyclops strenuus*, *C. scutifer*, *Mesocyclops oithonoides*, *Diaptomus laticeps*, *D. laciniatus*, *D. gracilis*, *D. graciloides*, *Heterocope saliens* und *H. appendiculata* ist gut.

Ein Versuch, die Jahreszyklen mehrerer Arten zu beschreiben, wurde unternommen, doch müssen in diesem Zusammenhang vor allem noch quantitative Arbeiten ausgeführt werden, um zu einer Sicherheit zu gelangen.

### Literatur

- BREHM, V. 1930. Einführung in die Limnologie. Springer, Berlin.
- BROOKS, J. L. 1946. Cyclomorphosis in *Daphnia*. *Ecol. Monogr.* 16: 407—447.
- BRUNDIN, L. 1942. Zur Limnologie jämtländischer Seen. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 20: 1—104.
- 1949. Chironomiden u.a. Bodentiere der südschwed. Urgebirgsseen. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 30: 1—915.
- DIETRICH, W. 1905. Die Metamorphose der freileb. Süßwassercop. *Zeitschr. wiss. Zool.* 113: 252—324.
- EKMAN, S. 1904. Die Phyllopoden, Cladoceen und freileb. Copepoden der nordschwed. Hochgebirge. *Zool. JB. Abt. Syst.* 21 (1): 1—170.
- 1922. Djurvärldens utbredningshistoria på skandinaviska halvön. Bonnier, Stockholm.
- LIEDER, U. 1950. Beiträge zur Kenntnis des Genus *Bosmina* I. *Arch. für Hydrobiologie* 44: 77—122.
- 1953. Ein sicherer norddeutscher Fundort von *Daphnia cristata cristata*. *Zoll. Anz.* 150: 83—85.
- LILLJEBORG, W. 1900. Cladocera Sueciae. Uppsala.
- LINDBERG, K. 1949. Contribution à l'étude de quelques Cyclopides. *Arkiv för zoologi.* 1 (8): 87—99.
- LINDSTRÖM, T. 1949. Étude quantitative des Planctons Crustacées dans quelques lacs du Jämtland. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 29: 51—56.
- 1952. Sur l'écologie du zooplancton Crustacé. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 33: 70—165.
- LOHAMMAR, G. 1938. Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. *Symbolae Botanicae Upsalienses* 3: 1—252.
- MÄÄR, A. 1949. Fertility of Char (*Salmo alpinus* L.) in the Faxälven Water System, Sweden. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 29: 57—70.
- OHLE, W. 1940. Chemische Gewässererkundung in Schwedisch-Lappland. *Arch. für Hydrobiologie* 36: 337—358.
- RODHE, W. 1949. The ionic composition of lake waters. *Verh. Intern. Verein. Limnologie* X: 377—386.
- RUNNSTRÖM, S. and MÄÄR, A. 1950. *Lepidurus arcticus*, PALLAS, in Indalsälven and Faxälven watersystems, Sweden and Norway. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 31: 147—150.

- RUTTNER, F. 1930. Das Plankton des Lunzer Untersees. *Int. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydrogr.* 23: 1—287.
- 1931. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. *Arch. für Hydrobiologie. Suppl.* 7: 197—454.
- 1948. Die Methoden der quantitativen Planktonforschung. *Zeitschr. »Mikroskopie»*.
- 1952. Grundriss der Limnologie. Berlin.
- SABANEEFF, P. 1952. Das Zooplankton der Fulda-Expedition 1948. *Berichte Limnol. Flussstation Freudenthal* 3: 1—7.
- SARS, G. O. 1918. An account of the Crustacea of Norway. Vol. VI Copepoda Cyclopoida. Bergen.
- SCHWARZENBACH, S., BIEDEMANN, W. und BANGERTER, F. 1946. Neue einfache Titriermethoden zur Bestimmung der Wasserhärte. *Acta. Helv. Chim.* 29: 811.
- THIENEMANN, A. 1950. Die Binnengewässer. XVIII. Stuttgart.
- THOMASSON, K. 1951. Beiträge zur Kenntnis des Planktons einiger Seen im nordschwedischen Hochgebirge. *Schweiz. Zeitschr. Hydrol.* 13: 336—351.
- WAGLER, E. 1937. Die Tierwelt Mitteleuropas. II. Leipzig.
- ÅBERG, B. und RODHE, W. 1942. Über die Milieufaktoren in einigen südschwedischen Seen. *Symbolae Botanicae Upsalienses V (3)*: 1—256.

## **Test Fishing With Nets Made of Monofilament Nylon Thread**

By GÖSTA MOLIN

The continuous test fishing carried out by the Institute of Freshwater Research was extended during 1952 to include an additional item, namely the fitness of monofilament nylon thread for the manufacture of gill nets and test fishing with such tackle. It was apparent from the very first stages of the nylon tests — as was also shown by tests on a smaller scale — that monofilament nylon thread, being relatively invisible in the water, should be the ideal material for fishing tackle, but it soon proved that mechanical manufacture using the customary type of net knot was not possible. The knots slipped owing to the consistency of the thread and standard fixing of the unmounted net, which was effective in the case of twined nylon, did not give any positive results. The greater part of the experiments from then on were, therefore, entirely concentrated on the different qualities of twined nylon thread.

Industrial circles have, however, now turned their attention to this particular problem and to the large range of uses that monofilament nylon will in all probability have in the future for the fishing industry. The Institute has carried out some series of test fishing with nets made by hand from monofilament nylon using special knots. The interest for this type of nylon is very great and fishermen all round the country have made a considerable number of nets from such thread by hand and the majority of the fishing results have been above all expectations. It has not, however, been possible to check the test fishing with cotton and monofilament nylon carried out by the fishermen.

As far as the knotting question is concerned, there are a number of different knots from which to choose, but in the experiments carried out by the Institute the double sheet bend — with one exception — was that employed. This knot is as fast as can be desired, is quick and easy to tie and presumably the same type of knot will also be used for the machine-made nets. Even if the special knots are used, they will probably slip to some extent if the mesh is subjected to heavy loading in a certain direction, but this disadvantage is

not of practical importance, especially as it has been shown that the firmness of the knots increases after the net has been used for some time.

The main purpose was to find out the fishing qualities of nets made of cotton, twined nylon and monofilament nylon. Table 1 gives a list of the nets that were represented in the test fishing. All the nets were 150 cm deep.

Table 1. List of the nets used in the experiments.

| Net no. | Size of mesh:<br>Stretched mesh,<br>mm | Type of thread      | Yarn no. | Dimension<br>mm |
|---------|----------------------------------------|---------------------|----------|-----------------|
| 1       | 60                                     | Cotton              | 120/6    |                 |
| 2       | 60                                     | Twined perlon       | 120/6    |                 |
| 3       | 60                                     | Monofilament platil |          | 0.15            |
| 4       | 74                                     | Cotton              | 100/6    |                 |
| 5       | 74                                     | Twined nylon        | N 6      |                 |
| 6       | 74                                     | Monofilament platil |          | 0.20            |
| 7       | 94                                     | Cotton              | 80/6     |                 |
| 8       | 94                                     | Twined nylon        | N 6      |                 |
| 9       | 94                                     | Monofilament platil |          | 0.20            |
| 10      | 108                                    | Cotton              | 80/6     |                 |
| 11      | 108                                    | Twined nylon        | N 12     |                 |
| 12      | 108                                    | Monofilament nylon  |          | 0.22            |

As the monofilament thread is comparatively invisible in the water, its fishing qualities should be directly related to the light conditions and the muddiness of the water. The test fishing was carried out partly in Mid-Sweden, L. Mälaren and L. Halmsjön both providing a rather poor visibility, and partly in Northern Sweden, where L. Storavan and L. Uddjaur have a greater visibility. In each of these areas the test fishing took place both during the light period round Midsummer and in the autumn with its dark nights. The number of nettings per place and season was 11—13.

The result of the test fishing may be seen in table 2. The catches for the different mesh sizes are added together.

Twined nylon gave during the summer fishing about twice as large a catch as cotton net, which agrees with the results from earlier experiments. During the autumn fishing, however, there was less difference in the lakes in the North of Sweden.

The most positive result of the test fishing was the great superiority of the monofilament nylon as compared with cotton and twined nylon. This superiority was most apparent in the summer, as these nets were less visible in the water than both the other types of nets, but even during the dark autumn nights considerably greater catches were obtained with nets of this type. It may be interesting to note that the difference was greater in Mid-Sweden than in Northern Sweden, this being the case both in the summer and autumn. As the summer nights are much lighter in Northern than in

Table 2. Survey of nylon testfishing.

| Season        | Lake            | Net material       |    | White bream |     | Bream |     | Roach |     | Perch |       | Pike |      | Burbot |     | Pike perch |     | Trout |      | Grayling |      | Whitefish |      | Wht age-whit<br>in kg. |       | Aver-<br>age-whit<br>in grams |       |       |     |
|---------------|-----------------|--------------------|----|-------------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-------|------|------|--------|-----|------------|-----|-------|------|----------|------|-----------|------|------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|-----|
|               |                 |                    |    | No.         | kg. | No.   | kg. | No.   | kg. | No.   | kg.   | No.  | kg.  | No.    | kg. | No.        | kg. | No.   | kg.  | No.      | kg.  | No.       | kg.  | No.                    | kg.   | No.                           | kg.   | No.   | kg. |
| Autumn Summer | Mälaren         | Cotton             | 1  | 0.15        | 1   | 0.15  | —   | —     | —   | —     | 7     | 1.25 | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | —                             | 9     | 1.55  | 172 |
|               |                 | Twined nylon       | 6  | 0.90        | —   | —     | 4   | 0.65  | 12  | 2.40  | —     | —    | —    | —      | —   | —          | —   | 1     | 0.40 | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 23                            | 4.35  | 189   |     |
|               |                 | Monofilament nylon | 25 | 4.50        | 23  | 2.10  | 13  | 1.60  | 67  | 11.35 | 1     | 0.40 | —    | —      | —   | —          | —   | 3     | 1.00 | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 132                           | 20.95 | 158   |     |
| Autumn Summer | Mälaren         | Cotton             | 1  | 0.10        | 5   | 0.45  | 1   | 0.15  | 9   | 0.85  | —     | —    | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 16                            | 1.55  | 97    |     |
|               |                 | Twined nylon       | 3  | 0.35        | 11  | 1.15  | 3   | 0.55  | 13  | 1.30  | 1     | 2.25 | —    | —      | —   | —          | —   | 1     | 0.60 | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 32                            | 6.20  | 193   |     |
|               |                 | Monofilament nylon | 30 | 2.90        | 79  | 8.70  | 16  | 2.55  | 40  | 5.90  | —     | —    | —    | —      | —   | —          | —   | 3     | 1.05 | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 168                           | 21.10 | 125   |     |
| Autumn Summer | Halmstön        | Cotton             | —  | —           | 2   | 0.40  | 4   | 0.90  | 14  | 2.90  | —     | —    | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 20                            | 4.20  | 210   |     |
|               |                 | Twined nylon       | —  | —           | 19  | 4.05  | 8   | 2.10  | 14  | 3.25  | —     | —    | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 41                            | 9.40  | 229   |     |
|               |                 | Monofilament nylon | —  | —           | 87  | 14.05 | 7   | 1.35  | 67  | 19.75 | 3     | 1.40 | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 164                           | 36.55 | 223   |     |
| Autumn Summer | Halmstön        | Cotton             | —  | —           | 3   | 0.45  | 2   | 0.20  | 7   | 1.00  | —     | —    | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 12                            | 1.65  | 137   |     |
|               |                 | Twined nylon       | —  | —           | 6   | 1.50  | 2   | 0.30  | 8   | 2.35  | 3     | 2.65 | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 19                            | 6.80  | 357   |     |
|               |                 | Monofilament nylon | —  | —           | 33  | 4.50  | 5   | 0.75  | 32  | 9.05  | 6     | 3.45 | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | 76                            | 17.75 | 232   |     |
| Autumn Summer | Storvran-Uddåur | Cotton             | —  | —           | —   | —     | —   | —     | —   | 22    | 2.90  | —    | —    | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | —                             | 26    | 4.45  | 171 |
|               |                 | Twined nylon       | —  | —           | —   | —     | —   | —     | —   | 44    | 9.00  | 1    | 0.55 | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | —                             | 49    | 12.70 | 259 |
|               |                 | Monofilament nylon | —  | —           | —   | —     | —   | —     | —   | 95    | 16.00 | 4    | 3.45 | —      | —   | —          | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | —                             | 120   | 27.10 | 225 |
| Autumn Summer | Storvran-Uddåur | Cotton             | —  | —           | —   | —     | —   | —     | —   | 2     | 0.35  | —    | —    | —      | 4   | 1.65       | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | —                             | 19    | 4.90  | 276 |
|               |                 | Twined nylon       | —  | —           | —   | —     | —   | —     | —   | 1     | 0.15  | —    | —    | —      | 1   | 0.20       | —   | —     | —    | —        | —    | —         | —    | —                      | —     | —                             | 26    | 8.25  | 302 |
|               |                 | Monofilament nylon | —  | —           | —   | —     | —   | —     | —   | 3     | 0.35  | —    | —    | —      | 12  | 4.30       | —   | —     | —    | 1        | 1.15 | 1         | 0.60 | 51                     | 18.25 | 68                            | 24.65 | 362   |     |

## Summary of autumn and summer fishing:

|                    | Summer Autumn |             | Total of fish | Weight in kg | Average weight in grams |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|--------------|-------------------------|
|                    | No. of fish   | No. of fish |               |              |                         |
| Cotton             | 55            | 53          | 108           | 20.30        | 188                     |
| Twined nylon       | 113           | 80          | 193           | 48.25        | 248                     |
| Monofilament nylon | 416           | 312         | 728           | 148.10       | 203                     |

Southern Sweden, the monofilament nylon nets should give a comparatively greater catch there. This state of affairs is probably connected to some extent with the species of fish caught. What improved the statistics for the monofilament nets in L. Mälaren and L. Halmsjön were the large quantities of bream and white bream (*Abramis blicca*) that were obtained with these nets in particular. These species of fish do not occur in L. Storavan or L. Uddjaur.

Another interesting thing can be seen from table 2 in connection with the average weight of the fish. The elasticity of both the twined and monofilament nylon thread is, as we know, considerably greater than that of cotton yarn so that there is a possibility that larger fish will be caught than those ordinarily caught in cotton net of this mesh-size. Such a difference in weight can also be found, especially between twined nylon and cotton, but the difference diminishes when monofilament nylon and cotton are compared. This depends amongst other things on the large number of white bream and bream, which are caught with the monofilament nylon nets. The average weight of these fish was somewhat lower than those caught with cotton nets. A summary of the test fishing shows that the monofilament nylon nets caught on an average approximately 4 times as much fish as the twined nylon nets and not less than approximately 7 times as much as the cotton nets. It is obvious that tackle made from monofilament nylon offers good possibilities for effectively exploiting the supply of fish in our lakes.

Two lesser experiments were carried out, to discover to what extent the dimension and degree of stiffness of the monofilament nylon thread influence the snaring capacity of the nets. One comprised 2 gill nets with the same size of mesh and with thread of exactly the same thickness but of two different types, one being soft, flexible platil and the other stiffer perlon. In the other case the size of mesh was the same in both nets, but the thread in one of the nets was extra coarse. The results may be seen in table 3.

Table 3. The difference in the fishing qualities between perlon and platil nets with 1. thread of the same thickness and 2. threads of different thickness.

|    | Type of thread | Dimension<br>in mm | Size of mesh,<br>stretched mesh<br>in mm | No of<br>fish | Weight<br>in kg |
|----|----------------|--------------------|------------------------------------------|---------------|-----------------|
| 1. | Platil .....   | 0.15               | 60                                       | 455           | 64.25           |
|    | Perlon .....   | 0.15               | 60                                       | 339           | 46.70           |
| 2. | Platil .....   | 0.20               | 94                                       | 56            | 23.85           |
|    | Perlon .....   | 0.22—0.26          | 94                                       | 21            | 11.85           |

The figures show that the soft platil is better than stiff perlon, and also how necessary it is for the size of the thread to be suited to the size of the mesh in question. The following sizes of thread in relation to the size of mesh can be recommended, based on knowledge gained during the experiments.

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| Stretched mesh, 60 mm ..... | 0.15—0.17 mm |
| »    »    66—94 mm .....    | 0.20—0.23 mm |
| »    »    94—108 mm .....   | 0.23—0.25 mm |

It should be noted that the thread dimensions given on the packets are not always reliable. The figures for platil and French nylon are as a rule correct, but where perlon is concerned it is very often coarser and thread marked 0.20 mm is not seldom in reality 0.22—0.23 and even coarser. Of course, it is just as incorrect to use too thin thread for the purpose. Even if larger catches can be obtained with it, the risk for the nets being torn to pieces is far too great. The nets can admittedly be mended — with special knots! — but this work takes longer than with ordinary nets and in addition the knots used for mending will be comparatively large. If the mends gradually become extensive, the size of the knots should have an unfavourable effect on the fishing qualities of the nets.

The investigations now described show that monofilament nylon possesses an extremely high snaring capacity (cf. BRANDT, 1952) and it is only the technical difficulties in manufacturing, which prevent tackle made of such thread from being more generally used. The problem of how to manufacture nets of monofilament nylon thread by machine has, however, now been solved, although production for various reasons has not yet been started. The methods employed to make the knots hold follow two entirely different principles. In one case the unmounted nets are made in net machines, which tie double sheet bends, and this type of knot has proved fully effective in the test fishing. In the other case the nets are bound with ordinary knots, after which the unmounted nets undergo chemical treatment to make the knots fixed. The method has been tested by the Institute both in the laboratory and in fishing and the knots have stood the tests very well. It may be added that the first-mentioned method is of Finnish origin, while the last-mentioned is the result of work done by Swedish engineers.

### Reference

- BRANDT, A. v. 1952. Erfahrungen mit Platil-Netzen beim Fang von Edelfischen. *Der Fischwirt* (6): 210—213.



# Die Schuppenmissbildungen bei der Forelle, *Salmo trutta* L., und eine Deutung dieser Erscheinung

VON KARL MÜLLER

## I. Vorwort

In verschiedenen Abhandlungen, die sich mit der anormalen Ausbildung der Teleostierschuppe auseinandersetzen, wurde die Erscheinung der Schuppenmissbildung als Regeneration verlorengegangenen Schuppenmaterials gedeutet (SCHIEMENZ 1898, SCHIMKE 1933, WUNDER 1948). Als Ursache des Verlustes wurde allgemein eine äussere mechanische Einwirkung angesehen.

Nun wurden die Untersuchungen von den genannten Autoren ausschliesslich an Cypriniden durchgeführt. Es ist allgemein bekannt, dass die Schuppen der Fische dieser Teleostiergruppe nur sehr schwach im Corium verankert sind, mechanische Verluste also sehr leicht eintreten können. Besonders hoch werden selbstverständlich diese Verluste bei Kulturfischen sein. WUNDER (1948) berichtet, dass bei Karpfen, *Cyprinus carpio* L., »die regenerierten Schuppen hauptsächlich am Schwanzende, an den Seiten und im vorderen Körperviertel liegen».

An einem umfangreichen Material aus Zentraleuropa und Skandinavien wurde in den nachfolgenden Ausführungen versucht, bei drei nahe verwandten Salmoniden die Verhältnisse der Schuppenausbildung aufzuzeigen und nach einer Deutung dieser Erscheinung zu suchen. Es wurde dabei nicht der Begriff »Regeneration« (resp. »regenerierte Schuppe«) gewählt, da alle bisherigen Autoren als Ursache der Regeneration einen mechanischen Verlust ansehen. Ich vertrete demgegenüber die Ansicht, dass auch andere Faktoren Missbildungen in der Schuppenausbildung bedingen können.

## II. Methodik der Untersuchungen

Bei einem Blick auf die Abbildungen im Handbuch von NITSCHKE, HEIN, RÖHLER (1952) ergibt sich eine auffällige Diskrepanz zwischen den Schuppenbildern von *Salmo trutta lacustris* und *Salmo trutta* einerseits und dem Schuppenbild von *Salmo trutta fario* andererseits. Beim Bild der letzteren

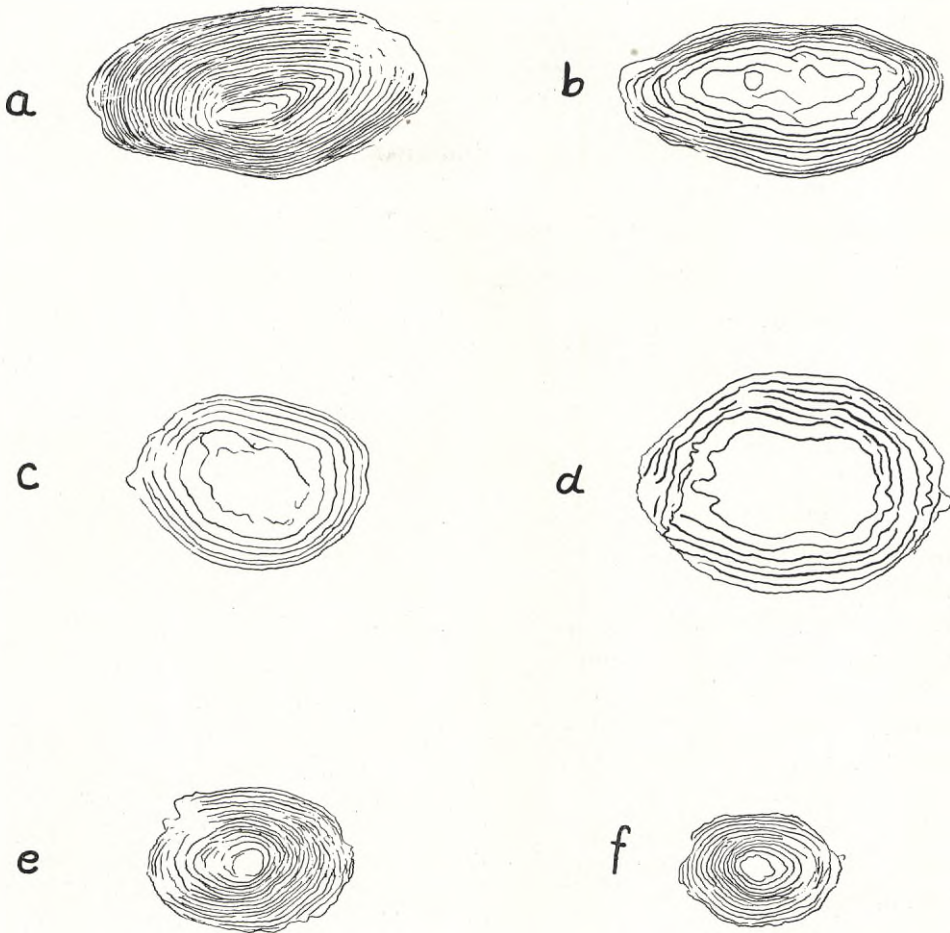


Abb. 1 a.—f. Verschiedene Schuppenbildungen einer Bachforelle, *Salmo trutta fario* L. 40×.

- a. Normalschuppe.
- b.—d. Verschiedene Formen der Missbildung.
- e. f. Extrem klein ausgebildete Schuppen.

Form fehlt im Gegensatz zu den beiden anderen die gleichmässig konzentrische Streifung im Zentrum der Schuppe; stattdessen erscheint das Zentrum schollenartig aufgelöst. Es ergibt sich daher die Frage, welches der beiden Schuppenbilder für die Forellenschuppe als normales anzusehen ist.

Unter »Normalschuppe» verstehen wir in den vorliegenden Ausführungen eine Schuppe, die die für die Gattung *Salmo* typische ovale Form in der Richtung der Oral—Caudalebene zeigt. Um das Schuppenzentrum legen sich dabei regelmässig konzentrische Striae an, die nur in den Bereichen verminderten Wachstums (»Winterringbildung») Abbrüche und Verengungen auf-

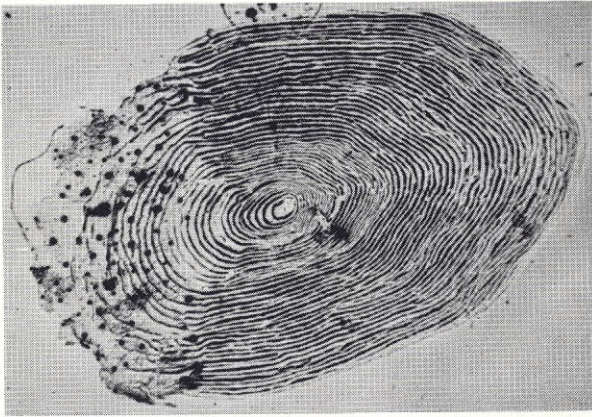


Abb. 2. Normalschuppe einer Meerforelle, *Salmo trutta* L. 25 ×.

weisen. In den Abbildungen 1 a und 2 wird diese Schuppenausbildung für die Bachforelle und die Meerforelle dargestellt.

Die »Missbildung« ist am markantesten im Schuppenzentrum ausgeprägt. Hier fehlt der normale Striaeverlauf, oft findet man Schuppen, die bis zur Schuppenperipherie eine schollenartige Auflösung zeigen, meist ist aber nur  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  des Schuppendurchmessers in dieser Weise ausgebildet. Auch abnorm klein ausgebildete »Normalschuppen« wurden als Missbildung angesehen. Seltener wurden Schuppen beobachtet bei denen zwei oder drei Schuppenzentren verwachsen waren (Siehe auch Abbildung 3 und 4). Völlig vom Typus der Salmonidenschuppe weicht die in Abbildung 5 dargestellte Schuppe ab, die nur bei der Meerforelle gefunden wurde. In den Abbildungen 1 b.—f., 3, 4 und 5 sind die verschiedenen Ausprägungen der Missbildung zeichnerisch und photographisch dargestellt. Es ist besonders darauf hinzuweisen, dass alle Schuppen der Abbildung 1 einem Fisch entstammen und aus dem Bereich zwischen Seitenlinie und Dorsalflosse entnommen wurden.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Missbildungen bei allen drei Salmonidenformen in gleicher Weise und in gleicher morphologischer Ausprägung auftreten.

Die Untersuchungen wurden so durchgeführt, dass von beiden Körperseiten aus den in Abbildung 6 gezeigten Körperbereichen Schuppen entnommen wurden und auf die Anteile »Normal« und »Missgebildet« ausgezählt wurden.

An dem grossen Material, dass in der Untersuchung »Bonäshamn« bearbeitet wurde, wurde die Frage untersucht, ob die Missbildung in verschiedenen Körperbereichen gehäuft auftritt. Wenn WUNDER's Hypothese auch für die Salmoniden zutrifft, so sollten an den mechanisch am meisten beanspruchten Stellen missgebildete Schuppen besonders häufig auftreten. Zur Sicherung dieser Befunde wurde die  $\chi^2$ -Methode benutzt. Als »erwarteter Wert« lag der Berechnung das Verhältnis aller Missgebildeten zu allen Nor-

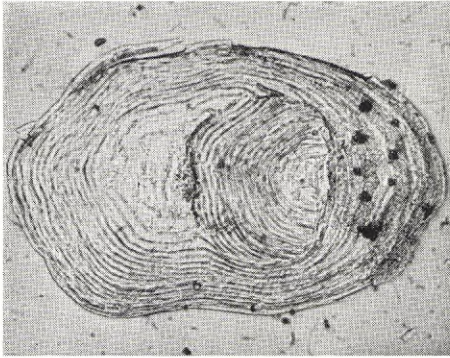


Abb. 3. Verwachsung von zwei Schuppenanlagen bei der Meerforelle, *Salmo trutta* L. 30 ×.

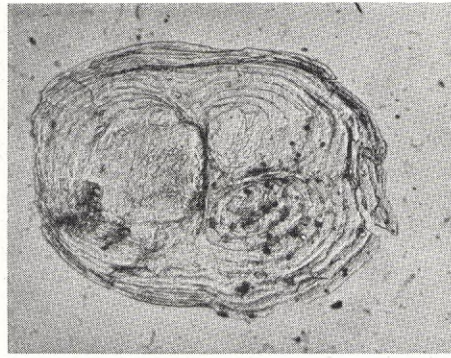


Abb. 4. Verwachsung von drei Schuppenanlagen bei der Meerforelle, *Salmo trutta* L. 30 ×.

malen Schuppen einer Population zugrunde. Der »gefundenen Wert« war dann das entsprechende Schuppenverhältnis eines Bereiches.

Zu den Untersuchungen stand ein umfangreiches Material aus Mittel- und Nordeuropa zur Verfügung. Herkunft und Menge des bearbeiteten Materials sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Übersicht über Herkunft und Menge des in den Untersuchungen bearbeiteten Materials.

| Material                            | Anzahl untersuchter Fische | Ort                                                         |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <i>Salmo trutta trutta</i> .....    | 20                         | Bonäshamn, Jämtland/Schweden                                |
| » » » .....                         | 9                          | Kusträsk, Norbotten/Schweden                                |
| » » » .....                         | 6                          | Rombach, Breitenbach<br>Mitteldeutsches Bergland            |
| » » » .....                         | 5                          | Westliche Ostsee                                            |
| <i>Salmo trutta lacustris</i> ..... | 22                         | Bodensee/Voralpengebiet                                     |
| <i>Salmo trutta fario</i> .....     | 148                        | Fulda, Nässe, Mölle — Bäche des Mitteldeutschen Berglandes. |

### III. Spezielle Untersuchungen zur Schuppenmissbildung bei der Meerforelle, *Salmo trutta* L., Seeforelle *Salmo trutta lacustris* L., und der Bachforelle, *Salmo trutta fario* L.

#### 1.) Untersuchungen an der Meerforelle, *Salmo trutta* L.

##### a.) Untersuchung »Bonäshamn».

In dem hier zur Verfügung stehenden Material bot sich eine günstige Gelegenheit, grundsätzliche Fragen der Erscheinung der Schuppenmissbildung

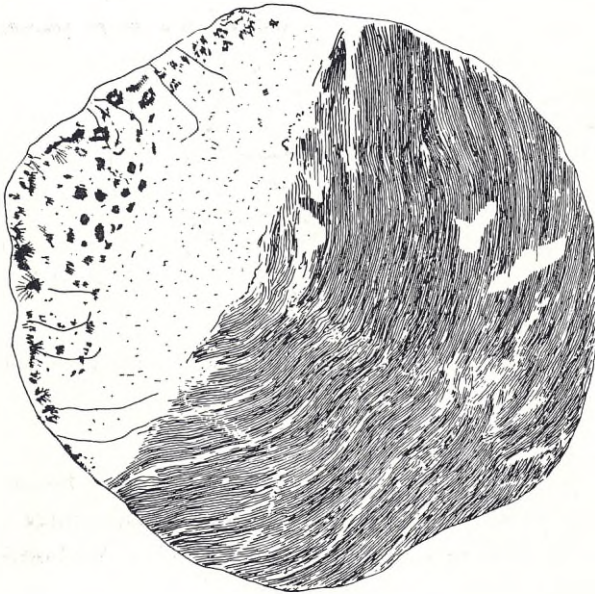


Abb. 5. Völlig vom Bau der Salmonidenschuppe abweichende Schuppe der Meerforelle, *Salmo trutta* L. 20 ×.

zu klären. Die Fische dieser Untersuchung waren gleichen Ursprungs, nur waren sie unter verschiedenen Umweltbedingungen aufgewachsen. Sie stammten von künstlichen Erbrütungen des Winters 1947/48. Die Erbrütung erfolgte in der Fischzuchtanstalt Bonåshamn, die im Flussgebiet des Indals-Älvs, im westlichen Teil der schwedischen Provinz Jämtland liegt. Im Oktober 1948 wurden die Fische mit einem Mittelgewicht von 1,9 g in einem Fischteich in Bonåshamn ausgesetzt. Die Fische verblieben in diesem Teich bis zum 2.9.1950. Sie wurden dann nach Grösse sortiert und 4500 Fische mit einem Mittelgewicht von 50 g und 4000 Fische mit einem Mittelgewicht von 30 g in verschiedenen Teichen ausgesetzt.

Aus jedem dieser Teiche standen Anfang Dezember 1952 10 Fische zu Untersuchungen zur Verfügung. Dabei zeigten sich zwischen beiden Gruppen ganz erheblich Längendifferenzen. Die Gruppe, deren Mittelgewicht 1950 30 g betrug, hatte eine durchschnittliche Länge von 21,4 cm (Variationsbreite 19,0—23,5 cm). Die 50 g Gruppe hatte demgegenüber eine durchschnittliche Länge von 30,8 cm (Variationsbreite 29,0—33,0 cm). Alle untersuchten Fische waren männlichen Geschlechts. Die Ursache für diese erhebliche Wachstumsdifferenz liegt darin, dass nach der Selektion bei der Trennung im Jahre 1950 die schwachwüchsigen Fische in einem Teich gebracht wurden, in welchem die Relation von Stückzahl eingesetzter Fische zur Wasserfläche wesentlich ungünstiger lag als bei der wachstumsbegünstigten Form. Die geringwüchsigen Fische wurden also unter verschlechterten Lebensbedingungen gehalten, während die grosswüchsigen weiter in ihrem Wachstum gefördert wurden. Diese extremen Lebensbedingungen sind nun

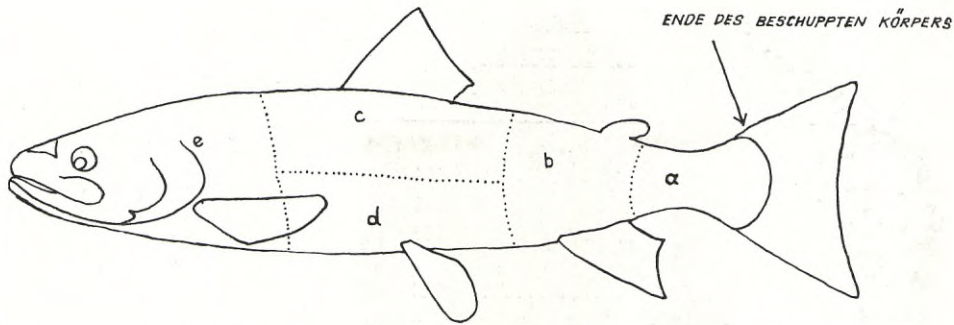


Abb. 6. Übersicht über die verschiedenen Körperbereiche aus denen die Schuppen entnommen wurden.

für die Untersuchung des Problems der Schuppenmissbildungen von besonderer Bedeutung, da sie sich im Grade der Schuppenmissbildung ganz augenfällig ausdrücken. Unter Zugrundelegung der oben angeführten Methodik zeigten sich folgende Ergebnisse. (Vergl.: Tabelle 2, 3.)

b.) Untersuchung »Kusträsk».

Dieses Gewässer liegt im System des Lule-Älv in der schwedischen Provinz Norrbotten. Es standen für die Untersuchungen 9 Fische zur Verfügung. Die Fische wurden in der Fischbrutanstalt »Kusträsk» erbütet und stammten von einheitlichen Material der Brutperiode 1951/52. Sie wurden dann im Frühjahr 1952 in Aufzuchtteiche ausgesetzt. Diese Aufzuchtteiche waren

Tabelle 2. Die Schuppenmissbildung bei der grosswüchsigen Form der Meerforelle, *Salmo trutta* L., aus Teichen in Bonäshamn. 10, Fische, Längenvariation 29.0—33.0 cm.

| Körperbereich                     | Normal | Missgebildet | P-Wert |
|-----------------------------------|--------|--------------|--------|
| Linke Körperseite:                |        |              |        |
| a .....                           | 325    | 958          | 0,15   |
| b .....                           | 334    | 1009         | 0,25   |
| c .....                           | 272    | 979          | 0,15   |
| d .....                           | 265    | 970          | 0,22   |
| e .....                           | 355    | 1004         | 0,05   |
| Rechte Körperseite:               |        |              |        |
| a .....                           | 324    | 1021         | 0,70   |
| b .....                           | 278    | 946          | 0,45   |
| c .....                           | 277    | 1060         | 0,05   |
| d .....                           | 318    | 1098         | 0,55   |
| e .....                           | 321    | 1015         | 0,65   |
| Gesamtzahl untersuchter Schuppen: | 3096   | 10060        | 0,65   |

Verhältnis: 1 : 3,2

Tabelle 3. Die Schuppenmissbildung bei der kleinwüchsigen Form der Meerforelle, *Salmo trutta* L. 10 Fische, Längenvariation 19,0—23,5 cm.

| Körperbereich                     | Normal | Missgebildet | P-Wert |
|-----------------------------------|--------|--------------|--------|
| Linke Körperseite:                |        |              |        |
| a .....                           | 101    | 965          | 0,85   |
| b .....                           | 111    | 1018         | 0,60   |
| c .....                           | 127    | 1195         | 0,70   |
| d .....                           | 117    | 1129         | 0,90   |
| e .....                           | 120    | 1140         | 0,80   |
| Rechte Körperseite:               |        |              |        |
| a .....                           | 104    | 930          | 0,25   |
| b .....                           | 139    | 1059         | 0,04   |
| c .....                           | 98     | 1206         | 0,05   |
| d .....                           | 106    | 1135         | 0,40   |
| e .....                           | 93     | 1102         | 0,05   |
| Gesamtzahl untersuchter Schuppen: |        | 1116         | 10879  |
| Verhältnis: 1 : 9,7               |        |              |        |

ausserordentlich nahrungsreich, wahrscheinlich eine Folge künstlicher Düngung (Kalziumphosphat). Der Grad der hier beobachteten Schuppenmissbildung ist aus folgender Tabelle zu ersehen.

Tabelle 4. Die Schuppenmissbildung bei der einsömmerigen Meerforelle, *Salmo trutta* L., im Aufzuchtteich von »Kusträk».

| Anzahl unter-<br>suchter Fische | Verhältnis |              | Faktor |              |
|---------------------------------|------------|--------------|--------|--------------|
|                                 | Normal     | Missgebildet | Normal | Missgebildet |
| 9                               | 620        | 91           | 6,8    | 1            |

c.) Untersuchungen »westliche Ostsee» und »Breitenbach-Rombach».

Bei der Bearbeitung des Problems der Schuppenmissbildung stand ein geringes Material von Meerforellen aus der westlichen Ostsee im Herbst 1950 zur Untersuchung zur Verfügung. Die Schuppenverhältnisse waren wie folgt.

Tabelle 5. Die Schuppenmissbildung bei der Meerforelle, *Salmo trutta* L. aus der westlichen Ostsee.

| Anzahl unter-<br>suchter Fische | Verhältnis |              | Faktor |              |
|---------------------------------|------------|--------------|--------|--------------|
|                                 | Normal     | Missgebildet | Normal | Missgebildet |
| 5                               | 289        | 5            | 58     | 1            |

Auf Grund der Schwierigkeiten, Schuppenmaterial von Marktfischen zu bekommen, führten wir folgenden Versuch durch.

Meerforellenbrut des Jahrganges 1949/1950 der Fischzuchtanstalt Altmühlendorf (Deutschland, Schleswig-Holstein) wurde zunächst in einem

Teich der Teichwirtschaft »Sieben Quellen« in Oesede/Westfalen aufgezogen. Nach einem Jahr wurden je 150 Meerforellen am 20.7.1951 in den Bächen »Rombach« und »Breitenbach« (Mitteldeutsches Bergland) ausgesetzt. Die Bäche waren vorher elektrisch abgefischt worden, so dass Verwechslungen weitgehend ausgeschaltet wurden. Die Nahrungsbedingungen in beiden Bächen waren sehr gut. Die Schuppenuntersuchungen wurden an je drei Fischen aus beiden Bächen durchgeführt. Die Fische des »Rombach« wurden nach vier Monaten entnommen, die des »Breitenbach« nach sechs Monaten. Es zeigten sich folgende Zahlenverhältnisse.

Tabelle 6. Die Schuppenmissbildung bei der Meerforelle, *Salmo trutta* L., im »Rombach« und »Breitenbach«.

| Ort               | Anzahl unter-<br>suchter Fische | Verhältnis |              | Faktor |              |
|-------------------|---------------------------------|------------|--------------|--------|--------------|
|                   |                                 | Normal     | Missgebildet | Normal | Missgebildet |
| Rombach .....     | 3                               | 1050       | 80           | 14,1   | 1            |
| Breitenbach ..... | 3                               | 630        | 45           | 14,0   | 1            |

2.) Untersuchungen an der Seeforelle, *Salmo trutta lacustris* L., aus dem Bodensee.

Für die Untersuchung der Verhältnisse der Schuppenmissbildung bei dieser Form standen 20 Fische aus dem Bodensee zur Verfügung. Alle Fische gehörten der Altersgruppe III an und hatten eine Länge von 30—35 cm.

Tabelle 7. Die Schuppenmissbildung bei der Seeforelle, *Salmo trutta lacustris* L. aus dem Bodensee.

| Anzahl unter-<br>suchter Fische | Verhältnis |              | Faktor |              |
|---------------------------------|------------|--------------|--------|--------------|
|                                 | Normal     | Missgebildet | Normal | Missgebildet |
| 20                              | 1736       | 988          | 1,7    | 1            |

3.) Untersuchungen an der Bachforelle, *Salmo trutta fario* L., aus dem Mitteldeutschen Bergland.

In den Jahren 1950 und 1951 wurden an verschiedenen Forellen-Populationen des Mitteldeutschen Berglandes Untersuchungen über den Grad der Schuppenmissbildung durchgeführt. Jeder Forelle wurden dabei etwa 100 Schuppen aus den verschiedenen Körperbereichen entnommen. Die Forellen entstammten dem Oberlauf des Flusses »Fulda« und dem kleinen Bach »Nässe« — beides Bäche des Rhöngebirges — und dem Bach »Mölle« im Weserbergland. Bei allen Fischen fanden sich die gleichen Missbildungen der Schuppen. Bei einem mittleren Verhältnis von 1 : 3,2 (Verhältnis Normal : Missgebildet) konnten Variationen von 1 : 2,5 bis 1 : 6,5 beobachtet werden.



Tabelle 8. Die Schuppenmissbildung bei der Bachforelle, *Salmo trutta fario* L., in Bächen des Mitteldeutschen Berglandes.

| Anzahl unter-<br>suchter Fische | Verhältnis |              | Faktor |              |
|---------------------------------|------------|--------------|--------|--------------|
|                                 | Normal     | Missgebildet | Normal | Missgebildet |
| 148                             | 4039       | 12733        | 1      | 3,2          |

Besondere Beachtung verdient eine Untersuchung an zwei Forellen aus dem »Sassener Bach« (Vogelsberg, Mitteldeutsches Bergland). Dieser Bach hat eine Länge von ca. 5 km. Er weist während der grössten Zeit des Jahres nur eine geringe Wassermenge auf. Etwa im oberen Drittel seines Laufes durchfliesst der Bach einen stark eutrophen Dorfteich, der zur Karpfenzucht genutzt wird. Im April des Jahres 1950 wurde der »Sassener Bach« mit Forellenbrut besetzt, nachdem er zuvor mit dem Elektrofischgerät abgefischt worden war. Im Herbst desselben Jahres wurde der Teich abgefischt und lag über Winter trocken. Er wurde im Frühjahr 1951 erneut bespannt und mit Karpfen besetzt. Bei der Herbstabfischung wurde beobachtet, dass einige Forellen in den Teich eingewandert waren. Die Schuppenverhältnisse der Teichform (Länge=16,0 cm) und der Bachform (Länge=12,0 cm) wurden untersucht.

Tabelle 9. Die Schuppenmissbildung bei der Bachforelle, *Salmo trutta fario* L., im »Sassener Teich«.

| Anzahl unter-<br>suchter Fische | Verhältnis |              | Faktor |              |
|---------------------------------|------------|--------------|--------|--------------|
|                                 | Normal     | Missgebildet | Normal | Missgebildet |
| 1                               | 1253       | 135          | 9,1    | 1            |

Tabelle 10. Die Schuppenmissbildung bei der Bachforelle, *Salmo trutta fario* L., im »Sassener Bach«.

| Anzahl unter-<br>suchter Fische | Verhältnis |              | Faktor |              |
|---------------------------------|------------|--------------|--------|--------------|
|                                 | Normal     | Missgebildet | Normal | Missgebildet |
| 1                               | 228        | 1507         | 1      | 6,6          |

#### IV. Untersuchungen zur Frage des verschiedenen Längenwachstums normaler und missgebildeter Schuppen

Wie SCHIEMENZ (1898) und WUNDER (1948) berichten, geht der Regenerationsprozess nach dem Verlust einer Schuppe sehr schnell vor sich. Nach dem letztgenannten Autor dauert beim Karpfen die Regeneration etwa 4 Wochen. Bei einem Fisch, der sehr viel Missbildungen aufweist, müssten also immer einige Schuppen in der Regenerationsphase sein, und zwischen normalen und missgebildeten Schuppen eines Fisches müssten Grössenunterschiede be-

stehen. An einem Fisch des grosswüchsigen Stammes der Untersuchung »Bonäshamn» wurde diese Frage untersucht. Aus jedem der zehn Körperbereiche wurden 20 normale und 20 missgebildete Schuppen entnommen und ihre Länge in oral-caudaler Richtung gemessen.

Tabelle 11. Vergleich der Längenausbildung von normalen und missgebildeten Schuppen der Meerforelle, *Salmo trutta* L.

| Schuppenausbildung      | Anzahl untersuchter Schuppen | Mittelwert der Schuppenlänge (mm) |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Normal ausgebildet..... | 200                          | 2,8                               |
| Missgebildet .....      | 200                          | 2,8                               |

Bei der benutzten Messmethodik (Messgenauigkeit  $\pm 0,1$  mm) ist also kein Unterschied festzustellen.

Entweder befanden sich nun in diesem Beispiel gerade keine Schuppen in der Regenerationsphase, oder aber es liegt gar keine Regeneration im Sinne der obengenannten Autoren vor.

## V. Deutung der Schuppenmissbildung bei der Forelle

Die in den vorstehenden Ausführungen beschriebenen Befunde zeigen deutlich, dass es durchaus problematisch ist, im Sinne WUNDER's verallgemeinernd die Erscheinung der Missbildung nur als Regeneration eines mechanisch verlorenen Schuppenmaterials zu erklären. Naheliegender wäre die Ansicht PETROV-PETRUSCHEWSKIS (1929). Diese Autoren vertreten die Ansicht, dass die »regenerierten» Schuppen dadurch zustande kommen, dass an der »Schuppenpyramide» die apikalwärts gelegenen, älteren Fibrillarplatten abgestossen werden können, und dass damit die sogenannten »regenerierten» Schuppen, deren Mittelfeld korrodiert ist, entstehen. Dies würde eine Abstossung von Schuppensubstanz bedeuten, und man könnte davon ausgehend in Erwägung ziehen, ob im Extrem nicht ganze Schuppen abgestossen werden, deren Ersetzung teilweise auch von benachbarten Schuppen her Unregelmässigkeiten im Schuppenbild herbeiführen. Nach dieser Ansicht könnten auch die eigenartigen Schuppenbildungen verstanden werden, bei denen mehrere Schuppenzentren verwachsen sind. (Vergleiche hierzu auch die Abbildungen 3 und 4.).

Stellen wir die Frage nach den Ursachen der bei den einzelnen Populationen beobachteten Missbildungen des Schuppenbildes, so haben wir neben der Ansicht von PETROV-PETRUSCHEWSKIS zwei Deutungsmöglichkeiten.

- 1.) Genetisch bedingte Veränderung der Schuppenausbildung.
- 2.) Umweltbedingte Veränderung der Schuppenausbildung.

Eine genetisch bedingte Veränderung der Schuppenausbildung erscheint unwahrscheinlich. Im Falle der Untersuchung »Bonäshamn« stand uns ein genetisch weitgehend gleiches Material zur Verfügung. Ein genetisch bedingter Schuppendefekt hätte sich in beiden Stämmen gleich auswirken müssen. Noch deutlicher kommt dies in den Untersuchungen »Sassener Bach« und »Sassener Teich« zum Ausdruck.

Beide Untersuchungen zeigen aber eine interessante Kopplung zweier Merkmale. Einmal ist bei deutlicher Geringwüchsigkeit ein hoher Prozentsatz missgebildeter Schuppen festzustellen. Andererseits zeigen die Fische mit dem besseren Wachstum eine wesentlich geringere Missbildung der Schuppen.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, dass bei allen Vertebraten durch eine Verschlechterung der Umweltverhältnisse, z.B. durch Verschlechterung der Ernährung, Defekte in den Coriumderivaten auftreten (Haarausfall, Verringerung des Wachstums der betreffenden Organe).

Es liegt nun nahe, auch die Schuppenmissbildungen auf Verschlechterung der Ernährung, wesentliches Sinken der Temperatur unter die optimale Jahresisotherme, das Fehlen bestimmter anorganischer Aufbaustoffe oder ganz allgemein auf schlechte Umweltverhältnisse zurückzuführen.

SCHIEMENZ (1938) wies erstmalig auf die Erscheinung der »gestörten« Schuppe hin. Wenn seine Untersuchungen auch auf einem sehr geringen Material beruhen, so kommt er doch zu dem Schluss, die Ursachen der Störung in Umweltbedingungen zu suchen. WILLER begründet das Bild der gestörten Schuppe damit, dass es die gewöhnliche Schuppe der Bachforelle darstellt — eben einer Kümmerform (mündliche Mitteilung an SCHIEMENZ und Verfasser). Vom Autor selbst wurde bereits anderorts (MÜLLER 1953) ein Zusammenhang zwischen Schuppenmissbildungen, bzw. Reduktion der Vomerbezahnung und der Appendices pyloricae mit der Isolierung der Bachforelle im kaltstenothermen Bereich vermutet.

Auf Grund des vorliegenden Zahlenmaterials über Vorkommen und Häufigkeit normaler und missgebildeter Schuppen verschiedener Salmonidenformen und Populationen ist die Folgerung zwingend, eine wesentliche Ursache der Defekte in Umwelteinflüssen zu suchen. Das schaltet nicht die Tatsache aus, dass auch bei Schuppenverlusten eine Regeneration erfolgt, so wie sie von WUNDER und seinen Schülern eindeutig nachgewiesen wurde. Ich halte es aber für unwahrscheinlich, dass sich solche »Regenerate« im Sinne WUNDER's in der Häufigkeit und Gleichmässigkeit über die ganze Körperoberfläche verteilen, wie es die Untersuchung »Bonäshamn« gezeigt hat. Wir müssen deshalb — über die Ansicht WUNDER's hinaus — für die hier behandelten Salmoniden auch in Umwelteinflüssen Ursachen von Schuppendefekten suchen.

## VI. Zusammenfassung

- 1.) Zwischen der Häufigkeit der Schuppenmissbildungen und den Abwuchsbedingungen besteht ein direkter Zusammenhang: schlechtwüchsige Fische weisen einen wesentlich höheren Grad von Schuppenmissbildungen auf als gut wachsende.
- 2.) Der Prozentsatz von Schuppenmissbildungen ist in allen Körperregionen gleich. Damit entfällt weitgehend die Möglichkeit, die missgebildeten Schuppen als Regenerationsprodukte nach vorherigem Schuppenausfall bei mechanischer Beanspruchung bestimmter Körperregionen zu deuten.
- 3.) Differenzen in der Länge missgebildeter und normaler Schuppen konnten nicht festgestellt werden.

Für die praktische Fischerei ergibt sich aus diesen Erkenntnissen die Möglichkeit eines Testes, der Rückschlüsse auf die Qualität eines Wohngewässers zulässt.

## Literatur

- MÜLLER, K. 1952. Beobachtungen an Meerforellen in Mittelgebirgsbächen. *Der Fischwirt* 5: 170—172.
- 1953. Zur Artbildung der Bachforelle. *Arch. f. Hydrob.* Im Druck.
- NITSCHKE, HEIN, RÖHLER. 1932. Die Süßwasserfische Deutschlands. Berlin.
- PETROV-PETRUSCHEWSKI. 1929. Beiträge zur Kenntnis der Struktur der Schuppen von *Cyprinus carpio* L. *Zool. Anzeiger*, 84: 257—269.
- SCHIEMENZ, F. 0000. Wie ist der Unterschied in der Ertragsfähigkeit der Forellenbäche verschiedener Höhenlagen Mitteldeutschlands zu erklären? Antipa Festschrift, Bukarest 0000: 1—21.
- SCHIEMENZ, P. 0000. Über die Regeneration von Schuppen bei Plätzen. *Fisch. Ztg.* 23: 64.
- SCHIMKE, H. 1933. Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration am Karpfen. Dissertation, Breslau.
- WUNDER, W.-SCHIMKE, H. 0000. Wundheilung und Regeneration beim Karpfen. *Arch. f. Entwicklungsmech.* 133: 00—00.
- WUNDER, W. 1948. Beobachtungen über die Schuppendegeneration beim Goldfisch, *Carassius auratus* L., beim Karpfen, *Cyprinus carpio* L., und bei der Brachse, *Abramis brama* L. *Arch. f. Entwicklungsmech.* 143: 396—407.

# Produktionsbiologische Untersuchungen in Nord-schwedischen Fließgewässern

## Teil I. Der Einfluss der Flössereiregulierungen auf dem quantitativen und qualitativen Bestand der Bodenfauna

VON KARL MÜLLER

### Inhalt

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Vorwort .....                                                                                                                                       | 90  |
| I. Die Physiographie des Untersuchungsgebietes .....                                                                                                | 91  |
| Allgemeine Charakteristik und geographisch-geologische Beschreibung des Untersuchungsgebietes .....                                                 | 91  |
| Die Flössereiregulierung (Reinigung) und die dadurch bedingte Veränderung der physiographischen Bedingungen .....                                   | 93  |
| Auswahl der Untersuchungspunkte .....                                                                                                               | 94  |
| II. Methodik der Untersuchungen .....                                                                                                               | 95  |
| III. Ergebnisse der Untersuchungen über den Einfluss der Flössereiregulierungen auf den qualitativen und quantitativen Bestand der Bodenfauna ..... | 97  |
| Bodträskån .....                                                                                                                                    | 97  |
| Zusammenfassende Beurteilung der Reinigung 1952 .....                                                                                               | 104 |
| Spikselån .....                                                                                                                                     | 105 |
| Zusammenfassende Beurteilung der Reinigung 1951 .....                                                                                               | 110 |
| Kvarnån .....                                                                                                                                       | 110 |
| Zusammenfassende Beurteilung der Reinigung 1950 .....                                                                                               | 117 |
| Bodträskån .....                                                                                                                                    | 118 |
| Zusammenfassende Beurteilung der Reinigung 1947 .....                                                                                               | 119 |
| IV. Vorläufige Folgerungen aus den Untersuchungen über den Einfluss der Reinigung .....                                                             | 119 |
| V. Literatur .....                                                                                                                                  | 121 |

### Vorwort

Etwa drei Jahrzehnte währten die Auseinandersetzungen zwischen den schwedischen Fischereiinteressenten und Flössereiverbänden. Die Streitfragen über den Grad des schädigenden Einflusses des Holztransportes, der Holzabfälle, und der Regulierungsmassnahmen waren der Anlass zu zwei umfassenden Bearbeitungen, ALMS (1923) und FREIDENFELTS (1928). ALM setzte sich im wesentlichen mit dem Einfluss der Holzabfälle auseinander und

führte auch Untersuchungen über die Bodenfauna durch. FREIDENFELT behandelte vorallem den schädigenden Einfluss der Regulierungen auf die Laichplätze der Salmoniden.

Durch den Einsatz moderner Arbeitsmittel (Caterpillar-Traktoren) werden seit dem Jahre 1947 Regulierungen von Flössereigewässern in erheblich grösseren Umfange durchgeführt. Diese Rationalisierungsmassnahmen erforderten eine Neuaufnahme fischereibiologischer Untersuchungen. Im Sommer 1952 konnte mit den Arbeiten über den Einfluss der Regulierungsmassnahmen auf die Bodenfauna begonnen werden. Untersuchungen über den Fischbestand, die Laichplätze und das Verhalten der Fische in den regulierten Bereichen sind in der Durchführung.

Die hier behandelten Untersuchungen des ersten Sommers dienten einer quantitativen und qualitativen Erfassung der Bodenfauna regulierter (gereinigter) und natürlicher Fliessgewässer. In der Kürze der Zeit war es noch nicht möglich eine eingehende qualitative Analyse durchzuführen. Die Darstellungen erfolgten deshalb noch in grösseren systematischen Gruppen. Eine abschliessende Stellungnahme über den Einfluss der Regulierungen wird erst nach der Auswertung des Untersuchungsmaterials des Jahres 1953 möglich sein.

## I. Die Physiographie des Untersuchungsgebietes

### *Allgemeine Charakteristik und geographisch-geologische Beschreibung des Untersuchungsgebietes.*

Im nördlichen Teil des ausgedehnten Waldgebiets der Provinzen Norrbotten und Västerbotten liegt das im Nachstehenden behandelte Untersuchungsgebiet von Bodträskfors. Unweit des Ortes Bodträskfors mündet der Fluss Bodträskån, der Hauptfluss eines ca. 50×50 km grossen Einzugsgebietes, in den Lule-Älv. (Vergl. Abb. 1). Die Hauptwasserläufe dieses Gebietes sind: Rödingsbäcken, Kvarnån, Spikselån und Bodträskån. Alle Flüsse münden getrennt in den oberhalb Bodträskfors liegenden Bodträsket und münden in einem gemeinsamen Ausfluss in den Lule-Älv.

Die genannten Fliessgewässer durchlaufen fast ausschliesslich quartäre Formationen. Die postglacialen Ablagerungen liegen Urgebirgsformationen auf, die zu den ältesten erdgeschichtlichen Bildungen zu rechnen sind (Svionium). Vereinzelt treten auch Linagranite und Rapakivigranite auf; sie sind auch oberhalb der marinen Grenze als Bachgrund anzutreffen. Die marine Grenze liegt hier bei ca. 200 m über NN. Der Hauptverlauf der Gewässer liegt aber unterhalb dieser Grenze.

Die Quellgebiete sind meist ausgedehnte Hochmoorflächen, seltener trifft man reine Limnokrenen (Luovauure). Durch den vorherrschenden Quelltypus der Helokrenen ist es bedingt, dass der kaltstenotherme Bereich in den hiesi-

gen Flussläufen gänzlich fehlt. So bildet das während der Schneeschmelze und während der Regenperioden in den Sphagnum-Moosen aufgespeicherte Wasser die Hauptwasserzuführung für die Bäche. Dieses erwärmt sich in den nur schwach durchströmten Moortümpeln während der Sommermonate sehr stark. So konnte in den Quellsümpfen des Spikselån am 10.7.1952 eine Temperatur von  $+28^{\circ}$  C beobachtet werden. Gelegentlich finden sich am Rande der Moore kleine Rheokrenen, die typische Quellbedingungen zeigen. In den langanhaltenden Wärmeperioden des Sommers 1953 hatten diese Quellen konstant nur eine Temperatur von  $+5^{\circ}$  C. Diese niedrigen Temperaturen hatten aber bei der geringen Schüttung der Rheokrenen keinen ausschlaggebenden Einfluss auf die Temperaturgestaltung. Nach 50 m war die Temperatur schon auf  $+8^{\circ}$  C gestiegen und nach 100 m auf  $+16,5^{\circ}$  C. Nach weiteren 25 m hatte sich die Temperatur der Tagestemperatur des Moores von  $+20^{\circ}$  C angeglichen (15.7.1953).

Ein Baumbewuchs fehlt in den Hochmoorflächen fast völlig. Selten trifft man kleine Bestände von *Betula nana* und *Pinus silvestris* mit sehr reduziertem Wachstum. Obwohl das Quellgebiet des Spikselån (Pelgavare Myr) eine Längenausdehnung von ca. 3 km und eine Breite von 200—500 m aufweist, ist ein eigentlicher Bachverlauf erst im unteren Drittel festzustellen. Oberhalb des aus dem Moor ausfliessenden Baches sickert das Wasser mit geringer Strömung von Moortümpel zu Moortümpel. Charakteristische Florenelemente sind *Nymphaea candida*, *Nuphar luteum*, *Potamogeton spec.*, *Utricularia vulgaris* und in der Uferzone *Carex*, *Equisetum* und *Menyanthes trifoliata*. An den Rändern neben wuchernden Sphagnum-Moosen, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia* und *Pinguicula vulgaris*. An Phytoplankton konnte *Tabellaria flocculosa* und *Eunotia pectinalis* (LÖFFLER det.) nachgewiesen werden. Im Faunenbestand dominieren Odonatenlarven, Coleopteren, Culicidenlarven und verschiedene noch nicht näher bestimmte Zooplankter.

Dem im Vorstehenden geschildertem Typ einer Helokrene entspricht in der Temperaturentwicklung weitgehend der einer Limnokrene des hiesigen Gebietes, wie sie typisch im Luovaure (Quellsee des Flusses Kvarnån) und in den kleinen Seen Pesokträsk und Storträsk (Quellseen des Skravelbäckens) gegeben sind. Die grosse Wassermasse dieser seichten Seen erwärmt sich in den kontinental beeinflussten Sommern sehr schnell und schwankt in den erreichten Werten nur wenig. Die Sommertemperaturen liegen bei  $+20^{\circ}$  C. Die Temperatur der Bäche und Flüsse wird weitgehend von diesen Seen bestimmt. Eine interessante Ausnahme bildet dabei der Skravelbäckens. Hier konnten meist am Ursprungssee und am Ausfluss höhere Temperaturen als im Unterlauf beobachtet werden. Auf seinem Verlauf durch ein nahezu unerschlossenes Waldgebiet empfängt der Bach eine grosse Zahl kleiner Rheokrenen, die in ihrer Sommertemperatur  $+8^{\circ}$  C nicht übersteigen. So ist die Unterlaufemperatur meist um 2—3 $^{\circ}$  C geringer als die Oberlaufemperatur.

Die im Vorstehenden geschilderten Temperaturbedingungen der Quellbereiche nordschwedischer Fließgewässer weichen grundsätzlich von den zentraleuropäischen Bedingungen ab. In Arbeiten verschiedener Autoren war zur Temperaturentwicklung mitteleuropäischer Fließgewässer Stellung genommen worden (ILLIES 1952, MÜLLER 1952, ALBRECHT 1953).

Auch in ihrem weiteren Verlauf zeigen die nordschwedischen Fließgewässer der Waldzone einige grundlegende Unterschiede, die hier eine zusammengefasste Darstellung finden sollen.

Die klassische Gliederung eines Fließgewässers Mitteleuropas nach STEINMANN (1915), SMOLIAN (1920) und THIENEMANN (1925) unterscheidet vier Bereiche eines Flusses, die nach den in ihnen vorkommenden Fischleitformen, als Forellen-, Äschen-, Barben- und Brassenregion bezeichnet werden. Wenn diese Einteilung auch in ihren wesentlichen Zügen auf den Bereich der Gebirge Nordschwedens angewandt werden kann, so zeigt doch die Flussgestaltung im Waldgebiet ganz spezifische Abweichungen. Grundsätzlich findet man nach den Quellbereichen eine Bachzone starker Strömung. Grobes Urgesteinsgeröll bzw. Alluvialbildungen bilden den Bachgrund, hier konnten Strömungswerte bis zu 1,5 m/sec beobachtet werden. Auf diesen Gefällebereich folgt wieder eine Zone schwacher Strömung. Der Bach resp. Fluss durchläuft in weiten Mäandern eine ausgedehnte Sumpfbzone oder durchfließt einen See. Daran schliesst sich wieder eine Gefällestrecke bis zum nächsten See- oder Sumpfbereich an. So wechseln im Verlauf eines Flusses der nordschwedischen Waldzone kontinuierlich stark und schwach strömende Bereiche ab, wobei in der Längenausdehnung allerdings die Strömungszonen dominieren. Bedingt durch die Unterschiede in der Gestaltung hiesiger Fließgewässer kann zur Frage ihrer biocönotischen Gliederung erst nach Abschluss der Untersuchungen Stellung genommen werden.

#### *Die Flössereiregulierung (Reinigung) und die dadurch bedingte Veränderung der physiographischen Bedingungen.*

Die Flusssystem des Bodträskån unterlag in den vergangenen Jahrzehnten nur geringen zivilisatorischen Einflüssen. Alle Flüsse wurden von alters her durch die Flösserei genutzt und es ist unwahrscheinlich, dass dadurch eine grundlegende Beeinflussung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Fauna erfolgte. Im Gegenteil muss angenommen werden, dass durch die während der Flösserperiode vorgenommenen Überflutungen den Fließgewässern bedeutende Mengen anorganischer und organischer Substanzen zugeführt werden, die zu einer Steigerung der Produktion im Fluss beitragen.

Mit der Rationalisierung der Flösserei begannen im Jahre 1947 durch Einsatz von Bulldozern Ausräumungen verschiedener Flössereigewässer. Zweck dieser Arbeiten war, eine glatte Flussrinne zu schaffen in der das Holz-



material ohne grosse Hindernisse geleitet werden konnte. Durch diesen Eingriff vollzog sich ein grundlegender Strukturwandel des bisher natürlichen Flussverlaufes. Die den Holztransport hindernden grossen Steinblöcke wurden beseitigt, der Flussverlauf auf die Strommitte konzentriert und ein breiter Bereich gleichgerichteter Strömung geschaffen. An anderer Stelle (MÜLLER 1953 a. und b.) war schon eingehender auf die Folgen einer Veränderung der Steinstruktur hingewiesen und gezeigt worden, dass mit der Ausräumung der grossen Steinblöcke Stein- und Schottermaterial geringer Grösse freigelegt wird. Dadurch wird die für Bodentierorganismen zur Verfügung stehende »Produzierende Oberfläche« vergrössert. Es ergeben sich so in physiographischer Sicht folgende Veränderungen gegenüber dem ursprünglichen, natürlichen Lebensraum:

- a.) Erweiterung des Lebensraumes rheobionter und rheophiler Organismen durch Erhöhung der durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeit.
- b.) Vergrösserung der produzierenden Oberfläche des Flussgrundes als Folge einer Veränderung der Steinstruktur.

#### *Auswahl der Untersuchungspunkte.*

Das Flussgebiet des Bodträskån weist eine Vielzahl von Flössereiregulierungen (im Folgenden als »Reinigung« bezeichnet) auf. 1947 wurde der Unterlauf des Bodträskån zwischen Bodträsket und der Mündung in den Lule-Älv gereinigt. 1950 folgten Reinigungen im Fluss Kvarnån. Im Mittellauf wurde unterhalb des Sees Hvitbergsträsk die Begradigung eines Mäanders durchgeführt. Etwa drei km unterhalb der Einmündung des Skravelbäcken beginnt eine mit nur geringen Ausnahmen durchlaufende Reinigung bis zur Mündung. Zur gleichen Zeit wurde die Reinigung des Unterlaufes des Rödingsbäckens durchgeführt. Im Flusse Spikselån wurde 1951 beginnend bei dem Orte Spikberg der Unterlauf fast durchlaufend gereinigt. Um qualitative und quantitative Entwicklung der Bodenfauna in kurzen Abständen nach einer Reinigung verfolgen zu können, wurde im Juni 1952 der Unterlauf des Skravelbäckens gereinigt. So standen für die Untersuchung Reinigungen verschiedener Jahrgänge und Reinigungen in verschiedenen grossen Gewässern zur Verfügung. Die Untersuchungspunkte wurden entlang der Flussläufe ausgewählt. Die Untersuchungen wurden an diesen Punkten in den Monaten Juni, Juli, August und September in jeweils vierwöchentlichen Abstand durchgeführt. Im Flusse Spikselån (Siehe auch Abb. 1) wurde im September die Anzahl der Beobachtungspunkte verdoppelt. Die Zifferbezeichnung der Untersuchungspunkte erfolgte vom Quellgebiet beginnend fortlaufend zur Mündung.

KARTE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

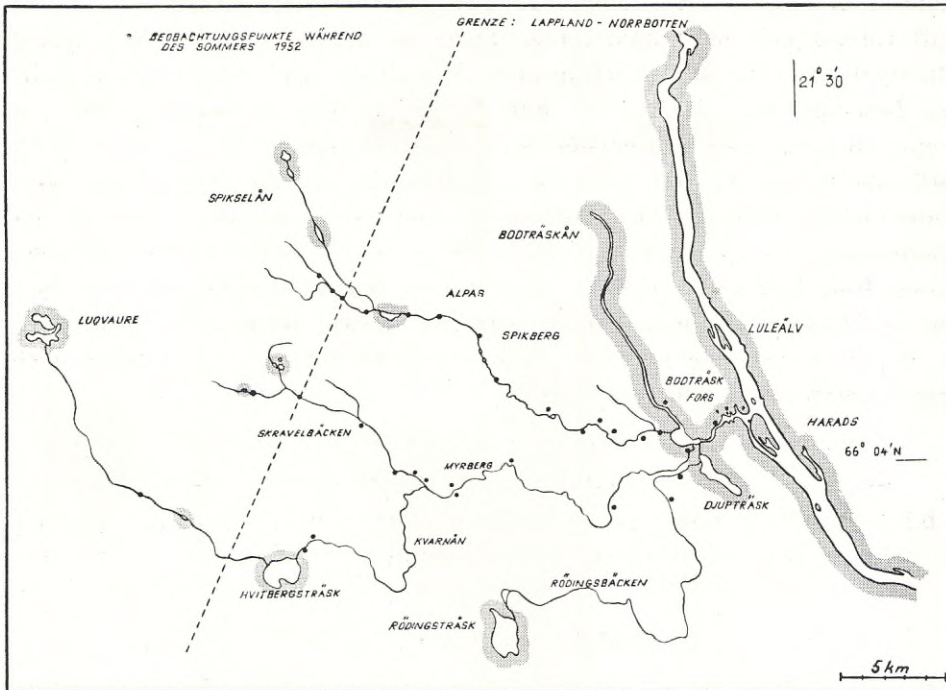


Abb. 1.

## II. Methodik der Untersuchungen

In einer eingehenden Abhandlung setzte sich SCHRÄDER (1932) mit der Methodik quantitativer Untersuchungen der Bodenfauna fließender Gewässer auseinander. Im wesentlichen wurden in den vorliegenden Untersuchungen die Erkenntnisse SCHRÄDER's angewandt. Der Steingrund der nord-schwedischen Flüsse schaltet eine Benutzung von Greifern aus. Die Steine wurden mit der Hand aufgeholt und am Untersuchungsort quantitativ abgesammelt. An jedem Untersuchungsort wurden monatlich zehn Steine entnommen. Zur Auswertung der Befunde wurden die Ergebnisse, um zu einer Einheitsfläche zu gelangen, stets auf 1000 cm<sup>2</sup> umgerechnet. Bei allen Steinen wurde die grösste Fläche berechnet. Hat z.B. ein Stein drei Dimensionen: 15×10×5, so ist die grösste Projektion also 10×15 cm=150 cm<sup>2</sup>. Die Anzahl der Tiere auf einem Stein beträgt beispielsweise 100, dann ergibt dies auf 1000 cm<sup>2</sup> berechnet:

$$\frac{100 \times 1000}{150} = 667 \text{ Individuen pro } 1000 \text{ cm}^2.$$

In den Darstellungen sind aber nicht die Werte einzelner Steine aufgetragen, sondern die Mittelwerte aus allen untersuchten Steinen eines Beob-

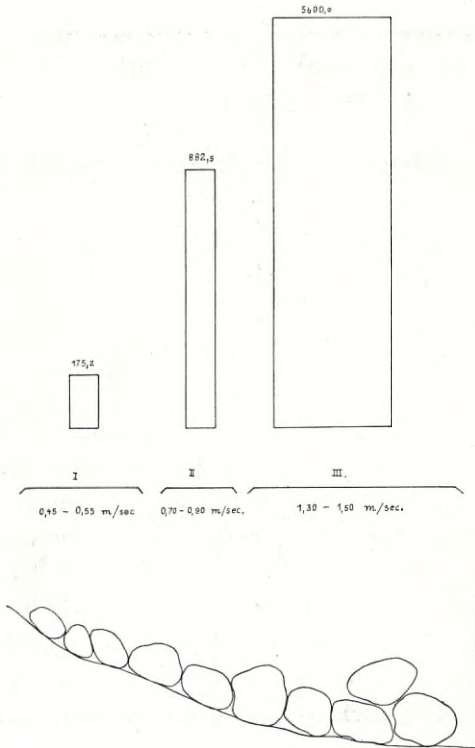


Abb. 2. Besiedlungsdichten in verschiedenen Bereichen eines Flussprofils im Flusse Kvarnån (Untersuchungspunkt 3, gereinigter Bereich). Ergebnisse von 0,50 m Untersuchungen im August 1952. Alle Zahlenangaben = Individuen pro 1000 cm<sup>2</sup>.

achtungspunktes. Dadurch ist die Genauigkeit erhöht und die schwankenden Werte einzelner Steine ausgeglichen.

Die Gewichte wurden mittels einer Torsionswaage bestimmt. Die Waage hatte eine Genauigkeit von 1 mg. Die Wägungen wurden an Alkoholmaterial durchgeführt. Vor der Wägung wurden die Objekte auf Filtrierpapier gebracht bis alle anhaftende Feuchtigkeit abgezogen war. Die Trichopteren wurden ohne Gehäuse, die Mollusken ohne Schale gewogen. Die Wägungen mit der Torsionswaage haben den Vorteil einer methodisch schnellen und sicheren Durchführung.

Einen Hinweis verdient noch die Auswahl des Untersuchungsplatzes. Schon NEEDHAM (1928) weist auf die grossen Besiedlungsunterschiede zwischen Ufer- und Strommitte hin. Bei einer quantitativen Erfassung der Bodenfauna eines bestimmten Punktes müssen also sowohl die Strandzone als auch die Strommitte in ihrer Besiedlungsdichte und Zusammensetzung erfasst werden. In Abbildung 2 ist ein Flussprofil dargestellt, das deutlich die Wirkung der Strömung auf die Besiedlungsdichte zeigt. Allerdings handelt es sich bei diesem Beispiel um ausgesprochen extreme Bedingungen. In geringeren Dimensionen wiederholt sich dies jedoch an allen Punkten eines Fließgewässers. Bei der Auswahl der Steine wurde deshalb die Uferzone wie auch die Strommitte erfasst.

### III. Ergebnisse der Untersuchungen über den Einfluss der Flössereiregulierungen auf den qualitativen und quantitativen Bestand der Bodenfauna

Aus den Reinigungen des Bodtråskånsystemes wurden folgende Flussläufe zur Darstellung ausgewählt:

- a.) Skravelbåcken — Reinigung 1952
- b.) Spikselån — Reinigung 1951
- c.) Kvarnån — Reinigung 1950
- d.) Bodtråskån — Reinigung 1947

An anderer Stelle (MÜLLER 1953 a. und b.) war schon eine Darstellung der Besiedlungsdichten in den Monaten Juni, Juli, August und September des Jahres 1952 gegeben worden. In den nachstehenden Untersuchungen wurden die in den genannten Monaten festgestellten Besiedlungswerte addiert und das Mittel der Sommerbesiedlung dargestellt. Die durch die Flugzeit der verschiedenen Insektengruppen bedingten Fluktuationen in der Besiedlungsdichte sind dadurch weitgehend ausgeglichen. Bei der Beurteilung des Einflusses der Reinigung auf den qualitativen und quantitativen Bestand der Bodenfauna können so Vergleiche mit natürlich verbliebenen Flussabschnitten und den gereinigten Bereichen angestellt werden.

a.) Untersuchungen über den qualitativen und quantitativen Bestand der Bodenfauna des Skravelbåcken.

Der Bach wurde in seinem Unterlauf am 4. Juni 1952 gereinigt. In den Tabellen 1.—4. sind die Zahlen- und Gewichtswerte sowie die prozentuale Verteilung der Besiedlung zusammengefasst.

Tabelle 1. Durchschnittliche Besiedlungswerte im Skravelbåcken, Untersuchungsort 1. Juni—September 1952. Untersuchte Fläche: 7890 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                      | Anzahl                  |       | Gewicht                    |       |
|---------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                                 | (1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | (mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
| <i>Ephemeroptera</i> .....      | 37,9                    | 32,4  | 28,7                       | 9,1   |
| <i>Plecoptera</i> .....         | 11,2                    | 9,6   | 28,8                       | 9,2   |
| <i>Trichoptera</i> (L, P) ..... | 9,9                     | 8,4   | 194,9                      | 62,1  |
| <i>Chironomidae</i> .....       | 22,6                    | 19,3  | 9,6                        | 2,1   |
| <i>Simuloidea</i> .....         | 28,8                    | 24,6  | 47,5                       | 15,1  |
| <i>Coleoptera</i> (L, I.) ..... | 2,9                     | 3,2   | 2,1                        | 0,7   |
| <i>Hydracarina</i> .....        | 3,8                     | 2,5   | 2,7                        | 0,9   |
| Gesamtbesiedlung .....          | 117,1                   | 100 % | 314,3                      | 100 % |

Tabelle 2.

Untersuchungsort: 2.

Untersuchte Fläche: 6086 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 40,8                              | 41,7  | 49,5                                  | 28,5  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 12,5                              | 12,7  | 36,6                                  | 20,9  |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 8,2                               | 8,3   | 57,6                                  | 32,9  |
| <i>Chironomiade</i> .....        | 13,2                              | 13,4  | 11,8                                  | 6,6   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 5,2                               | 5,3   | 5,2                                   | 3,1   |
| <i>Coleoptera</i> (L. I.) .....  | 5,9                               | 6,1   | 7,6                                   | 4,3   |
| <i>Diptera</i> .....             | 0,4                               | 0,5   | 0,4                                   | 0,2   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 11,2                              | 11,5  | 5,0                                   | 2,9   |
| <i>Mollusca</i> .....            | 0,4                               | 0,5   | 1,3                                   | 0,6   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 97,8                              | 100 % | 175,0                                 | 100 % |

Tabelle 3.

Untersuchungsort: 3.

Untersuchte Fläche: 9990 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 15,7                              | 11,2  | 52,6                                  | 22,2  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 9,1                               | 6,5   | 31,6                                  | 13,4  |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 5,6                               | 4,1   | 46,9                                  | 19,8  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 20,6                              | 14,0  | 12,9                                  | 5,4   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 76,6                              | 54,4  | 70,6                                  | 29,8  |
| <i>Diptera</i> .....             | 0,4                               | 0,3   | 0,7                                   | 0,1   |
| <i>Coleoptera</i> (L. I.) .....  | 8,8                               | 6,2   | 15,4                                  | 6,5   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 4,7                               | 3,3   | 6,7                                   | 2,8   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 141,5                             | 100 % | 237,4                                 | 100 % |

Tabelle 4.

Untersuchungsort: 4 — gereinigt.

Untersuchte Fläche: 9500 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 13,7                              | 4,2   | 23,1                                  | 5,4   |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 3,0                               | 0,8   | 17,6                                  | 4,1   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 3,1                               | 0,8   | 77,2                                  | 18,2  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 10,4                              | 2,8   | 12,1                                  | 2,9   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 294,5                             | 91,2  | 292,5                                 | 69,1  |
| <i>Coleoptera</i> (L.) .....     | 0,3                               | 0,1   | 0,9                                   | 0,2   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 0,1                               | 0,1   | 0,2                                   | 0,1   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 325,1                             | 100 % | 423,6                                 | 100 % |

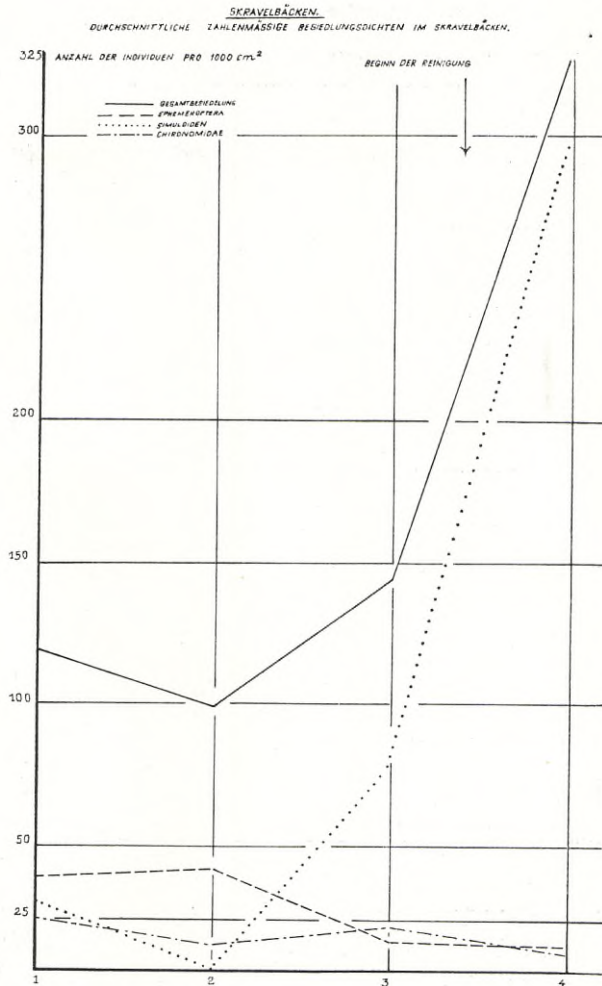


Abb. 3.

Die tabellarischen Werte und die in den Abbildungen 3 und 4 gegebenen zahlenmässigen Besiedlungsdichten zeigen ein deutliches Überwiegen der Besiedlung in dem gereinigten Punkt 4. Während in den Beobachtungspunkten 1, 2 und 3 die Gesamtbesiedlung in relativ geringen Grenzen zwischen 100 und 150 Individuen schwankt, erfolgt in Punkt 4 der steile Anstieg auf 325 Individuen. Untersuchen wir die auffällige Steigerung der Besiedlung in den ersten vier Monaten nach der Reinigung, so zeigt sich, dass sie fast ausschliesslich auf einer Massenbesiedlung von *Simulium* beruht. Die Punkte 1 und 2 weisen nur eine geringe Dichte von *Simulium* auf. Ein Anstieg erfolgt in Punkt 3, das Maximum liegt bei 4. Gegenläufig ist die Tendenz bei den Ephemeropteren, hier liegen die Werte 1 und 2 fast konstant, ein Absinken erfolgt in 3 und 4. auf einen gleichfalls nahezu gleichen Wert. Die Chironomidenbesiedlung ist in allen Bereichen annähernd gleichgross. Dem-

## SKRAVELBÄCKEN.

DURCHSCHNITTLICHE ZAHLENMÄSSIGE BESIEDLUNGSDICHTEN IM SKRAVELBÄCKEN. JUNI-SEPTEMBER 1952

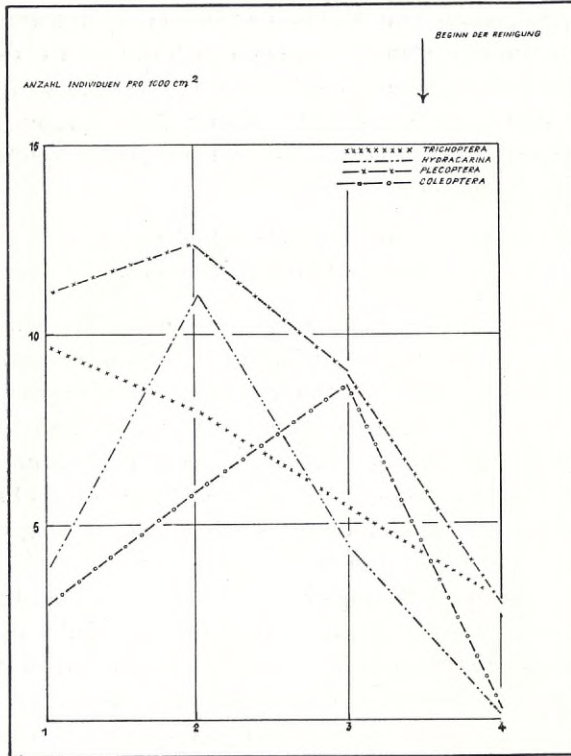


Abb. 4.

gegenüber weisen die in Abb. 4 dargestellten Tiergruppen eine Tendenz, auf bei der jeweils im gereinigten Bereich der niedrigste Besiedlungswert festzustellen ist.

Wie ist nun einerseits die sehr hohe, andererseits die niedrige Besiedlungsdichte einzelner Tiergruppen in einem neu gereinigten Bach zu erklären?

Die Regulierungen eines Flössereigewässers bedingen, wie schon weiter oben ausgeführt wurde, einen grundlegenden Strukturwandel des Bachlaufes. Dieser wirkt sich in erster Linie in einer Erhöhung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und in einer Veränderung der Steingröße aus. Die Erhöhung der Strömung verbessert die Lebensbedingungen strömungsgebundener Organismen, die Veränderung der Steingröße führt hier zu einer Vergrößerung der »produzierenden Oberfläche«. Hinzu kommt besonders für *Simulium* der Faktor des Substrats, d.h. der Steinoberfläche. Die Bedeutung dieses Faktors wurde durch folgenden Versuch geklärt. Untersuchungsort 1 liegt ca. 100 m unterhalb eines Seeausflusses (Pesokträsk). Die Lebensbedingungen sind hier auf Grund der aus dem See ausgeschwemmten organischen und anorganischen Nahrungspartikel für *Simulium* sehr günstig. Dennoch waren

die beobachteten Werte für *Simulium* im Sommer 1952 sehr gering (28,8 pro 1000 cm<sup>2</sup>). Die Steine unterhalb des Seeausflusses wiesen einen spärlichen Bewuchs von *Fontinalis* auf und waren von Eisenausfällungen überzogen. Die gleichen Bedingungen waren auch in Punkt 2 gegeben. In Punkt 1 wurde nun eine 1 m<sup>2</sup> grosse Fläche unbewachsener Steine ausgelegt (12.6.53). In kurzer Zeit waren diese Steine dicht mit *Simulium* besiedelt. Der Vergleich der *Simulium*-besiedlung des natürlichen und des Versuchsbereiches zeigte am 24.6.1953 folgende Werte pro 1000 cm<sup>2</sup>:

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Natürlicher Bereich . . . . . | 35 <i>Simulium</i> -Larven   |
| Versuchsbereich . . . . .     | 7000 <i>Simulium</i> -Larven |

Die Reinigung beseitigt alle Steine mit Bewuchs und Eisenausfällungen, verbessert also die Besiedlungsmöglichkeiten für *Simulium*. Als Beweis kann hierfür auch das Resultat der Untersuchung im Punkt 3 angeführt werden. Während bei 1 und 2 der Bachgrund meist durch kleinere Steine dargestellt ist, bildet grobes Granitgeröll das Bachbett in 3. Die Oberflächen dieser Steinblöcke sind bedingt durch den Eisgang immer frei von jeglichem Bewuchs und Eisenausfällungen. Die *Simulium*-Besiedlung beschränkte sich in diesem Bereich fast ausschliesslich auf diese freien Flächen.

Während sich die durch die Reinigung bedingten Veränderungen auf die Simuliiden günstig auswirken und bei den Ephemeropteren und Chironomiden nur geringe quantitative Verschiebungen eintreten, verschwinden andere Gruppen fast gänzlich. Die Trichopterenbesiedlung und die Plecopterenlarven sind deutlich veringert, Hydracarinien und Coleopteren treten nur in einzelnen Exemplaren auf. Hierbei handelt es sich bei den Plecopteren, Coleopteren und Hydracarinien deutlich um Individuen die an ein pflanzliches Substrat gebunden sind. Diese Tiergruppen treten auch, wie weiter unten gezeigt werden kann, in älteren Reinigungen noch deutlich zurück.

Aufschlussreicher zu einer Beurteilung der durch die Reinigung bedingten Veränderung ist die prozentuale Darstellung der Besiedlung. Die Abbildung 5 zeigt die Gewichtsprozente der vier Untersuchungspunkte des Skravelbäckens. In den prozentualen Gewichtswerten ist der gereinigte Bereich 4 eindeutig durch das Dominieren der Simuliiden definiert. Die qualitative Besiedlungszusammensetzung an den einzelnen Beobachtungspunkten vermittelt dadurch einen Eindruck ausgesprochener Einseitigkeit im gereinigten Bachbereich.

Diese betonte Einseitigkeit ist allerdings nur in einem relativ kurzem Zeitabschnitt gegeben. Schlüsselte man die Werte der Punkte 2 und 4 in ihrer gewichtsmässigen Zusammensetzung auf die einzelnen Monate des Sommers 1952 auf, so zeigt sich, dass in ausserordentlich kurzer Zeit auch der gereinigte Bereich einen Tierbestand aufweist, der sich von den natürlichen Verhältnissen kaum unterscheidet.

Die Abbildung 6 zeigt diese Entwicklung am Beispiel des Beobachtungspunktes 4. Im Juni, 11 Tage nach der Reinigung überwiegen eindeutig die



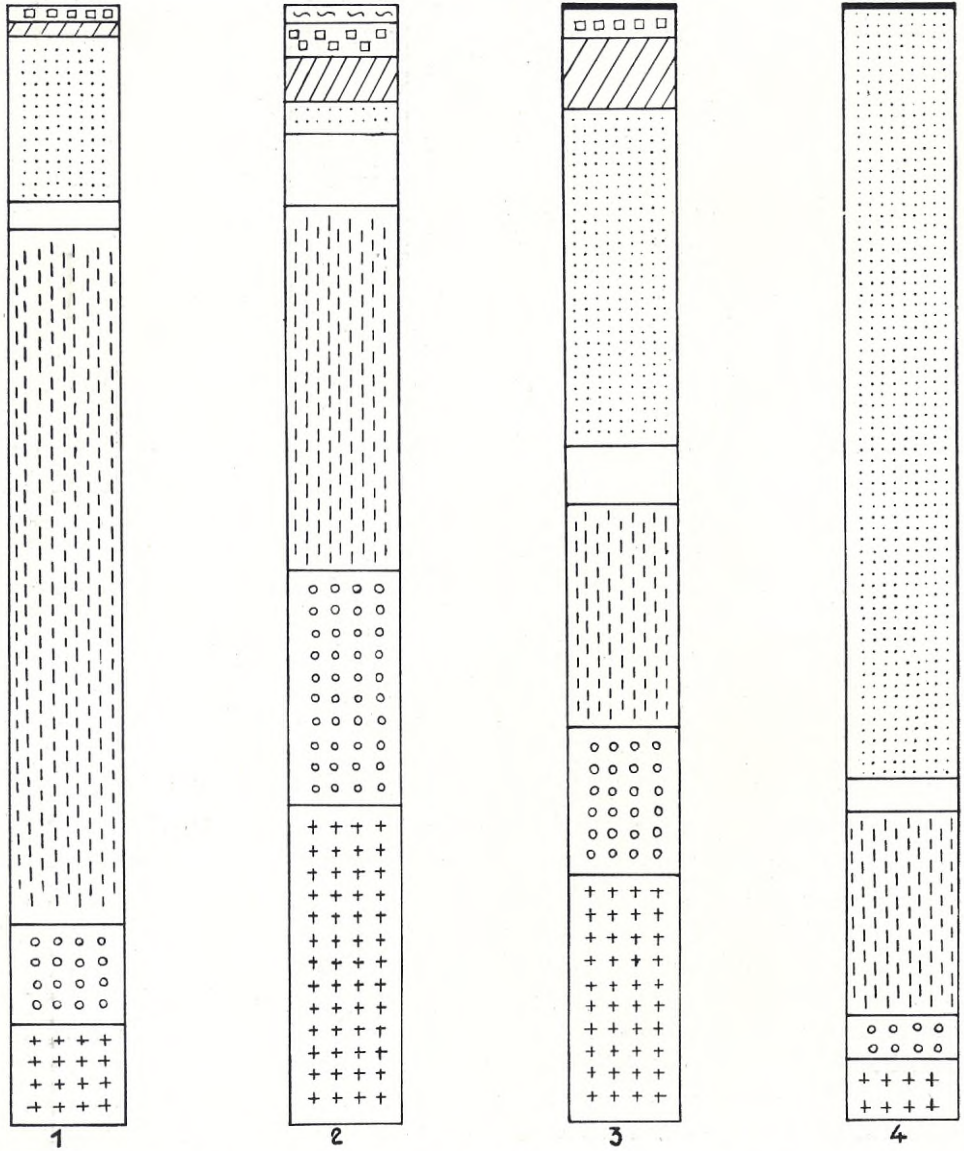
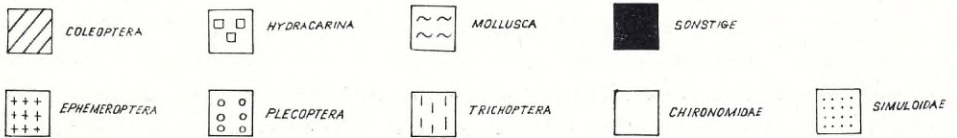


Abb. 5. Durchschnittliche prozentuale Verteilung des Gewichts der Bodenfauna im Skravelbäcken, Sommer 1952.

Symbolenerklärung.



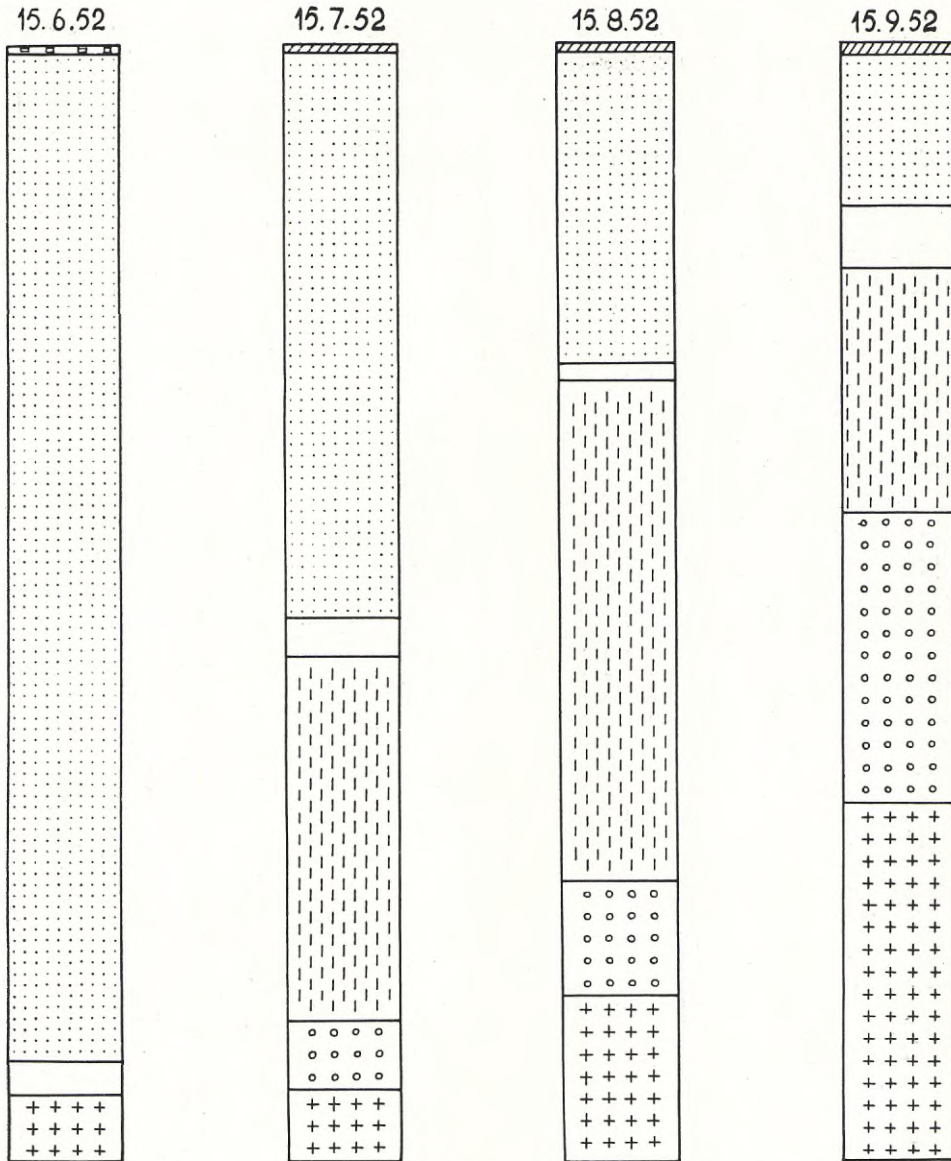


Abb. 6. Prozentuale Verteilung der Gewichte der Bodenfauna in den Monaten Juni, Juli, August und September 1952, Beobachtungspunkt 4 — Skravelbäcken.

Simuliiden. Schon vier Wochen später wandern Ephemeren, Plekopteren und vorallem Trichopteren ein. Im August dominieren die Trichopteren und im September erfolgt eine starke Erhöhung des Ephemeren- und Plekopterenanteils. Demgegenüber zeigt der in Abbildung 7 dargestellte natürliche Bereich ein mehr ausgeglichenes Besiedlungsbild während des ganzen Sommers. Die Septemberbesiedlung beider Bereiche differiert aber nur unbedeutend.

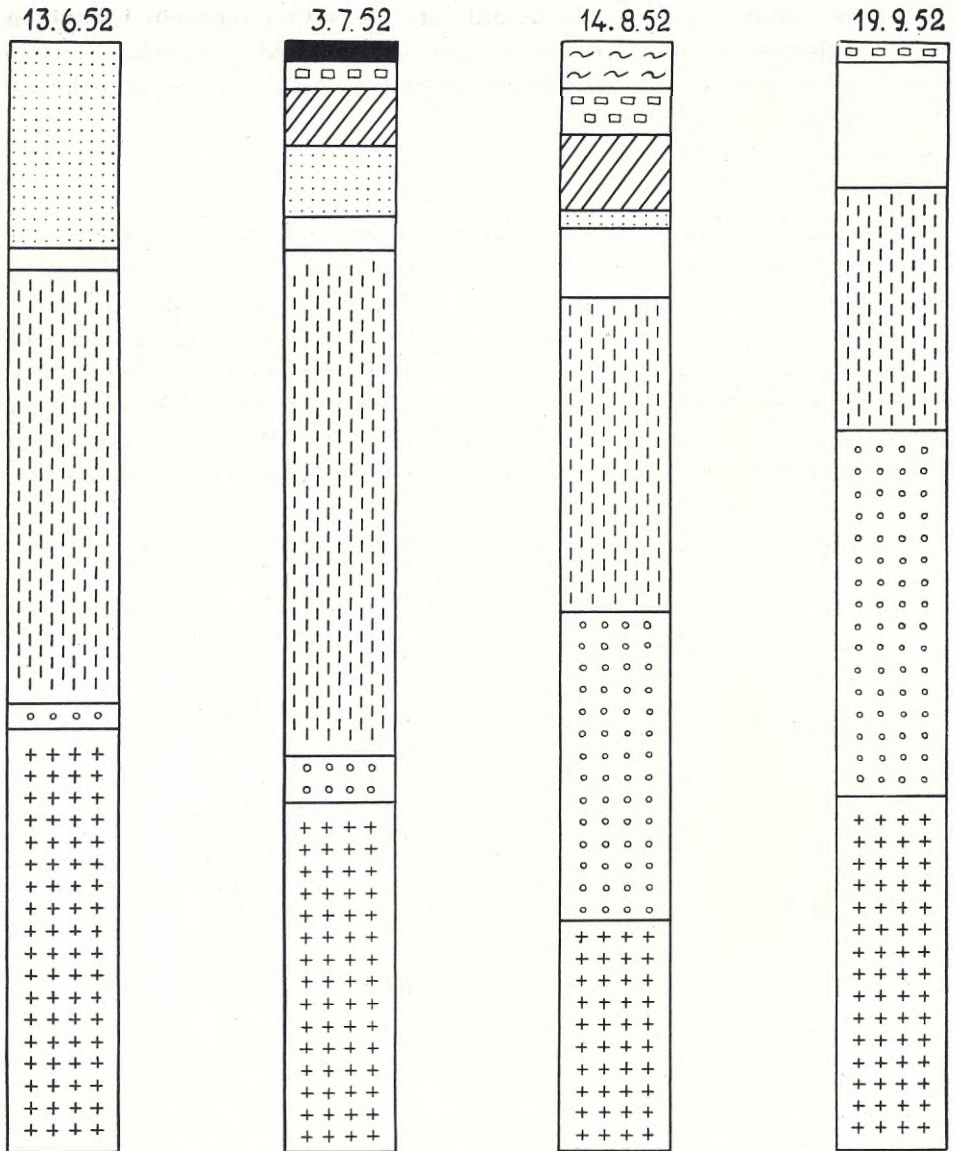


Abb. 7. Prozentuale Verteilung der Gewichte der Bodenfauna in den Monaten Juni, Juli, August und September 1952, Beobachtung 2 — Skravelbäcken.

### *Zusammenfassende Beurteilung der Reinigung 1952*

- 1.) Sowohl in der Zahl als auch im Gewicht sind in den ersten Monaten nach einer Reinigung höhere Gesamtbesiedlungswerte als in jedem der natürlichen Vergleichsbereiche festzustellen.

- 2.) Die Steigerung von Besiedlungszahl- und Besiedlungsgewicht beruht im Wesentlichen auf einem Massenaufreten von *Simulium*. In relativ kurzer Zeit passt sich aber das qualitative Besiedlungsbild dem des natürlichen Baches an.

### Spikselån.

Die Reinigung dieses Flusses erfolgte in den Monaten Juli und August des Jahres 1951. Die monatlichen Untersuchungen wurden an sieben Punkten des Flusses durchgeführt. Vier Beobachtungspunkte lagen dabei in natürlichen Bereichen (1—4) die Orte 5, 6, 7 wurden in dem gereinigten Unterlauf ausgewählt. In der Darstellung der graphischen zahlenmäßigen Besiedlung wurden 14 Beobachtungspunkte dargestellt, hierbei wurden die Resultate der Septemberuntersuchungen mit einbegriffen. An den Beobachtungspunkten wurden während des Sommers 1952 folgende Besiedlungswerte beobachtet.

Tabelle 5. Durchschnittliche Besiedlungswerte im Spikselån,  
Juni—September 1952.

Untersuchungsort: 1.

Untersuchte Fläche: 8213 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                 | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> ..... | 36,7                              | 27,8  | 83,0                                  | 44,6  |
| <i>Plecoptera</i> .....    | 4,0                               | 3,0   | 7,3                                   | 3,8   |
| <i>Trichoptera</i> .....   | 4,8                               | 3,6   | 51,0                                  | 27,6  |
| <i>Chironomidae</i> .....  | 74,4                              | 56,5  | 32,5                                  | 17,4  |
| <i>Simuloidea</i> .....    | 10,7                              | 8,2   | 10,8                                  | 5,8   |
| <i>Diptera</i> .....       | 0,1                               | 0,1   | 0,3                                   | 0,2   |
| <i>Coleoptera</i> .....    | 0,1                               | 0,1   | 0,3                                   | 0,2   |
| <i>Hydracarina</i> .....   | 1,1                               | 0,7   | 0,7                                   | 0,4   |
| Gesamtbesiedlung .....     | 131,9                             | 100 % | 185,9                                 | 100 % |

Tabelle 6.

Untersuchungsort: 4.

Untersuchte Fläche: 7343 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                 | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> ..... | 40,9                              | 37,5  | 53,6                                  | 29,1  |
| <i>Plecoptera</i> .....    | 12,5                              | 11,3  | 21,3                                  | 11,6  |
| <i>Trichoptera</i> .....   | 5,9                               | 5,3   | 51,7                                  | 28,1  |
| <i>Chironomidae</i> .....  | 21,5                              | 19,7  | 17,5                                  | 9,5   |
| <i>Simuloidea</i> .....    | 22,3                              | 20,3  | 35,3                                  | 19,2  |
| <i>Coleoptera</i> .....    | 3,0                               | 2,7   | 3,2                                   | 1,7   |
| <i>Diptera</i> .....       | 0,2                               | 0,2   | 0,4                                   | 0,1   |
| <i>Hydracarina</i> .....   | 3,3                               | 3,0   | 1,4                                   | 0,7   |
| Gesamtbesiedlung .....     | 109,6                             | 100 % | 184,4                                 | 100 % |

Tabelle 7.

Untersuchungsort: 6 — natürlicher Bereich.

Untersuchte Fläche: 8181 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                 | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> ..... | 64,0                              | 33,7  | 76,8                                  | 21,7  |
| <i>Plecoptera</i> .....    | 15,2                              | 8,0   | 36,1                                  | 10,2  |
| <i>Trichoptera</i> .....   | 7,5                               | 3,8   | 97,9                                  | 28,0  |
| <i>Chironomidae</i> .....  | 19,6                              | 10,5  | 10,7                                  | 3,0   |
| <i>Simuloidea</i> .....    | 68,8                              | 36,6  | 95,0                                  | 26,8  |
| <i>Diptera</i> .....       | 0,4                               | 0,2   | 4,4                                   | 1,2   |
| <i>Coleoptera</i> .....    | 9,3                               | 4,8   | 21,5                                  | 6,1   |
| <i>Hydracarina</i> .....   | 4,1                               | 2,1   | 3,2                                   | 0,9   |
| <i>Turbellaria</i> .....   | 0,2                               | 0,1   | 1,4                                   | 0,3   |
| <i>Asellus</i> .....       | 0,4                               | 0,2   | 6,5                                   | 1,8   |
| Gesamtbesiedlung .....     | 189,5                             | 100 % | 353,5                                 | 100 % |

Tabelle 8.

Untersuchungsort: 7 — natürlicher Bereich.

Untersuchte Fläche: 8927 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                 | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> ..... | 132,6                             | 67,4  | 119,7                                 | 36,2  |
| <i>Plecoptera</i> .....    | 3,5                               | 1,8   | 10,8                                  | 3,4   |
| <i>Trichoptera</i> .....   | 5,1                               | 2,5   | 110,8                                 | 35,3  |
| <i>Chironomidae</i> .....  | 16,4                              | 8,4   | 13,8                                  | 4,5   |
| <i>Simuloidea</i> .....    | 37,0                              | 19,2  | 57,5                                  | 18,9  |
| <i>Diptera</i> .....       | 0,2                               | 0,1   | 1,5                                   | 0,8   |
| <i>Coleoptera</i> .....    | 0,2                               | 0,1   | 0,6                                   | 0,2   |
| <i>Collembola</i> .....    | 0,1                               | 0,1   | 0,5                                   | 0,2   |
| <i>Turbellaria</i> .....   | 0,5                               | 0,3   | 1,1                                   | 0,4   |
| <i>Hydracarina</i> .....   | 0,2                               | 0,1   | 0,1                                   | 0,1   |
| Gesamtbesiedlung .....     | 196,4                             | 100 % | 316,4                                 | 100 % |

Tabelle 9.

Untersuchungsort: 8 — gereinigter Bereich.

Untersuchte Fläche: 8361 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                 | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> ..... | 49,8                              | 23,8  | 33,3                                  | 10,7  |
| <i>Plecoptera</i> .....    | 5,3                               | 2,6   | 11,4                                  | 3,6   |
| <i>Trichoptera</i> .....   | 1,9                               | 1,0   | 58,5                                  | 18,8  |
| <i>Chironomidae</i> .....  | 6,9                               | 3,4   | 5,0                                   | 1,6   |
| <i>Simuloidea</i> .....    | 142,0                             | 69,2  | 202,3                                 | 65,3  |
| Gesamtbesiedlung .....     | 205,9                             | 100 % | 310,5                                 | 100 % |

Tabelle 10.

Untersuchungsort: 10 — gereinigter Bereich.  
 Untersuchter Fläche: 10180 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                 | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> ..... | 53,4                              | 12,5  | 47,0                                  | 7,3   |
| <i>Plecoptera</i> .....    | 2,4                               | 0,5   | 16,8                                  | 2,6   |
| <i>Trichoptera</i> .....   | 2,6                               | 0,5   | 31,2                                  | 4,8   |
| <i>Chironomidae</i> .....  | 36,1                              | 8,5   | 25,5                                  | 4,0   |
| <i>Simuloidea</i> .....    | 327,4                             | 77,9  | 517,3                                 | 81,1  |
| <i>Diptera</i> .....       | 0,2                               | 0,1   | 0,2                                   | 0,1   |
| <i>Coleoptera</i> .....    | 0,2                               |       | 0,3                                   | 0,1   |
| Gesamtbesiedlung .....     | 422,3                             | 100 ‰ | 638,3                                 | 100 ‰ |

Tabelle 11.

Untersuchungsort: 14 — gereinigter Bereich.  
 Untersuchte Fläche: 8304 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                   | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     |
|------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....   | 39,4                              | 25,9  | 44,4                                  | 17,0  |
| <i>Plecoptera</i> .....      | 4,1                               | 2,8   | 12,8                                  | 5,1   |
| <i>Trichoptera</i> .....     | 1,5                               | 0,9   | 24,3                                  | 9,2   |
| <i>Chironomidae</i> .....    | 29,4                              | 19,6  | 20,8                                  | 8,2   |
| <i>Ceratopogonidae</i> ..... | 0,4                               | 0,2   | 1,1                                   | 0,4   |
| <i>Simuloidea</i> .....      | 75,9                              | 50,0  | 146,3                                 | 57,5  |
| <i>Diptera</i> .....         | 0,6                               | 0,4   | 4,0                                   | 1,6   |
| <i>Coleoptera</i> .....      | 0,3                               | 0,2   | 1,2                                   | 0,4   |
| Gesamtbesiedlung .....       | 151,6                             | 100 ‰ | 254,9                                 | 100 ‰ |

Vergleichen wir die in den Abbildungen 8 und 9 dargestellten zahlenmäßigen Besiedlungswerte der einzelnen Tiergruppen, so zeigt sich eine ähnliche Tendenz, wie wir sie schon in den Untersuchungen des Skravelbäckens feststellen konnten. Mit der Reinigung verbunden ist ein Anstieg der Gesamtbesiedlung die ihren höchsten Wert im Punkt 10 erreicht. Im gereinigten Bereich 11—14 sinkt dieser Wert allerdings wieder ab. Wie beim Skravelbäckens beruhen die hohen Besiedlungszahlen im wesentlichen auf einer *Simulium*-Massenbesiedlung. Die Ephemeropteren sind in allen Bereichen, mit Ausnahme des natürlichen Beobachtungspunktes 7, etwa gleichhäufig vertreten. Die auffällig hohe Zahl dieser Tiergruppe beruht fast ausschließlich auf *Baetis cf. vernus*. Die Chironomiden erreichen ihren tiefsten Wert bei 8 (gereinigt). Möglicherweise ist dieses Absinken durch den Flussgrund bedingt. Gegenüber allen anderen Flussabschnitten fließt der Spikselån hier mit geringer Strömung über feinen Kiesgrund. Bei den Plecopteren (Abb. 9)

SPIKSELÄN

DURCHSCHNITTLICHE ZAHLENMÄSSIGE BESIEDLUNGSDICHTEN IM SPIKSELÄN - JUNI - SEPTEMBER 1952.

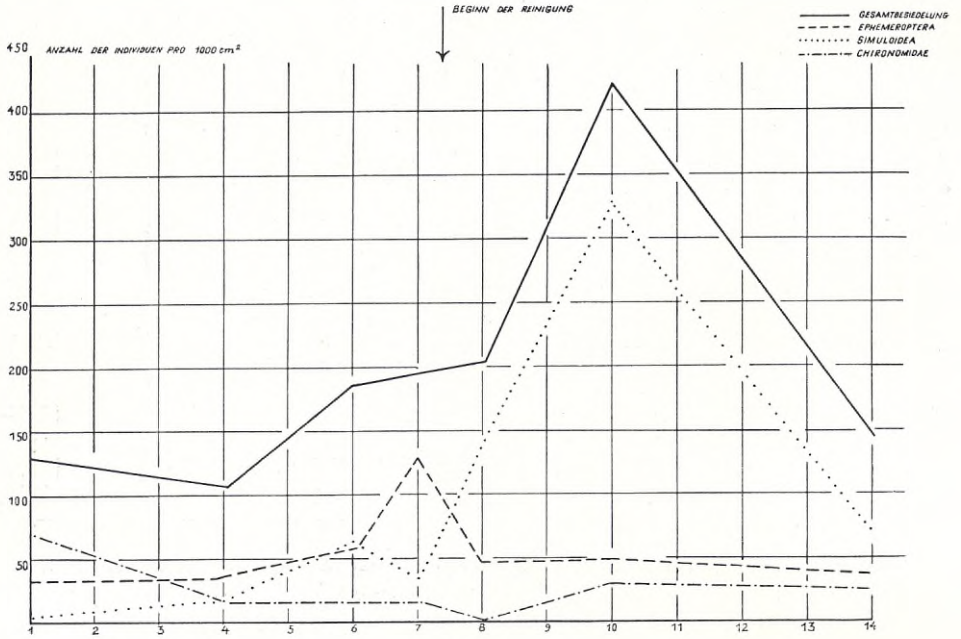


Abb. 8.

SPIKSELÄN

DURCHSCHNITTLICHE ZAHLENMÄSSIGE BESIEDLUNGSDICHTEN JUNI - SEPTEMBER 1952.

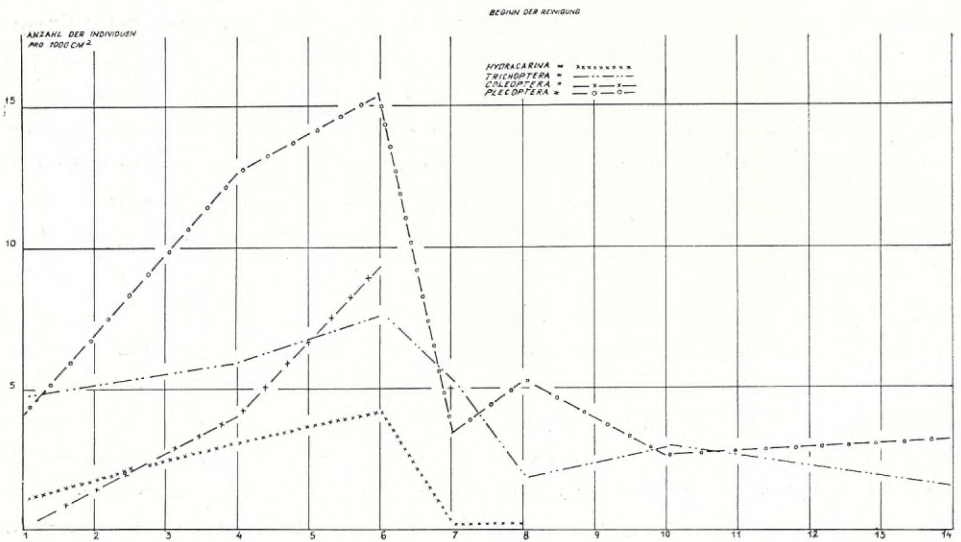


Abb. 9.

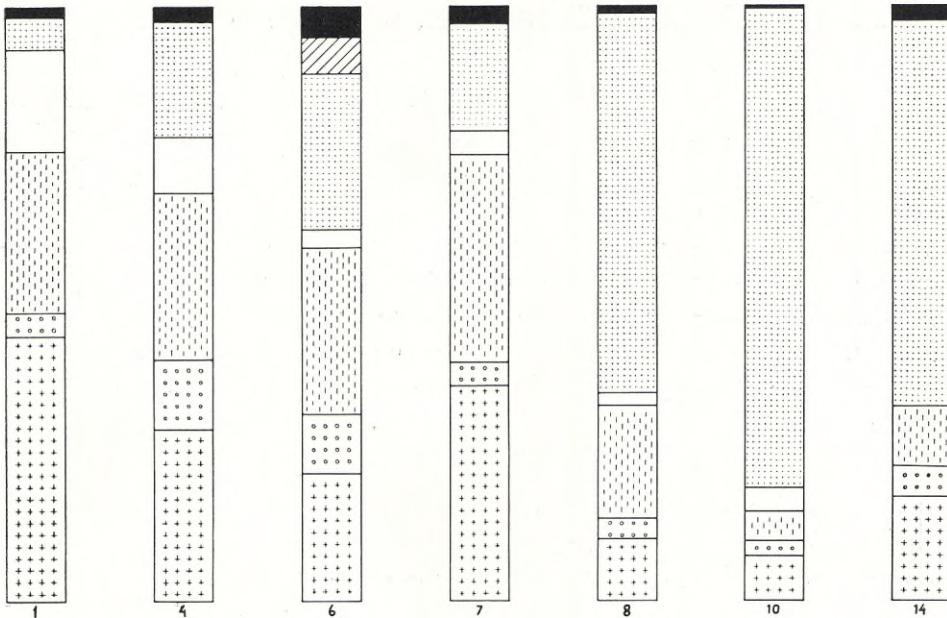


Abb. 10. Durchschnittliche prozentuale Verteilung des Gewichts der Bodenfauna im Spikselån, Sommer 1952.

ist der starke Abfall im mittleren und unteren Flussbereich auffallend. Die geringe Besiedlungsdichte beginnt aber schon im natürlichen Bereich 7. Einen ähnlichen Verlauf zeigt die Kurve der Trichopteren. Coleopteren und Hydracarinae fehlen nahezu gänzlich unterhalb Untersuchungsort 6. Das Fehlen dieser Tiergruppen und die Verminderung der Besiedlungsdichte der Plecopteren beruht sehr wahrscheinlich auf den gleichen Ursachen, die schon bei der Behandlung des Skravelbäckens erörtert wurden — dem Fehlen eines Pflanzenbewuchses auf den Steinen. Das Absinken der Plecopteren schon im natürlichen Bereich 7 bestätigt diese Annahme vollauf, auch hier war keinerlei *Fontinalis* oder Algenbewuchs zu beobachten. Die Trichopteren bleiben auch im ersten Jahr nach der Reinigung noch unter den Werten des natürlichen Flusses.

Eine qualitative Analyse des Bodentierbestandes im Spikselån (Vergleiche auch die Abbildung 10) zeigt, dass nur geringfügige Unterschiede zu der Entwicklung im Skravelbäckens bestehen. Die Gewichtsprozent des Benthos lassen in den Bereichen 8, 10 und 14 eine deutliche Dominanz der Simuliiden erkennen. Eine grössere qualitative Erweiterung ist bei den Ephemeropteren festzustellen (vergl. mit dem neugereinigten Bezirk des Skravelbäckens). Im Durchschnitt des Sommerhalbjahres 1952 liegen die *Simulium*-Werte aber in Anzahl und Gewicht noch erheblich über 50 % des Gesamtbenthos.



*Zusammenfassende Beurteilung der Reinigung 1951.*

- 1.) Auch in einem Zeitabstand von 10—14 Monaten nach der Reinigung sind im gereinigten Fluss noch sehr hohe zahlen- und gewichtsmässige Besiedlungswerte festzustellen. Das Besiedlungsbild ist gegenüber den natürlichen Vergleichsbereichen noch sehr einseitig. Im Benthos dominieren weiterhin die Simuliiden.
- 2.) Ein negativer Einfluss der Reinigung ist bei den Coleopteren und Hydracarinaen zu beobachten. Das Absinken der Trichopteren- und Plecopterenwerte beginnt schon in dem natürlichen Bereich 4.
- 3.) Trotzdem ist aber gegenüber dem Skravelbäcken eine prozentuale Steigerung der Anteile der Ephemeropteren, Plecopteren und Trichopteren zu erkennen.

*Kvarnån*

Im Juli und August 1950 wurde dieser Fluss im grössten Teil seines Unterlaufes gereinigt. An insgesamt 7 Beobachtungspunkten wurden die Untersuchungen im Sommer 1952 durchgeführt. Die Untersuchungsorte 1, 2 und 4 lagen in natürlichen Bereichen; 3, 5, 6 und 7 waren gereinigt. Folgende Besiedlungswerte wurden im Flusse Kvarnån beobachtet.

Während in den Beispielen Skravelbäcken und Spikselån eine sehr ähnlich Besiedlungszusammensetzung zu beobachten war, zeigt der Fluss Kvarnån zwei Jahre nach der Reinigung schon deutliche Differenzierungen. Grundsätzlich kann zunächst festgestellt werden, dass nicht in allen Bereichen die Entwicklung gleich schnell verläuft. So zeigen die Punkte 3 und 7 noch ein Bild der Betonung des rheobionten Komplexes. Demgegenüber ist aber in 5 und 6 schon eine weitgehende Angleichung an die natürlichen Verhältnisse

Tabelle 12. Durchschnittliche Besiedlungswerte im Kvarnån,  
Juni—September 1952.

Untersuchungsort: 1 — natürlicher Bereich.  
Untersuchte Fläche: 8011 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl                  |       | Gewicht                    |       |
|----------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                                  | (1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | (mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 32,5                    | 35,6  | 40,3                       | 32,0  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 19,2                    | 20,9  | 20,4                       | 16,2  |
| <i>Trichoptera</i> (L, P.) ..... | 3,0                     | 3,2   | 47,2                       | 37,5  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 28,1                    | 30,6  | 9,6                        | 7,6   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 5,1                     | 5,5   | 5,9                        | 4,7   |
| <i>Diptera</i> .....             | 0,3                     | 0,4   | 0,4                        | 0,3   |
| <i>Coleoptera</i> .....          | 2,2                     | 2,4   | 1,5                        | 1,2   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 1,2                     | 1,4   | 0,6                        | 0,5   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 91,6                    | 100 % | 125,9                      | 100 % |

Tabelle 13.

Untersuchungsort: 2 — natürlicher Bereich.  
 Untersuchte Fläche: 7532 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 64,8                              | 34,4  | 77,0                                  | 30,8  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 10,5                              | 5,8   | 17,2                                  | 6,9   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 14,9                              | 7,9   | 114,7                                 | 45,9  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 30,9                              | 16,4  | 11,0                                  | 4,4   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 59,9                              | 31,8  | 13,7                                  | 5,5   |
| <i>Diptera</i> .....             | 0,6                               | 0,3   | 3,0                                   | 1,2   |
| <i>Coleoptera</i> .....          | 2,0                               | 1,1   | 4,5                                   | 1,8   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 3,6                               | 1,9   | 2,2                                   | 0,9   |
| <i>Mollusca</i> .....            | 0,8                               | 0,4   | 6,5                                   | 2,6   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 188,0                             | 100 ‰ | 249,8                                 | 100 ‰ |

Tabelle 14.

Untersuchungsort: 3 — gereinigter Bereich.  
 Untersuchte Fläche: 8546 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 94,5                              | 6,3   | 162,8                                 | 17,9  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 1,5                               | 0,2   | 9,1                                   | 1,0   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 10,8                              | 0,9   | 149,8                                 | 16,5  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 30,0                              | 2,1   | 5,4                                   | 0,7   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 1343,1                            | 90,4  | 579,8                                 | 63,8  |
| <i>Coleoptera</i> (I.) .....     | 0,4                               | 0,1   | 0,9                                   | 0,1   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 1480,3                            | 100 ‰ | 907,8                                 | 100 ‰ |

Tabelle 15.

Untersuchungsort: 4 — natürlicher Bereich.  
 Untersuchte Fläche: 9609 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | ‰     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 37,5                              | 30,8  | 45,5                                  | 12,6  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 18,6                              | 15,4  | 35,4                                  | 9,8   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 16,1                              | 13,3  | 141,5                                 | 39,2  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 28,1                              | 22,0  | 9,0                                   | 2,5   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 6,3                               | 5,3   | 5,0                                   | 1,4   |
| <i>Diptera</i> .....             | 0,4                               | 0,3   | 2,9                                   | 0,8   |
| <i>Coleoptera</i> .....          | 1,3                               | 1,0   | 1,4                                   | 0,4   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 4,1                               | 3,5   | 3,2                                   | 0,9   |
| <i>Mollusca</i> .....            | 9,1                               | 7,6   | 114,4                                 | 31,7  |
| <i>Asellus</i> .....             | 0,6                               | 0,5   | 2,2                                   | 0,6   |
| <i>Turbellaria</i> .....         | 0,4                               | 0,3   | 0,4                                   | 0,1   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 122,5                             | 100 ‰ | 360,9                                 | 100 ‰ |

Tabelle 16.

Untersuchungsort: 5 — gereinigter Bereich.

Untersuchte Fläche: 8944 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 54,2                              | 31,7  | 36,8                                  | 20,6  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 2,7                               | 1,7   | 6,4                                   | 3,6   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 22,9                              | 13,4  | 90,2                                  | 50,5  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 8,3                               | 4,8   | 1,2                                   | 0,7   |
| <i>Simuloidea</i> (L. P.) .....  | 81,4                              | 47,8  | 43,1                                  | 24,1  |
| <i>Coleoptera</i> (I.) .....     | 0,3                               | 0,2   | 0,5                                   | 0,3   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 0,9                               | 0,5   | 0,4                                   | 0,2   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 170,7                             | 100 % | 178,6                                 | 100 % |

Tabelle 17.

Untersuchungsort: 6 — gereinigter Bereich.

Untersuchte Fläche: 9495 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 34,2                              | 43,5  | 36,7                                  | 17,0  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 2,5                               | 3,1   | 2,8                                   | 1,3   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 11,3                              | 14,3  | 116,6                                 | 54,0  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 8,8                               | 11,2  | 3,7                                   | 1,7   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 20,0                              | 25,4  | 53,0                                  | 24,2  |
| <i>Coleoptera</i> (I.) .....     | 0,4                               | 0,6   | 0,2                                   | 0,1   |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 0,8                               | 1,1   | 0,6                                   | 0,3   |
| <i>Mollusca</i> .....            | 0,6                               | 0,8   | 3,0                                   | 1,4   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 78,6                              | 100 % | 215,6                                 | 100 % |

Tabelle 18.

Untersuchungsort: 7 — gereinigter Bereich.

Untersuchte Fläche: 8270 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                       | Anzahl<br>(1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | Gewicht<br>(mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|
| <i>Ephemeroptera</i> .....       | 28,4                              | 17,1  | 49,8                                  | 23,7  |
| <i>Plecoptera</i> .....          | 3,3                               | 1,9   | 3,5                                   | 1,7   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) ..... | 3,7                               | 2,1   | 42,8                                  | 20,5  |
| <i>Chironomidae</i> .....        | 12,9                              | 7,7   | 8,7                                   | 4,8   |
| <i>Simuloidea</i> .....          | 118,0                             | 71,1  | 102,4                                 | 49,1  |
| <i>Hydracarina</i> .....         | 0,1                               | 0,1   | 0,4                                   | 0,2   |
| Gesamtbesiedlung .....           | 166,4                             | 100 % | 207,6                                 | 100 % |

gegeben, die sich in einer qualitativen Erweiterung und in einem Absinken der extrem hohen Besiedlungszahlen ausdrückt. Besonders begünstigt erscheinen in dieser Phase nach der Reinigung die Trichopteren und Ephemeropteren zu sein (vergleiche auch Abb. 11).

Am auffallendsten ist der aussergewöhnlich hohe Besiedlungswert, des zwischen zwei natürlichen Bereichen liegenden gereinigten Punktes 3. Hier wurde auf ca. 300 m Länge im Sommer 1950 ein Mäander begradigt. Die Folge war eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit. Die maximalen Werte lagen bei 1,50 m/sec. Nun ist die Strömungsgeschwindigkeit allein nicht ausschlaggebend für diese Besiedlungsdichte. Die Lage der Punkte 2 und 3 im Fluss erscheint hier als der entscheidende Faktor. Etwa 1 km oberhalb 2 und 3 liegt der See Hvitbergsträsk. Die Punkte 2 und 3 sind nur etwa 200 m voneinander entfernt. Die in dem gereinigten Flussabschnitt 3 beobachteten Besiedlungszahlen wurden an keinem anderen Ort des Untersuchungsgebietes im Sommer 1952 übertroffen. Wenn diese hohen Werte auch im Wesentlichen durch *Simulium* bedingt sind, so weisen hier doch Ephemeropteren und Trichopterenlarven Besiedlungszahlen und Besiedlungsgewichte auf die denen des natürlichen Vergleichsbereiches 2 nahe kommen oder ihn sogar übertreffen. Es stellt sich die Frage, wie auf diesem kleinen Raum eine solche Diskrepanz in den Besiedlungswerten zu erklären ist?

Einen Hinweis zur Deutung dieser Erscheinung geben die vorherrschenden Tierformen. Es dominieren in beiden Bereichen Organismen, die zu den »passiven Nahrungstypen« zu rechnen sind, Organismen, die also von den vom See abgegebenen Nahrungsstoffen leben. So ist hier der natürliche Flussbiotop von dem Einfluss des Sees »überlagert«. Diese »Überlagerung« zeigt sich deutlich, wenn die Produktion des Sees keinen Einfluss mehr auf den Fluss ausüben kann. So hatte sich zur Zeit der Septemberuntersuchung 1952 auf dem Hvitbergsträsk schon eine Eisdecke gebildet, die Möglichkeit des Abtreibens toter und belebter Nahrungsstoffe war eingeschränkt. Dies drückte sich vor allem im Bereich 3 in einem starken Ansinken der Besiedlungsdichte aus, *Simulium* war nur noch mit einer Häufigkeit von 8/1000 cm<sup>2</sup> festzustellen.

Wesentlich zur Beurteilung der Reinigung ist die Feststellung, dass der gereinigte Bereich in viel höherer Masse das Nahrungsangebot des Sees ausnützen kann als der natürliche Bereich 2. An anderer Stelle war schon zu den Gründen der hohen Simuliidenbesiedlung Stellung genommen worden. Das Beispiel des Beobachtungspunktes 3 ist ein weiterer Beweis für die weiter oben vertretene Ansicht, dass die Reinigung die Lebensbedingungen rheobionter Larven optimal erhöht. Durch die grosse Nahrungszuführung aus dem See erfahren die Bedingungen für diese Organismen eine maximale Steigerung. In dem natürlichen Vergleichsbereich 2 ist durch die verminderte Strömung und das ungünstige Substrat diese Steigerung in der Besiedlungs-

KYARNÄN  
 DURCHSCHNITTLICHE ZAHLENMÄSSIGE BESIEDLUNGSSCHICHTEN IM KYARNÄN. JUNI - SEPTEMBER 1952.  
 GEREINIGT

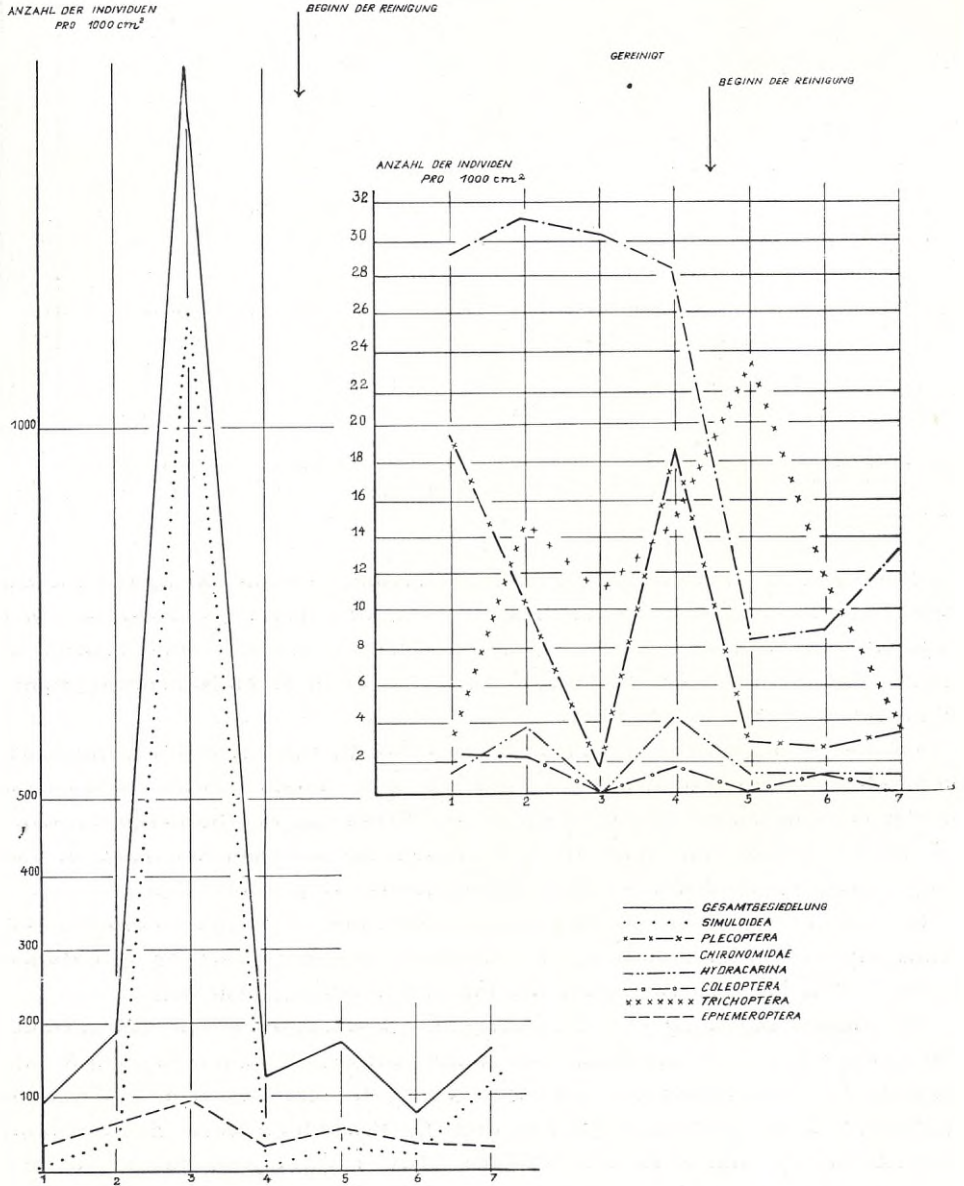


Abb. 11.

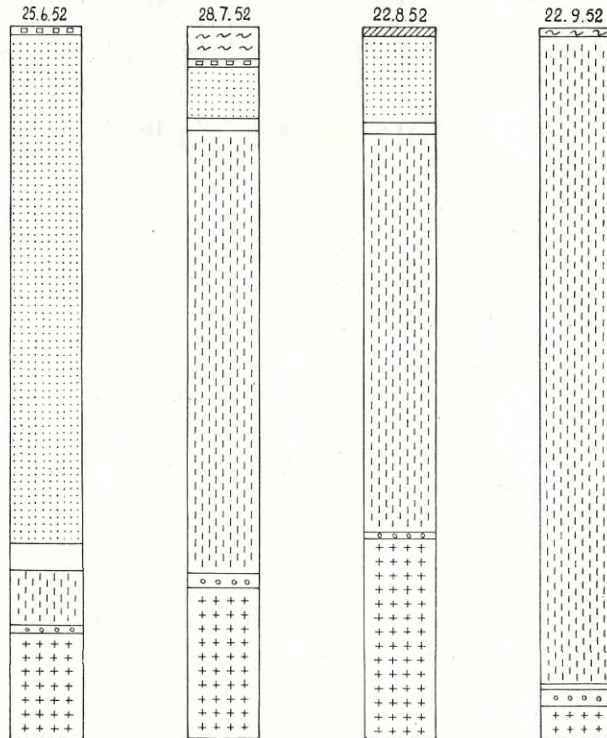


Abb. 14. Prozentuale Verteilung der Gewichte der Bodenfauna i den Monaten Juni, Juli, August und September 1952, Beobachtungspunkt 6 — Kvarnån.

Reinigung in einer vorübergehenden Dominanz der Simuliiden. Diese Tiergruppe tritt in den folgenden Monaten aber merklich zurück, im September dominieren eindeutig die Trichopteren (*Hydropsyche spec.*, *Rhyacophila spec.*).

#### Zusammenfassende Beurteilung der Reinigung 1950

- 1.) In qualitativer und quantitativer Hinsicht ist an einigen Abschnitten des Flusses noch deutlich der Einfluss der Reinigung zu erkennen (3, 7). An anderen Beobachtungspunkten hat sich das Besiedlungsbild weitgehend dem des natürlichen Flusses angeglichen. (5, 6.)
- 2.) Die in der Folge der Reinigung typisch hohen Besiedlungszahlen werden nur noch in einem Punkte erreicht (3).
- 3.) Neben der Dominanz der Simuliiden in 3 und 7, treten deutlich die Trichopteren und Ephemeropteren als wesentliche Besiedlungskomponenten in den Bereichen 5 und 6 auf.
- 4.) Die Lebensbedingungen für Plecopteren, Coleopteren, Hydracarinen und Molluscn erscheinen weiterhin verschlechtert.

- 5.) Es liegt nahe, den in den Flusslauf eingeschalteten Seen eine die Produktion steigernde Bedeutung beizumessen. Dabei zeigt sich, dass der gereinigte Bereich in wesentlich höherem Masse das Nahrungsangebot auszunützen vermag.

*Bodträskån.*

Dieser Fluss wurde in seinem Unterlauf im Sommer 1947 gereinigt. Im Unterlauf wurden zwei Vergleichsbereiche ausgewählt, die folgende Besiedlung aufwiesen. (1 = natürlich, 2 = gereinigt.)

Tabelle 19. Durchschnittliche Besiedlungswerte im Bodträskån, Juni—September 1952.

Untersuchungsort: 1 — natürlicher Bereich.

Untersuchte Fläche: 8376 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                           | Anzahl                  |       | Gewicht                    |       |
|--------------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                                      | (1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | (mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
| <i>Ephemeroptera</i> . . . . .       | 23,5                    | 15,5  | 15,1                       | 9,7   |
| <i>Plecoptera</i> . . . . .          | 2,3                     | 1,5   | 8,5                        | 7,5   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) . . . . . | 11,1                    | 7,4   | 45,7                       | 28,2  |
| <i>Chironomidae</i> . . . . .        | 36,5                    | 24,0  | 7,5                        | 5,2   |
| <i>Simuloidea</i> . . . . .          | 72,5                    | 48,5  | 63,8                       | 36,3  |
| <i>Diptera</i> . . . . .             | 0,1                     | 0,1   | 0,3                        | 0,2   |
| <i>Coleoptera</i> . . . . .          | 0,3                     | 0,2   | 0,2                        | 0,2   |
| <i>Mollusca</i> . . . . .            | 0,3                     | 0,2   | 19,4                       | 9,0   |
| <i>Turbellaria</i> . . . . .         | 4,0                     | 2,6   | 5,1                        | 3,2   |
| <i>Hydracarina</i> . . . . .         | 0,1                     | 0,1   | 0,3                        | 0,2   |
| <i>Oligochaeta</i> . . . . .         | 0,1                     | 0,1   | 0,3                        | 0,2   |
| Gesamtbesiedlung . . . . .           | 150,8                   | 100 % | 166,2                      | 100 % |

Tabelle 20.

Untersuchungsort: 2 — gereinigter Bereich.

Untersuchte Fläche: 8413 cm<sup>2</sup>.

| Tiergruppe                           | Anzahl                  |       | Gewicht                    |       |
|--------------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                                      | (1000 cm <sup>2</sup> ) | %     | (mg/1000 cm <sup>2</sup> ) | %     |
| <i>Ephemeroptera</i> , . . . . .     | 11,6                    | 8,1   | 21,8                       | 8,3   |
| <i>Plecoptera</i> . . . . .          | 2,0                     | 1,4   | 8,8                        | 2,3   |
| <i>Trichoptera</i> (L. P.) . . . . . | 19,3                    | 13,5  | 225,5                      | 53,1  |
| <i>Chironomidae</i> . . . . .        | 11,6                    | 8,1   | 4,9                        | 1,4   |
| <i>Simuloidea</i> . . . . .          | 97,6                    | 68,2  | 130,8                      | 34,3  |
| <i>Coleoptera</i> . . . . .          | 0,1                     | 0,1   | 0,4                        | 0,1   |
| <i>Hydracarina</i> . . . . .         | 0,2                     | 0,1   | 0,4                        | 0,1   |
| <i>Asellus</i> . . . . .             | 0,4                     | 0,2   | 0,8                        | 0,2   |
| <i>Mollusca</i> . . . . .            | 0,4                     | 0,2   | 0,4                        | 0,1   |
| <i>Turbellaria</i> . . . . .         | 0,2                     | 0,1   | 0,4                        | 0,1   |
| Gesamtbesiedlung . . . . .           | 143,4                   | 100 % | 394,2                      | 100 % |

Die Tabellen 19 und 20 und die Abbildung 15 zeigen, dass eine weitgehende Angleichung beider Bereiche erfolgt ist. Neben einem deutlichen Überwiegen des Gewichtes in dem gereinigten Bereich, ist das qualitative Bild im westlichen durch die Trichopterenlarven bestimmt. Plecopteren und Mollusken sind noch in geringerer Menge vorhanden. Hydracarinien und Coleopteren weisen keinerlei Unterschiede auf.

*Zusammenfassende Beurteilung der  
Reinigung 1947.*

- 1.) Einem zahlenmässig annähernd gleichen Tierbestand steht ein wesentliche erhöhtes Gewicht der benthischen Fauna im gereinigten Bereich gegenüber.
- 2.) Das hohe Gewicht ist vorallem durch den hohen Trichopterenanteil bedingt.
- 3.) Es hat den Anschein, dass die im Flusse Kvarnån aufgezeigte Entwicklung einer Vergrösserung des Trichopterenanteils typisch für gereinigte Gewässer in einem Zeitabstand von 2—5 Jahren nach der Reinigung ist.

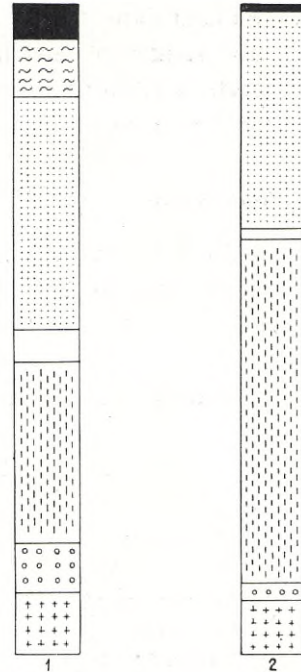


Abb. 15. Durchschnittliche prozentuale Verteilung des Gewichtes der Bodenfauna im Bodträskån, Sommer 1952.

#### IV. Vorläufige Folgerungen aus den Untersuchungen über den Einfluss der Reinigung

Wenn die Untersuchungen über die qualitativen Besiedlungsverhältnisse verschiedener und zu verschiedener Zeit gereinigter Flössereigewässer auch noch keine abschliessende Stellungnahme erlauben, so lassen sie doch folgendes deutlich erkennen:

Der Einfluss der Reinigung auf die Bodenfauna fliessender Gewässer zeigt sich am deutlichsten in einer Steigerung der Anzahl rheobionter und rheophiler Organismen. Mit der Reinigung ist immer ein Massenaufreten von *Simulium* verbunden. Von anderen Tiergruppen wandern als erste die Ephemeropteren in den neugeschaffenen Lebensraum ein. Wie an den Beispielen des Spikselån und des Kvarnån gezeigt werden konnte, erreichen die Ephemeropteren dabei Besiedlungswerte, die oft die Besiedlungsdichten natürlicher Bereiche übertreffen. Im zweiten Jahr nach der Reinigung (Kvarnån) ist eine deutliche Steigerung der Trichopteren zu erkennen. Die Dominanz dieser Tiergruppe ist auch fünf Jahre nach einer Reinigung (Bodträskån)



noch klar ausgeprägt. Die Lebensbedingungen der Plecopteren, Coleopteren, Hydracarinen und Molluscen scheinen durch den Eingriff verschlechtert zu werden. In allen Beispielen konnte für diese Gruppen ein deutliches Absinken nach der Reinigung beobachtet werden, das über mehrere Jahre anhält. Nach fünf Jahren (Bodtråskån) bestehen aber keinerlei Unterschiede in der Besiedlungsdichte der genannten Gruppen.

Letzte Folgerung einer produktionsbiologischen Untersuchung ist die Frage nach der Ertragsfähigkeit des untersuchten Gewässers. Der Wert eines Fischgewässers ist primär durch physiographische Faktoren gegeben. Dadurch bedingt ist der Reichtum an Pflanzen und Nahrungstieren. Die Produktionsmöglichkeit der Gewässer des nordschwedischen Nadelwaldgebietes ist in ihrer Höhe durch verschiedene Faktoren begrenzt. Saures Wasser, geringer Kationengehalt, geringe Härte charakterisieren die chemischen Bedingungen. Hinzu kommt eine von Mitte Oktober bis Anfang Mai andauernde Winterperiode in der das Wachstum fast aller Organismen nahezu stillsteht.

Diese Bedingungen begrenzen weitgehend Vorkommen und Entwicklung verschiedener Tiergruppen (Crustaceen, Molluscen). Produktionsmindernd wirkt sich weiterhin das geringe Vorkommen submerser Pflanzen aus. Allerdings wirkt sich der vorkommende Pflanzenwuchs hier nicht quantitativ fördernd aus, jedoch ist immer die qualitative Breite erweitert (Kvarnån 4, Spikselån 3).

HUET (1949) behandelte in seiner Abhandlung über »Appreciation de la valeur piscicole des eaux douces«, die Produktivität eines Gewässers. Danach ist der Produktionswert eines Gewässers direkt abhängig von dem »Nahrungsreichtum« (Capacité biogénique).<sup>1</sup> ALBRECHT (1953) erweiterte die auf Schätzungen beruhenden Folgerungen HUET's, indem sie die Skalenwerte in Gewichten ausdrückte. So sind uns direkte Vergleichsmöglichkeiten unserer Gewässer mit denen Mitteleuropas gegeben. Auch die Einstufung HAZZARD's (1935) der Untersuchungen fließender Gewässer in Utah (U.S.A.) durchführte mögen zum Vergleich herangezogen werden. Letzterer bezeichnet als

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| nahrungsarm . . . . .   | weniger als 11 g/qm |
| mittel . . . . .        | 11—22 g/qm          |
| nahrungsreich . . . . . | 22 g und mehr/qm.   |

<sup>1</sup> Den Begriff der »Capacité biogénique« (Symbol — B) drückt HUET mittels einer Skala von I—X aus. Er unterteilt die Gewässer in drei Hauptgruppen, nahrungsarme (B I—III), mittlere (B IV—VI) und nahrungsreiche Gewässer (B VII—X). Man stellt die »Capacité biogénique« durch Schätzung der im Wasser tatsächlich vorhandenen Nahrung im Vergleich zu einem Gewässer des gleichen Typus mit idealem Nahrungsreichtum fest. Mit Hilfe der Produktivitätsformel, die für Fließgewässer  $K=B \times L \times k$  lautet berechnet HUET die »rationelle Produktivität«. (Dabei bedeutet: K=jährliche Produktion des Wasserlaufes in kg pro km, L=mittlere Breite in m, k=Koeffizient.) Bei der Berechnung auf Hektar statt auf Kilometer lautet die Formel:  $K=B \times 10 \times k$ . Der Koeffizient k variiert zwischen 1,0 (saures Wasser), 1,5 und 2,0 (gute bis sehr gute physiographische Verhältnisse).

ALBRECHT (1953) differenziert das Schema nach HUET weiter und kommt zu folgenden Werten.

Tabelle 21.

| Capacité biogénique | k            | Nährtier-<br>gewicht/qm<br>g | Fischproduktion/ha<br>(nach HUET)<br>kg |
|---------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| Nahrungsarm .....   | I 1 —1,5     | 0—3                          | 10—15                                   |
|                     | II 1 —1,5    | 3—6                          | 20—30                                   |
|                     | III 1 —1,5   | 6—10                         | 30—45                                   |
| Mittel .....        | IV 1,5       | 10—20                        | 45—60                                   |
|                     | V 1,5—2,0    | 20—30                        | 75—100                                  |
|                     | VI 1,5—2,0   | 30—40                        | 90—120                                  |
| Nahrungsreich ..... | VII 1,5—2,0  | 40—50                        | 105—140                                 |
|                     | VIII 1,5—2,0 | 50—60                        | 120—106                                 |
|                     | IX 1,5—2,0   | 60—70                        | 135—180                                 |
|                     | X 1,5—2,0    | über 70                      | 150—200                                 |

Vergleicht man diese Tabelle mit den in den vorstehenden Tabellen gezeigten Besiedlungswerten einiger nordschwedischer Fließgewässer, so sind alle Gewässer zu der Gruppe der »nahrungsarmen« Gewässer zu rechnen. An allen Untersuchungsstellen liegen danach die Besiedlungsgewichte in den Graden I und II und nur in den gereinigten Bereichen Spikselån 6 und Kvarnån 3 wurden der Grad III erreicht.

Im Sinne der »Capacité biogénique« ist demnach mit der Reinigung eine Produktionssteigerung verbunden.

### Literatur

- ALBRECHT, M. 1953. Die Plane und andere Flämingbäche. *Zeitschr. f. Fisch. u. d. Hilfswiss.* Bd. I, N.F. (1952), Hefte 5/6; 390—473.
- ALM, G. 1923. Virkesflottningens inverkan på fisket. *Medd. från Kungl. Lantbruksstyrelsen* 244: 1—121.
- FREIDENFELT, TH. 1928. Flottningens inverkan på fisket. Karlstad 1928.
- ILLIES, J. 1952. Die Mühle. *Arch. f. Hydrob.* 46: 424—612.
- MÜLLER, K. 1952. Fischereibiologische Untersuchungen an der Fulda. Diss. Kiel 1952.
- 1953. Undersökningar över fiskebeståndet och dess näringsgrundval i traktorrensade flottleder. *Svenska flottledsförb. årsbok* 27: 1—9.
- 1953. Fiskeribiologiska undersökningar av nordsvenska flottleder. *Svenska flottledsförb. årsbok* 27: 1—40 (Als Suppl. erschienen).
- NEEDHAM, P. R. 1928. Quantitative studies of the fish food supply in selected areas. *State of Newyork Conserv. Dept. Suppl.* 18: 220—232.
- SCHRÄDER, TH. 1932. Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Ufertierwelt fließender Gewässer. *Zeitschr. f. Fischerei* 30: 105—125.

## Die Kieselalgenvegetation in zwei azidotrophen Seen des Küstengebietes von Nordschweden

Von INGEBOG STJERNA-POOTH

Das Fischsterben des Jahres 1948 in dem Seensystem Blåmisusjön—Sladan—Vitåfjärden—Högsöfjärden, das zum Rånefjärden im Bottnischen Meerbusen Abfluss hat, lenkte die Aufmerksamkeit auf diese Seen. In den folgenden Jahren wurde eine Serie von Proben für chemische und biologische Untersuchungen genommen, wobei die Seen einen ungewöhnlichen und interessanten Charakter zeigten. Diese Umstand liess ein näheres Studium auch des Kieselalgenvorkommens angezeigt erscheinen.

Deshalb wurde in den Jahren 1950—1952 eine Anzahl Proben in den genannten Seen — mit Ausnahme vom Vitåfjärden — und zu Vergleichszwecken auch aus dem nahe belegen, aber völlig selbständigen See Dynträsket und der innersten Bucht des Rånefjärden, dem Strömsund, genommen. Die ersten von ihnen, vom 7 Juli 1950, waren Planktonproben aus Sladan und Blåmisusjön, Netzproben aus der dünnen Strandvegetation des Dynträsket und Högsöfjärden sowie eine Bodenschlammprobe aus dem See Sladan. Am 10.5.1951 wurden einige weitere Planktonproben im Sladan und Blåmisusjön und ein Bodenprofil im Sladan genommen. Vervollständigt wurde das Material am 9.9.52 durch ein Bodenprofil sowohl des Blåmisusjön als auch des Strömsundet und durch einige neue Planktonproben vom Sladan und Blåmisusjön. Obgleich über die biologischen und die physikalisch-chemischen Untersuchungsergebnisse an anderer Stelle dieses Reports berichtet werden wird, sollen hier einige charakteristische Züge, die die chemischen und topographischen Verhältnisse dieser Seen betreffen, angeführt werden.

Die Seen sind alle durch Trennung von der Ostsee infolge der Landhebung in relativ später Zeit entstanden und liegen in einem Gebiet von sogenannten Alaunböden, die ihrerseits wiederum aus Ablagerungen von marinem Ton, sogenanntem Schwarzton, entstanden sind. Charakteristisch für diese Alaunböden ist nach HANNERZ (1934), dass sie alle reich an Sulfaten und oft auch an Schwefelsäure sind, wodurch sie eine stark saure Reaktion bis hinab zu einem pH-Wert von 2,6 zeigen. Besonders der kleine Blåmisusjön, der durch einen Ablaufbach mit dem Sladan verbunden ist, liegt in einem Bereich mit

stark sauren Alaunböden. Der pH-Wert seines Wassers ist nicht höher als 2,8 bis 3,1. Dieser extreme Sulfatsee wirkt seinerseits auf den Sladan ein, was sich in einem niedrigen pH-Wert auch für diesen See äussert. Das Wasser in den Seen Vitåfjärden und Högsöfjärden, das durch einen relativ starken Zufluss, den Vitån, in Verbindung mit dem Sladan steht, ist mit einem pH-Wert von ungefähr 6 normaler. Der See Dynträsket schliesslich wird von keinen Alaunböden beeinflusst und liegt ausserdem auf einem ungefähr 8,50 Meter höheren Niveau als die übrigen Seen.

Obwohl sich die Untersuchung in erster Linie auf das Bodenmaterial bezieht, müssen zunächst doch einige Worte über die Plankton- und die übrigen Netzproben gesagt werden. In den Proben aus dem freien Wasser des Sladan und Blåmisusjön sind die Kieselalgen äusserst sparsam vertreten. Abgesehen von einem ungewöhnlichen Einschlag der Bodenform *Nitzschia plana* var. *fennica* f. *ornata*, auf die ich später zurückkommen werde, kommen im Sladan von den gewöhnlichen Planktonarten im Mai 1951 nur *Melosira ambigua* und im September 1952 weiter *Asterionella formosa* und *Tabellaria fenestrata* einigermassen reichlich vor. Die Planktonprobe aus dem Blåmisusjön im Sept. 1952, die im offenen Wasser genommen wurde, enthält überhaupt keine Kieselalgen. Nur die im Plankton mehr zufällig vorkommende *Eunotia exigua* scheint — nach ihrem im Mai 1951 ziemlich häufigen Vorkommen im freien Wasser — den äusserst niedrigen pH-Wert von 3,0 im Blåmisusjön auszuhalten können. Im übrigen scheint die Alge in diesen Seen nicht nur durchhalten zu können, sondern sogar in ihrer Entwicklung gefördert zu werden, denn in dem seichteren Wasser des Sphagnumgürtels des Blåmisusjön und in den Strandrändern des Sladan nahe dem Auslauf vom Blåmisusjön, wo sie die Voraussetzungen für ihre natürliche Wachstumsart als Aufwuchsform findet, kommt sie in ungeheuren Mengen vor und verdrängt andere Formen fast völlig. Da der niedrige pH-Wert im Sladan—Blåmisusjön durch freie Schwefelsäure verursacht wird — nach KOLBE (1932) dürften die  $SO_4$ -Jonen auf die Lebensbedingungen gewisser Kieselalgen eine ähnliche wenngleich schwächere Einwirkung wie die Kloridjonen ausüben — so liegt es nahe, *Eunotia exigua* als eine halophile Form zu bezeichnen, d.h. eine Form, die in ihrer Entwicklung durch geringere Salzmengen angeregt wird. Da man die *Eunotia*-Gruppe im übrigen als fast halophob d.h. salzscheuend bezeichnet und *Eunotia exigua* selbst in humusauren Gewässern gewöhnlich ist, dürfte ihr Massenvorkommen in den hier berührten Seen wohl darauf beruhen, dass sie als die widerstandsfähigste Form Alleinherrscher bleibt.

Mit Ausnahme der obengenannten Formen kamen in den Netzproben der beiden Seen keine Kieselalgen in nennenswerter Zahl und im lebenden Zustand vor. Das ist aber auch nicht merkwürdig, da ja nach dem, was bisher bekannt ist, nur eine kleine Minderheit von Kieselalgen einen pH-Wert unter 4 aushalten kann. Nur die widerstandsfähige *Melosira ambigua* scheint im

Sladan bei einem pH-Wert von 3,3—3,9 (im Mai 1951) existieren zu können, während *Asterionella formosa* und *Tabellaria fenestrata* erst auftreten, nachdem der pH-Wert im September 1952 auf 4,2 gestiegen ist. Vielleicht haben auch andere für diese Arten günstigen Faktoren dabei eine Rolle gespielt.

In dem See Högsöfjärden liegt der pH-Wert im Juli 1950 über 6, wodurch sich die Bedingungen für das Gedeihen der Kieselalgen verbessern. Die Anzahl der Arten ist hier bedeutend höher, und *Melosira ambigua* ist sogar zu einer Hochproduktion gekommen. *Eunotia exigua* kommt indessen neben einem Teil leicht salzliebender Formen, die in Sladans Bodenproben wiederkehren noch reichlich vor, was wohl auf ein Einwirken dieses Sees hindeutet. Der Högsöfjärden kann deshalb nicht als ein vom Kieselalgen Gesichtspunkt voll normaler See von nördlich-oligotrophem Charakter bezeichnet werden.

Diese Bezeichnung passt umso besser für den See Dynträsket, aus dem zu Vergleichszwecken ebenfalls Proben genommen wurden. Die Netzprobe in spärlicher Vegetation im Juli 1950 enthält Plankton- und Aufwuchsformen, charakteristisch für elektrolytenarme Seen von dystrophem Charakter, die die üblichen in dieser Gegend sind. Die Artanzahl ist mässig, die Zahl der Individuen meist gering. Dynträskets Kieselalgenflora zeigt keine charakteristischen und interessanten Züge, weshalb hier keine Bodenproben genommen wurden.

Das Ergebnis der Untersuchungen des Bodenmaterials des Sladan und Blåmisusjön gibt hinsichtlich der Kieselalgenflora ein völlig verschiedenes Bild. Wir wollen zuerst die Proben vom Sladan betrachten. Diese bestehen, wie bereits oben erwähnt, aus einer Schlammprobe von 1950 und einem Bodenprofil von 1951. Die Schlammprobe enthält zwar denselben Oberflächenschlamm, der sich auch im obersten Teil des Profils findet. Da aber die Schlammprobe bei einer anderen Gelegenheit und an einem anderen Ort im See genommen wurde als das Profil, wurde doch eine Artenliste aufgestellt. Eine eingehendere Untersuchung wurde dem Bodenprofil gewidmet. Dieses hatte eine Länge von 10 cm und einen Durchschnitt von c:a 11 mm. Es konnte eine deutliche Schichtung, aus drei verschiedenen Schichten bestehend, beobachtet werden: Nr 1, die oberste, war c:a 2 cm lang, hellbraun und stark eisenhydrathaltig, Nr 2, die mittlere, eine Art Übergangsschicht, braunschwarz und Nr 3, die untere, schwefeleisenhaltige Schicht, von rein schwarzer Farbe. Von allen drei Schichten wurden Proben genommen, und das Untersuchungsergebnis ergibt sich aus den beiliegenden Listen. Alles in Allem wurden 251 Arten, Varietäten und Formen aufgezeichnet, davon 78 von der ersten, 137 von der zweiten und 188 Stück von der dritten Schicht. Von dieser grossen Zahl sind die meisten reine Bodenformen, aber es kommen auch viele Aufwuchs- und Planktonformen vor. In der Schlammprobe vom Mai 1951 finden sich selbst mehrere Planktonarten in lebendem Zustand und in reichlicherer Menge als im freien Wasser des Sees z.B. *Tabellaria fenestrata* und *flocculosa*, *Melosira ambigua* in dominierender Zahl und *Melosira granu-*

*lata* f. *angustissima*. Vielleicht haben diese Planktonformen im Bodenschlamm ein für ihre Entwicklung günstigeres Milieu, als es das saure freie Wasser darstellt, gefunden, soweit sie nicht — trotz allem — Reste des Planktonbestandes früherer Jahre ausmachen.

Bei einem Vergleich zwischen den drei Schichten im Bodenprofil kann weiter ein gewisser Unterschied betreffend Artenzusammensetzung, dominierender Formen und Individuenzahl beobachtet werden. Die Schicht 1 umfasst hauptsächlich die in diesen Gegenden gewöhnlichen oligotrophen und dystrophen Seeformen wie gewisse *Cymbella*-Arten, darunter *Cymbella suecica*, *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia*-Arten mit *Eunotia exigua* als absolut vorherrschender Art, weiter sehr zahlreich *Frustulia saxonica*, die eine sichere saure Leitform ist und schliesslich eine Menge von *Pinnularia*-Arten, darunter die für die Gegend charakteristische *Pinnularia subcapitata* sowie die Varietät *Hilseana* dieser Art. Letztere kommt allein in dieser Schicht vor und ist gemäss SCHROEDER (1939) eine sichere saure Leitform mit einem optimalen pH-Wert von 4,0—5,0. Zu den in den Schichten 1 und 2 vorherrschenden Arten gehört auch *Navicula halophila* f. *capitata*. Wenn auch nicht dominierend, so doch in reichlicher Menge, kommt *Nitzschia thermalis* var. *minor*, auf die ich später zurückkommen werde, vor. In allen drei Schichten kommt ferner eine Gruppe von Kieselalgen vor, die man gemäss KRASSKE (1943) als nordische und nordisch-alpine Formen charakterisieren kann. Zu ihnen gehören *Achnanthes didyma* und *marginulata*, *Anomoeoneis seriens* und *brachysira*, *Diploneis finnica*, *Fragilaria constricta*, *Eunotia faba*, *Melosira italica* var. *valida*, *Pinnularia streptoraphe*, *Tetracyclus lacustris* und eine Menge ähnlicher Formen, die mehr oder minder niedrige Temperaturen vorziehen. Zu den letzteren gehören u.a. *Achnanthes linearis*, *Anomoeoneis exilis*, *Eucoconeis lapponica*, *Eunotia diodon*, *trinacria* u.a. *Eunotia*-arten, *Navicula Rotaeana* und *söhrensis*, *Pinnularia esox*, *nodosa* und *hemiptera* samt *Stenopterobia intermedia*.

In den unteren Schichten des Bodenprofils kann man deutlich eine Veränderung des Kieselalgenbestandes sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht feststellen. Abgesehen von den in Schicht 1 vorkommenden sauren kommen hier verschiedene neue Formen z.B. in den *Cymbella*-, *Eunotia*- und *Neidium*-Gruppen hinzu. Dazu kommen viele Arten, die ihre grösste Verbreitung in neutralen-alkalischen Gewässern haben, und die in der Schicht 1 entweder gänzlich fehlen oder nur schwach vertreten sind. An Planktonarten kommen vor: *Asterionella formosa*, *Cyclotella*- und *Fragilaria*-Arten, *Melosira ambigua* in Massenentwicklung samt *Melosira granulata* f. *angustissima*, *Synedra*-Arten und *Tabellaria fenestrata*. Unter den Boden- und Aufwuchsformen können besonders *Achnanthes minutissima*, *Caloneis*-Arten, *Cocconeis placentula*, *Epithemia*- und *Gomphonema*-Arten, eine Menge neuer *Navicula*-Arten, weiter fast sämtliche im Sladan gefundene *Nitzschia*-Arten, *Rhopalodia gibba*, *Stauroneis*- und *Surirella*-Arten ge-

nannt werden. Mehrere von ihnen, die in geringerer Anzahl auch in Schicht 1 vorkommen, erreichen hier eine grössere Zahl von Individuen wie z.B. *Cyclotella stelligera*, *Cymbella naviculiformis*, *Fragilaria pinnata* und *Fragilaria virescens*, *Melosira granulata* f. *angustissima*, *Navicula pupula*, *pseudoscutiformis* und *rhynchocephala* samt *Stauroneis anceps*. Dagegen sind einige von den in Schicht 1 dominierenden Formen in Schicht 3 erheblich spärlicher vertreten. Das gilt besonders für die sauren Formen *Eunotia exigua* und *Frustulia saxonica*, aber auch die neutralen und leicht halinen *Navicula halophila* f. *subcapitata* und *Nitzschia thermalis* var. *minor* erreichen hier nicht die gleiche Entwicklung wie in Schicht 1, wobei vielleicht die starke Entwicklung anderer neutralen Arten wie z.B. der Melosiren als verdrängendes Element eine gewisse Rolle gespielt hat.

Einen besonders charakteristischen Zug für die unteren Schichten, besonders für Schicht 3, bildet der Einschlag einer Menge salzliebender Kieselalgen, die man in Binnenseen gewöhnlich nicht findet. Im Anschluss an KOLBE (1932) Halobiensystem können als mesohalobe Formen d.h. Brackwasserformen (Bewohner von Gewässern mit 2—15 % NaCl) folgende hauptsächlich in Schicht 3 gefundenen Kieselalgen bezeichnet werden: *Achnanthes Hauckiana* und *taeniata*, *Caloneis bacillaris* f. *interrupta*, *Cocconeis diminuta*, *Coscinodiscus septentrionalis* (Fragment), *Campylodiscus echineis*, *Cyclotella caspia*, *Diploneis Smithii*, *Fragilaria virescens* v. *subsalina*, *Mastogloia*-Arten, *Navicula digitoradiata*, *halophila* f. *subcapitata* und *peregrina*, *Nitzschia commutata*, *fasciculata* und *obtusa*, *Pinnularia globiceps* var. *Krookii* samt *Synedra pulchella*. Dazu kommen eine Menge schwach haliner und halophiler Arten wie folgende, die sich so gut wie ausschliesslich in Schicht 2 und 3 befinden: *Cyclotella Meneghiniana*, *Caloneis silicula* var. *ventricosa*, *Gyrosigma acuminatum*, *Navicula hungarica*, *cincta*, *rhynchocephala*, *torneensis* und *viridula* var. *slesvicensis*. Unter den mesohaloben Arten verdient *Navicula halophila* eine besondere Aufmerksamkeit. Sie kommt in allen Schichten aber besonders zahlreich in Schicht 1 und 2 vor. Es ist allerdings nicht die Hauptform, die hier vorkommt, sondern eine Form mit abgeschnürten Enden ähnlich f. *subcapitata* ÖSTR. KOLBE (1932) u.a. haben auf den Zusammenhang zwischen Schalenform und Standort gerade bei einem Teil euryhaliner Formen hingewiesen, u.a. bei *Caloneis Amphisbaena*, die im Salzwasser lanzettförmig mit stumpfen Enden ist, während die Enden im Süsswasser stark abgeschnürt sind. Dasselbe gilt bei *Navicula halophila*, deren Hauptform im Brackwasser ebenfalls stumpfe, nicht abgeschnürte Enden hat. Dass diese salzliebende Kieselalge gerade in der obersten Schicht eine solche Entwicklung erreicht, kann in diesem Fall sicher als Folge von Sladans Reichtum an Sulfatjonen erklärt werden. Auch KOLBE (1927) hat übrigens diese Alge als Massenvorkommen in schwach salzhaltigem Wasser angetroffen. Eine andere Kieselalge von Interesse ist *Nitzschia plana* var. *fennica* f. *ornata*. Diese kommt in allen drei Schichten vor, am zahlreichsten

allerdings in den unteren und besonders in Schicht 2. Eigentümlich genug kommt diese selbst in der Planktonprobe vom 10.5.1951 vor. Die marine Hauptform *Nitzschia plana*, von der eine kleine Form auch in Sladans beiden unteren Schichten vorkommt, sowie die Brackwasservarietät *fennica* sind überall hier und dort an den fennoscandischen Küsten und wenige Male als Relikt selbst im Süßwasser angetroffen worden. Die Form *ornata* dagegen, die KOLBE (1948) bereits u.a. in vier mittelschwedischen Binnenseen angetroffen hat, scheint hauptsächlich im Süßwasser daheim zu sein. Wahrscheinlich handelt es sich um den gleichen Vorgang in allen Seen: Eine ursprünglich marine oder Brackwasserform hat sich dem Süßwasserdasein angepasst, wobei im Laufe der Zeit kleine Abweichungen in der Struktur aufgetreten sind, die zur der Bezeichnung *ornata* Veranlassung gegeben haben.

Zusammenfassend kann man also betreffend Sladans Bodenprofil sagen, dass die Entwicklung von der schwarzen Schicht 3 zu der hellbraunen Schicht 1 sich in erster Linie dadurch auszeichnet, dass die reiche Artenmischung in der dritten Schicht schon in der zweiten, in besonders hohem Masse aber in der ersten Schicht geringer wird, mit Ausnahme von den hier übrig bleibenden, ja zunehmenden vier Dominanten: *Eunotia exigua*, *Frustulia saxonica*, *Navicula halophila* f. *subcapitata*, *Nitzschia thermalis* var. *minor*. Unter diesen können nur die *Nitzschia*-Art und *Navicula halophila*-Varietät als mehr oder minder halin und infolgedessen stimuliert durch den Sulfatjonzuschuss bezeichnet werden. Die übrigen sind reine Süßwasserformen, aber deutlich unempfindlich für Sulfatjone und den niedrigen pH-Wert. Vielleicht kann man diese dominierenden Arten als eine Art »Sulfatjonenflora« bezeichnen. Wie wir sehen werden, kehren sie als Dominanten auch in dem nahrungsoekologisch gleichen Blåmisusjön wieder.

Das Bodenprofil dieses Sees, das mit einem grösseren Lot genommen wurde, hatte eine Länge von c:a 20—25 cm und einen Durchmesser von c:a 3 cm. Auch hier war die Schichtung deutlich und bestand aus einer oberen, 5 cm langen hellbraunen Oberschicht (=1), einer ung. eben so langen, schwarzbraunen Mittelschicht (=2) und einer rein schwarzen Unterschicht (=3), den Rest des Profils ausmachend. Proben wurden an zwei Punkten der obersten Schicht genommen: eine an der Oberfläche (=1 a) und eine an der Grenze der Mittelschicht (=1 b). Weiter wurde eine Probe in der Mittelschicht und eine in dem untersten Teil der Unterschicht genommen. Auf die Durchsicht dieser Proben konnte wegen Zeitmangel nicht so viel Arbeit verwandt werden, was eine mitbestimmende Ursache dafür sein dürfte, dass die Listen vom Blåmisusjön nicht ebenso vollständig sind wie die vom Sladan. Abgesehen davon scheint der Artenreichtum hier auch bedeutend geringer zu sein. Von den verschiedenen Schichten sind zusammen 188 Arten aufgezeichnet worden, davon 44 aus der Schicht 1 a, 122 aus der Schicht 1 b, 52 aus der Schicht 2 und 87 aus der Schicht 3. Bei einem quantitativen



Vergleich mit dem Bestand des Sladan kann als ähnlich festgestellt werden, dass im Grossen gesehen die Artenzahl von der Bodenschicht des Profils bis zur Oberflächenschicht abnimmt. Eine Ausnahme macht die Grenzschicht 1 b, in der die Anzahl der gefundenen Arten am grössten ist. Die Artenzahl in der Oberflächenschicht 1 a, ist, obgleich an und für sich gering, doch im Hinblick auf die Sterilität des Sees im übrigen erstaunlich gross. Zu beachten ist, dass nur Aufwuchs- und Bodenformen in dieser Schicht vorkommen, also keine Planktonformen wie im Sladan. Dagegen finden sich in dieser Schicht die gleichen Dominanten wie im Sladan nämlich: *Eunotia exigua*, *Frustulia saxonica* samt *Nitzschia thermalis* var. *minor* sowie var. *intermedia*, die am gewöhnlichsten in diesem See ist, also die gleiche »Sulfatjonenflora« wie im Sladan. Die Planktonformen *Melosira ambigua* und *granulata* f. *angustissima* vom Sladan fehlen hier ganz, und an ihrer Stelle machen sich einige typische benthische Reinwasserformen quantitativ geltend: Die nördliche *Anemoeoneis brachysira* und *Anemoeoneis exilis*, *Fragilaria virescens* samt *Pinnularia stauroptera* mit Variationen, welche alle ziemlich reichlich vorkommen.

In der Grenzschicht 1 b, in der das Material nicht länger rezent ist, und in der darunter liegenden Mittelschicht tritt eine deutliche Veränderung gleicher Art wie im Sladan auf. Abgesehen davon, dass sich die Zahl der Arten mit einer nicht geringen Zahl mehr eutropher Süsswasserformen, u.a. mehrere Planktonarten erhöht, gehen hier wie im Sladan die sauren dominierenden *Eunotia exigua* und *Frustulia saxonica* samt die *Anemoeoneis*-Arten stark zurück. Unter den neu hinzukommenden Arten bemerkt man eine bedeutende Vermehrung besonders in der *Navicula*-Gruppe, aber auch in den *Cymbella*-, *Eunotia*-, *Fragilaria*-, *Pinnularia*- und *Stauroneis*-Gruppen, Neuhinzugekommene Gruppen sind: *Caloneis*, *Cocconeis*, *Diploneis*, *Gyrosigma*, *Neidium*, *Synedra* und *Tetracyclus*. Dazu treten auch typische Planktonarten wie *Melosira ambigua* und *Melosira italica* var. *valida* sowie Tabellariaarten auf. Ein besonders interessanter und schwererklärlicher Einschlag ist *Surirella Capronii*, die besonders reichlich in der Mittelschicht vorkommt. Diese Art, die in unserem Land nunmehr selten geworden ist, hat man überall hier und dort in fennoscandischen fossilen Lagerserien angetroffen, besonders in solchen von der subborealen Wärmeperiode und durchgehend in Gesellschaft mit der als »Klimaindikator« angesehenen Trapafrucht. Sie stellt starke Anforderungen bezüglich der Nahrung und ist deshalb keineswegs in den nahrungsarmen Seen dieser Gegend zu Hause. Wie ist sie also hierher gekommen, da ihr Vorkommen sicher nicht primär ist? Vielleicht darf man vermuten, dass das Blåmisugebiet in einem früheren Stadium und unter günstigeren Klimaverhältnissen eine Verlandungsperiode durchgemacht hat, wobei sich die Nahrungsstoffe konzentriert haben, und dass hierdurch die Voraussetzungen für das Gedeihen der *Surirella* geschaffen wurden. Dass diese Ver-

mutung zutrifft, scheint im übrigen aus einem spärlichen Fund dieser *Surirella* in der Probe aus dem 12—15 cm tiefer belegenen Teil der untersten Schicht hervorzugehen, in der sie sicher noch primär als ein, wenn auch recht geringer Bestandteil der bottnischen Flora, vorgekommen sein wird. Dass sie dann in verhältnismässig grosser Menge in der mittleren Schicht des Bodenprofils bis hinauf in die Grenzschiicht vorkommt, kann wohl auf einer sekundären Zufuhr an toten Schalen beruhen, die aus einem höher gelegenen Lager ausgeschlammt wurden, das aus der Epoche stammt, in der die *Surirella* in dieser Gegend vorkam.

Was die Unterschicht des Bodenprofils des Blåmisusjön betrifft, so ist hier, wie im Sladan, der starke Einschlag der mehr oder minder halinen Arten, oft zwar nur in Gestalt von Schalenresten, das Auffallendste. In ihr findet sich *Navicula peregrina* var. *minor* u.a.: *Navicula*-Arten, *Gyrosigma distortum* var. *Parkeri*, *Mastogloia*-Arten *Nitzschia sigma* und *plana*, weiter *Rhoicosphaenia curvata*, *Pleurosigma subsalsum* u.a.m. Der Grund für den halinen Einschlag ist hier der gleiche wie im Sladan. Beide Seen waren ursprünglich Buchten der Ostsee, die später bei der Landhebung abgeschnitten wurden. Der haline Einschlag in den unteren Bodenlagern bildet daher ein Rest der Bottnischen Flora, die sich in der Zeit vor der Isolierung vorfand. Die meisten dieser bottnischen Formen sind nur noch als tote Schalen vorhanden, ein Teil der Flora aber hat sich den neuen Lebensbedingungen in dem süssen Wasser angepasst wie z.B. *Nitzschia plana* var. *fennica* f. *ornata* und *Navicula halophila* f. *subcapitata*. Um eine Vergleichsmöglichkeit mit den Verhältnissen in einer heutigen Innenbucht des Bottnischen Meerbusens zu erhalten, wurde, wie oben bereits erwähnt, auch eine Bodenprobe aus dem Strömsundet im Rånefjärden genommen. Obwohl der Strömsundet anscheinend keine eigenen Zuflüsse hat, stellt er doch durch seine Verbindung mit dem Rånefjärden, der seinerseits Mündungsbucht sowohl für den Råneälv als auch für den Vitån-Bach ist, eine stark angesüsste Bucht dar, und der Salzgehalt ist nicht höher als 1,78 ml oder 1,65 ‰. Nur die rezente Oberschiicht des Profils wurde untersucht. Ihr Inhalt besteht aus einer einheitlichen bottnischen, deutlich halinen Kieselalgenflora mit unbedeutendem Süsswassereinschlag. Eine ganze Menge der in der Liste aufgezzeichneten halinen Arten sind von der untersten Schicht des Sladan-Blåmisusjön bekannt wie z.B. *Caloneis silicula* var. *ventricosa*, *Amphora libyca*. *Diploneis Smithii* var. *laevis*, *Mastogloia baltica* und *exigua*, *Coscinodiscus septentrionalis*, *Navicula*-Arten, *Nitzschia capitellata*, *plana* und *sigma*, *Rhoicosphaenia curvata*, *Synedra pulchella* und *Pleurosigma subsalsum*. Alle diese Arten erreichen hier, wie man erwarten konnte, eine viel grössere Anzahl von Individuen. Besonders *Pleurosigma subsalsum* ist hier sehr zahlreich vertreten. Dazu kommen einige reine Süsswasserformen. Neuhinzugekommen ist eine Anzahl anderer mehr oder minder salzliebender Arten, vor allem

innerhalb der Gruppen *Gyrosigma*, *Navicula* und *Nitzschia*. Ein ungewöhnlicher Fund ist die marine, bisher nur von der Westküste-Öresund bekannte *Tropidoneis lepidoptera*.

### Zusammenfassung

Die Untersuchung der Kieselalgenflora in dem Sladan und Blåmisisjön hat zum Ergebnis, dass diese Seen, seitdem sie von ihrer Verbindung mit dem Bottnischen Meerbusen abgeschnitten sind, den Charakter normaler oligotropher Süßwasserseen hatten. Eine Menge neutraler Süßwasserformen der mittleren Schichten des Sladan sowie des Blåmisisjön zeugen dafür, dass die Seen in einer früheren Periode weniger sauer waren. Die Ursache des heutigen extremen Säuregrads liegt in dem Umstand, dass bei späteren Entwässerungsarbeiten das Drainagewasser der umliegenden Alaunböden auf das Wasser der Seen eingewirkt hat. Die Untersuchung des Kieselalgenbestandes sowohl im freien Wasser als auch im Bodenschlamm sowie die Beobachtung der Verteilung der Arten in den verschiedenen Schichten der Bodenprofile gibt also eine weitere Bestätigung der zunehmenden Armut an organischem Leben des Sladan und des Blåmisisjön auf Grund des zerstörenden Einwirkens der umgehenden Böden.

### Literatur

- BACKMAN, A. L. und CLEVE-EULER, ASTRID 1922. Die fossile Diatomaceenflora in Östertotten. *Acta forest. fenn.* 22: 1—73.
- CLEVE-EULER, ASTRID 1922. Om Diatomacévegetationen och dess förändringar i Säbysjön, Uppland, samt några dämnda sjöar i Salatrakten. *Sv. Geol. Undersökn. Ser. C. N:o 309*: 1—77.
- 1934. The Diatoms of Finnish Lapland. *Soc. Scient. Fenn. Comment. Biol.* 4. (14): 1—154.
- 1939. Bacillariaceen-Assoziationen im nördlichsten Finnland. *Acta Soc. Scient. Fenn. Nova Series B. T. II. N:o 3*: 1—41.
- HANNERZ, E. 1934. Om så kallade Alunjordar. *Kemisk-växtbiol. Anst. i Luleå. Berätt.* 1929—1932: 1—25.
- HUSTEDT, F. 1944. Diatomeen aus der Umgebung von Abisko in Schwedisch-Lapland. *Arch. f. Hydrobiol.* 36: 82—172.
- KOLBE, R. W. 1927. Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. *R. Kolkwitz, Pflanzenforschung*, (7): 1—146.
- 1932. Grundlinien einer allgemeinen Oekologie der Diatomeen. *Ergebnisse der Biologie. Band 8*: 221—348.
- 1948. Einige bemerkenswerte Diatomeen aus schwedischen Gewässern. *Sv. Bot. Tidskr. Bd 42. H. 4*: 457—466.
- KRASSKE, G. 1943. Zur Diatomeenflora Lapplands. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.* 61 (3): 81—88.
- SCHROEDER, H. 1939. Die Algenflora der Mulde. *R. Kolkwitz, Pflanzenforschung*, (21): 1—88.
- VALLIN, S. 1953. Zwei azidotrophe Seen im Küstengebiet von Nordschweden. *Rept. Inst. Freshwater Research, Drottningholm* 34: 167—189.

Tabelle 1. Plankton- und Aufwuchsproben.

|                                                                 | S l a d a n             |                |                         |        |                         |        | Blåmisusjön              |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                                                 | 7.7 1950                |                | 10.5 1951               |        | 10.9 1952               |        | 7.7 1950                 |                       | 10.5 1951                     |                         | 10.9 1952              |                         |                        |
|                                                                 | Netzpr. i.<br>freiem W. | Ablauf<br>bach | Netzpr. i.<br>freiem W. | 6-0 m. | Netzpr. i.<br>freiem W. | 0,5 m. | Netzpr. i.<br>Strandveg. | Netzpr. i.<br>Oberfl. | Netzpr. i.<br>Strand-<br>weg. | Netzpr. i.<br>freiem W. | Netzpr. i.<br>Sphagnum | Netzpr. i.<br>freiem W. | Netzpr. i.<br>Sphagnum |
|                                                                 |                         |                |                         |        |                         |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| <i>Asterinella formosa</i> HASSALL                              | c*                      |                |                         |        | ++                      |        |                          | ++                    |                               |                         | +                      |                         |                        |
| <i>Eunotia exigua</i> (BRÉB.) GRUN.                             | r                       |                |                         |        | ++                      | cc     |                          | ++                    |                               |                         | +                      |                         | cc                     |
| — <i>pectinalis</i> (KÜTZ.) RBH.                                |                         |                |                         |        | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| <i>Frustulia saronica</i> (RBH.) DE TONI                        |                         |                |                         | ++     | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| <i>Melosira ambigua</i> (GRUN.) O. MÜLL.                        |                         |                | ++                      | ++     | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| — <i>italica</i> v. <i>valida</i> GRUN.                         |                         |                |                         |        | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| <i>Napitcula radiosa</i> KÜTZ.                                  | r                       |                |                         | ++     | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| <i>Nitzschia plana</i> v. <i>fennica</i> f. <i>ornata</i> KOLBE |                         |                | ++                      | ++     | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| <i>Tabellaria fenestrata</i> (LYNGB.) KÜTZ.                     |                         |                |                         |        | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| — <i>flocculosa</i> (ROTH) KÜTZ.                                |                         |                |                         |        | ++                      |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |
| Schalen von Kieselalgen                                         |                         |                |                         | +      |                         |        |                          |                       |                               |                         |                        |                         |                        |

\* Aufwuchs auf Fadenalgen.

Zeichenerklärung:

ccc = Massenvorkommen

cc = sehr häufig

c = häufig

+ = ziemlich häufig

+ = nicht selten

r = selten

rr = einzelne Exemplare

Tabelle 2. Plankton- und Aufwuchsproben.

|                                                                                                               | Högsö-<br>fjärden              | Dyträsket                      |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                               | 7.7 1950                       | 7.7 1950                       | 10.9 1952                          |
|                                                                                                               | Netzprob.<br>i. spärl.<br>Veg. | Netzprob.<br>i. spärl.<br>Veg. | Netzprob.<br>i. freiem<br>W. 0,5 m |
| <i>Achnanthes didyma</i> .....                                                                                |                                | +                              |                                    |
| — <i>lanceolata</i> v. <i>elliptica</i> CLEVE .....                                                           |                                | ++                             |                                    |
| — <i>linearis</i> W. SM. ....                                                                                 |                                | c                              |                                    |
| — — v. <i>pusilla</i> GRUN. ....                                                                              |                                | +                              |                                    |
| — <i>marginulata</i> GRUN. ....                                                                               |                                | r                              |                                    |
| — <i>microcephala</i> KÜTZ. ....                                                                              |                                | c                              |                                    |
| — <i>Peragallii</i> HÉRIB. ....                                                                               |                                | r                              |                                    |
| — sp. ....                                                                                                    | +                              | +                              |                                    |
| <i>Amphora holsatica</i> HUST. ....                                                                           | r                              |                                |                                    |
| — <i>libyca</i> (EHR.) CLEVE .....                                                                            |                                | r                              |                                    |
| <i>Anomoeoneis exilis</i> (KÜTZ.) CLEVE .....                                                                 | r                              |                                |                                    |
| <i>Asterionella formosa</i> HASSALL .....                                                                     |                                |                                | cc                                 |
| — <i>gracillima</i> (HANTZSCH) HEIB. ....                                                                     | +                              | ++                             | ++                                 |
| <i>Attheya Zachariasii</i> J. BRUN. ....                                                                      |                                | r                              |                                    |
| <i>Campylodiscus echineis</i> EHR. ....                                                                       | +                              |                                |                                    |
| <i>Cocconeis diminuta</i> PANT. ....                                                                          |                                | ++                             |                                    |
| — <i>placentula</i> EHR. ....                                                                                 | r                              | +                              |                                    |
| <i>Cyclotella Meneghiniana</i> KÜTZ. ....                                                                     | r                              |                                |                                    |
| — <i>stelligera</i> CL. u. GRUN. ....                                                                         |                                | r                              |                                    |
| <i>Cymatopleura elliptica</i> (BRÉB.) W. SM. ....                                                             | r                              |                                |                                    |
| <i>Cymbella angustata</i> (W. SM.) CLEVE .....                                                                |                                | r                              |                                    |
| — <i>caespitosa</i> KÜTZ. ....                                                                                |                                | r                              |                                    |
| — <i>Cesatii</i> (RABH.) GRUN. ....                                                                           |                                | ++                             |                                    |
| — <i>cistula</i> (HEMP.) GRUN. ....                                                                           |                                | r                              |                                    |
| — <i>cuspidata</i> KÜTZ. ....                                                                                 |                                | r                              |                                    |
| — <i>gracilis</i> (RABH.) CLEVE .....                                                                         |                                | +                              |                                    |
| — <i>microcephala</i> GRUN. ....                                                                              |                                | +                              |                                    |
| — <i>naviculiformis</i> AUERSW. ....                                                                          |                                | r                              |                                    |
| — cfr. <i>obtusiuscula</i> (KÜTZ.) GRUN. ....                                                                 |                                | r                              |                                    |
| — <i>ventricosa</i> KÜTZ. ....                                                                                |                                | r                              |                                    |
| <i>Diploneis Smithii</i> (BRÉB.) CLEVE .....                                                                  |                                | r                              |                                    |
| <i>Epithemia zebra</i> v. <i>porcellus</i> (KÜTZ.) GRUN. ....                                                 | r                              | +                              |                                    |
| — — v. <i>saxonica</i> (KÜTZ.) GRUN. ....                                                                     |                                | r                              |                                    |
| <i>Eunotia exigua</i> (BRÉB.) GRUN. ....                                                                      | c                              | +                              |                                    |
| — <i>lunaris</i> v. <i>capitata</i> GRUN. ....                                                                |                                | r                              |                                    |
| — <i>pectinalis</i> (KÜTZ.) RBH. mit v. <i>undulata</i> (RALFS) RBH.<br>u. <i>ventralis</i> (EHR.) HUST. .... |                                | +                              |                                    |
| — <i>robusta</i> v. <i>tetraodon</i> (EHR.) RABH. ....                                                        |                                | r                              |                                    |
| — <i>veneris</i> (KÜTZ.) O. MÜLL. ....                                                                        | r                              | r                              |                                    |
| <i>Fragilaria capucina</i> DESMAZ. ....                                                                       |                                | ++                             | +                                  |
| — <i>construens</i> v. <i>exigua</i> (W. SM.) SCHULZ .....                                                    | +                              |                                |                                    |
| — — v. <i>venter</i> (EHR.) GRUN. ....                                                                        | +                              | +                              |                                    |
| — <i>pinnata</i> mit var. EHR. ....                                                                           | +                              | ++                             |                                    |
| — <i>undata</i> W. SM. ....                                                                                   | +                              |                                |                                    |
| — <i>Vaucheriae</i> KÜTZ. ....                                                                                |                                | r                              |                                    |
| — <i>virescens</i> RALFS v. <i>exigua</i> BRUN. ....                                                          | +                              | ++                             |                                    |
| — — v. <i>mesolepta</i> RABH. ....                                                                            | +                              |                                |                                    |
| — sp. ....                                                                                                    |                                |                                | +                                  |
| <i>Frustulia saxonica</i> (RABH.) DE TONI .....                                                               | r                              |                                |                                    |
| <i>Gomphonema acuminatum</i> EHR. ....                                                                        |                                | +                              |                                    |
| — <i>constrictum</i> EHR. ....                                                                                |                                | +                              |                                    |
| — <i>gracile</i> EHR. ....                                                                                    |                                | r                              |                                    |
| — <i>intricatum</i> v. <i>pumila</i> GRUN. ....                                                               |                                | r                              |                                    |
| <i>Melosira ambigua</i> (GRUN.) O. MÜLL. ....                                                                 | cc                             | ++                             | c                                  |
| — <i>italica</i> v. <i>valida</i> GRUN. ....                                                                  | r                              |                                |                                    |

Tabelle 2 (Forts.).

|                                                                            | Högsö-<br>fjärden<br>7.7 1950 | Dyträsket |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                            |                               | 7.7 1950  | 10.9 1952 |
| <i>Navicula bacillum</i> EHR. ....                                         |                               | r         |           |
| — <i>cryptocephala</i> KÜTZ. ....                                          |                               | r         |           |
| — <i>exigua</i> (GREG.) O. MÜLL. ....                                      | r                             |           |           |
| — <i>halophila</i> v. <i>subcap.</i> ÖSTR. ....                            | r                             |           |           |
| — <i>Jentzschii</i> GRUN. ....                                             |                               | r         |           |
| — <i>menisculus</i> ? SCHUM. ....                                          |                               | r         |           |
| — <i>peregrina</i> (EHR.) KÜTZ. ....                                       | r                             |           |           |
| — <i>pseudoscutiformis</i> HUST. ....                                      | r                             | ++        |           |
| — <i>pupula</i> v. <i>capitata</i> KÜTZ. HUST. ....                        |                               | +         |           |
| — <i>radiosa</i> KÜTZ. ....                                                | r                             | r         |           |
| — <i>rhyngocephala</i> KÜTZ. ....                                          | +                             | r         |           |
| — <i>Rotaeana</i> (RABH.) GRUN. ....                                       | r                             |           |           |
| — <i>verecunda</i> HUST. ....                                              |                               | r         |           |
| — <i>vulpina</i> KÜTZ. ....                                                |                               | ++        |           |
| <i>Nitzschia amphibia</i> GRUN. ....                                       |                               | r         |           |
| — <i>capitellata</i> HUST. ....                                            | r                             |           |           |
| — <i>dissipata</i> (KÜTZ.) GRUN. ....                                      |                               | r         |           |
| — <i>fonticola</i> GRUN. ....                                              |                               | r         |           |
| — <i>frustulum</i> (KÜTZ.) GRUN. ....                                      |                               | r         |           |
| — v. <i>perpusilla</i> (RABH.) GRUN. ....                                  | r                             | +         |           |
| — var. var. ....                                                           |                               | ++        |           |
| — <i>Hantzschiana</i> RABH. ....                                           | r                             |           |           |
| — <i>microcephala</i> GRUN. ....                                           |                               | r         |           |
| — <i>palea</i> (KÜTZ.) W. SM. ....                                         |                               | +         |           |
| — v. <i>tenuirostris</i> GRUN. ....                                        |                               | +         |           |
| — v. <i>debilis</i> (KÜTZ.) GRUN. ....                                     |                               | ++        |           |
| — <i>plana</i> v. <i>fennica</i> HUST. f. <i>ornata</i> KOLBE ....         | c                             |           |           |
| — <i>recta</i> KÜTZ. ....                                                  | r                             |           |           |
| — <i>romana</i> (GRUN.) A. CL. ....                                        |                               | r         |           |
| — <i>episcopalis</i> CLEVE ....                                            |                               | r         |           |
| <i>Pinnularia gentilis</i> (DONK.) CLEVE ....                              |                               | r         |           |
| — <i>hemiptera</i> (KÜTZ.) RABH. ....                                      | r                             | r         |           |
| — <i>interrupta</i> W. SM. ....                                            |                               | r         |           |
| — <i>major</i> KÜTZ. ....                                                  |                               | r         |           |
| — <i>mesolepta</i> EHR. ....                                               | r                             | r         |           |
| — <i>stauoptera</i> GRUN. ....                                             | r                             | r         |           |
| — <i>subcapitata</i> GREG. ....                                            | r                             | r         |           |
| — <i>viridis</i> v. <i>fallax</i> CLEVE ....                               |                               | r         |           |
| <i>Rhizosolenia longiseta</i> ZACH. ....                                   |                               | ++        | +         |
| <i>Stauroneis anceps</i> EHR. ....                                         | r                             | r         |           |
| — <i>Smithii</i> GRUN. ....                                                | r                             |           |           |
| <i>Stenopterobia intermedia</i> (LEWIS) FRICKE ....                        |                               |           |           |
| — v. <i>capitata</i> FONT. ....                                            | r                             |           |           |
| <i>Surirella elegans</i> EHR. ....                                         |                               | r         |           |
| — <i>linearis</i> W. SM. ....                                              | r                             |           |           |
| — <i>robusta</i> EHR. ....                                                 | +                             |           |           |
| — v. <i>splendida</i> (EHR.) VAN HEURCK ....                               | +                             |           |           |
| — <i>tenera</i> GREG. ....                                                 |                               | r         |           |
| <i>Synedra acus</i> KÜTZ. ....                                             |                               | c         |           |
| — <i>amphicephala</i> KÜTZ. ....                                           |                               | r         |           |
| — <i>rumpens</i> KÜTZ. ....                                                |                               | r         |           |
| — <i>ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i> (KÜTZ.) f. <i>contracta</i> HUST. .... |                               | +         |           |
| <i>Tetracyclus lacustris</i> RALFS ....                                    |                               | r         |           |
| <i>Neidium affine</i> (EHR.) CLEVE ....                                    |                               | r         |           |
| — v. <i>longiceps</i> (GREG.) CLEVE ....                                   | r                             |           |           |
| — <i>productum</i> W. SM. v. <i>minor</i> A. CL. ....                      | r                             |           |           |
| <i>Tabellaria fenestrata</i> (LYNGB.) KÜTZ. ....                           | +                             | c         | c         |
| — <i>flocculosa</i> (ROTH) KÜTZ. ....                                      | +                             | c         |           |
| Schalen von Kieselalgen ....                                               |                               |           | +         |

Tabelle 3. Bodenproben.

|                                                                        | Sladan 1950        | Sladan 1951  |   |    | Blåmisusjön 1952 |     |   |    | Strömsundet 1952   |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|---|----|------------------|-----|---|----|--------------------|
|                                                                        | Schlammpr.         | Bodenprofile |   |    | Bodenprofile     |     |   |    |                    |
|                                                                        | Oberflächenschicht | Schicht      |   |    | Schicht          |     |   |    | Oberflächenschicht |
|                                                                        |                    | 1            | 2 | 3  | 1 a              | 1 b | 2 | 3  |                    |
| <i>Achnanthes affinis</i> GRUN. ....                                   |                    |              | r | r  |                  |     |   |    |                    |
| — <i>Biasolettiana</i> KÜTZ. ....                                      |                    | r            | r |    |                  |     |   |    |                    |
| — <i>Clevei</i> GRUN. ....                                             |                    |              |   | r  |                  | r   | r | r  |                    |
| — <i>didyma</i> HUST. ....                                             |                    |              |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| — <i>dispar</i> v. <i>lanceol.</i> SCHULZ. ....                        |                    |              |   | r  |                  | r   |   |    |                    |
| — <i>Hauckiana</i> v. <i>rostrata</i> SCHULZ. ....                     |                    |              | r | r  |                  |     |   |    | r                  |
| — <i>hungarica</i> GRUN. ....                                          |                    |              |   | r  |                  | r   |   |    |                    |
| — cfr. <i>kryophila</i> BOYE PET. ....                                 |                    | r            |   |    |                  |     |   |    |                    |
| — <i>lanceolata</i> BRÉB. ....                                         |                    | r            |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| — — v. <i>rostrata</i> HUST. ....                                      |                    | r            |   |    |                  |     | r |    |                    |
| — <i>linearis</i> W. SM. ....                                          |                    |              |   | r  |                  | r   |   |    |                    |
| — — v. <i>pusilla</i> GRUN. ....                                       |                    |              |   |    |                  |     |   | r  | r                  |
| — <i>marginulata</i> GRUN. ....                                        |                    |              |   | r  |                  |     |   |    | r                  |
| — <i>microcephala</i> KÜTZ. ....                                       |                    |              | + | r  |                  |     |   |    | r                  |
| — <i>minutissima</i> KÜTZ. ....                                        | r                  |              | + | ++ | ++               |     |   |    |                    |
| — <i>Peragallii</i> HÉRIB. ....                                        | r                  |              | + | ++ | ++               |     |   |    |                    |
| — <i>taeniata</i> GRUN. ....                                           |                    | r            | r |    |                  |     |   |    |                    |
| <i>Anomoeoneis exilis</i> (KÜTZ.) CLEVE                                |                    | r            | + | ++ | ++               | r   | r |    |                    |
| — — v. <i>lanceolata</i> MAYER                                         |                    | r            | r | r  |                  |     |   |    |                    |
| — <i>serians</i> (BRÉB.) CLEVE                                         |                    |              | r | r  | r                |     |   |    |                    |
| — — f. <i>minor</i>                                                    |                    |              |   |    | c                | r   | + |    |                    |
| — — v. <i>brachysira</i> (BRÉB.) HUST.                                 |                    | r            |   | +  | ++               | r   | r |    |                    |
| — <i>sphaerophora</i> v. <i>sculpta</i> (EHR.)<br>O. MÜLL. (Fragm.)    |                    |              |   |    |                  |     |   | rr |                    |
| <i>Amphiprora paludosa</i> W. SM. ....                                 |                    |              |   |    |                  |     |   | rr |                    |
| <i>Amphora coffaeformis</i> AGARDH ..                                  |                    |              |   | r  |                  | rr  |   |    | r                  |
| — — <i>ovalis</i> v. <i>libyca</i> (EHR.) CLEVE ..                     | r                  | +            | r | r  | r                | +++ | r | +  | r                  |
| — — v. <i>pediculus</i> KÜTZ. ....                                     |                    |              | r |    |                  | r   |   | r  |                    |
| — — — f. <i>major</i> VAN HEURCK ..                                    |                    |              |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| — <i>perpusilla</i> GRUN. ....                                         |                    |              |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| <i>Asterionella formosa</i> HASSALL ....                               |                    |              |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| <i>Bacillaria paradoxa</i> GMELIN .....                                |                    |              |   | c  |                  |     |   |    | r                  |
| <i>Caloneis amphisbaena</i> (BORY) ....                                |                    |              |   |    |                  |     |   |    |                    |
| — CLEVE                                                                | r                  |              |   |    |                  |     |   |    | r                  |
| — <i>bacillaris</i> (GREG.) CLEVE                                      | r                  | r            | r |    |                  | r   |   | r  | r                  |
| — <i>Schumanniana</i> v. <i>biconstricta</i><br>GRUN. ....             |                    |              |   |    |                  |     |   | r  | r                  |
| — <i>silicula</i> (EHR.) CLEVE                                         |                    |              | r | +  |                  | r   |   |    | r                  |
| — — v. <i>gibberula</i> (KÜTZ.) GRUN. ....                             |                    |              |   | r  |                  | r   |   |    | r                  |
| — <i>ventricosa</i> DONK. ....                                         |                    |              |   | r  |                  |     |   | r  |                    |
| <i>Campylodiscus echeneis</i> EHR. ....                                |                    |              | r | r  |                  |     | r |    | r                  |
| <i>Ceratoneis arcus</i> KÜTZ. ....                                     |                    |              |   | r  |                  |     |   |    | r                  |
| <i>Cocconeis diminuta</i> PANT. ....                                   | r                  | r            | r |    |                  |     |   |    |                    |
| — <i>pediculus</i> EHR. ....                                           |                    |              |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| — — v. <i>baltica</i> (J.-DANF.) SCHULZ                                |                    |              |   |    |                  |     |   |    | r                  |
| — <i>placentula</i> EHR. ....                                          | r                  | r            | + |    |                  | r   |   |    |                    |
| — — v. <i>euglypta</i> (EHR.) CLEVE ..                                 |                    | r            | + |    | r                | r   | r | +  | +                  |
| — <i>thumensis</i> MAYER                                               |                    |              |   |    |                  |     |   | rr |                    |
| <i>Coscinodiscus lacustris</i> v. <i>septentrionalis</i><br>GRUN. .... |                    |              |   | r  |                  |     |   |    | r                  |
| <i>Cyclotella caspia</i> GRUN. ....                                    |                    |              |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| — <i>comta</i> (EHR.) KÜTZ. ....                                       |                    |              |   | r  |                  |     |   |    |                    |
| — <i>Meneghiniana</i> KÜTZ. ....                                       |                    | r            | r | ++ | r                | r   |   |    |                    |
| — <i>stelligera</i> CL. u. GRUN. ....                                  | r                  | +            | + | ++ | (Frgm.)          | r   |   |    | r                  |

Tabelle 3 (Forts.).

|                                                      | Sladan 1950<br>Schlammpr. | Sladan 1951<br>Bodenprofile |    | Blåmisusjön 1952<br>Bodenprofile |     |    | Strömsun-<br>det 1952<br>Bodenprof. |
|------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----|----------------------------------|-----|----|-------------------------------------|
| <i>Cymatopleura elliptica</i> (BRÉB.) W.<br>SM. .... |                           |                             | r  |                                  |     |    | r                                   |
| — <i>solea</i> (BRÉB.) W. SM. ....                   |                           |                             | r  |                                  |     |    | r                                   |
| <i>Cymbella aspera</i> (EHR.) CLEVE ..               |                           | r                           |    | r                                | r   |    | r                                   |
| — <i>hebridica</i> (GREG.) GRUN. ....                |                           |                             | r  | rr                               | r   |    | r                                   |
| — <i>cistula</i> (HEMP.) GRUN. ....                  | r                         | r                           | +  | r                                | r   |    |                                     |
| — <i>cuspidata</i> KÜTZ. ....                        |                           |                             | r  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>cymbiformis</i> (KÜTZ.) v. HEURCK               |                           |                             | r  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>gracilis</i> (RABH.) CLEVE .....                |                           | +                           | +  | r                                |     |    |                                     |
| — <i>lanceolata</i> (EHR.) v. HEURCK ..              |                           |                             | c  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>microcephala</i> GRUN. ....                     |                           |                             | r  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>naviculiformis</i> AUERSW. ....                 | r                         | +                           | +  | ++                               | r   | r  | r                                   |
| — <i>suecica</i> A. CL. ....                         |                           | r                           |    |                                  | r   |    |                                     |
| — <i>turgida</i> (GREG.) CLEVE .....                 | r                         | r                           | +  | r                                | r   |    |                                     |
| — cfr. <i>ventricosa</i> KÜTZ. ....                  |                           |                             |    |                                  | rr  | r  |                                     |
| <i>Diatoma elongatum</i> AGARDH .....                |                           |                             |    |                                  |     |    | r                                   |
| <i>Diploneis carpathorum</i> (PANT) A.<br>CL. ....   |                           |                             |    |                                  |     |    | r                                   |
| — <i>elliptica</i> (KÜTZ.) CLEVE .....               |                           |                             | r  |                                  |     |    | r                                   |
| — <i>finnica</i> (EHR.) CLEVE .....                  |                           |                             |    |                                  | rr  |    |                                     |
| — <i>latefurcata</i> (FONT.) A. CL. ....             |                           |                             |    |                                  |     |    | r                                   |
| — <i>oculata</i> (BRÉB.) CLEVE .....                 |                           |                             | r  |                                  |     |    | r                                   |
| — <i>ovalis</i> (HILSE) CLEVE .....                  |                           |                             | +  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>puella</i> (SCHUM.) CLEVE .....                 |                           | r                           | r  | r                                |     |    |                                     |
| — <i>Smithii</i> v. <i>laevis</i> J.-DANNF. ....     |                           | r                           | r  | r                                | r   | r  | r                                   |
| — cfr. <i>subovalis</i> CLEVE .....                  |                           |                             |    |                                  |     |    | r                                   |
| <i>Epithemia sorex</i> KÜTZ. ....                    |                           |                             |    |                                  |     | r  | +                                   |
| — v. <i>acuta</i> A. CL. ....                        |                           |                             | r  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>turgida</i> (EHR.) KÜTZ. ....                   |                           |                             | r  |                                  | r   | r  |                                     |
| — v. <i>Westermanni</i> (KÜTZ.)<br>GRUN. ....        |                           |                             |    |                                  | r   |    | r                                   |
| — <i>zebra</i> (EHR.) KÜTZ. ....                     |                           |                             | r  | r                                | r   | r  | +                                   |
| — v. <i>proboscidea</i> (KÜTZ.) GRUN.                |                           |                             | r  | r                                | r   | r  |                                     |
| — f. <i>bidens</i> .....                             |                           |                             |    |                                  | r   |    |                                     |
| — v. <i>porcellus</i> (KÜTZ.) GRUN...                |                           |                             | r  | r                                |     |    |                                     |
| — v. <i>saxonica</i> (KÜTZ.) GRUN...                 |                           |                             | r  |                                  |     | r  |                                     |
| — v. <i>longicornus</i> GRUN. ....                   |                           |                             |    |                                  |     |    | r                                   |
| <i>Eucocconeis lapponica</i> HUST. ....              |                           | r                           |    |                                  |     |    |                                     |
| <i>Eunotia bigibba</i> v. <i>pumila</i> GRUN...      |                           |                             |    | r                                |     |    |                                     |
| — <i>diodon</i> EHRENB. ....                         |                           |                             |    | r                                |     |    |                                     |
| — f. <i>minor</i> GRUN. ....                         |                           |                             |    |                                  | r   |    |                                     |
| — <i>exigua</i> (BRÉB.) GRUN. ....                   | c                         | ccc                         | cc | ++                               | ccc | c  | c                                   |
| — <i>faba</i> (EHRH.) GRUN. ....                     |                           |                             | r  |                                  |     |    | r                                   |
| — <i>fallax</i> v. <i>gracillima</i> KRASSKE ..      |                           |                             |    |                                  |     |    | +                                   |
| — <i>formica</i> EHRENB. ....                        |                           |                             | r  |                                  |     | r  |                                     |
| — <i>flexuosa</i> (Rest) KÜTZ. ....                  | r                         |                             |    | r                                |     | rr |                                     |
| — <i>gracilis</i> (EHR.) RABH. ....                  |                           |                             |    | r                                |     | r  | r                                   |
| — <i>lunaris</i> (EHR.) GRUN. ....                   |                           |                             |    | r                                |     | r  | r                                   |
| — f. <i>major</i> v. HEURCK .....                    |                           |                             |    |                                  |     | rr |                                     |
| — <i>norvegica</i> Å. BERG .....                     |                           |                             | r  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>Nymmanniana</i> GRUN. ....                      |                           | r                           |    |                                  |     |    |                                     |
| — <i>pectinalis</i> (KÜTZ.) RABH. ....               | r                         |                             |    | +                                |     |    |                                     |
| — v. <i>biconstricta</i> GRUN. ....                  | r                         | +                           | +  | +                                | r   | r  | r                                   |
| — v. <i>minor</i> (KÜTZ.) RABH. ....                 |                           | r                           | ++ | +                                | +   | r  | r                                   |
| — v. <i>undulata</i> (RALFS) RABH.                   |                           |                             |    |                                  | +   |    | r                                   |
| — v. <i>densestriata</i> Å. BG .....                 |                           | r                           | r  |                                  |     |    |                                     |
| — <i>polydentula</i> (BRUN) Å. BG .....              |                           |                             | r  |                                  |     |    |                                     |



Tabelle 3 (Forts.).

|                                                               | Sladan 1950<br>Schlammpr. | Sladan 1951<br>Bodenprofile |    | Blåmisisjön 1952<br>Bodenprofile |    |    | Strömsun-<br>det 1952<br>Bodenprof. |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----|----------------------------------|----|----|-------------------------------------|
| — <i>robusta</i> v. <i>tetraodon</i> (EHR.)<br>RABH. ....     |                           |                             | r  | r                                | r  | r  |                                     |
| — <i>septentrionalis</i> OESTRUP .....                        |                           |                             | r  | r                                |    |    |                                     |
| — <i>tenella</i> (GRUN.) HUST. ....                           |                           |                             | r  |                                  |    |    |                                     |
| — <i>tridentula</i> EHRENB. ....                              |                           |                             | r  |                                  |    |    |                                     |
| — <i>trinacria</i> KRASSKE .....                              |                           |                             |    | r                                |    |    |                                     |
| — <i>veneris</i> (KÜTZ.) O. MÜLL. ....                        | r                         |                             |    |                                  | r  | r  | r                                   |
| <i>Fragilaria bicapitata</i> MEYER .....                      |                           |                             |    | r                                |    |    |                                     |
| — <i>brevistriata</i> GRUN. ....                              |                           |                             | r  | r                                | r  | r  | r                                   |
| — <i>constricta</i> EHR. ....                                 | r                         | r                           | +  | +                                | r  | r  | r                                   |
| — <i>construens</i> GRUN. ....                                | r                         |                             |    | r                                | r  | c  |                                     |
| — v. <i>venter</i> (EHR.) GRUN. ....                          |                           |                             |    | +                                | +  | +  |                                     |
| — v. <i>pumila</i> GRUN. ....                                 |                           | r                           | r  | r                                | r  | c  |                                     |
| — <i>hungarica</i> v. <i>Istvanffy</i> (PANT.)<br>A. CL. .... |                           |                             |    |                                  | r  |    |                                     |
| — <i>pinnata</i> EHR. ....                                    | +                         |                             |    |                                  |    |    |                                     |
| — v. <i>elliptica</i> SCHUM. ....                             |                           | }                           | }  | }                                | +  | +  | r                                   |
| — — — f. <i>minor</i> v. HEURCK ....                          |                           | }                           | }  | }                                |    |    |                                     |
| — v. <i>lancettula</i> (SCHUM.) HUST.                         | r                         | }                           | }  | }                                |    |    |                                     |
| — v. <i>trigona</i> HUST. ....                                |                           |                             |    |                                  |    |    |                                     |
| — <i>Vaucheriae</i> KÜTZ. ....                                |                           | r                           |    | r                                |    |    |                                     |
| — <i>virescens</i> RALFS .....                                |                           |                             |    |                                  | c  | r  |                                     |
| — v. <i>exigua</i> GRUN. ....                                 |                           | r                           | ++ | c                                | +  |    |                                     |
| — v. <i>mesolepta</i> RABH. ....                              |                           | r                           |    | r                                |    |    |                                     |
| — v. <i>subsalina</i> GRUN. ....                              |                           |                             | +  | +                                |    | c  | rr                                  |
| <i>Frustulia rhomboides</i> (EHR.) DE<br>TONI .....           |                           | r                           | r  | r                                | +  |    |                                     |
| — <i>saxonica</i> (RABH.) DE TONI ....                        | ++                        | c                           | c  | +                                | cc | ++ | ++                                  |
| — <i>viridula</i> BRÉB. ....                                  |                           |                             |    | r                                |    |    |                                     |
| — <i>vulgaris</i> TWAITES .....                               |                           |                             |    |                                  |    | r  | r                                   |
| <i>Gomphonema acuminatum</i> EHR. ..                          |                           | r                           | r  |                                  |    |    | r                                   |
| — v. <i>Breissonii</i> (KÜTZ.) CLEVE                          |                           |                             |    |                                  |    | r  |                                     |
| — v. <i>trigonocephala</i> (EHR.)<br>GRUN. ....               |                           |                             |    |                                  |    | r  |                                     |
| — <i>angustatum</i> (KÜTZ.) RABH. ....                        |                           | r                           | r  | r                                |    |    | r                                   |
| — <i>constrictum</i> EHR. ....                                | r                         |                             |    | r                                |    | rr | r                                   |
| — <i>olivaceum</i> KÜTZ. (LYNG.) v.v. ..                      |                           |                             |    |                                  |    |    | r                                   |
| — <i>intricatum</i> (KÜTZ.) v. <i>dichotoma</i><br>GRUN. .... |                           |                             |    |                                  |    |    | +                                   |
| — <i>longiceps</i> v. <i>mustela</i> EHR. ....                |                           |                             |    |                                  |    | r  | r                                   |
| — <i>gracile</i> EHR. ....                                    |                           |                             |    |                                  |    | r  |                                     |
| <i>Gyrosigma acuminatum</i> (KÜTZ.)<br>RABH. ....             |                           |                             |    | r                                |    | r  | r                                   |
| — v. <i>gallica</i> GRUN. ....                                |                           |                             |    |                                  |    | r  |                                     |
| — <i>attenuatum</i> (Fragm.) (KÜTZ.)<br>RABH. ....            |                           |                             |    |                                  |    | r  |                                     |
| — <i>distortum</i> v. <i>Parkeri</i> HARRIS. ...              |                           |                             |    |                                  |    |    | r                                   |
| — <i>Spencerii</i> W. SM. v. v. ....                          |                           |                             |    |                                  | rr |    | +                                   |
| <i>Hantzschia elongata</i> (HANTZSCH)<br>GRUN. ....           |                           |                             |    |                                  |    |    | r                                   |
| <i>Mastogloia baltica</i> GRUN. ....                          |                           |                             |    | r                                |    |    | +                                   |
| — <i>exigua</i> LEWIS .....                                   |                           |                             |    | r                                |    |    | r                                   |
| — <i>Smithii</i> v. <i>amphicephala</i> GRUN.                 |                           |                             |    | r                                |    | rr | +                                   |
| — v. <i>lacustris</i> GRUN. ....                              |                           |                             |    |                                  |    | r  | r                                   |
| <i>Melosira ambigua</i> (GRUN.) O. MÜLL.                      | cc                        | ++                          | c  | cc                               | +  | +  | +                                   |
| — <i>arenaria</i> (Fragm.) MOORE ....                         |                           |                             |    |                                  | rr |    |                                     |
| — <i>distans</i> (EHR.) KÜTZ. ....                            | r                         |                             |    |                                  | r  |    |                                     |
| — <i>granulata</i> v. <i>angustissima</i> MÜLL.               | +                         | +                           | ++ | c                                |    |    |                                     |

Tabelle 3 (Forts.).

|                                                                      | Sladan 1950<br>Schlammpr. | Sladan 1951<br>Bodenprofile |   |     | Blåmisusjön 1952<br>Bodenprofile |           |    | Strömsun-<br>det 1952<br>Bodenprof. |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|-----|----------------------------------|-----------|----|-------------------------------------|
| — <i>italica</i> v. <i>valida</i> GRUN. ....                         |                           |                             |   | r   |                                  | +         | +  |                                     |
| — <i>Juergensi</i> C. A. AG. ....                                    |                           |                             |   |     |                                  |           |    | r                                   |
| <i>Navicula americana</i> EHR. ....                                  |                           |                             | r | r   |                                  | +         | +  |                                     |
| — <i>anglica</i> RALFS. ....                                         | r                         |                             | r | r   |                                  | r         |    |                                     |
| — — v. <i>subsalsa</i> GRUN. ....                                    |                           |                             |   |     |                                  | rr        |    |                                     |
| — <i>bacilliformis</i> GRUN. ....                                    | r                         | r                           | r | r   |                                  | r         | r  | r                                   |
| — <i>bacillum</i> EHR. ....                                          |                           | r                           |   | r   |                                  | rr        |    |                                     |
| — <i>capitata</i> FONT. ....                                         |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>cincta</i> (EHR.) KÜTZ. ....                                    |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>crucigera</i> v. <i>subhyalina</i> A. CL.                       |                           |                             |   |     |                                  |           |    | r                                   |
| — <i>crucicula</i> (W. SM.) DONK. ....                               |                           |                             |   |     |                                  |           | r  | } ++                                |
| — — v. <i>obtusata</i> GRUN. ....                                    |                           |                             |   | r   |                                  | r         |    |                                     |
| — <i>cryptocephala</i> KÜTZ. ....                                    |                           |                             |   |     |                                  |           | r  | r                                   |
| — — v. <i>veneta</i> (KÜTZ.) GRUN. ..                                |                           |                             |   |     |                                  |           | r  |                                     |
| — <i>cuspidata</i> v. <i>ambigua</i> (EHR.)<br>CLEVE. ....           |                           |                             |   |     |                                  |           |    | r                                   |
| — <i>dicephala</i> (EHR.) W. SM. ....                                |                           | r                           | r | r   |                                  | r         |    |                                     |
| — <i>exigua</i> (GREG.) O. MÜLL. ....                                |                           |                             | r | r   |                                  | r         |    |                                     |
| — <i>gregaria</i> DONK. ....                                         |                           |                             |   |     |                                  |           | rr | r                                   |
| — <i>halophila</i> v. <i>subcapitata</i> ÖSTR. ...                   | ++                        | cc                          | c | +   | ++                               | ++        | +  | +                                   |
| — <i>hungarica</i> GRUN. ....                                        |                           |                             | r |     |                                  |           |    |                                     |
| — — v. <i>capitata</i> (EHR.) CLEVE ..                               | r                         |                             | r |     |                                  | r         |    |                                     |
| — <i>inflata</i> DONK. ....                                          |                           |                             |   |     |                                  | rr        | rr |                                     |
| — cfr. <i>laterostrata</i> HUST. ....                                |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>menisculus</i> SCHUM. ....                                      |                           |                             |   |     |                                  |           | r  | r                                   |
| — <i>meniscus</i> SCHUM. ....                                        |                           |                             |   |     |                                  |           |    | r                                   |
| — <i>minima</i> v. <i>atomoides</i> (GRUN.)<br>CLEVE. ....           |                           |                             |   |     |                                  | rr        |    |                                     |
| — <i>peregrina</i> v. <i>minor</i> KOLBE. ....                       |                           |                             | r | +   |                                  | +         | ++ | ++                                  |
| — cfr. <i>peregrina</i> v. <i>kefvingensis</i><br>(EHR.) CLEVE. .... |                           |                             |   |     |                                  | rr        |    |                                     |
| — cfr. <i>perpusilla</i> GRUN. ....                                  |                           | +                           |   |     |                                  | rr        |    |                                     |
| — <i>pseudoscutiformis</i> HUST. ....                                | r                         | r                           | + | +   |                                  | rr        |    |                                     |
| — <i>pupula</i> KÜTZ. mit v. <i>capitata</i><br>HUST. ....           | r                         | r                           | + | +++ |                                  | r         |    |                                     |
| — <i>pygmaea</i> KÜTZ. ....                                          |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>radiosa</i> KÜTZ. ....                                          | r                         |                             |   | r   | r (Frgm.)                        | ++        |    | r                                   |
| — — v. <i>dubravicensis</i> GRUN. ....                               |                           |                             |   |     |                                  | r         |    |                                     |
| — — v. <i>tenella</i> (BRÉB.) GRUN. ..                               |                           |                             | r | +   |                                  |           | r  |                                     |
| — <i>rhyngocephala</i> KÜTZ. ....                                    | +                         | r                           | + | +++ |                                  | r (Frgm.) | r  | c                                   |
| — <i>Rotaeana</i> (RABH.) GRUN. ....                                 |                           | r                           | r | r   |                                  |           |    | +                                   |
| — <i>salinarum</i> GRUN. ....                                        |                           |                             |   |     |                                  |           |    |                                     |
| — <i>seminulum</i> GRUN. ....                                        |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>similis</i> KRASSKE. ....                                       |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>söhlensis</i> v. <i>capitata</i> KRASSKE. .                     |                           | r                           |   |     |                                  |           |    |                                     |
| — <i>torneensis</i> CLEVE. ....                                      |                           |                             | r |     |                                  |           | rr | r                                   |
| — <i>ventralis</i> KRASSKE. ....                                     |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>viridula</i> v. <i>slesvicensis</i> (GRUN.)<br>CLEVE. ....      |                           |                             |   | +   |                                  | r (Frgm.) | r  | c                                   |
| — — v. <i>avenacea</i> (BRÉB.) GRUN. ...                             |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>vulpina</i> KÜTZ. ....                                          | r                         |                             |   | r   |                                  |           |    | r                                   |
| <i>Neidium affine</i> (EHB.) CLEVE. ....                             |                           |                             |   | r   |                                  | r         |    |                                     |
| — — v. <i>amphirychus</i> (EHB.) CLEVE                               | +                         | +                           | r | r   |                                  | r         |    |                                     |
| — — v. <i>longiceps</i> (GREG.) CLEVE                                |                           |                             | r | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>dubium</i> v. <i>cuneata</i> FONT. ....                         |                           |                             |   | r   |                                  |           |    |                                     |
| — <i>hercynicum</i> MAYER. ....                                      |                           |                             | r | r   |                                  |           |    |                                     |

Tabelle 3 (Forts.).

|                                                     | Sladan 1950<br>Schlammpr. | Sladan 1951<br>Bodenprofile | Blåmisisjön 1952<br>Bodenprofile |     |   |           | Strömsun-<br>det 1952<br>Bodenprof. |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----|---|-----------|-------------------------------------|
| — <i>Hitchcocki</i> (EHR.) CLEVE . . . . .          |                           | r                           | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>iridis</i> (EHR.) CLEVE . . . . .              |                           |                             |                                  | rr  |   |           |                                     |
| — v. <i>oblonga</i> ÖSTR. . . . .                   |                           | +                           | r                                | rr  |   | r         |                                     |
| — v. <i>subampliata</i> GRUN. . . . .               |                           |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>productum</i> (W. SM.) CLEVE . . . . .         |                           | +                           |                                  |     |   |           |                                     |
| — v. <i>minor</i> A. CL. . . . .                    | r                         |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| <i>Nitzschia angustata</i> v. <i>acuta</i> GRUN.    | r                         |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>amphibia</i> GRUN. . . . .                     | r                         |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — v. <i>acutiuscula</i> GRUN. . . . .               |                           |                             |                                  |     |   | r         |                                     |
| — <i>capitellata</i> HUST. . . . .                  |                           | r                           | +                                | r   |   |           | +                                   |
| — <i>commutata</i> GRUN. . . . .                    |                           |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>dissipata</i> (KÜTZ.) GRUN. . . . .            |                           | r                           |                                  |     |   |           | r                                   |
| — <i>fasciculata</i> GRUN. . . . .                  |                           | r                           | +                                |     |   |           | r (Frgm.)                           |
| — <i>fonticola</i> GRUN. . . . .                    |                           |                             | r                                |     |   | r         |                                     |
| — <i>frustulum</i> KÜTZ. . . . .                    | r                         |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — v. <i>subsalina</i> HUST. . . . .                 |                           |                             | r                                |     |   |           | r                                   |
| — v. <i>perpusilla</i> (RABH.) GRUN.                |                           | r                           | r                                | r   |   |           |                                     |
| — <i>gracilis</i> HANTZSCH . . . . .                |                           | r                           | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>hungarica</i> GRUN. . . . .                    |                           |                             | r                                |     |   |           | r                                   |
| — <i>intermedia</i> HANTZSCH . . . . .              |                           |                             |                                  |     |   | r         |                                     |
| — <i>Kützingiana</i> HILSE . . . . .                |                           |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>linearis</i> W. SM. . . . .                    | r                         |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>Lorenziana</i> GRUN. . . . .                   |                           |                             |                                  |     |   |           | r                                   |
| — <i>littoralis</i> GRUN. . . . .                   |                           |                             |                                  |     |   |           | r                                   |
| — <i>macilenta</i> GREG. . . . .                    |                           |                             |                                  |     |   |           | r                                   |
| — <i>microcephala</i> GRUN. . . . .                 |                           |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>obtusa</i> W. SM. . . . .                      |                           |                             | r                                |     |   | r (Frgm.) |                                     |
| — v. <i>lepidula</i> GRUN. . . . .                  |                           |                             |                                  |     |   | rr        |                                     |
| — v. <i>sigmoidea</i> ÖSTR. . . . .                 |                           | r                           | r                                | r   |   | r         |                                     |
| — <i>palea</i> (KÜTZ.) W. SM. . . . .               |                           |                             |                                  |     |   | rr        | r                                   |
| — <i>paradoxa</i> (GMEL.) GRUN. . . . .             |                           |                             |                                  |     |   | rr        |                                     |
| — <i>plana</i> W. SM. v. <i>fennica</i> HUST.       |                           |                             | +                                | r   |   | r (Frgm.) | +                                   |
| — f. <i>ornata</i> KOLBE . . . . .                  | c                         | +                           | c                                | +++ |   |           | +++                                 |
| — <i>recta</i> HANTZSCH . . . . .                   |                           |                             |                                  | r   |   |           | r                                   |
| — <i>sigma</i> v. <i>rigida</i> (KÜTZ.) GRUN.       |                           |                             |                                  |     |   | rr        |                                     |
| — <i>sigmoidea</i> v. <i>armoricana</i> (KÜTZ.)     |                           |                             |                                  |     |   |           | r                                   |
| GRUN. . . . .                                       |                           |                             |                                  |     |   |           | r                                   |
| — <i>therminalis</i> v. <i>minor</i> HILSE . .      | +                         | +++                         | +++                              | r   | c | +         | r                                   |
| — v. <i>intermedia</i> GRUN. . . . .                |                           |                             | +                                |     | + | c         | r                                   |
| — <i>tryblionella</i> v. <i>levidensis</i> (W. SM.) |                           |                             |                                  |     |   |           |                                     |
| GRUN. . . . .                                       |                           |                             | r                                |     |   |           | r                                   |
| — v. <i>obtusiuscula</i> GRUN. . . . .              |                           |                             | r                                |     |   |           | r                                   |
| — v. <i>victoriae</i> GRUN. . . . .                 |                           |                             |                                  |     |   |           | r                                   |
| <i>Peronia Héribaudi</i> BRUN & PER. . .            |                           |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| <i>Pinnularia appendiculata</i> (AG.)               |                           |                             |                                  |     |   |           |                                     |
| CLEVE . . . . .                                     |                           |                             | r                                |     |   |           |                                     |
| — <i>aestuarii</i> v. <i>minor</i> (CL.) A. CL.     |                           | r                           |                                  |     | r |           |                                     |
| — <i>biceps</i> GREG. . . . .                       |                           | +                           | +                                | +++ | r |           | +                                   |
| — v. <i>minor</i> (O. MÜLL.) . . . . .              |                           |                             |                                  |     | r |           | r                                   |
| — <i>Braunii</i> (GRUN.) CLEVE . . . . .            |                           |                             |                                  | +   |   |           |                                     |
| — v. <i>amphicephala</i> (MAYER)                    | r                         |                             |                                  |     |   |           |                                     |
| HUST. . . . .                                       |                           | r                           | r                                | r   |   |           |                                     |
| — <i>Breissonii</i> KÜTZ. . . . .                   |                           |                             |                                  |     |   | r         |                                     |
| — <i>dactylus</i> EHR. . . . .                      |                           |                             | r                                |     | r |           |                                     |
| — <i>distinguenda</i> A. CL. . . . .                |                           |                             |                                  | r   | + | r         | r                                   |
| — <i>divergens</i> W. SM. . . . .                   | r                         |                             |                                  |     |   | r         | r                                   |

Tabelle 3 (Forts.).

|                                                                  | Sladan 1950<br>Schlammpf. | Sladan 1951<br>Bodenprofile |     | Blåmisusjön 1952<br>Bodenprofile |    |   | Strömsun-<br>det 1952<br>Bodenprof. |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----|----------------------------------|----|---|-------------------------------------|
| — <i>episcopalis</i> CLEVE .....                                 |                           |                             | r   | r                                |    |   |                                     |
| — <i>esox</i> EHR. ....                                          | r                         |                             | r   |                                  | rr |   |                                     |
| — <i>gentilis</i> (DONK.) CLEVE .....                            | r                         | r                           | +   |                                  | r  | r |                                     |
| — <i>globiceps</i> v. <i>Krookii</i> GRUN. ....                  |                           |                             |     | r                                |    |   | r                                   |
| — <i>hemiptera</i> (KÜTZ.) CLEVE .....                           | r                         | r                           | r   | +                                | rr | r |                                     |
| — <i>inflata</i> A. CL. ....                                     |                           |                             | r   | r                                |    |   |                                     |
| — <i>interrupta</i> W. SM. ....                                  |                           |                             | r   |                                  |    |   |                                     |
| — — v. <i>crassior</i> GRUN. ....                                |                           |                             |     |                                  |    |   | rr                                  |
| — <i>legumen</i> EHR. ....                                       |                           | r                           |     | r                                |    |   |                                     |
| — <i>major</i> KÜTZ. ....                                        | r                         | +                           |     | (Frgm.)<br>+                     | +  | + | r                                   |
| — — v. <i>linearis</i> CLEVE .....                               |                           | r                           |     |                                  | r  | r | r                                   |
| — — v. <i>transversa</i> A. S. ....                              |                           |                             | r   |                                  |    |   |                                     |
| — <i>mesogongyla</i> EHR. ....                                   |                           |                             | r   |                                  |    |   |                                     |
| — <i>mesolepta</i> v. <i>stauroneiformis</i><br>GRUN. ....       | r                         | r                           | r   | +                                | r  | r |                                     |
| — <i>nobilis</i> EHR. ....                                       |                           |                             |     |                                  | +  | + | r                                   |
| — <i>nodosa</i> v. <i>capitata</i> EHR. ....                     |                           |                             |     |                                  | r  | r | r                                   |
| — <i>parallela</i> BRUN. ....                                    | r                         |                             |     |                                  |    |   |                                     |
| — <i>stauroptera</i> GRUN. ....                                  | +                         | c                           | c   | +                                | c  | c | +++                                 |
| — — v. <i>parva</i> (EHR.) GRUN. ....                            | r                         | r                           | r   |                                  |    |   |                                     |
| — — v. <i>linearis</i> HUST. ....                                |                           | r                           | r   |                                  |    |   |                                     |
| — — f. <i>subundul.</i> MAYER .....                              |                           |                             | r   |                                  |    |   |                                     |
| — <i>stomatophora</i> GRUN. ....                                 |                           |                             | r   |                                  |    |   |                                     |
| — <i>stomatophoroides</i> MAYER .....                            |                           |                             | r   |                                  |    |   |                                     |
| — <i>streptoraphe</i> v. <i>styliiformis</i><br>(GRUN.) CL. .... |                           | r                           | r   |                                  |    |   |                                     |
| — <i>striata</i> A. CL. ....                                     |                           | r                           |     |                                  |    |   |                                     |
| — <i>subcapitata</i> GREG. ....                                  | r                         | +++                         | +++ | +                                | +  | + | r                                   |
| — — v. <i>Hilseana</i> (JAN.) O. MÜLL.                           |                           | +                           |     |                                  |    |   |                                     |
| — <i>subsolaris</i> (GRUN.) CLEVE .....                          |                           |                             |     | +                                | r  | r |                                     |
| — <i>transversa</i> (A. S.) MAYER .....                          |                           |                             |     |                                  | +  |   |                                     |
| — <i>viridis</i> (NITZSCH.) EHR. ....                            | r                         | r                           |     |                                  |    | r | +                                   |
| — — v. <i>fallax</i> CLEVE .....                                 |                           |                             | r   |                                  | r  |   |                                     |
| — — v. <i>leptogongyla</i> (EHR.)<br>MAYER .....                 |                           |                             |     |                                  | r  |   | r                                   |
| — — <i>liten</i> var. ....                                       |                           |                             |     |                                  | r  |   |                                     |
| — — v. <i>sudetica</i> HILSE .....                               | r                         |                             |     |                                  |    |   | r                                   |
| — <i>elongatum</i> v. <i>karianum</i> (GRUN.)<br>CLEVE .....     |                           |                             |     |                                  |    |   | r                                   |
| <i>Pleurosigma subsalsum</i> WISL. u.<br>KOLBE .....             |                           |                             |     | r                                |    |   | r                                   |
| <i>Rhoicosphenia curvata</i> (KÜTZ.)<br>GRUN. ....               |                           |                             |     |                                  | rr |   | +++                                 |
| <i>Rhopalodia gibba</i> (EHR.) O. MÜLL.                          | r                         | r                           | r   | r                                |    |   | rr<br>(Frgm.)                       |
| — — v. <i>ventricosa</i> (KÜTZ.)<br>O. MÜLL. ....                |                           |                             |     |                                  | r  |   | r                                   |
| — <i>gibberula</i> (EHR.) O. MÜLL. ....                          |                           |                             |     | r                                |    |   |                                     |
| — <i>musculus</i> (KÜTZ.) O. MÜLL. ....                          |                           |                             |     |                                  |    |   | r                                   |
| <i>Stauroneis anceps</i> EHR. ....                               | r                         | +                           | +   | +++                              |    | r |                                     |
| — — v. <i>amphicephala</i> KÜTZ. ....                            |                           |                             |     |                                  | r  |   | r                                   |
| — — f. <i>gracilis</i> (RABH.) .....                             | r                         |                             |     | r                                | r  |   |                                     |
| — — v. <i>hyalina</i> BRUN. u. PERAG.                            | r                         |                             |     | +                                | +  | r |                                     |
| — <i>acuta</i> W. SM. ....                                       |                           |                             |     | r                                | r  |   |                                     |
| — <i>legumen</i> EHR. ....                                       |                           |                             | r   | r                                |    |   |                                     |
| — <i>parvula</i> v. <i>prominula</i> GRUN. ...                   |                           | r                           | r   | r                                | rr |   | rr                                  |
| — <i>phoenicenteron</i> EHR. ....                                | r                         |                             | r   | r                                | r  |   | rr                                  |

Tabelle 3 (Forts.).

|                                                                  | Sladan 1950<br>Schlammpr. | Sladan 1951<br>Bodenprofile |    |    | Blåmisusjön 1952<br>Bodenprofile |    |         | Strömsun-<br>det 1952<br>Bodenprof. |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----|----|----------------------------------|----|---------|-------------------------------------|
| — v. <i>amphilepta</i> (EHR.) CLEVE                              |                           |                             |    |    | rr                               |    |         |                                     |
| — v. <i>lanceolata</i> (KÜTZ.) DIP...                            |                           |                             |    |    | r                                |    |         |                                     |
| — <i>phyllodes</i> EHR. ....                                     |                           |                             | r  | r  |                                  |    |         |                                     |
| — <i>Smithii</i> GRUN. ....                                      | r                         |                             | r  | r  |                                  |    |         |                                     |
| <i>Stenopterobia intermedia</i> (LEWIS)<br>FRICKE                |                           |                             |    |    |                                  |    |         |                                     |
| — v. <i>capitata</i> FONT. ....                                  | r                         |                             |    | r  |                                  |    |         |                                     |
| <i>Surirella biseriata</i> BRÉB. ....                            |                           |                             | r  |    |                                  |    | r       |                                     |
| — v. <i>bifrons</i> (KÜTZ.) HUST. ..                             |                           |                             | r  |    |                                  |    | +       |                                     |
| — <i>Capronii</i> BRÉB. ....                                     |                           |                             |    |    | +                                | c  | r       |                                     |
| — <i>elegans</i> EHR. ....                                       | r                         |                             |    | r  | r                                | r  | r       |                                     |
| — <i>linearis</i> W. SM. ....                                    |                           | +                           | r  | r  |                                  |    |         |                                     |
| — <i>Moelleriana</i> v. <i>birostrata</i> (HUST.)<br>A. CL. .... |                           | +                           | ++ | +  |                                  |    |         |                                     |
| — <i>ovalis</i> v. <i>baltica</i> A. CL. ....                    |                           |                             |    |    |                                  |    | r       |                                     |
| — <i>ovata</i> KÜTZ. ....                                        |                           |                             |    |    |                                  |    | +       |                                     |
| — v. <i>crumena</i> (BRÉB.) v. HEURCK                            |                           |                             |    | r  |                                  |    |         |                                     |
| — <i>patella</i> (EHR.) KÜTZ. ....                               |                           |                             |    |    | r                                |    |         |                                     |
| — <i>robusta</i> EHR. ....                                       |                           |                             | r  | r  | r                                |    | r       |                                     |
| — v. <i>splendida</i> (EHR.) v. HEURCK                           |                           |                             | r  | r  |                                  |    |         |                                     |
| — <i>simplex</i> A. CL. ....                                     |                           |                             | r  | r  |                                  |    |         |                                     |
| — <i>tenera</i> v. <i>nervosa</i> A. S. ....                     |                           |                             | r  | r  |                                  |    |         |                                     |
| <i>Synedra acus</i> KÜTZ. ....                                   | r                         |                             |    |    | rr                               |    | r       |                                     |
| — <i>affinis</i> KÜTZ. ....                                      | +                         |                             |    |    |                                  |    | r       |                                     |
| — <i>biceps</i> KÜTZ. (Fragm.) ....                              |                           |                             |    |    | r                                |    | r       |                                     |
| — <i>jamelica</i> KÜTZ. ....                                     |                           | r                           | r  |    |                                  |    |         |                                     |
| — <i>minuscule</i> GRUN. ....                                    |                           |                             | +  | +  |                                  |    |         |                                     |
| — <i>parasitica</i> v. <i>subconstricta</i><br>GRUN. ....        | r                         |                             |    | +  |                                  | r  | r       |                                     |
| — <i>pulchella</i> KÜTZ. ....                                    | r                         |                             |    |    |                                  |    | r       |                                     |
| — <i>cf. rumpens</i> KÜTZ. ....                                  |                           |                             | +  | +  |                                  |    | (Frgm.) |                                     |
| — <i>tenera</i> W. SM. ....                                      |                           | +                           | r  | ++ |                                  |    | +       |                                     |
| — <i>ulna</i> v. <i>danica</i> (Fragm.) (KÜTZ.)<br>GRUN. ....    |                           |                             |    |    |                                  |    |         |                                     |
| — v. <i>subaequalis</i> (Fragm.)<br>GRUN. ....                   |                           |                             |    | r  | rr                               | r  |         |                                     |
| — sp. ....                                                       |                           |                             | ++ |    | r                                | rr |         |                                     |
| <i>Tabellaria fenestrata</i> (LYNGB.)<br>KÜTZ. ....              | +                         | r                           | +  | c  | r                                | +  | r       |                                     |
| — <i>flocculosa</i> (ROTH) KÜTZ. ....                            | +                         | +                           | ++ | +  | r                                | +  | r       |                                     |
| <i>Tetracyclus lacustris</i> RALFS                               |                           |                             | r  | r  |                                  | +  |         |                                     |
| <i>Tropidoneis lepidoptera</i> (GREG.)<br>CLEVE                  |                           |                             |    |    |                                  |    | r       |                                     |

# The Coregonid Problem. V. Sympatric whitefish species of the lakes Idsjön, Storsjön and Hornavan

By GUNNAR SVÄRDSON

## Introduction

The fish, belonging to the genus *Coregonus*, which are distributed over the entire Northern Hemisphere present a taxonomic and evolutionary problem of great interest. They constitute two groups of sibling species morphologically almost identical with one another. One of the groups — the *lavaretus* group — appears to have the greatest number of forms in Europe and Western Russia, while the *albula* group in that area is comparatively homogeneous. The *albula* group on the other hand is most multiform in Eastern Asia and in North America, where the *lavaretus* species are few.

Orthodox taxonomy has proved a complete failure in making a more detailed analysis of these sibling species. The reason for this is not only the great morphological similarity within each group but first and foremost the very considerable environmental plasticity common for all the species. This plasticity, which probably constitutes a common genetic adaptation for a life in varying environments, comprises meristic characters such as the number of vertebrae, fin-rays and scales as well as physiological characters such as rate of growth, sexual maturity and length of life. Related to the plasticity of the growth is the very varied allometry, which makes the relative body dimensions not only different in fish of different lengths but also different in fish of similar length but different age (SVÄRDSON 1949, 1950, 1951 and 1952). As orthodox systematics employ allometric characters for the diagnoses, a situation has arisen whereby hundreds of species and forms have been described and named on modifications which are worthless from a taxonomical point of view.

The economic importance of the whitefishes has been the reason for a large number of transplantations having been made in Sweden of populations from one lake to another. In this way a succession of taxonomically important experiments have been unintentionally carried out. They have clearly demonstrated the great plasticity of the whitefish but also that the gillrakers are an exception (SVÄRDSON 1952). The gillrakers are the only

character of the whitefish known up to the present, whose variation between the different species and populations has a proved genetic foundation. It is doubtful if this character will be modified by environment at all but in any case such a modification is insignificant compared with the genetic. Experiments with hybrids and selection have also confirmed that the number of gillrakers has a genetic basis.

The effective geographical isolation between whitefishes in different river systems facilitates studies of the evolution, that can have taken place since the populations made their way there. In some cases this must have occurred when the Baltic Sea was far higher than it is now, as insurmountable waterfalls now prevent a repeated invasion from the sea. The rivers, which flow into the Baltic from the mountains on the Norwegian frontier, also permit a study of the order in which the different species invaded the rivers, as only exceptionally have any species of whitefish reached the highest lakes that are inhabited by char and trout and seldom do all the species of whitefish, that are found in a river system, reach the highest whitefish lake.

It is very common, especially in Northern Sweden, that several different species of whitefish live in the same lake that is to say behave sympatrically. There is thus a possibility of studying how they have evolved isolation barriers to prevent the gene flow as well as how they avoid competing ruthlessly with one another for the available food. There is some evidence at hand indicating the production of hybrids. There is thus a possibility that the subspeciation after immigration can partly depend on introgressive hybridization after the species had become sympatric.

In order to make a more detailed analysis of the role introgressive hybridization has played in the evolution of the whitefishes, work has now been concentrated on hybridization experiments and studies of the barriers in nature between sympatric species. The hybridization experiments are primarily aimed at investigating the fertility of the F<sub>1</sub>-hybrids. Sexual isolation between species can, however, occur in a lake owing to differences in behaviour, ecological isolation owing to different spawning seasons and spawning grounds, which are contributory factors in preventing the gene flow from one species to another.

In this paper an account is given of sympatric species in three different lakes, belonging to entirely different water systems. The geographical situation of lakes mentioned in this paper is given in fig. 1.

The whitefishes in yet another series of lakes are the subject of further studies. It has proved difficult to get material from all the species in a lake, as usually only one or two species are subjected to regular fishing. Other species, especially the undersized ones, are sometimes unknown even to people living round the lake. Regulations dealing with closed season and certain sizes of mesh have also proved a hindrance in obtaining material.

## Whitefishes of Lake Idsjön

The River Gimån, a tributary of the River Ljungan, runs through Lake Idsjön, which lies 261 metres above sea level. Although Idsjön is a little lake, only 9 km long from NW—SE, it plays an important part in the whitefish investigations. One of its species of whitefish has been subjected to a special kind of fishing, ever since Queen Kristina's days, that is to say since the middle of the 17th century. This fishing is widely known and has been described by TOOTS (1949).

*Spawning grounds and spawning seasons.* Lake Idsjön contains three sympatric species of whitefish, namely *blåsik*, *älvsik*, and *storsik*. The *blåsik* differs from the other two in its earlier spawning season and very limited spawning ground. *Älvsik* and *storsik* both spawn at the end of December and the beginning of January probably at several places round the lake, at a depth of a few metres, but it seems as if the *älvsik* had a tendency towards spawning at a greater depth. No further information is to be had about this yet, as it is difficult to fish in the lake at this time because of the thick ice. The villagers do not fish for *älvsik* on account of its small size and it was unknown to the local fishermen until 1950, when TOOTS found the species when he was searching for shoals of one-year-old *blåsik*.

The *blåsik* spawns at the influx of the Gimån into Lake Idsjön, that is in running water and at a depth of less than one meter. The spawning season is also earlier and the traditional time for the fishing to begin is about 11th October. Sometimes the spawning continues for nearly the whole of November and the season is thus very lengthy. The fishing here provides an excellent gauge for the varying intensity of the spawning through the daily fishing statistics from »vaktfisket». In table 1 the fishing during the years 1941—1952 has been summarized in five-day periods. The average daily catch has been calculated for each period and is given in the table for the day, which lies in the middle of the period. Thus the figures for 7th November, for example, give the average daily catch for the period 5th—9th November.

The traditional character of the fishing results in the fishermen not always covering the entire spawning season. Sometimes they begin too late, sometimes they end too early. The two best five-day periods have been marked in italics in table 1. These two periods have been consecutive every year with the exception of 1945, which implies that the height of the spawning season can as a rule be found within a period of ten days. As is apparent from the table, the length of the spawning season can vary between 35 days and 50 days. Its height has occurred four times between 2nd—7th Nov., three times between 28th Oct.—2nd Nov., twice between 23rd—28th Oct., once between 18th—23rd Oct. and once as early as 13th—18th Oct. The culmination can thus vary from year to year by at least three weeks. It is



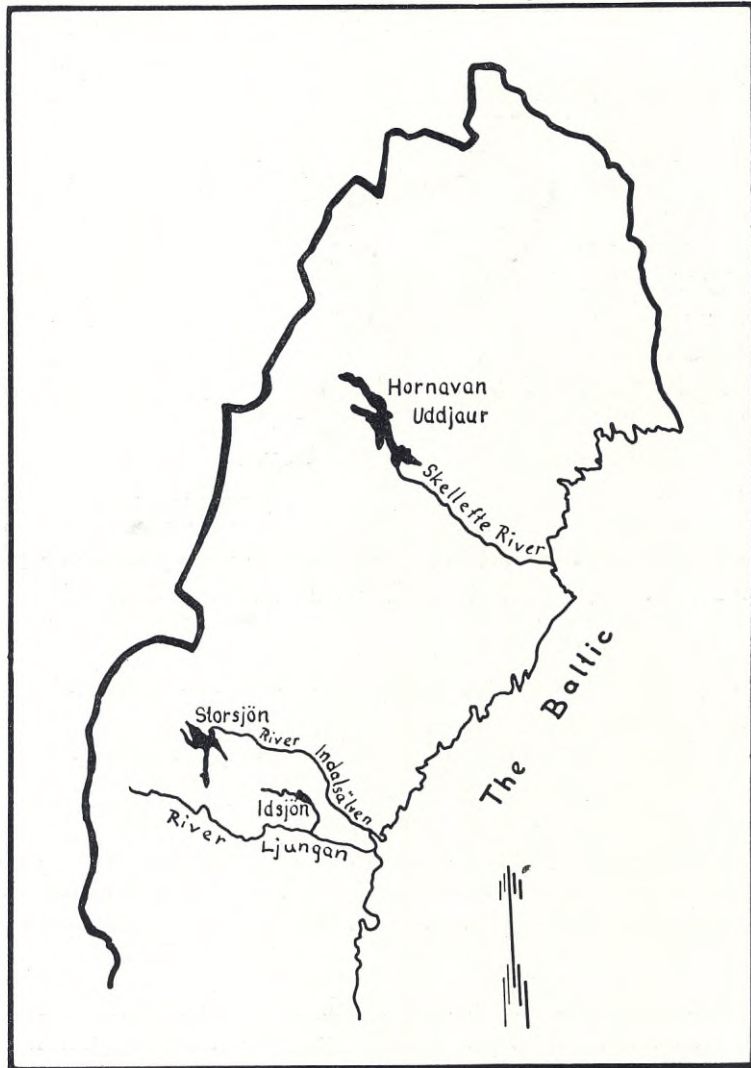


Fig. 1. Geographical position of the lakes Idsjön, Storsjön and Hornavan.

interesting that spawning occurred so early in 1952 that the fishermen missed almost half the season. The same phenomenon occurred for char and whitefish in other lakes — although there are no reliable figures available for comparison. Both the summer and autumn of 1952 were extremely cold and autumn came, according to the meteorologists, nearly a month earlier than usual. There can, therefore, be no doubt that the record early spawning season for the whitefish was a consequence of the water growing colder unusually soon. This is quite in accordance with the factors that are known to influence spawning (FABRICIUS 1950).

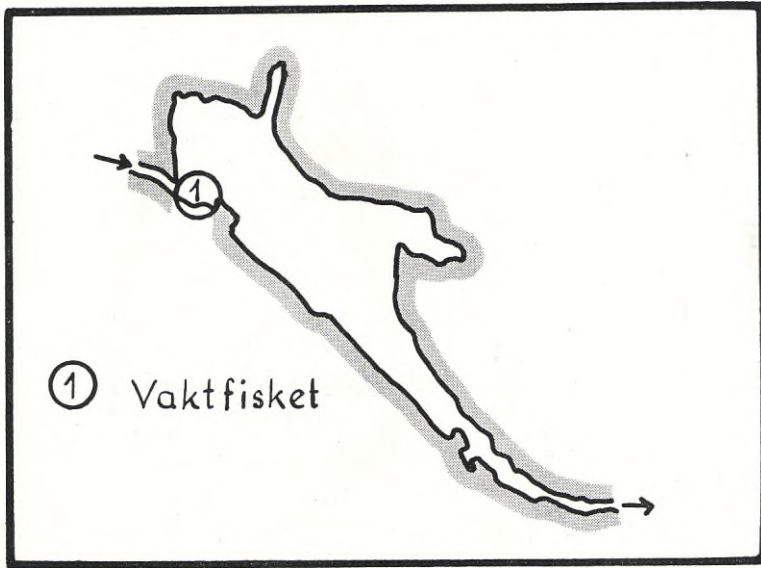


Fig. 2. Lake Idsjön and the locality for the traditional *blåsik* fishing.

The situation of »Vaktfisket» i.e. the spawning ground for *blåsik* in Lake Idsjön is given in fig. 2.

*Gillrakers.* The three species of whitefish in Idsjön are very clearly separated as regards the number of gillrakers (Table 2). The *storsik* has the fewest, while the *blåsik* has considerably more and the *älvsik* has an intermediate number. Some specimens were caught together with *storsik* that can either be hybrids, which are discussed in greater detail below, or *blåsik*. As a consequence the average number for the respective species is somewhat

Table 1. Daily catches in the fishing for *blåsik* at »Vaktfisket», Idsjön. Each figure gives the average daily catch for a pentad of days of which the median one is included in the left column. Height of the fishing and spawning is marked by italics.

| Day          | 1941       | 1942       | 1943       | 1944       | 1945       | 1946       | 1947       | 1948       | 1949        | 1950       | 1951       | 1952 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------|
| 13 Oct. .... | —          | 12         | 36         | 19         | 51         | 21         | —          | —          | —           | 2          | —          | 547  |
| 18 Oct. .... | 74         | 151        | 93         | 53         | <i>163</i> | 120        | 62         | 167        | 415         | 192        | 67         | 585  |
| 23 Oct. .... | <i>179</i> | <i>193</i> | <i>101</i> | 64         | 121        | 118        | 112        | 286        | 630         | 410        | 257        | 427  |
| 28 Oct. .... | <i>175</i> | <i>187</i> | 79         | 71         | 116        | 202        | 134        | 284        | <i>1165</i> | <i>574</i> | <i>618</i> | 441  |
| 2 Nov. ....  | 154        | 107        | 65         | <i>126</i> | <i>156</i> | <i>264</i> | <i>151</i> | <i>316</i> | <i>1436</i> | <i>560</i> | <i>451</i> | 250  |
| 7 Nov. ....  | 136        | 102        | 82         | <i>114</i> | 125        | <i>261</i> | <i>140</i> | <i>385</i> | 901         | 506        | 438        | 14   |
| 12 Nov. .... | 147        | 107        | 47         | 89         | 109        | 227        | 110        | 220        | 776         | 313        | 328        | —    |
| 17 Nov. .... | 125        | 89         | 23         | 78         | 110        | 118        | 29         | 168        | 372         | 250        | 224        | —    |
| 22 Nov. .... | 43         | 28         | —          | 57         | 86         | 140        | —          | 71         | 87          | —          | —          | —    |
| 27 Nov. .... | —          | —          | —          | (20)       | —          | 109        | —          | —          | —           | —          | —          | —    |

Table 2. Gillrakers on the first left gill-arch of three whitefish species in Lake Idsjön.

|                | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | Average     |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
| <i>Storsik</i> | 2  | 4  | 7  | 11 | 9  | 7  | 2  | 2  | 3  | 2  | 1  | —  | 1  | —  | 1  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 21.5 (21.0) |
| <i>Älvsik</i>  | —  | —  | —  | —  | 1  | 5  | 8  | 21 | 38 | 36 | 27 | 18 | 10 | 7  | 1  | 2  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 26.1        |
| <i>Blåsik</i>  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 2  | 5  | 9  | 15 | 25 | 25 | 39 | 26 | 16 | 16 | 4  | 4  | 1  | 35.8 (35.7) |

uncertain, which is indicated in the table by an average in brackets. If the three fish with 29, 31 and 32 gillrakers are deducted from the *storsik*, its average number is reduced to 21.0 instead of 21.5 and if these fish are included instead among the *blåsik*, their average number is reduced from 35.8 to 35.7 gillrakers.

As has been previously shown, the number of gillrakers is not influenced by environment and table 2 thus indicates that the three whitefish populations in Idsjön constitute three separate balanced gene systems. The *blåsik* of Lake Idsjön have previously been subjected to several transplantations to new environments, when the number of gillrakers proved to be constant, and selection experiments have also shown that parent fish with a high respectively low number of gillrakers had offspring with a corresponding number (SVÄRDSON 1952).

*Growth.* The growth of the three species is recorded in tables 3—5. It is just as drastically different as the number of gillrakers. The *älvsik* never attains the size of 200 millimetres, reached by the *storsik* at the end of its third summer of growth and by the *blåsik* as early as the beginning of the same period. In spite of it being possible for the *storsik* to become nearly twice as long as the *blåsik*, its growth is far inferior during the first two summers and not until the end of the fifth summer has the *storsik* achieved an ever-increasing superiority in size.

As may be seen from fig. 3, the differences in size when caught depend first and foremost on the very different length of life. The *älvsik* appears very seldom to exceed five years of age, the *blåsik* lives to eight years at the most, while the *storsik* can become twice as old and can attain an age of twenty years.

The different rates of growth in the various species of whitefish, that live sympatrically, appear to be a character that should be genetic and diagnostic, but it is not so. It has already been reported that the *blåsik* in Idsjön has shown on transplantation to a little lake, free from whitefish, that it is capable of attaining a length of 200 millimetres in only one summer (SVÄRDSON 1952). Hundreds of transplantations of dwarfed forms like the *älvsik* of Idsjön have shown dramatic change of growth rate (SVÄRDSON 1949). It can also be shown that different year classes in the same lake display different rates of growth. Scale samples have been taken in »vaktfisket» for

Table 3. Growth rate of 'storsik' in Lake Idsjön.

| Age group               | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                         |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  |
| IV                      | 1               | 120                                 | 194 | 264 | 340 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| VII                     | 4               | 96                                  | 150 | 206 | 258 | 299 | 322 | 346 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| VIII                    | 7               | 94                                  | 136 | 177 | 216 | 255 | 293 | 313 | 339 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| IX                      | 4               | 88                                  | 132 | 187 | 235 | 273 | 311 | 337 | 352 | 365 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| X                       | 5               | 90                                  | 170 | 234 | 279 | 301 | 328 | 356 | 377 | 396 | 416 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XI                      | 4               | 98                                  | 151 | 193 | 228 | 251 | 279 | 303 | 323 | 342 | 358 | 369 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XII                     | 6               | 99                                  | 159 | 211 | 252 | 280 | 317 | 345 | 365 | 384 | 401 | 415 | 430 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XIII                    | 2               | 85                                  | 145 | 203 | 259 | 301 | 327 | 360 | 392 | 410 | 431 | 445 | 457 | 468 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XIV                     | 6               | 108                                 | 164 | 220 | 276 | 316 | 340 | 366 | 385 | 406 | 424 | 439 | 456 | 466 | 479 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XV                      | 1               | 93                                  | 141 | 206 | 247 | 278 | 314 | 346 | 362 | 375 | 384 | 402 | 415 | 422 | 429 | 435 | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XVI                     | 3               | 78                                  | 132 | 193 | 237 | 268 | 295 | 317 | 333 | 368 | 388 | 404 | 416 | 430 | 439 | 446 | 455 | —   | —   | —   | —   | —   |
| XVII                    | 3               | 98                                  | 160 | 216 | 260 | 298 | 327 | 354 | 380 | 406 | 422 | 442 | 454 | 470 | 486 | 502 | 510 | 515 | —   | —   | —   | —   |
| XVIII                   | 1               | 85                                  | 132 | 193 | 233 | 274 | 305 | 334 | 371 | 386 | 418 | 440 | 452 | 469 | 482 | 495 | 507 | 519 | 530 | —   | —   | —   |
| XIX                     | 1               | 75                                  | 142 | 181 | 218 | 251 | 303 | 338 | 363 | 382 | 414 | 439 | 453 | 474 | 487 | 501 | 522 | 543 | 556 | 565 | 580 | 595 |
| Grand average (48 fish) |                 | 94                                  | 151 | 204 | 250 | 282 | 313 | 338 | 360 | 384 | 405 | 418 | 442 | 458 | 470 | 475 | 491 | 521 | 543 | 565 | 580 | 595 |

Table 4. Growth rate of 'älvsik' in Lake Idsjön.

| Age group           | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |       |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
|                     |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6     |
| III .....           | 44              | 83                                  | 124 | 146 | —   | —   | —     |
| IV .....            | 97              | 87                                  | 126 | 144 | 152 | —   | —     |
| V .....             | 34              | 85                                  | 122 | 141 | 151 | 156 | —     |
| VI .....            | 1               | 77                                  | 118 | 145 | 160 | 181 | 193   |
| Grand average ..... | (176 fish)      | 86                                  | 125 | 144 | 152 | 157 | (193) |

Table 5. Growth rate of 'blåsik' in Lake Idsjön.

| Age group           | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| II .....            | 1               | 128                                 | 215 | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| III .....           | 8               | 130                                 | 198 | 228 | —   | —   | —   | —   | —   |
| IV .....            | 276             | 118                                 | 196 | 245 | 267 | —   | —   | —   | —   |
| V .....             | 425             | 119                                 | 191 | 235 | 261 | 275 | —   | —   | —   |
| VI .....            | 134             | 116                                 | 186 | 230 | 260 | 277 | 287 | —   | —   |
| VII .....           | 45              | 117                                 | 185 | 230 | 261 | 282 | 294 | 302 | —   |
| VIII .....          | 11              | 112                                 | 171 | 222 | 249 | 271 | 287 | 299 | 308 |
| Grand average ..... | (900 fish)      | 118                                 | 191 | 237 | 263 | 276 | 289 | 301 | 308 |

Table 6. Relative strength of different year classes, measured by the catch some years later during the ten best fishing days of that season. The catch has been broken down into age groups, according to scale samples.

| Caught as age group | Year class |       |       |       |       |       |
|---------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 1944       | 1945  | 1946  | 1947  | 1948  | 1949  |
| IV .....            | 890        | 2,779 | 3,797 | 357   | 1,000 | 1,058 |
| V .....             | 543        | 8,596 | 3,782 | 2,212 | 1,998 | —     |
| VI .....            | 455        | 1,349 | 1,593 | 1,585 | —     | —     |
| VII .....           | 91         | 460   | 753   | —     | —     | —     |
| VIII .....          | 80         | 266   | —     | —     | —     | —     |

*blåsik* in the years 1947—1952 and, if the total of 900 specimens examined is broken down into different year classes, we find, as is shown in fig. 4, that different year classes have grown rather differently. The year classes 1941—1944 display a better growth than the subsequent year classes and especially the year classes 1945 and 1946 grow very poorly.

The scale samples taken annually since 1947 give certain possibilities for judging the relative strength of some year classes, as the yield of the fishing is known. Either the total catch of the respective year or the catch made annually during the ten best days, during the height of the spawning season, can be chosen as a gauge for the numerical strength of the spawning popula-

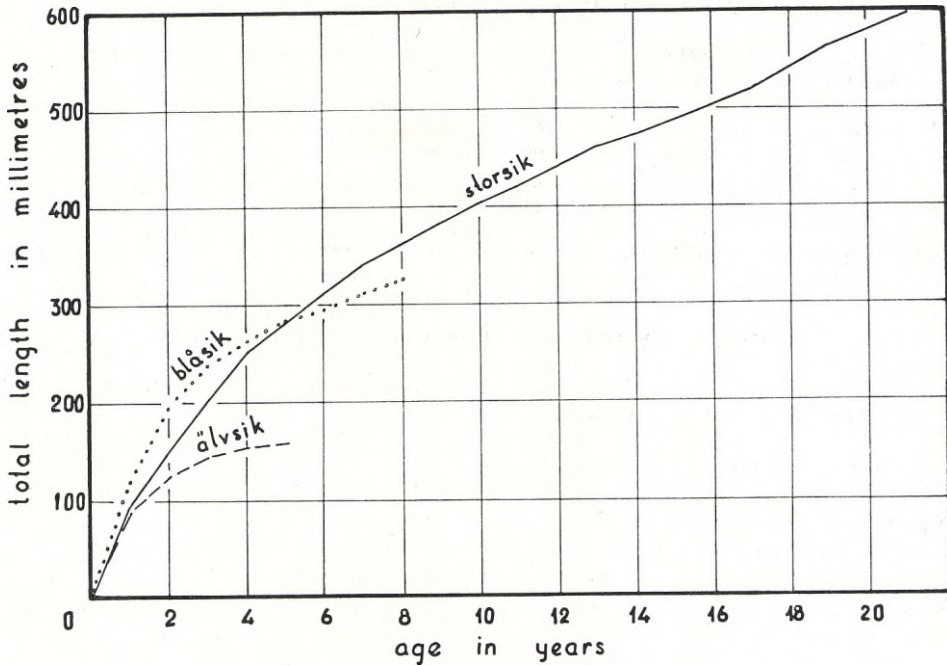


Fig. 3. Growth curves for the sympatric whitefish species in the Lake Idsjön.

tion. As the fishing season is traditional and the beginning and end of the spawning are sometimes excluded from the fishing, as might be seen in table 1, the ten best fishing days have been selected as a gauge for the quantitative annual yield of fish.

Members of a year class can be caught as early as three years of age, but as a rule the greater part of the catch consists of four or five year old fish. As fishing takes place after growth is concluded for the year, the fish are grouped as IV or V, although they will not be exactly four or five years old until the next spring.

In table 6 the year classes 1944—1949 have been given with the quantitative catch they contributed during the ten peak days of the fishing. Each horizontal line in the table provides an opportunity for comparing the year classes. While the 1944 year class contributed a catch of 890 four-year-olds and 543 five-year-olds, the corresponding figures for the 1945 year class were 2,779 respectively 8,596 fish. The margin of error is very great as the annual samples have been too small, but we nevertheless get a distinct impression from the table that the year classes 1945 and 1946 were unusually abundant. It is also apparent that the year classes 1941—1943 were scanty by the catches being so poor for the years 1944—1947.

An inverse correlation thus prevail between the numerical strength of a year class and the growth-rate of its individual fish. The deterioration shown

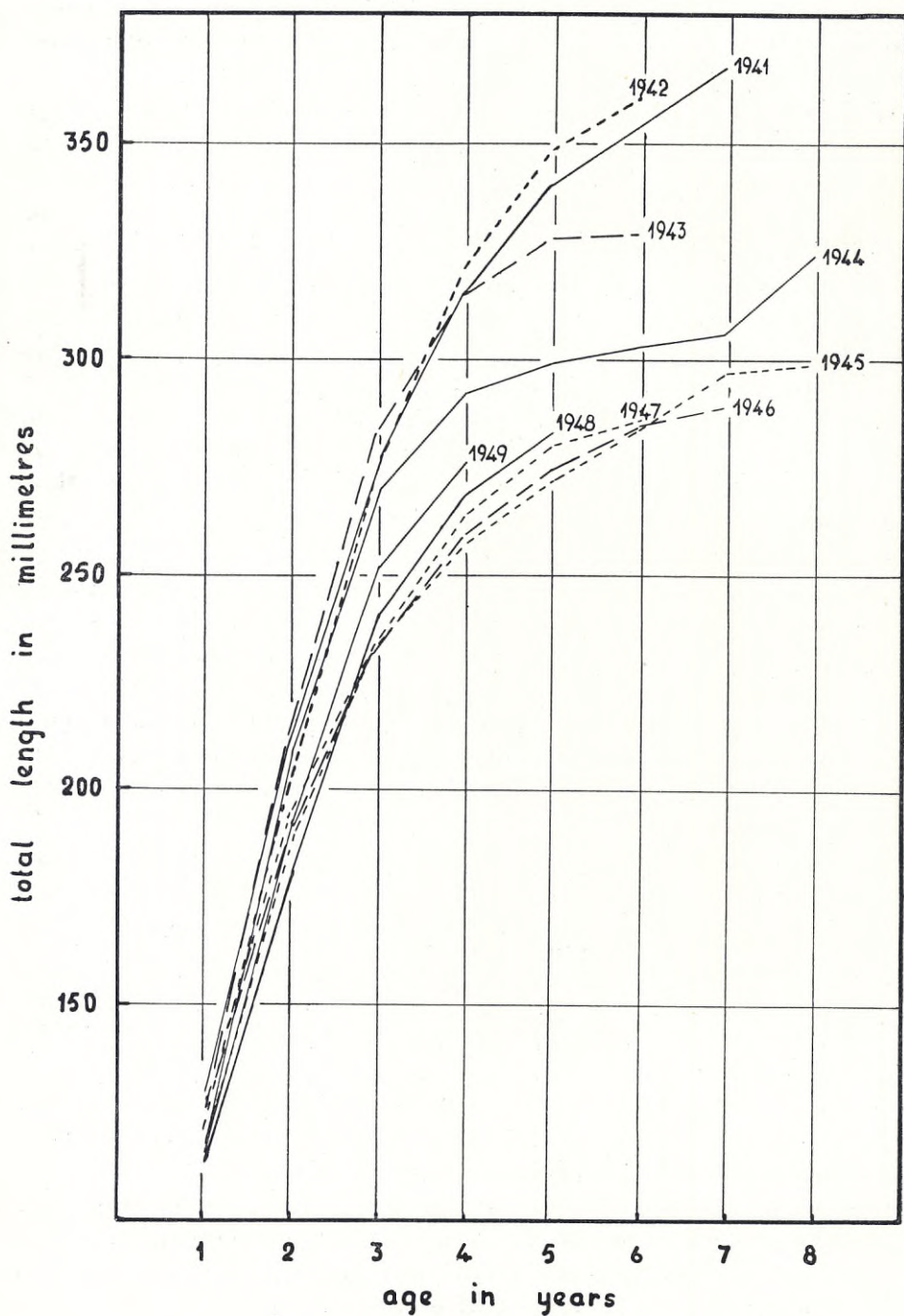


Fig. 4. Growth of different year classes of *blásik*, Lake Idsjön.

in the growth chart by the year classes 1944 and 1943 during the fourth respectively fifth period of growth probably depends on competition from the numerically strong year class 1945.

*Isolation between sympatric populations.* About half the *storsik* examined have not been caught during the spawning season, like all the other samples from Lake Idsjön, but were captured when the ice broke up in the month of May. In this sample four fish are to be found, that are exactly like the *storsik* in appearance but with 36, 37, 38 and 38 gillrakers. These specimens cannot be anything but *blåsik*, as no other whitefish occur in the lake with such gillraker numbers. Probably they are not hybrids between *blåsik* and *storsik*, as previous investigations have shown that hybrids between two species have an intermediate number of gillrakers. Two of the fish were 350 millimetres long, one was 360 and one 415 millimetres, that is to say all four were a larger size than any *blåsik* had attained during the fishing for that species the previous autumn. One of the fish was five years old, the others respectively 9, 10 and 11 years old. Three of the four were thus older than any of the 900 *blåsik* examined from the »vaktfisket».

The interpretation that is closest to hand is that these dissimilar fish are *blåsik*, which have made their way into a shoal of *storsik* and consequently grown like them. Both growth and length of life are, moreover, known to be mere modifications due to environment. It seems probable that fish from the same shoal, however different they may be genetically, have the same growth and longevity. These *blåsik* in the *storsik* shoal must probably have lived with the *storsik* for many years, even during spawning, and production of hybrids is thus possible.

The three whitefish mentioned in table 2 as being caught with *storsik*, when spawning, can consequently have been hybrids *storsik* × *blåsik* in spite of their having 29, 31 and 32 gillrakers. But they can also have been pure *blåsik*, in that case having unusually few gillrakers or *älvsik* having a high number. It is perhaps most probable that they were hybrids, but it is impossible to say for certain. Morphologically they were unseparable from the *storsik*.

During vaktfisket for *blåsik* in the years 1947—1948 three whitefish were caught, which according to the gillrakers proved to be *storsik*. They resembled the *blåsik* in size; their morphology was not studied.

The species differing most in size, the *älvsik*, has not been mixed with specimens of the other two species as far as is known. The frequency curve for the *storsik*'s gillrakers is so distorted, however, that it is conceivable that some specimens of *älvsik* have been included.



## Whitefishes of Lake Storsjön

There are several Swedish lakes bearing this name, but the one that is now in question is the biggest of them, the fifth largest lake in Sweden with an area of 456 square kilometres. It lies in Jämtland and the River Indalsälven flows through it, as may be seen in fig. 1. It lies 292 metres above sea level and its greatest depth is 74 metres.

*Spawning grounds and spawning seasons.* Three different species of whitefish from Lake Storsjön were known as early as 1863 by WIDEGREN, but no further studies on the species of whitefish in this important lake took place until recent times. The people living round the lake are, however, very interested in fishing and our meagre knowledge of the whitefish in the lake is primarily due to restrictive measures having been taken in the fishing policy. Spawning seasons and spawning grounds are equally little known.

The *storsik* has only one spawning ground, that is definitely known up to now, namely by the Kvitsleström in the northwest part of the lake. Probably more spawning grounds are to be found in the streams running into the lake. The only sample available is one taken on 28th November and the few data to be had indicate that the spawning season for the species in Lake Storsjön extends from the middle of November to beginning of December.

The *älvsik* also spawns in streams and one spawning ground is found where Lake Alsen feeds Lake Storsjön by means of the Ytterån, from which the sample is taken that is discussed below. It seems probable that *älvsik* spawns in the Kvitsleström as well, at about the same place as the *storsik* but in another channel and somewhat earlier. The sample from the Ytterån was taken on 12th November and the spawning season for the species can be preliminarily set as being from the end of October to the middle of November.

The *blåsik* is extremely common in Lake Storsjön and probably spawns over almost the entire lake but at rather a great depth. Samples are available from Hoverberg, Hara and Myrviken. Spawning takes place mainly during January but ripe specimens may be found also at the beginning of February. Ripe specimens have been caught at a depth of 20—30 metres.

The *planktonsik* has only been captured in the eastern bays of Lake Storsjön as yet and specimens from the beginning of February were spent. This indicates that it has a little earlier spawning season than the *blåsik*, possibly as early as December. The depth at which spawning takes place is not known, but it is likely to be about the same as the *blåsik*'s. Fig. 5 gives a survey of Lake Storsjön, and the localities from which the samples, discussed below, come.

*Gillrakers.* In table 7 the four now recognized species of whitefish in Lake Storsjön have been grouped together with regard to the gillrakers. The samples are not as pure as from Lake Idsjön and the *blåsik* in particular is

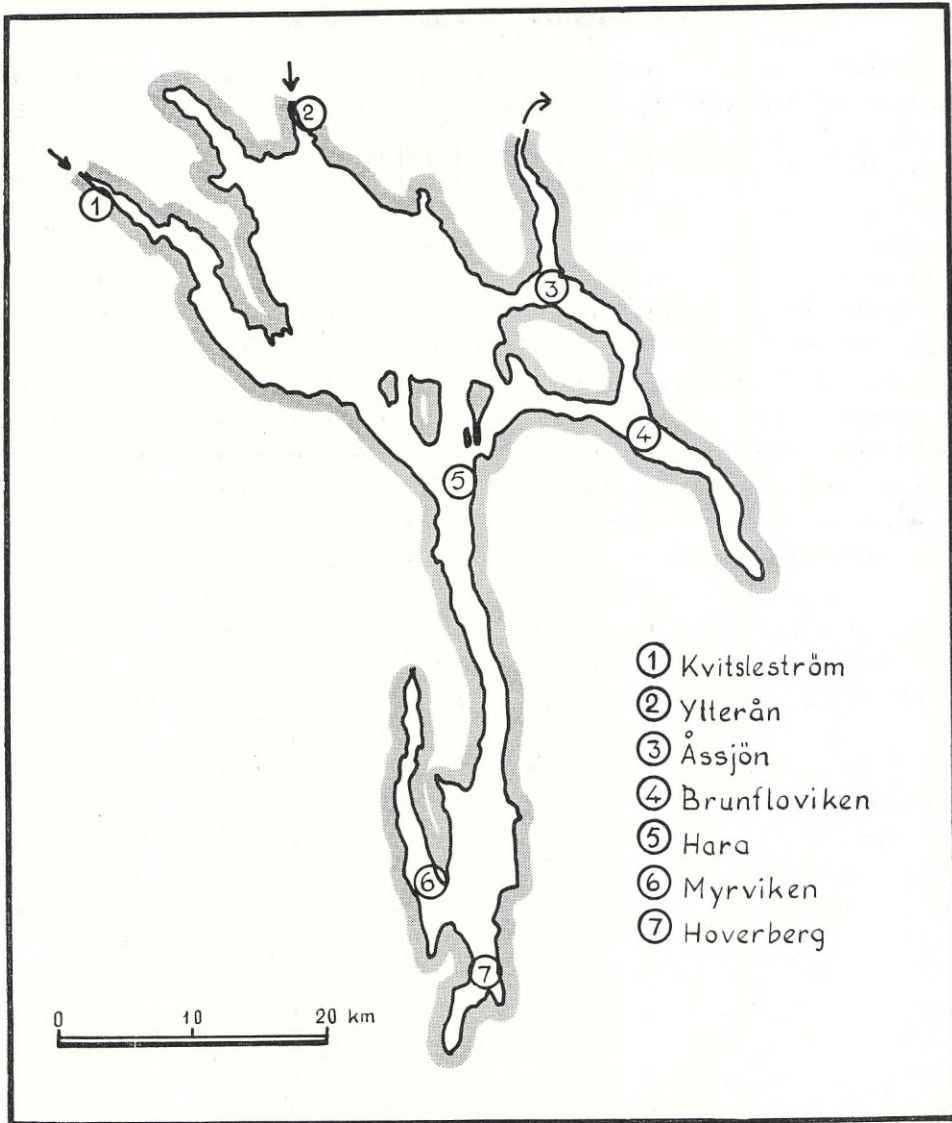


Fig. 5. Lake Storsjön and the localities mentioned in the text.

obviously mixed with specimens, which really belong to the other species or are hybrids. The *storsik* displays an average of 22.1 gillrakers with a majority of specimens with 21 and 22. The two fish with 27 gillrakers are doubtful cases. They could very easily be *älsik*, especially as that species has about 27 rakers. The variation within the *älsik* sample is also unusually great and it is possible that the average of 27.7 rakers is too high for this species.

Table 7. Gillrakers on the first left gill-arch of four whitefish species in Lake Storsjön.

|                            | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | Average |      |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|------|
| <i>Storsik</i>             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |      |
| Kvitsleström               | 1  | —  | 3  | 2  | 15 | 10 | 7  | 8  | 1  | —  | 2  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —       | 22.1 |
| <i>Ålvsik</i>              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |      |
| Ytterån                    | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | 2  | 2  | 2  | 4  | 7  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —       | 27.7 |
| <i>Blåsik</i>              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |      |
| Hoverberg                  | —  | —  | —  | 1  | 1  | —  | 1  | 2  | 2  | —  | 3  | —  | 4  | 5  | 4  | 5  | 7  | 12 | 8  | 7  | 7  | 3  | 5  | 3  | —  | —  | —  | —  | —  | —       | 33.2 |
| Myrviken                   | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | —  | —  | 1  | 1  | 3  | 2  | 3  | 9  | 9  | 6  | 6  | 4  | 2  | 4  | 2  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —       | 33.4 |
| Hara                       | —  | —  | —  | 1  | —  | —  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 2  | 3  | 5  | 3  | 5  | 3  | 3  | 2  | —  | 2  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —       | 31.1 |
| <i>Blåsik</i> , Total      | —  | —  | —  | 2  | 1  | —  | 3  | 3  | 3  | 5  | 2  | 9  | 10 | 12 | 17 | 21 | 17 | 13 | 9  | 9  | 8  | 4  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —       | 32.8 |
| <i>Planktonsik</i>         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |      |
| Brunflöviken               | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | 1  | 4  | 7  | 12 | 14 | 10 | 6  | —  | —  | —  | —  | —  | —       | 37.5 |
| Åssjön                     | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | 1  | 2  | 5  | 8  | 11 | 9  | 3  | 2  | 1  | 2  | —  | —  | —       | 37.7 |
| <i>Planktonsik</i> , Total | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | 2  | 3  | 9  | 15 | 23 | 23 | 19 | 9  | 2  | 1  | 2  | —  | —       | 37.6 |

Table 8. Growth rate of 'storsik' in Lake Storsjön.

| Age group     | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|               |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  |
| XI            | 2               | 76                                  | 126 | 174 | 206 | 236 | 259 | 281 | 302 | 322 | 342 | 354 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XII           | 2               | 73                                  | 127 | 163 | 194 | 233 | 262 | 290 | 311 | 331 | 355 | 371 | 381 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XIII          | 2               | 86                                  | 122 | 155 | 179 | 211 | 230 | 254 | 290 | 317 | 339 | 362 | 379 | 395 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XIV           | 1               | 78                                  | 131 | 176 | 201 | 225 | 250 | 279 | 306 | 332 | 349 | 386 | 396 | 405 | 411 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XV            | 4               | 70                                  | 104 | 137 | 172 | 202 | 231 | 261 | 291 | 307 | 331 | 366 | 392 | 408 | 419 | 432 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XVI           | 7               | 83                                  | 121 | 158 | 184 | 207 | 236 | 261 | 289 | 316 | 341 | 364 | 385 | 400 | 413 | 423 | 432 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XVII          | 9               | 81                                  | 115 | 145 | 175 | 209 | 227 | 252 | 280 | 303 | 328 | 353 | 377 | 394 | 412 | 428 | 443 | 454 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XVIII         | 5               | 80                                  | 118 | 152 | 189 | 225 | 253 | 277 | 305 | 326 | 344 | 364 | 383 | 404 | 420 | 438 | 448 | 460 | 470 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XIX           | 12              | 78                                  | 110 | 140 | 168 | 194 | 219 | 247 | 278 | 300 | 325 | 351 | 377 | 397 | 416 | 435 | 450 | 463 | 474 | 484 | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| XX            | 3               | 88                                  | 115 | 135 | 164 | 191 | 220 | 243 | 268 | 294 | 313 | 339 | 353 | 374 | 389 | 407 | 424 | 435 | 447 | 459 | 468 | —   | —   | —   | —   | —   |
| XXI           | 3               | 74                                  | 105 | 142 | 177 | 209 | 229 | 254 | 277 | 296 | 318 | 342 | 362 | 381 | 397 | 412 | 429 | 441 | 452 | 467 | 482 | 492 | —   | —   | —   | —   |
| XXII          | 5               | 84                                  | 120 | 149 | 175 | 202 | 221 | 252 | 273 | 297 | 312 | 337 | 361 | 382 | 401 | 417 | 431 | 451 | 462 | 474 | 485 | 495 | 503 | —   | —   | —   |
| XXIII         | 1               | 74                                  | 96  | 131 | 168 | 178 | 202 | 228 | 261 | 291 | 305 | 343 | 354 | 375 | 390 | 417 | 433 | 451 | 479 | 491 | 505 | 518 | 531 | 540 | —   | —   |
| XXV           | 1               | 103                                 | 140 | 159 | 175 | 192 | 225 | 236 | 259 | 274 | 291 | 323 | 363 | 396 | 425 | 438 | 461 | 481 | 495 | 511 | 524 | 539 | 549 | 556 | 565 | 572 |
| Grand average | .... (57 fish)  | 80                                  | 116 | 148 | 177 | 206 | 231 | 257 | 284 | 307 | 329 | 354 | 376 | 394 | 411 | 427 | 440 | 455 | 467 | 478 | 485 | 501 | 514 | 548 | 565 | 572 |

Table 9. Growth rate of 'älsvik' in Lake Storsjön.

| Age group           | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| IV .....            | 1               | 119                                 | 180 | 235 | 258 | —   | —   | —   | —   |
| V .....             | 11              | 115                                 | 171 | 212 | 243 | 261 | —   | —   | —   |
| VI .....            | 12              | 108                                 | 164 | 203 | 238 | 260 | 271 | —   | —   |
| VII .....           | 4               | 101                                 | 158 | 187 | 211 | 243 | 266 | 275 | —   |
| VIII .....          | 3               | 102                                 | 154 | 194 | 229 | 254 | 274 | 288 | 296 |
| Grand average ..... | (31 fish)       | 109                                 | 165 | 204 | 236 | 258 | 270 | 281 | 296 |

Table 10. Growth rate of 'blåsik' in Lake Storsjön.

| Age group           | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| III .....           | 14              | 104                                 | 154 | 182 | —   | —   | —   | —   | —   |
| IV .....            | 57              | 98                                  | 143 | 170 | 185 | —   | —   | —   | —   |
| V .....             | 70              | 94                                  | 137 | 162 | 178 | 187 | —   | —   | —   |
| VI .....            | 26              | 93                                  | 130 | 155 | 172 | 182 | 189 | —   | —   |
| VII .....           | 3               | 86                                  | 115 | 135 | 157 | 171 | 178 | 184 | —   |
| VIII .....          | 1               | 91                                  | 112 | 136 | 156 | 167 | 176 | 181 | 185 |
| Grand average ..... | (171 fish)      | 96                                  | 139 | 165 | 179 | 185 | 188 | —   | —   |

Table 11. Growth rate of 'planktonsik' in Lake Storsjön.

| Age group           | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| III .....           | 1               | 100                                 | 165 | 208 | —   | —   | —   | —   | —   |
| IV .....            | 4               | 107                                 | 161 | 193 | 208 | —   | —   | —   | —   |
| V .....             | 40              | 104                                 | 157 | 182 | 198 | 209 | —   | —   | —   |
| VI .....            | 50              | 101                                 | 151 | 177 | 193 | 207 | 216 | —   | —   |
| VII .....           | 14              | 95                                  | 149 | 183 | 200 | 212 | 224 | 231 | —   |
| VIII .....          | 1               | 93                                  | 148 | 169 | 187 | 202 | 210 | 220 | 224 |
| Grand average ..... | (110 fish)      | 101                                 | 154 | 180 | 196 | 208 | 216 | 230 | —   |

The two samples of *planktonsik* display almost the same average and seem to be pure or almost pure, their gillrakers number 37—38. On the other hand all the *blåsik* samples are considerably mixed with other species, which will be shown later to be both *storsik* and *planktonsik*. The true average figure for the *blåsik* is thus very difficult to determine in Lake Storsjön, but it probably amounts to 33—34 gillrakers.

*Growth and longevity.* Growth has been investigated by the scales and is shown in tables 8—11. At the end of the first summer the *storsik* is the smallest of all the four species, in spite of it being incomparably the largest

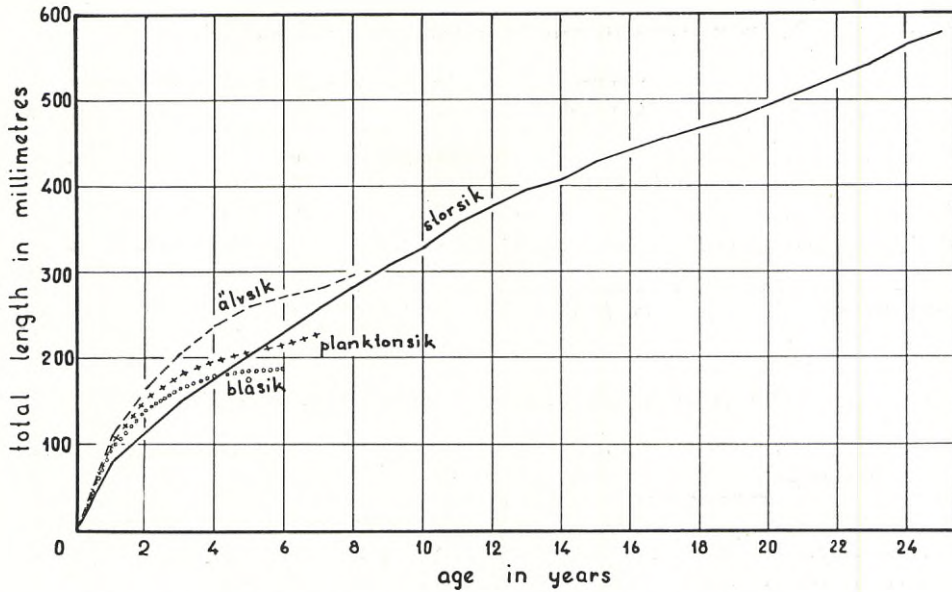


Fig. 6. Growth curves for the sympatric whitefish species in Lake Storsjön.

of them all later on. The *storsik* grows astonishingly old in Lake Storsjön and a number of specimens exceed an age of 20 years, the oldest one yet examined being 25 years, which is the highest known age for whitefish in this country so far. The *älvsik* grows the fastest of the four, then the *planktonsik*, then the *blåsik* and the slowest (the first few years) is the *storsik*. Apart from *storsik* none of them live to be very old, the highest age is about 8 years for all of them, that is to say only a third of the age the *storsik* reaches. The *blåsik* seems to have the shortest life span.

Fig. 6 shows the growth curves for the four species in Lake Storsjön.

*Isolation between sympatric populations.* It is already apparent from table 7 that the *blåsik* must either be mixed with fish belonging to other species or with hybrids. If we could be certain how long these fish have belonged to the same shoal as the *blåsik*, the analysis could be continued somewhat further. If the fish are hybrids, they should most probably have belonged to the same shoal as the *blåsik* all their lives, if they are specimens of other species they can have been »caught» by the shoal of *blåsik* at any time during their lives.

In fig. 7 all the *blåsik*, including the divergent specimens, have been shown in a diagram giving the length they had at two years of age. Two-year-old *storsik* have an average length of 116 millimetres, *blåsik* 139, *planktonsik* 154 and *älvsik* 165 millimetres. It may be seen from the figure that the majority of the fish with a low number of gillrakers are unusually small

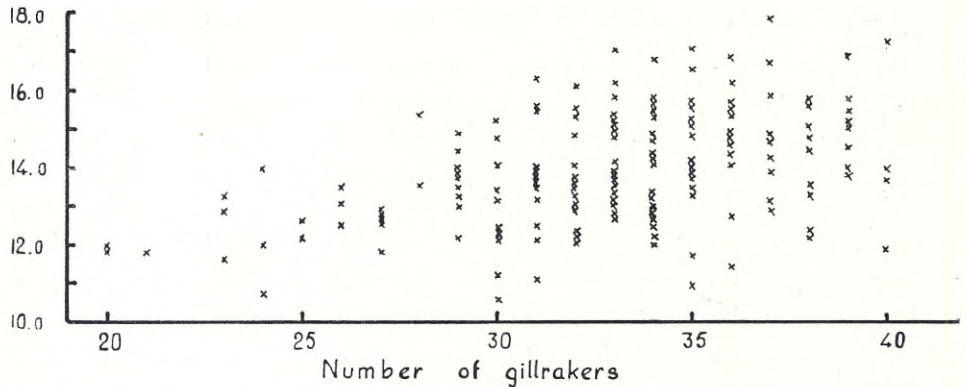


Fig. 7. Total length (in centimetres) at two years of age of *blåsik*, Lake Storsjön. Fish with fewer gillrakers are smaller.

as two-year-olds, which definitely indicates that they were in other shoals with poorer growth at that time, that is to say among their fellow species the *storsik*. In a similar way the divergent specimens that have a greater number of gillrakers are larger than the others, which indicates that they were to be found among their fellow species at that age, that is to say among the *planktonsik*.

At the present stage of our knowledge it can only be said that in all probability the shoals of *blåsik* have been mixed with *storsik* and *planktonsik*, which have probably kept together for years. No difference was found in the gonads of the fish examined, which points to a total change in length of life and sexual maturity having taken place in the *storsik* found in shoals of *blåsik*.

The three samples of *blåsik* are from different years and from localities that are quite a long way from one another. All of them are mixed with specimens of the other species and this indicates that this is always the case. In this way it is hardly possible to avoid hybrids being formed every year. It is not known to what extent they can be back-crossed with *blåsik*, respectively produce an F 2 generation.

The reason why *blåsik* is mixed to a much greater extent than the other species is probably connected with *blåsik* being the most abundant whitefish in the lake, forming very large shoals capable of attracting specimens on the edges of other shoals or fish that have been separated from a smaller shoal.

It may be seen from table 7 that two specimens of the *storsik* can very easily be *älvsik*, and that several specimens of the *älvsik* (with more than 30 gillrakers) can be *blåsik*. As an alternative they can also be hybrids and nothing definite can be said about them for the time being.

## Whitefishes of Lake Hornavan and adjacent lakes

Lake Hornavan lies in Arjeplog parish and belongs to the water system of the River Skellefteälv. It is the largest lake in Lappland next to Lake Torneträsk and Lake Hornavan is the deepest lake in Sweden, its greatest depth being 221 metres. It lies 425 metres above sea level and has an area of 248 square kilometres. The northern part of Lake Hornavan is very deep all over while the southeastern part, which is filled with islands, is shallower.

Lake Hornavan is connected to the south with the great lakes Uddjaur and Storavan, but they are shallower. To the west of Lake Hornavan is a little lake, Jutis, which drains into Uddjaur, where Lake Akkelisjaur also discharges its waters. Both these two small lakes are mentioned here, as samples of whitefish have been taken from them.

The general situation of Lake Hornavan may be seen in fig. 1.

*Spawning grounds and spawning seasons.* The four species of whitefish to be found in Lake Hornavan have to some extent rather widely distributed spawning grounds. This is true, for example, of the *storsik*, which spawns in shallow water above stony bottoms in December. This is also the case, to a still higher degree, for the *blåsik*, which spawns at the same time and in January but in deeper water. It is said, however, that few or no *blåsik* spawn in the northern part of Lake Hornavan, where there are steep shores. The *aspsik*, on the other hand, has more limited spawning grounds in running water. The best known spawning grounds are in the streams between Lake Hornavan and Lake Uddjaur, where annually (for artificial fertilization) roe is taken. The material described below is also taken from there. Similarly the *aspsik* spawns in the streams between Lake Uddjaur and Lake Storavan and probably in the mouths of smaller brooks as well. The spawning season for the *aspsik* is from the end of October to the end of November, before the two above-mentioned species. Some specimens with roe and milt have, however, been taken in December from the spawning grounds of the *storsik*.

The fourth species of whitefish in Lake Hornavan, unlike the three others, is not to be found in Lake Uddjaur or Lake Storavan. Actually it is only found in the deep part of Hornavan, on the slopes of which it spawns at rather a great depth (30—100 metres). It is the *planktonsik*, locally called »gråsellack» and well-known to the fishermen. It has noticeably large eyes and can be distinguished even from *blåsik* for which it could otherwise be mistaken. In accordance with its deep water habits the *planktonsik* spawns rather late, usually not before February, although the spawning season can begin in January. It must be remembered, regarding the spawning season for all the species, that owing to the thick ice covering the lakes it is difficult to study the variations in the spawning season from year to year or its real duration.



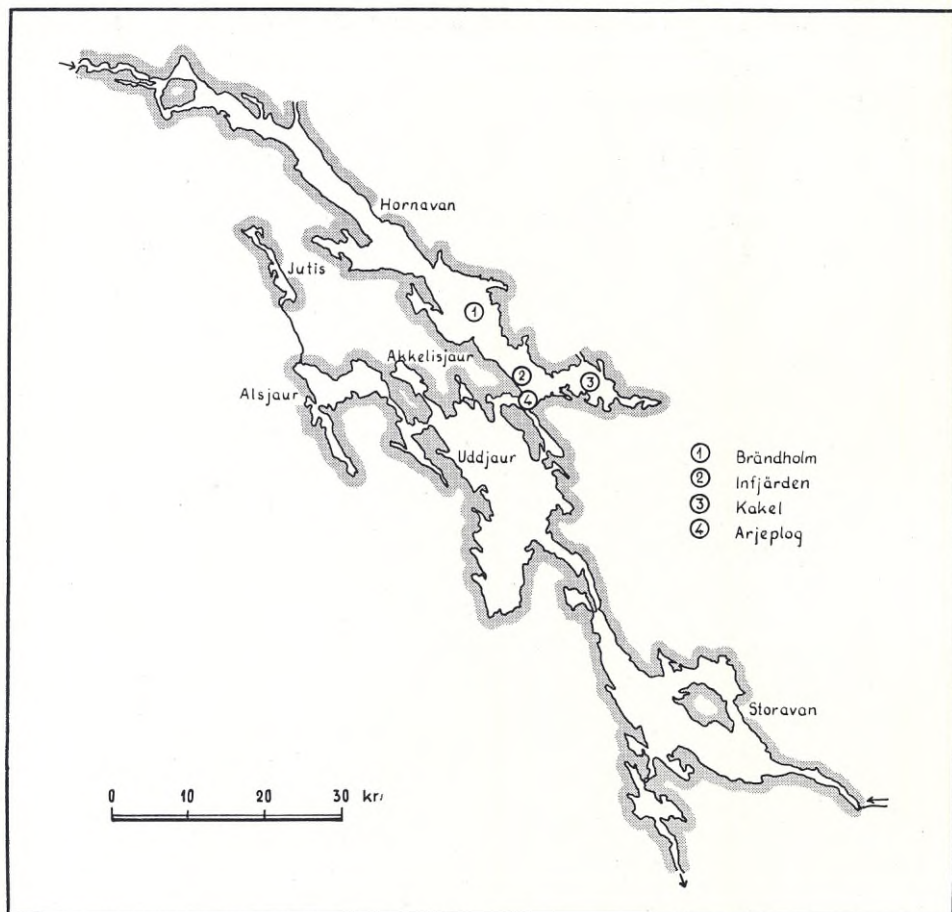


Fig. 8. Lake Hornavan with adjacent lakes, and localities mentioned in the text.

Lake Hornavan and adjacent lakes are mapped in fig. 8, where the localities and spawning grounds mentioned have been plotted.

*Gillrakers.* The *storsik* in Lake Hornavan and Lake Uddjaur have a very low number of gillrakers with an average of 19.8. Unfortunately the transplantation of *storsik* from Uddjaur made in 1944—45 to Kälarne to test the stability of the gillrakers (SVÄRDSON 1950) did not yield the result intended (SVÄRDSON 1952) owing to hybrids having been formed with *aspsik* when the roe were collected. *Storsik* is to be found in all the lakes in the neighbourhood, and in table 12 a sample from Lake Jutis has been included, which is interesting in connection with growth. There should be no doubt that the *storsik* in Lake Hornavan are conspecific with those in Lake Jutis.

The very divergent *aspsik*, with the high average of 45 gillrakers, is typical for the upper parts of the Rivers Ångermanälven, Skellefteälv and

Table 12. Gillrakers on the first left gill-arch of four whitefish species in Lake Hornavan and adjacent lakes.

|                    | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51   | Average |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|---------|
| <i>Storsik</i>     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |         |
| Hornavan-Uddjaur   | 3  | 1  | 21 | 22 | 20 | 10 | 10 | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 19.8    |
| Jutis              | —  | 4  | 13 | 22 | 21 | 23 | 11 | 5  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 20.0    |
| <i>Blåsik</i>      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |         |
| Hornavan           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |         |
| Brändholm          | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | —  | 1  | —  | 1  | 2  | 7  | 5  | 4  | 5  | 3  | 2  | 2  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 36.5    |
| Infjärden          | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | —  | 1  | —  | 1  | 4  | 6  | 14 | 19 | 26 | 22 | 16 | 12 | 5  | 1  | 2  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 35.2    |
| Kakel              | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | 11 | 16 | 26 | 39 | 35 | 25 | 20 | 12 | 6  | 3  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 33.8    |
| Uddjaur            | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 5  | 7  | 8  | 14 | 17 | 15 | 13 | 4  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 35.8    |
| Storavan           | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | —  | 3  | 2  | 5  | 4  | 7  | 3  | 5  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 33.3 |         |
| Akkelisjaur        | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | 3  | 9  | 5  | 11 | 14 | 12 | 6  | 3  | 7  | 2  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 34.1 |         |
| <i>Planktonsik</i> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |         |
| Hornavan           | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 2  | 5  | 3  | 20 | 19 | 37 | 36 | 30 | 6  | 1  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 38.1    |
| <i>Aspsik</i>      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |         |
| Hornavan-Uddjaur   | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —    | 45.4    |

Piteälv. The transplantation of this species from the streams between Lake Hornavan and Lake Uddjaur to experimental ponds at Kälärne proved that this high number of gillrakers was not modified by environment (SVÄRDSON 1950, 1952).

The *planktonsik* of Lake Hornavan has an average of 38.1 gillrakers on the first branchial arch. The variation round the average number is comparatively normal in table 12 and there can be no doubt that this represents a homogeneous population. The samples were taken in 1944, 1946 and 1952, all having the same average number and variation.

The *blåsik*, or as it is called locally *sellack*, has on the other hand rather different numbers in different parts of the lakes and several samples have been collected to illustrate this interesting variation. In the shallow south-eastern part of Lake Hornavan, Kakel, the average number of a large sample is as low as 33.8 while samples from Infjärden, near the deep area, show a greater variation that indicates mixing or hybrids of a species with lower numbers, but nevertheless the average number is considerably higher than in Kakel, namely 35.2. A still higher average number, 36.5 gillrakers, is found in the *blåsik* that is caught not very far from there but on the edge of the deep area immediately beside the spawning grounds of the *planktonsik*, with which it is known in that locality to be mixed. Some morphologically certain *planktonsik* have, however, been removed from that sample. The closer we come to the spawning grounds of the *planktonsik*, the closer agreement there is in the figures, that can be given as 33.8—35.2—36.5—38.1 gillrakers.

In the southern part of Lake Storavan, at the locality named Avaviken, the *blåsik* once more has 33.3 gillrakers while the *blåsik* in Lake Uddjaur to the north has 35.8. As far as is known, however, there are no *planktonsik* in Lake Uddjaur. In the sample from Uddjaur was found an *aspsik*, that was not sexually mature, with 43 gillrakers. It had been »shoaltrapped» by the *blåsik*. In Lake Akkelisjaur the *blåsik* has 34.1 teeth.

Geographical subspeciation can hardly be thought to have taken place within the lakes. Admittedly we do not know anything definite about the migrations of the *blåsik* but no parallel phenomenon is known from other lakes, not even the largest, and the tagging that has been done in other lakes of larger whitefish indicates that migrations often take place over the entire lake and further that the individual fish does not invariably spawn at the same site on two consecutive years. Finally, the whitefish fry are small and drift around with the surface water movements.

It is most probable, with regard to the occurrence of *planktonsik* in the deep area of Lake Hornavan, that the »cline» of the gillrakers in Hornavan depends on mixing and hybridization between *blåsik* and *planktonsik*.

*Growth and longevity.* The growth of *storsik* and *aspsik* in Lake Uddjaur and Lake Hornavan (samples from the boundary area between both lakes) has been given earlier in tables (SVÄRDSON 1950, p. 153). In tables 13—15

Table 13. Growth rate of 'blåsik' in Lake Hornavan.

| Age group           | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |       |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
|                     |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6     |
| III .....           | 74              | 96                                  | 126 | 142 | —   | —   | —     |
| IV .....            | 21              | 82                                  | 119 | 136 | 149 | —   | —     |
| V .....             | 3               | 83                                  | 111 | 129 | 144 | 152 | —     |
| VI .....            | 1               | 96                                  | 123 | 142 | 163 | 175 | 180   |
| Grand average ..... | (99 fish)       | 93                                  | 124 | 140 | 149 | 158 | (180) |

Table 14. Growth rate of 'planktonsik' in Lake Hornavan.

| Age group          | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                    |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| V .....            | 1               | 106                                 | 133 | 158 | 177 | 190 | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| VI .....           | 14              | 97                                  | 120 | 138 | 157 | 173 | 183 | —   | —   | —   | —   | —   |
| VII .....          | 22              | 94                                  | 111 | 129 | 146 | 164 | 177 | 184 | —   | —   | —   | —   |
| VIII .....         | 31              | 86                                  | 104 | 120 | 139 | 156 | 170 | 180 | 186 | —   | —   | —   |
| IX .....           | 16              | 79                                  | 96  | 111 | 129 | 144 | 158 | 170 | 178 | 185 | —   | —   |
| X .....            | 31              | 79                                  | 96  | 112 | 126 | 142 | 155 | 166 | 175 | 181 | 187 | —   |
| XI .....           | 7               | 74                                  | 91  | 104 | 118 | 129 | 140 | 153 | 162 | 172 | 179 | 184 |
| Grand average .... | (122 fish)      | 85                                  | 104 | 120 | 137 | 153 | 166 | 174 | 179 | 181 | 185 | —   |

Table 15. Growth rate of 'storsik' in Lake Jutis.

| Age group           | Number examined | Average total length in millimetres |     |     |     |     |       |     |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
|                     |                 | 1                                   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6     | 7   |
| III .....           | 19              | 103                                 | 144 | 164 | —   | —   | —     | —   |
| IV .....            | 21              | 89                                  | 129 | 159 | 175 | —   | —     | —   |
| V .....             | 6               | 80                                  | 125 | 159 | 188 | 208 | —     | —   |
| VI .....            | 3               | 84                                  | 118 | 166 | 182 | 194 | 204   | —   |
| VII .....           | 1               | 96                                  | 139 | 162 | 188 | 206 | 215   | 226 |
| Grand average ..... | (50 fish)       | 93                                  | 134 | 161 | 179 | 204 | (216) | 226 |

growth data for *blåsik* and *planktonsik* from Hornavan are also given as well as *storsik* from Jutis, which are of special interest. In Lake Hornavan both *storsik* and *aspsik* grow considerably faster than the other two and they also become much larger. But in Lake Jutis the *storsik* is stunted and has for that reason a local name, *sellack*, which is otherwise only used for *blåsik*. The *blåsik* in Lake Hornavan varies in size in different parts of the lake and during different periods, but those given in table 13 are from Infjärden, near the locality from which the *planktonsik* comes (Fig. 8). The *planktonsik* displays still poorer growth than the *blåsik*, although it lives to be older and as a consequence larger.

The length of life (longest known) is also greatest for the *storsik*, a 16-year-old fish having been found in Uddjaur. The *aspsik* can be 11 years old, as

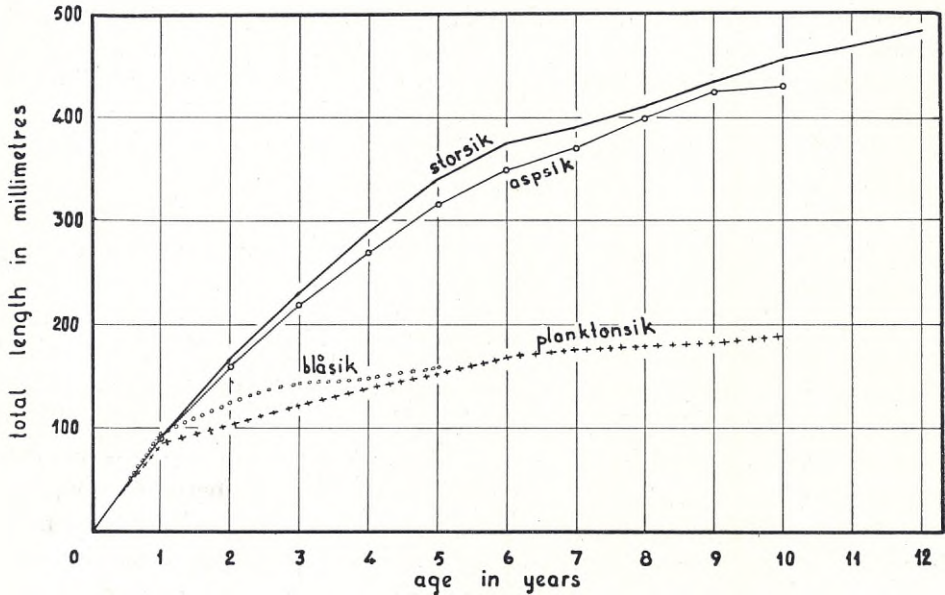


Fig. 9. Growth curves for the sympatric whitefish species in Lake Hornavan.

can the *planktonsik* while the *blåsik* (in the samples examined) does not exceed 6 years of age. It is of great interest that the stunted *storsik* in Jutis not only have poor growth but also the low age typical for the majority of stunted populations. Only one fish was 7 years old out of the 99 specimens examined from Lake Jutis, all the others were younger, in spite of being caught when spawning.

Growth curves for the whitefishes in Lake Hornavan are given in fig. 9.

*Isolation between sympatric species.* It has been demonstrated that ripe specimens of *aspsik* occur on the spawning grounds of the *storsik* in December, in spite of the normal spawning season for the species being one and a half months earlier. The local fishermen have known from of old a kind of whitefish called »albask», which as far as can be judged consists of hybrids between *storsik* and *aspsik*. They are, however, few in number. The *blåsik* and *planktonsik* do not differ very much either as regards spawning season or individual size and we can, therefore, expect that these two species would have difficulty in remaining isolated from one another. This also appears to be the case.

### Discussion

This comparison between the species of whitefish in three different lakes has led to some results, which will, however, be more convincing when cor-

responding material from a number of other lakes has been published. The discussion will be kept brief while waiting for more facts.

Two important conclusions already emerge, however, from the material available now. One of them is that species of whitefish, which as far as can be judged must be the same from lake to lake, can have different forms in one lake or another. The same species can have a long life or die young, grow rapidly or have extremely poor growth, live in large or small populations, spawn in running or still water at different depths and at extremely varying times. Some variation is already found in the habits of the species in one and the same lake, but when the same species is compared from different localities the variation is very considerable.

It may seem reasonable to suppose that these differences in the ecology of a species from locality to locality should be due to subspeciation, but the transplantations undertaken have shown that all the ecological and morphological dissimilarities (except gillrakers!) to be found between allopatric populations of the same species may be displayed as early as the first generation in a new environment. The plasticity is thus mainly non-genetic.

The other conclusion that can be reached from the material now available is that the sexual isolation between the species obviously is effective, as they have been able to remain genetically intact on the whole during the long period of time that has elapsed since the whitefish of the various rivers were geographically isolated from one another. How long this isolation between different water systems has lasted is uncertain as long as we do not know when the whitefish migrated there, but probably it is a matter of 5—8000 years. If the populations could keep isolated from one another, although they have lived in the same lake for such a long time, their character of species in the modern meaning of the term, must be certain.

A gene flow from one species to another is, however, not entirely excluded. Introgressive hybridization can occur, as long as it does not assume such proportions that the genetic balance of the species is affected. It is extraordinarily difficult to determine to what extent hybridization occurs between two species of whitefish living sympatrically. This depends on divergent specimens being able to belong to mixed shoals, to be F1 hybrids or back-crossed hybrids. It has been established that a specimen of one species can be found together with specimens belonging to another species in mixed shoals, both in Idsjön, Storsjön and Hornavan. They then almost entirely change their phenotype through modification of growth rate but the gillrakers betray them, if the species are clearly separated in this respect. If mixed shoals exist from the fry stage, the divergent specimens can be very hard to identify. If they then form F1 hybrids in the next generation, which appears extremely probable — especially as hybrids can be produced very easily by means of artificial fertilization — they will be harder to identify. F2 fish or back-crossed fish — if they exist — are still harder to identify.

Up to now no experimental evidence has been found to show that F2 hybrids can be produced, but F1 hybrids are being reared in several experimental ponds to shed further light on this problem.

*Acknowledgements.* HENDRIK TOOTS collected most of the material from Lake Idsjön and presented it to me, when he left Sweden for Rhodesia. I am very grateful to him for all the help he has given me, and if it were not for the work he did very little would still be known of the whitefishes in Lake Idsjön.

### Summary

The species of whitefish in three different lakes, isolated from one another for thousands of years, have been described. There are five species of whitefish altogether, and at least three are to be found in each lake living sympatrically. A description is given of differences in gillrakers, growth, longevity and ecological habits between the species and between local populations of the species.

Fish from one species can be shoal-trapped by another species. In this way they can change their phenotype, as a consequence of changed growth. Ecological habits can also be altered. Different year classes of the same species can have different growth, the more numerous the year class the poorer the growth.

A certain hybridization probably occurs between the different species, but as yet it is uncertain if back-crossing and introgressive hybridization occurs. On the whole, however, the species are constant and genetically isolated from one another, thus making it impossible to consider them as subspecies.

### References

- FABRICIUS, E. 1950. Heterogeneous stimulus summation in the release of spawning activities in fish. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 31: 57—99.
- SVÄRDSON, G. 1949. The Coregonid Problem. I. Some general aspects of the problem. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 29: 89—101.
- 1950. The Coregonid Problem II. Morphology of two Coregonid species in different environments. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 31: 151—162.
- 1951. The Coregonid Problem. III. Whitefish from the Baltic, successfully introduced into fresh waters in the north of Sweden. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 32: 79—125.
- 1952. The Coregonid Problem. IV. The significance of scales and gillrakers. *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 33: 204—232.
- TOOTS, H. 1949. Maränaenfischerei im Fluss Gimån (Jämtland). *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 29: 146—152.
- WIDEGREN, H. 1863. Bidrag till kännedom om Sveriges Salmonider. *Öfversigt af Vetenskaps-Akad. Förhandlingar (1863)*: 1—78.

## Zwei azidotrophe Seen im Küstengebiet von Nordschweden

Von STEN VALLIN

In Küstenbereich der nördlichen Ostsee (des Bottnischen Meerbusens) kommen an manchen Stellen saure Böden, die aus s.g. Alaunerden bestehen, vor. Allein in der Provinz Norrbotten hat HANNERZ (1934) 32 solche lokale Stellen angegeben. Der Boden besteht hier aus marinen Ablagerungen, teilweise aus s.g. Schwarzton, reich an Eisensulfiden. Charakteristisch für die oberen Schichten der Alaunerden ist nach HANNERZ der hohe Gehalt an Sulphaten (Fe, Al, Mg, Ca) und an freier Schwefelsäure. HANNERZ' Analysen von Erdproben aus verschiedenen Stellen weisen auch einen niedrigen pH-Wert — bis hinab zu 2,6 — auf. Nach langer Trockenheit, verbunden mit sinkendem Grundwasserstand, wird die Oxydation von Sulfiden und Schwefel zu wasserlöslichen Sulphaten und Schwefelsäure besonders stark. Bei wieder zunehmenden Niederschlägen lösen sich die Sulphate und werden den nahe belegenen Seen zugeführt. Im Boden befindliche Schwefelverbindungen werden nach TIENEMANN (1932) durch Grundwasser-schwankungen periodisch oxydiert oder reduziert. Die Seen, die in der Regel flach und in recht später Zeit durch Abtrennung von der Ostsee infolge der Landhebung entstanden sind, werden dadurch so sauer, dass die organischen Substanzen (Humussäuren) koaguliert und entfärbt werden, wodurch das Wasser so extrem klar wird, dass es dieselbe blaugrüne Farbe wie das Seewasser erhält. Ein solcher Prozess hat in der Regel ein Fischsterben zur Folge. Diese Vorgänge hat für schwedische Verhältnisse besonders HÖGBOM (1921, 1922) dargelegt, wenn auch der Vorgang selbst hier, wie in Finnland, schon früher beobachtet wurde. HÖGBOM war der Ansicht, dass das Fischsterben in erster Linie durch Ersticken, hervorgerufen durch das Ausfällen von Humusflocken auf die Kiemen der Fische, verursacht wurde.

Nach einer ungewöhnlich langen Trockenperiode im Sommer und Herbst 1947 mit einem anormal tiefen Wasserstand in den Seen folgten im Frühjahr 1948 mehrere Fischsterben in den norrländischen Küstenseen von Gävle im Süden bis nördlich von Luleå, während das Wasser durch Koagulierung der Humusstoffe gleichzeitig klar grün-blau wurde. Unter anderm wurden Fischsterben aus dem zum Råne-Fjärden entwässernden Seen-System Sladan—Vitåfjärden—Högsöfjärden gemeldet (Fig. 1). Bei der Unter-



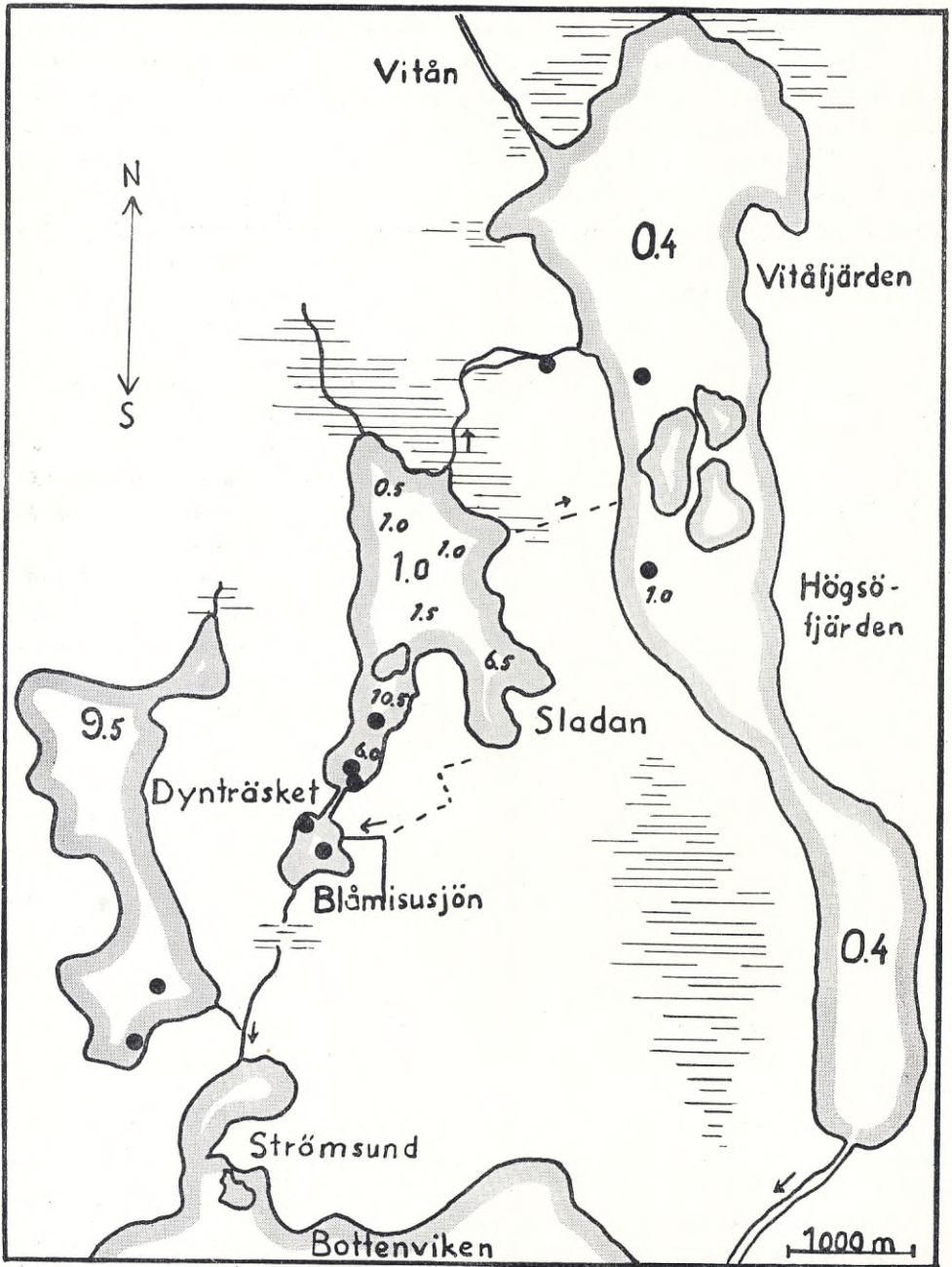


Fig. 1. Karte über die untersuchten Seen.

Grobe gerade Siffern=Die Höhe über Meeresspiegel.

Kleine schräge Siffern=Seetiefe.

●=Probestationen.

≡≡≡=Sumpfige Wiesen und Mooren.

suchung zeigte es sich, dass der Sladan nunmehr konstant den Charakter eines Sulphatsees mit klarem Wasser hat. Dies beruht in erster Linie auf dem dauerndem Zufluss von extrem saurem Wasser aus dem kleinen Blåmisusjön, der südlich vom Sladan gelegen ist und in sehr nahem Kontakt mit stark saurem Alaunboden steht. Möglicherweise wird dem Sladan in gewissem Umfang auch saures Wasser von sumpfigen Stellen am nördlichen Strand des Sees zugeführt.

Das Wasser in dem grossen Vitåfjärden—Högsjöfjärden erhält sein Gepräge hauptsächlich durch den recht starken Zufluss, genannt Vitån, der ein besonders braunes, humushaltiges Wasser führt. Die Fischsterben, die in diesem letztgenannten Seen vorkamen, dürften jedoch nicht allein auf der Zuführung von saurem Wasser aus dem Sladan, sondern auch von Alaunböden anderer nahegelegener Stellen beruhen.

Auf Grund der sehr nördlichen Lage der Seen und gewisser Schwierigkeiten, bei Besuchen Boote zu beschaffen, hatte die Entnahmen von Proben im Zusammenhang mit anderen Reisen leider mehr zufälligen Charakter. Da die Untersuchungen sich aber über 5 Jahre erstreckten (1948—1952) und bei einer gewissen Gelegenheit selbst unter Winterverhältnissen ausgeführt wurden, dürften sie doch ein recht gutes Bild von der besonderen Wasserbeschaffenheit und Biologie dieser Seen geben.

Zum Vergleich sind auch Proben in dem nahe belegen See Dynträsket (Fig. 1), der nicht von Alaunerden berührt wird, und der als ein normaler, möglicherweise etwas eutrophierter, norrländischer Waldsee zu bezeichnen ist, genommen worden. Der See ermangelt grösserer Zuflüsse und hat ein relativ klares, von Humus schwach braun gefärbtes Wasser.

### Methodik

Die Wasserproben wurden durch direktes Füllen von, mit Glasstopfen versehenen, gereinigten Gläsern oder — und zwar meistens — mit Ruttner-schöpfer, die Serienproben 1950—52 entweder von einem Kahn oder vom Eis aus genommen.

Die Wasserfarbe (Fa) wurde in 1mg Pt angegeben und die Trübung mit Zeiss Pulfr. Photometer bestimmt und als Z.P.  $10^5$  angegeben. Die spez. Leitfähigkeit wurde mit Philips Apparat gemessen und als  $K_{20}10^6$  angegeben. Der pH-Wert wurde mit Radiometer gemessen und teilweise auch direkt am See kolorimetrisch kontrolliert. Die Azidität ist in cc/lit. 1 n. NaOH angegeben. Chlorid, Sulphat, Eisen, Mangan und Aluminium wurden nach üblichen Methoden bestimmt. Die Bestimmung von Sauerstoff erfolgte nach Winkler und der Permanganatverbrauch wurde nach 20 minutigem Kochen in saurer Lösung bestimmt. Die chemischen Analysen wurden von L. BRUNEAU in dem Laboratorium in Drottningholm durchgeführt.

Die biologischen Proben wurden mit Ausnahme von den direkten Wasserentnahmen, mit Planktonnetzen (Müllergaze Nr 25 und 10) in freiem Wasser und im Litoral vom Ufer aus genommen. Die Proben in der litoralen Vegetation wurden auch mit Pfahlkratzer ausgeführt. Die Proben wurden von mir und Assistent I. STJERNA-POOTH untersucht. Die Bestimmung einiger kritischer Arten wurde von Spezialisten nachgeprüft. Die Kieselalgen sind von STJERNA-POOTH in einer Abhandlung in diesem Report eingehend behandelt.

Für die Untersuchung des Bodenschlammes wurden in den Jahren 1951 und 1952 auch Profilproben genommen.

Die relative Häufigkeit der verschiedenen Formen in den Proben ist mit folgenden Zeichen angegeben:

- cc=Massenvorkommen
- cc=sehr häufig
- c=häufig
- ++=ziemlich häufig
- + =nicht selten
- r=selten

### Der Blåmisusjön

Die Höhe über dem Meeresspiegel beträgt c:a 1,5 m, das Areal c:a 22 ha, die grösste vermessene Tiefe 5 m. Das Niederschlagsgebiet ist unbedeutend und besteht hauptsächlich aus saurem Alaunboden ostlich und südlich vom See. Ursprünglich hatte der See seinen Auslauf direkt zum Bottnischen Meerbusen bei Strömsund. Zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts wurde (nach Angaben) ein neuer Auslauf nach Norden zum Sladan hin gegraben, in den das stark saure Wasser des Blåmisusjön seit dieser Zeit abfließt. Im Jahre 1947 wurden die sumpfigen Alaunböden trockengelegt, und den wesentlichen Zufluss zum See bildet seitdem ein grösserer Drainagegraben, der in den ostlichen Teil des Sees einmündet (Fig. 1). Im Westen besteht der Strand aus waldbedeckten Urgebirgsmoränen.

Auf den Böschungen des Deiches und auf den trocken gelegten Alaunböden, die teilweise völlig bewuchsfreie, zerfressene Oberflächen haben, findet man typische Kristallausblühungen von Sulphaten. Zwei Proben dieser Krusten vom 7. Juli 1950 wurden analysiert (Tab. 1).

*Behandlung der Proben:* Diese wurden in Lufttemperatur getrocknet, darauf pulverisiert und während zwei Tagen im Exsiccator zu Ende getrocknet. Dann wurden sie mit 1 n. HCl unter Kochen ausgelaugt. Der Filterrückstand wurde analysiert und der Prozentgehalt wurde nach dem Gewicht der Trockensubstanz berechnet.

Bezüglich ähnlicher Sulphatkrusten von anderen Stellen hat HANNERZ (1934) eingehendere Analysen ausgeführt. Da die Vorbehandlung der Proben jedoch

Tabelle 1. Kristallausblühungen von Sulphaten.

| Substanzen                     | Probe 1. | Probe 2. |
|--------------------------------|----------|----------|
| Al als $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 4,4 0/0  | 5,8 0/0  |
| Fe als $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 17,5 0/0 | 8,3 0/0  |
| Ca als CaO                     | 2,2 0/0  | 4,6 0/0  |
| $\text{SO}_4$ .....            | 9,0 0/0  | 9,7 0/0  |

verschieden war, können die erhaltenen Werte nicht direkt verglichen werden. Doch kann hervorgehoben werden, dass in unseren Proben der Fe-Gehalt c:a doppelt so gross wie der Al-Gehalt war, während HANNERZ in der Regel das ungefähr gegenteilige Verhältnis fand. Der Ca-Gehalt war in den Proben vom Blåmisusjön wesentlich höher. Die Proben von HANNERZ zeigen auch, dass die Krusten (Ausblühungen) manchmal einen hohen Gehalt an Mg und Mn, aber einen niedrigen an Na und K haben. Der Gehalt an  $\text{SO}_4$  ist bedeutend niedriger in unseren Proben, was jedoch auf verschiedenen Analysemethoden beruhen kann. Da der Blåmisusjön seinen eigentlichen Zufluss durch den Drainagegraben auf Alaungrund hat und der See teilweise auch in dem Alaunbodengebiet liegt, ist es natürlich, dass er ein sehr stark saures und sulphatreiches Wasser hat.

Die chemischen und physikalischen Ergebnisse der Wasserproben sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Das Wasser ist normalerweise äusserst klar. Die Farbe ist geringer als 5—7 lmg Pt und die Wasserfarbe blaugrün. Die Trübung ist unbedeutend, 42—48 Z.P. Einheiten. Bei der Schnee- und Eisschmelze (Mai 1951) ergab sich jedoch, besonders in der Oberschicht, eine starke Trübung, so auch in Zusammenhang mit stärkeren Regenfällen (Sept. 1952). Der Elektrolytgehalt ist mit normalen Werten von über 1000 sehr hoch. Im Bodenwasser (Mai 1951) ergab sich sogar ein Wert von 1750. Der pH-Wert, der für die Biologie des Sees besonders interessant ist, liegt zwischen 2,8 und 3,1, und als normal für den See kann ein Wert von 3,0 bis 3,1 genannt werden. Im Oberflächenwasser fand sich jedoch bei der Eisschmelze ein pH-Wert von 3,6. Die normale Azidität ist 4,5—4,8 cc 1 n. NaOH/lit., im Bodenwasser wurden jedoch 10,9 cc gemessen. Die  $\text{SO}_4$ -Gehalte liegen zwischen 260 bis 420 an der Oberfläche und können im Bodenwasser bis 520 steigen. Chloriden sind mit  $\text{Cl}=15$  nur relativ spärlich vorhanden. Die Eisengehalte sind hoch und zwar 6—7 lmg an der Oberfläche bis zu 35 im Bodenwasser. Der Mn-Wert muss mit 4,1 lmg für einen See als sehr hoch bezeichnet werden. Leider liegt kein endgültiger Al-Wert vor, doch ist auch dieser wahrscheinlich sehr hoch. Die Sauerstoffwerte sind in den Oberflächenschichten normal, im Bodenwasser dagegen am Ende der Winterstagnation nur 6,6 mg oder 52 0/0. Schliesslich zeigt der niedrige Permanganatwert — 7 mg — eindeutig, dass die Azidität anorganisch und nicht durch organische Säuren bedingt ist.

Tabelle 2. Blåmisu-sjön.

| Datum                       | m                | t°   | Fa  | °ZP10 <sup>5</sup> | K <sub>20</sub> 10 <sup>6</sup> | pH  | Acid. 1n. NaOH l | SO <sub>4</sub> |
|-----------------------------|------------------|------|-----|--------------------|---------------------------------|-----|------------------|-----------------|
| 10.VII.48 .....             | 0.2              | —    | 7   | —                  | 1160                            | 2.8 | 7.2              | 420             |
| 9.VI.49 .....               | 0.2 <sup>2</sup> | —    | —   | —                  | 1099                            | 3.1 | 4.5              | 260             |
| 16.IX.49 .....              | 0.2              | —    | —   | —                  | —                               | 3.0 | 4.5              | 370             |
| 7.VII.50 .....              | 0.2              | 16.0 | < 5 | 42                 | 1060                            | 3.1 | 4.8              | 335             |
| 7.VII.50 .....              | 0.1 <sup>2</sup> | 16.0 | < 5 | 48                 | 1040                            | 3.1 | 4.6              | —               |
| 10.V.51 <sup>1</sup> .....  | 0.2 <sup>2</sup> | 8.3  | —   | 4900               | 210                             | 3.6 | 0.5              | 60              |
|                             | 3.7              | 5.3  | —   | 1300               | 1750                            | 3.0 | 10.9             | 520             |
| 10.IX.52 <sup>3</sup> ..... | 0.5              | 11.2 | —   | 200                | 813                             | 3.1 | 2.4              | 270             |

| Datum                       | m                | Cl | Fe   | Mn  | Al    | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> 0/0 | Perm. |
|-----------------------------|------------------|----|------|-----|-------|----------------|--------------------|-------|
| 10.VII.48 .....             | 0.2              | —  | —    | —   | —     | —              | —                  | 7     |
| 9.VI.49 .....               | 0.2 <sup>2</sup> | —  | 6.0  | —   | —     | —              | —                  | —     |
| 16.IX.49 .....              | 0.2              | —  | —    | —   | —     | —              | —                  | —     |
| 7.VII.50 .....              | 0.2              | —  | 6.0  | —   | > 50? | —              | —                  | —     |
| 7.VII.50 .....              | 0.1 <sup>2</sup> | —  | —    | —   | —     | —              | —                  | —     |
| 10.V.51 <sup>1</sup> .....  | 0.2 <sup>2</sup> | —  | 3.8  | —   | —     | 9.8            | 82                 | —     |
|                             | 3.7              | —  | 35.0 | —   | —     | 6.6            | 52                 | —     |
| 10.IX.52 <sup>3</sup> ..... | 0.5              | 15 | 6.8  | 4.1 | —     | 11.2           | 100                | —     |

<sup>1</sup> Teilweise eisbedeckt. Stark schmelzender Schnee und Eis.

<sup>2</sup> Abfluss der Blåmisusee.

<sup>3</sup> Viel Niederschläge in den Wochen vorher.

*Flora und Fauna.* Die extremen Milieubedingungen führen eine sehr artenarme Flora und Fauna mit sich, wenn man vielleicht von den Schilfpflanzen absieht. Von diesen kommen *Phragmites* relativ häufig vor, aber der Bestand ist dünn. *Scirpus lacustris* und *Equisetum limosum* gibt es in mindere, *Nymphaea* und *Scirpus palustris* in unbedeutendem Umfang. Höhere Unterwasserpflanzen wurden nicht beobachtet, dagegen kommt ein Wassermoos, *Sphagnum Dusenii*, in üppigen Beständen und bis hinab in relativ tiefes Wasser vor, wenn auch im tieferen Mittelteil des Sees der Schlammboden frei von *Sphagnum* ist. Die Artbestimmung verdanke ich Herrn Professor E. DU RIETZ. Die biologischen Proben ergeben sich aus Tabelle 3. Die meisten Proben wurden über den *Sphagnum*-Matten, einige Netzproben aber im offenen See genommen. Die Mikrophyten setzen sich aus *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Gloeocystis*, *Glenodinium*, *Lepocinclis* sowie der Kieselalge *Eunotia exigua*, die in Massen als Aufwuchs auf *Sphagnum* aber auch in Plankton vorkommt (vergl. STJERNA-POOTH 1953), zusammen. Unter den Mikrozoen können einige Ciliaten, fünf Rotatorienarten, darunter *Brachionus urceolarisericus* in Plankton, angeführt werden. Drei Rotatorien werden in der Literatur als Bewohner stark saurer Moorgewässer genannt nämlich: *Diplax crassipes*, die auch in  $\alpha$ -mesosaproben oder polysaproben Gewässer vorkommt, *Elosa woralli*, eine typische *Sphagnum*-form, samt *Philodina roseola*. Die Cladoceren fehlen vollständig und von den Copepoden kommen nur

Tabelle 3. Blåmisu-sjön.

Planktonnetzproben in und über untergetauchten *Sphagnum*-rasen.  
Pfahlkratzerproben in dem *Sphagnum*-rasen.

| Datum                                                                  | 1949 9.6 | 1950 7.7 | 1951 10.7 | 1952 10.9 |
|------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| pH Oberflächenwasser                                                   | 3.1      | 3.1      | 3.6       | 3.1       |
| <b>Mikrophyten.</b>                                                    |          |          |           |           |
| <i>Chlamydomonas</i> sp. ....                                          | —        | —        | ++        | —         |
| <i>Dicranochaete reniformis</i> , HIERONYMUS .....                     | —        | —        | c         | —         |
| <i>Euglena</i> sp. ....                                                | ++       | —        | +         | —         |
| <i>Gloeocystis</i> sp. ....                                            | —        | +        | c         | —         |
| <i>Glenodinium</i> sp. ....                                            | —        | +        | c         | —         |
| <i>Lepocinclis</i> sp. ....                                            | ++       | —        | +         | —         |
| <i>Microspora pachyderma</i> (WILLE) LAGERHEIM ..                      | —        | +        | r         | —         |
| <i>Sphagnum Dusenii</i> C. JENS. ex. RUSS .....                        | cc       | cc       | cc        | cc        |
| <b>Mikrozoen.</b>                                                      |          |          |           |           |
| <i>Ciliata</i> (3 oder 4 sp.) .....                                    | +        | +        | c         | +         |
| <i>Brachionus urceolaris</i> O. F. M. - <i>sericus</i> ROUSSELET ..... | c        | c        | —         | ++        |
| <i>Diplax crassipes</i> LUCHS .....                                    | +        | —        | —         | —         |
| <i>Elosa woralli</i> LORD. ....                                        | +++      | r        | +         | —         |
| <i>Monostyla lunaris</i> (EHRENB.) .....                               | +++      | +        | —         | —         |
| <i>Philodina roseola</i> EHRENB. ....                                  | +++      | c        | c         | r         |
| <i>Cyclops fimbriatus</i> FISCHER .....                                | r        | —        | —         | —         |
| <i>Cyclops viridis</i> (JURINE) .....                                  | —        | —        | —         | r         |
| <i>Chironomus thummi</i> -Gruppe .....                                 | —        | +++      | r         | +         |
| <i>Corynoneura</i> sp. (kleine sp.) .....                              | —        | +        | —         | —         |
| <i>Glyptotendipes</i> sp. ....                                         | —        | —        | +         | —         |
| <i>Corixa</i> sp. ....                                                 | —        | +        | —         | +         |

einzelne Exemplare von *Cyclops viridis* (*robustus*) und *C. fimbriatus* in den Proben vor. Auch Chironomiden finden sich in dem *Sphagnum*-bereich, nämlich eine rote, relativ grosse Art, die als zur *Chironomus Thummi*-Gruppe gehörend bestimmt wurde, sowie eine grosse Menge einer kleinen *Corynoneura* spec. samt eine *Glyptotendipes* spec.

Es besteht eine erstaunliche Übereinstimmung zwischen den Blåmisusjön und dem von OHLE (1936) beschriebenen, stark azidotrophen »Tonteich bei Reinbek« sowohl betreffend Wasserchemie als auch betreffend Biologie mit u.a. *Eunotia* und *Brachionus* als dominierenden Formen. OHLE gibt an, dass die *Brachionus sericus* eine von *Brachionus urceolaris* wohl getrennte Art ist. Sowohl CARLIN als auch BERZINS meinen, dass die Art im Blåmisusjön zu *Brachionus urceolaris* gezählt werden muss. Nach BERZINS kann man aber deutlich eine Form in alkalischen und eine Form in stark sauren Gewässern unterscheiden, von denen die letztere mit *Brachionus sericus* identisch ist. Ich habe deshalb in der Tabelle die Art als *B. urceolaris-sericus* aufgeführt.

Selbst wenn der Blåmisusjön erst nach der Drainage des Alaunbodens 1947 seine jetzige hohe Azidität erreicht hat, ist er doch sicher von alters

her, belegen in direkter Berührung mit den sauren Alaunböden, ein ausgeprägter Sulphatsee gewesen. Davon zeugt auch der alte Name, der deutlich auf die blaugrüne Farbe des Wassers und eben darauf hinweist, dass er eine deutliche Opaleszenz aufweisen kann, die wahrscheinlich auf kolloidalen Partikeln von Fe- und Al-Hydraten beruht.

Der Blåmisusjön kan also als ein extremer Sulfatsee mit blaugrünem Wasser und sehr hohem Elektrolytgehalt, beruhend in erster Linie auf Sulphaten und freier Schwefelsäure, angesehen werden. Der normale pH-Wert ist 3,0—3,1 und der Gehalt an organischer Substanz sehr niedrig. Die Flora und Fauna ist extrem artenarm.

### Der See Sladan

Als Binnensee ist der Sladan relativ spät durch Landhebung und Abschnürung von einer Seebucht entstanden. Seine Oberfläche ist nach der schwedischen Generalstabskarte nur c:a 1 m über dem Meeresspiegel gelegen. Der See ist c:a 3 km lang und knapp 1 km breit und hat einen Flächenumfang von c:a 220 ha. Sein Niederschlagsbereich ist unbedeutend, und seine Zuflüsse hat er hauptsächlich vom Blåmisusjön und in einem grossen Drainagegraben durch Wiesengebiete im Norden. Der Sladan fliesst zum Vitåfjärden durch einen, seit langem etwas vertieften, Ablaufbach — Bodösundet — sowie durch einen Drainagegraben zwischen Sladan und Högsöfjärden (fig. 1), dessen Ablauf aber jetzt verwachsen ist und der einen Abfluss nur bei Hochwasser zulässt. Die Stränder der südlichen Hälfte des Sladan bestehen hauptsächlich aus Urgebirgsmoränen mit Nadelmischwald. Die nördliche Hälfte des Sees hat niedrige Stränder, an denen die *Equisetum*-schilfe ohne scharfe Grenze in die weitgestreckten *Carex*- und Heuwiesen übergehen. Die südliche Bucht ist relativ tief, bis hinab zu 10,5 m. In der südwestlichen Bucht wird die Tiefe von HANNERZ mit 6,5 m angegeben. Die ganze Nordhälfte des Sees ist flach mit einer Tiefe von 0,5—1,5 m.

Die chemischen und physikalischen Ergebnisse von acht verschiedenen Probeentnahmen 1948—1952 sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Das Wasser ist im Normalzustand klar blaugrün, bei gewissen Probeentnahmen aber deutlich opalisierend. Der Fa-Wert ist gering, <5—15 lmg Pt, die Trübung während des Sommers niedrig, aber zur Zeit der Schneeschmelze (Mai 1951) sowohl im Oberflächen- als auch im Bodenwasser sehr hoch. Der Elektrolytgehalt ist hoch und zwar von 214—290 im Oberflächenwasser und bis zu 415—460 im Bodenwasser. Der pH-Wert liegt während des Sommers normalerweise zwischen 3,7 und 3,8 an der Oberfläche, vor der Vertikalzirkulation im Frühjahr im Bodenwasser bei 3,3, im Sept. 1952 lag er bei 4,2. Die geminderte Azidität im Jahre 1952 kann auf einer gewissen langsam fortschreitenden Verbesserung beruhen, beruhte aber in der Hauptsache wahr-

Tabelle 4. Sladan, südlicher Teil.

| Datum                       | m    | t°   | Fa  | °ZP10 <sup>5</sup> | K <sub>20</sub> 10 <sup>6</sup> | pH  | Acid. 1n. NaOH l | SO <sub>4</sub> |
|-----------------------------|------|------|-----|--------------------|---------------------------------|-----|------------------|-----------------|
| 31.V.48 .....               | 0.2  | —    | —   | —                  | —                               | 3.7 | —                | 95              |
| 10.VII.48 .....             | 0.2  | —    | 15  | —                  | 290                             | 3.8 | 0.15             | 55              |
| 28.VI.49 .....              | 0.2  | —    | —   | —                  | —                               | 3.5 | 0.65             | 120             |
| 28.VI.49 .....              | 0.2  | —    | —   | —                  | —                               | 3.7 | 0.4              | 110             |
| 10.VIII.49 .....            | 0.2  | —    | 10  | —                  | 274                             | 3.7 | 0.15             | 65              |
| 16.IX.49 .....              | 0.2  | —    | —   | —                  | —                               | 3.7 | 0.2              | 95              |
| 7.VII.50 .....              | 0.2  | 17.0 | < 5 | 105                | 283                             | 3.6 | 0.5              | 88              |
|                             | 5.0  | 16.3 | < 5 | 73                 | 250                             | 3.7 | 0.3              | 86              |
|                             | 0.5  | 5.2  | —   | 4400               | 135                             | 3.9 | 0.2              | 55              |
| 10.V.51 <sup>1</sup> .....  | 1.5  | 5.1  | —   | —                  | —                               | —   | —                | —               |
|                             | 2.0  | 3.4  | —   | —                  | —                               | —   | —                | —               |
|                             | 4.0  | 3.2  | —   | 1400               | 415                             | 3.3 | 1.2              | 100             |
| 10.IX.52 <sup>2</sup> ..... | 6.0  | 3.2  | —   | 6800               | 460                             | 3.3 | 1.2              | 105             |
|                             | 0.5  | 11.3 | —   | —                  | —                               | 4.2 | 0.12             | 74              |
|                             | 0.5  | 11.4 | —   | 220                | 214                             | 4.2 | 0.10             | 74              |
| 10.IX.52 .....              | 5.0  | 11.3 | —   | 295                | 212                             | 4.2 | 0.12             | 69              |
|                             | 10.0 | 11.0 | —   | 990                | 229                             | 4.1 | 0.18             | 78              |

| Datum                       | m    | Cl | Fe  | Mn  | Al  | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> % | Perm. |
|-----------------------------|------|----|-----|-----|-----|----------------|------------------|-------|
| 31.V.48 .....               | 0.2  | —  | 1.4 | —   | —   | —              | —                | —     |
| 10.VII.48 .....             | 0.2  | —  | —   | —   | —   | —              | —                | 19    |
| 28.VI.49 .....              | 0.2  | —  | 0.6 | —   | —   | —              | —                | —     |
| 28.VI.49 .....              | 0.2  | —  | 0.5 | —   | —   | —              | —                | —     |
| 10.VIII.49 .....            | 0.2  | —  | 0.3 | —   | —   | —              | —                | —     |
| 16.IX.49 .....              | 0.2  | —  | —   | —   | —   | —              | —                | —     |
| 7.VII.50 .....              | 0.2  | —  | 0.3 | —   | 1.8 | 9.3            | 94               | —     |
|                             | 5.0  | —  | 0.7 | —   | —   | 8.9            | 89               | —     |
|                             | 0.5  | —  | 2.8 | —   | —   | 9.1            | 71               | —     |
| 10.V.51 <sup>1</sup> .....  | 1.5  | —  | —   | —   | —   | —              | —                | —     |
|                             | 2.0  | —  | —   | —   | —   | —              | —                | —     |
|                             | 4.0  | —  | 2.8 | —   | —   | —              | —                | —     |
| 10.IX.52 <sup>2</sup> ..... | 6.0  | —  | 3.2 | —   | —   | 7.0            | 52               | —     |
|                             | 0.5  | 15 | 1.2 | 1.6 | —   | —              | —                | —     |
|                             | 0.5  | 15 | 0.9 | 1.7 | —   | 11.3           | 103              | —     |
| 10.IX.52 .....              | 5.0  | 15 | —   | 1.7 | —   | —              | —                | —     |
|                             | 10.0 | 15 | 1.2 | 1.7 | —   | —              | —                | —     |

<sup>1</sup> Eisbedeckt. Stark schmelzender Schnee und Eis. Eis ca 40 cm, durchsichtig.

<sup>2</sup> Viel Niederschläge an den Wochen vorher.

scheinlich auf einer Wasserverdünnung durch starke Herbstregen. Die Proben zeigen durchgehend eine positive Azidität mit Werten zwischen 0,1 und 0,65 im Bodenwasser, aber im Mai 1951 mit 1,2. Die Schwefelsäure variiert zwischen 55 und 120 lmg SO<sub>4</sub>. Die Eisenwerte sind bedeutend geringer als in dem Blåmisusjön und zwar 0,3—1,2 mg, unter dem Eis aber im Mai 1951 2,8—3,2 mg. Der Mn-Wert war im September 1952 = 1,6—1,7 und der Al-Wert = 1,8 lmg im Juli 1950. Die Sauerstoffwerte sind normal, doch unter dem Eis im Mai 1950 deutlich hinabgesetzt auf 71 und 52 % des Sättigungswertes im Oberflächen- bzw Bodenwasser. Der Permanganat-



wert ist mit 17 lmg niedrig. Von besonderem Interesse sind die Serienproben vom Mai 1950, als das Eis noch lag, und vom September 1952. Im Mai fand sich eine ausgeprägte Sprungschicht zwischen dem, vom Schmelzwasser stark ausgesüßtem, Oberflächenwasser und dem stark sulphathaltigen, schwereren Bodenwasser, das auch die umgekehrte Temperaturschichtung erklärt. Im September zeigen die Werte bis hinab zu 10 m Tiefe eine mehr gleichartige Schichtung. QUENNERSTEDT (1951) liefert wertvolle Ergänzungen zu Sladans Wasserchemie mit folgenden Werten vom 20. Oktober 1950: »Ca 12,40, Na 18,40, K 3,28, Mg 18, Sr 0,1604, Mn 2,241, Elektrolytengehalt 245. Gleichzeitig wurde eine Sichttiefe von 8,25 m gemessen. Als bemerkenswert hoch worden die Werte für Na, Mg, Sr und Mn angegeben. Die eigenartigen wasserchemischen Verhältnisse bringen eine Ausflockung und Bodenfällung der zugeführten Humusstoffen mit sich.»

*Flora und Fauna.* Vom südlichen Teil des Sladan wurden folgende Pflanzen aufgezeichnet: *Scirpus*, *Phragmites* und, in relativ lichtem Bestand, *Equisetum limosum*. Als Unterwasserpflanzen kommen *Myriophyllum spicatum* und Moose, als Fliessblattgewächse *Nymphaea candida*, *Nuphar luteum* und *Potamogeton natans* vor.

Nach HANNERZ und CARLSSON (1951) nehmen die *Equisetum limosum*-Schilfe im nördlichen Teils des Sladan sehr grosse Flächen ein. *Phragmites* kommt längs des Strandes und *Scirpus* in freistehenden Büscheln in und ausserhalb der *Equisetum*-Schilfe vor. Seerosen wachsen längs den Strändern und in einem Gürtel ausserhalb des Schilfs. QUENNERSTEDT erwähnt auch eine *Sparganium*-art und als typisches Unterwassermoos *Drepanocladus exannulatus*.

Die Ergebnisse der Netzproben wurden in Tabelle 5 zusammengestellt. Die Mikrophyten sind dieselben wie im Blåmisusjön. Hinzugekommen sind jedoch zwei *Dinobryon*-arten im Mai 1951 und ein allgemeines Vorkommen von *Binuclearia tatrana* und eine *Oedogonium* spec. In den Proben dominieren unter den Mikrozooen — wie es auch im Blåmisusjön und in OHLE's »Tonteich« der Fall ist — hauptsächlich *Brachionus urceolaris-sericus*. Einige Rotatorienarten, die im Blåmisusjön fehlen, sind in einzelnen Exemplaren hinzugekommen. Wahrscheinlich auf Grund der niedrigeren Azidität im Sladan sind auch die beiden Cladoceren *Bosmina obtusirostris* und *Chydorus sphaericus* hinzugekommen. Besonders *Bosmina* kommt sehr zahlreich in dem Sommerplankton vor. Es wurden ungefähr die gleichen Chironomiden wie im Blåmisusjön gefunden.

Auch der Sladan kann also als ein typischer Sulphatsee mit klarem, blaugrünem Wasser, hohen Elektrolytgehalt, vor allem auf den Sulphaten beruhend, und mit einem normalen pH-Wert von ung. 3,7—3,8 bezeichnet werden. In allen Fällen haben die Proben positive Azidität gezeigt. Die Flora und Fauna ist artenarm, doch kommen gewisse Formen, die in dem bedeutend stärker azidotrophen Blåmisusjön fehlen, vor und zwar die beiden

Tabelle 5. Sladan, südlicher Teil.

Planktonnetzproben vom Ufer (1948—1950), vom Eis (1951) und im freien Wasser (1952).  
Pfähkraterproben in der Ufervegetation 1948—1950, 1952.

| Datum                                                      | 1948<br>36.5 | 1948<br>10.7 | 1949<br>9.6 | 1949<br>28.6 | 1949<br>10.8 | 1949<br>16.9 | 1950<br>7.7 | 1951<br>10.5 | 1952<br>10.9 |
|------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| pH Oberflächenwasser                                       | 3.7          | 3.8          | —           | 3.5—3.7      | 3.7          | 3.7          | 3.3         | 3.9          | 4.2          |
| Mikrophyten.                                               |              |              |             |              |              |              |             |              |              |
| <i>Dinobryon divergens</i> IMHOF .....                     | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | +            | —            |
| <i>Dinobryon bavaricum</i> IMHOF .....                     | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | +            | —            |
| <i>Euglena</i> sp. ....                                    | +            | —            | ++          | —            | —            | —            | —           | +            | —            |
| <i>Glenodinium</i> sp. ....                                | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | +            | —            |
| <i>Lepocinclis</i> sp. ....                                | c            | —            | —           | +++          | +            | —            | +           | —            | —            |
| <i>Binuclearia tatrana</i> WITTRÖCK .....                  | cc           | —            | —           | +++          | +            | —            | +           | —            | —            |
| <i>Microspora pachyderma</i> (WILLE) LA-<br>GERHEIM .....  | —            | —            | —           | —            | +++          | —            | cc          | —            | —            |
| <i>Oedogonium</i> sp. ....                                 | ++           | c            | —           | +            | +++          | c            | c           | —            | —            |
| Mikrozoen.                                                 |              |              |             |              |              |              |             |              |              |
| <i>Ciliata</i> sp. ....                                    | +            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | —            | —            |
| <i>Brachionus urceolaris</i> O. F. M. -<br>ROUSSELET ..... | —            | cc           | cc          | cc           | c            | c            | cc          | —            | c            |
| <i>Keratella stipitata</i> (EHRENB.) .....                 | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | —            | +            |
| <i>Monostyla lunaris</i> (EHRENB.) .....                   | —            | —            | r           | —            | —            | —            | —           | —            | —            |
| <i>Philodina roseola</i> EHRENB. ....                      | —            | —            | +           | —            | —            | —            | —           | +            | c            |
| <i>Polyarthra vulgaris</i> CARLIN .....                    | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | —            | r            |
| <i>Polyarthra remata</i> (SKORIKOV) .....                  | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | —            | r            |
| <i>Testudinella</i> sp. ....                               | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | —            | +            |
| <i>Cyclops Leuckarti</i> CLAUS .....                       | —            | +            | —           | —            | —            | —            | —           | —            | —            |
| <i>Cyclops vernalis</i> FISCHER .....                      | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | +            | —            |
| <i>Cyclops robustus</i> SARS .....                         | —            | +            | —           | +            | +            | —            | +++         | —            | +            |
| <i>Cyclops serrulatus</i> FISCHER .....                    | —            | —            | —           | +            | —            | —            | —           | —            | —            |
| <i>Bosmina coregoni-obtusirostris</i> SARS ..              | —            | c            | —           | cc           | cc           | cc           | c           | r            | cc           |
| <i>Chydorus sphaericus</i> O. F. M. ....                   | —            | cc           | r           | +            | +            | +            | +++         | —            | +            |
| <i>Chironomus thummi</i> -Gruppe .....                     | +            | —            | —           | —            | —            | —            | +           | —            | +            |
| <i>Corynoneura</i> sp. (kleine Form) .....                 | —            | +            | —           | —            | —            | —            | +           | —            | c            |
| <i>Glyptotendipes</i> sp. ....                             | —            | —            | —           | —            | —            | —            | —           | —            | c            |
| <i>Corixa</i> sp. ....                                     | —            | +            | —           | —            | —            | —            | +           | —            | +            |

Cladoceren *Bosmina obtusirostris* und *Chydorus sphaericus*, die hier zahlreich sind.

*Der Fischbestand im Sladan.* Leider hat sich keine Gelegenheit gefunden, den Fischbestand im Seensystem Blåmisusjön—Sladan—Vitåfjärden näher zu untersuchen. A priori kann damit gerechnet werden, dass Fische im Blåmisusjön mit seinem extrem niedrigem pH-Wert (3,0—3,1) und hohem Sulphatgehalt nicht existieren können. Im Sladan kommen dagegen konstant folgende Fische vor: Plötze (*Leuciscus rutilus*), Barsch (*Perca fluviatilis*) und Hecht (*Esox lucius*). Ausserdem findet man wenigstens im Vorsommer die Brasse (*Abramis brama*), die um diese Zeit im See während des Laichens gefangen wird. Möglicherweise handelt es sich bei diesen Brassern hauptsächlich um Laichfische, die im Frühjahr aus dem Vitåfjärden hinaufwandern. Nach

Tabelle 6. Sladan, Abfluss.

| Datum                       | m   | t°   | Fa    | °ZP10 <sup>5</sup> | K <sub>20</sub> 10 <sup>6</sup> | pH  | Acid.<br>1n. NaOH<br>l | SO <sub>4</sub> | Fe   | Al  | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> ‰ |
|-----------------------------|-----|------|-------|--------------------|---------------------------------|-----|------------------------|-----------------|------|-----|----------------|------------------|
| 28.VI.49 <sup>1</sup> ..... | 0.2 | —    | —     | —                  | —                               | 6.2 | —                      | < 5             | 0.9  | —   | —              | —                |
| 10.VIII.49 ...              | 0.2 | —    | 10    | —                  | —                               | 3.7 | 0.11                   | 90              | 0.4  | —   | —              | —                |
| 16.IX.49 .....              | 0.2 | —    | —     | —                  | —                               | 3.9 | 0.1                    | 85              | —    | —   | —              | —                |
| 7.VII.50 .....              | 0.2 | —    | < 5   | 112                | 236                             | 3.9 | —                      | 48              | 0.25 | 1.3 | —              | —                |
| 10.V.51 <sup>2</sup> .....  | 0.2 | 8.5  | ca 35 | 3200               | 175                             | 4.0 | 0.06                   | 28              | 1.6  | —   | 9.1            | 77               |
| 10.IX.52 .....              | 0.2 | 10.1 | —     | —                  | —                               | 5.7 | —                      | —               | —    | —   | —              | —                |

<sup>1</sup> Rückstrom aus dem See Vitåträsket.

<sup>2</sup> Reichlich Schmelzwasser.

<sup>3</sup> Viel Niederschläge an den Wochen vorher.

Mitteilung des Fischereintendenten ENEQUIST haben Dorfbewohner in Högsön berichtet, dass es immer noch einen nicht unbedeutenden Bestand an u.a. Hechten, Barschen und Plötzen im Sladan gibt, von denen die beiden erstgenannten Arten in jedem Jahr gefischt werden. Der Sladan ist einer der drei reichsten Vogelseen im Küstengebiet der Provinz Norrbotten. HANNERZ und CARLSSON (1951) geben an, dass regelmässig folgende fischverzehrenden Vögel vorkommen: Prachtttaucher (*Colymbus arcticus*), Haubentaucher (*Podiceps cristatus*), Rothalstaucher (*P. griseigena*), Flusseeschwalbe (*Sterna hirundo*) und Fischadler (*Pandion haliaëtus*), was deutlich ein Fischvorkommen anzeigt.

Am Strand der südlichen Bucht des Sladan habe ich selbst zu folgenden Zeitpunkten einige kürzlich verendete oder gerade eingehende Plötze beobachtet: im Mai 1948 (pH=3,7), im Juni 1949 (pH=3,5), und zu Beginn des Monats Juli 1950 (pH=3,6). Die Kiemendeckel der toten Plötze waren dabei etwas nach aussen gespreizt und die Kiemen mit einem dicken, etwas braun gefärbten Schleim bedeckt. Die Schleimbildung dürfte in erster Linie der freien Säure im Wasser, die hellbraune Farbe der Ausflockung von Eisenhydrat auf den Kiemen zuzuschreiben sein. Mit einer Ausflockung von Humus auf den Kiemen (HÖGBOM 1921) kann man in diesem Fall kaum rechnen, da das Wasser im Sladan ständig blau-grün ist und eine braune Farbe niemals beobachtet wurde. Der Fund dieser toten Plötze im Sladan deutet darauf hin, dass das Risiko des Fischsterbens im Spätwinter bis Vor-sommer besonders gross ist. Der niedrigste pH-Wert, 3,3, wurde auch im tieferen Wasser des Sladan unter dem Eis gemessen und zwar Anfang Mai 1951. SCHÄPERCLAUS gibt 4,8 als die allgemeine Aziditätsgrenze des Karpfen und die der Schleien und der Hechte etwas niedriger an. Nach OHLE fand WELLS (1915) nach Fischversuchen mit Schwefelsäure in destilliertem Wasser einen Grenzwert von pH=4,3 für verschiedene Fischarten. Spätere Forscher warnen jedoch davor, einen solchen Wert zu generalisieren, denn »WELLS liess den Gewöhnungsfaktor unbeachtet. Durch allmähliches stufen-

weises Umsetzen lassen sich Fische an ein saueres Milieu gewöhnen». Man muss doch (SCHÄPERCLAUS, OHLE) mit einer unteren Grenze rechnen, »da es schliesslich doch eine Säurebegrenzung geben muss, welche in erster Linie durch Fibergerinnung und Hämolyse bedingt wird». Als solche Grenze gibt OHLE auch einen pH-Wert von 4,3 an. Es ist deshalb besonders bemerkenswert, dass im Sladan die Fische in einem bedeutend saureren Wasser bis hinab zu einer Grenze bei einem pH-Wert von 3,7 leben. Auch im Auslauf des Sladan bei Vitå ist der pH-Wert bei normalem niedrigem Wasserstand gering, nämlich 3,7 bis 3,9 (Tabelle 6). Die grosse Säuretoleranz kann in diesem Fall mit der niedrigen Wassertemperatur — der höchste gemessene Sommerwert ist 17° C — und dem guten Sauerstoffgehalt zusammenhängen.

### Der Abfluss des Sladan zum Vitåfjärden

Proben von dieser Station wurden hauptsächlich genommen, um die Beschaffenheit des vom Sladan auslaufenden Wassers zu kontrollieren. Der Platz, an dem die Proben genommen wurden, war fast zugewachsen von Wasserpflanzen, besonders *Nuphar luteum*, *Myriophyllum*- und *Potamogeton*-arten.

Die chemischen Daten weisen während des Sommers — August und September 1949 — und Juli 1950 eine gute Übereinstimmung mit dem Wasser des südl. Sladan auf (Tabelle 6), wenn auch mit unbedeutend höherem pH-Wert, nämlich 3,7—3,9 und mit etwas niedrigeren Sulphatgehalt, nämlich 48—90 Img SO<sub>4</sub>. Am 28 Juni 1949 war ein zufälliger Rückstrom vom Vitåfjärden zu verzeichnen, und die Beschaffenheit des Wassers in dem Abfluss stimmte völlig überein mit dem Wasser im See. Im September 1952 war das Seewasser durch Regenwasser stark ausgedünnt und hatte den hohen pH-Wert von 5,7. Die Mikroflora und -fauna (Tabelle 7) stimmt auch gut mit der des Sladan überein. Es sind jedoch gewisse Formen hinzugekommen wie die Eisenbakterien *Gallionella* und *Leptothrix discophora*, *Dictyosphaerium pulchellum*, sowie unter den Cladoceren, ausser *Bosmina* und *Chydorus*, die, wie im Sladan, zahlreich vorkommen, auch *Polyphemus* und *Pleuroxus striatus*.

### Vitåfjärden — Högsöfjärden

Dieser grosse See, der das Wasser vom Sladan empfängt, ist im allgemeinen recht flach, und die Oberfläche liegt nur ca 0,4 m über dem Meeresspiegel. Er ist wahrscheinlich nicht länger als ung. einem Jahrhundert als Binnensee vom Bottnischen Meerbusen abgeschnitten. Seine Wasserbeschaffenheit im Normalfall scheint von dem sauren Wasser des Sladan wenig beeinflusst

Tabelle 7. Abfluss von Sladan bei Vitåträsk.

Planktonnetz- und Pfahlkratzerproben teilweise in Vegetation.

| Datum                                                                  | 1949 28.6 | 1949 10.7 | 1950 7.7 | 1952 10.9 |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| pH Oberflächenwasser                                                   | 16.2      | 3.7       | 3.9      | 5.7       |
| Mikrophyten.                                                           |           |           |          |           |
| <i>Gallionella ferruginea</i> EHRENB. ....                             | —         | —         | —        | ++        |
| <i>Lephotrix discophora</i> (SCHWERS) DORFF .....                      | —         | —         | —        | c         |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> WOOD. ....                           | —         | —         | —        | ++        |
| <i>Binuclearia tatrana</i> WITTROCK .....                              | +         | —         | —        | c         |
| <i>Microspora pachyderma</i> (WILLE) LAGERHEIM ..                      | +         | ++        | ++       | c         |
| <i>Oedogonium</i> sp. ....                                             | +         | ++        | —        | —         |
| <i>Tribonema</i> sp. ....                                              | —         | —         | —        | c         |
| Mikrozoen.                                                             |           |           |          |           |
| <i>Brachionus urceolaris</i> O. F. M. - <i>sericus</i> ROUSSELET ..... | —         | —         | +        | —         |
| <i>Polyarthra vulgaris</i> CARLIN .....                                | —         | —         | —        | +         |
| <i>Cyclops robustus</i> SARS .....                                     | +         | c         | —        | —         |
| <i>Bosmina coregoni-obtusirostris</i> SARS .....                       | cc        | +         | c        | r         |
| <i>Chydorus sphaericus</i> O. F. M. ....                               | c         | cc        | +        | —         |
| <i>Pleuroxus striatus</i> SCHÖDLER .....                               | —         | —         | +        | —         |
| <i>Polyphemus pediculus</i> (L.) .....                                 | ++        | —         | +        | —         |
| <i>Chironomus thummi</i> -Gruppe .....                                 | —         | —         | +        | —         |
| <i>Tanytarsus gregarius</i> -Gruppe .....                              | —         | —         | +        | —         |
| <i>Corixa</i> sp. ....                                                 | —         | +         | +        | —         |

<sup>1</sup> Rückstrom aus Vitåträsk.

Tabelle 8. Vitåfjärden—Högsöfjärden.

| Datum          | m   | t°   | Fa  | °ZP10 <sup>5</sup> | K <sub>20</sub> 10 <sup>6</sup> | pH  | Alk.<br>1n. HCl l | SO <sub>4</sub> | Fe  | Al   | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> 0/0 | Perm. |
|----------------|-----|------|-----|--------------------|---------------------------------|-----|-------------------|-----------------|-----|------|----------------|--------------------|-------|
| 10.VII.48 ...  | 0.2 | —    | 125 | —                  | 54                              | 6.1 | —                 | < 5             | —   | —    | —              | —                  | 52    |
| 28.VI.49 ...   | 0.2 | —    | —   | —                  | —                               | 5.7 | —                 | < 5             | 0.8 | —    | —              | —                  | —     |
| 10.VIII.49 ... | 0.2 | —    | 125 | —                  | 79                              | 5.7 | 0.06              | < 5             | 2.5 | —    | —              | —                  | —     |
| 7.VII.50 ..... | 0.2 | 14.5 | 115 | 570                | 79                              | 6.3 | 0.0               | < 5             | 2.5 | 0.15 | 9.3            | 92                 | —     |

zu sein. Sein Character wird vielmehr in der Hauptsache von dem bedeutend grösserem Zufluss im Norden — dem Vitån, mit seinem ausgeprägt braunen, humusreichen Waldwasser — bestimmt. Die Probestationen im Vitåfjärden und im Högsöfjärden haben nur 0,5 m bzw. 1 m Tiefe. Besonders der letztere hat eine reiche Wasservegetation, die aus *Sparganium* und einigen *Potamogeton*-arten besteht. Die chemischen Ergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Die braune Wasserfarbe gibt einen hohen Farbwert, nämlich 115—125 lmg Pt. Der Elektrolytgehalt ist niedrig, nämlich nur 54—79 und der pH-Wert wechselt zwischen 5,7 und 6,3. Völlig abweichend vom Sladan ist der niedrige Gehalt an SO<sub>4</sub>, er ist nämlich geringer als 5 lmg. Der Permanganatwert ist mit 52 lmg hoch. Der hohe Fe-Wert von 2,5 lmg beruht

auf starken Bodenquellen mit eisenhaltigem Grundwasser. Die Mikroflora und -fauna hat auch einen anderen Charakter als im Sladan und stimmt, im grossen gesehen, mit dem eines normalen, seichten und ziemlich eutrophen Flachlandsees überein.

Die Zusammenstellung der biologischen Ergebnisse findet sich in Tabelle 9. Aus dieser geht hervor, dass auch Cyanophyceen, wie *Anabaena* und *Gloeotrichia*, im Sommerplankton vorkommen. *Dinobryon*-arten und Desmidiaceen finden sich recht zahlreich. Es kann auch angeführt werden, dass gewöhnliche Planktonkieselalgen wie *Melosira ambigua*, die auch in Sladan vorkommt, *Asterionella* und *Tabellaria fenestrata* als wichtige Komponente in das Plankton eingehen. Unter den Tierformen kann man die Rotatorien *Asplanchna* und *Conochilus* erwähnen, die im Sladan fehlen. Über die im Sladan vorkommenden Cladoceren *Bosmina* und *Chydorus* hinaus findet sich noch eine Mehrzahl von Arten, u.a. *Diaphanosoma*, *Leptodora*, *Daphnia cristata* und *Sida* samt, unter den Copepoden, *Diaptomus gracilis*.

Bei den Gelegenheiten, bei denen in diesem See Proben genommen wurden, hat es sich gezeigt, dass er nur unbedeutend von dem sauren Wasser des Sladan beeinflusst ist. Gelegentliche Fischsterben sind aber doch vorgekommen und es ist denkbar, dass lokale Vergiftungen des Wassers, die mit Fischsterben verbunden waren, vorgekommen sind, wenn ein besonders reichlicher Zufluss vom Sladan geschehen war. Nach ENEQUIST'S Ansicht kann man auch damit rechnen, dass ein gelegentlicher Zuschuss von saurem Wasser, ausgespült von anderen sauren Marken, stattfinden kann.

### Der See Dynträsket

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, kann dieser See als typisch für einen etwas eutrophierten Waldsee im norrländischen Küstenbereich angesehen werden. Er hat eine Oberfläche von c:a 250 ha und ist 9,5 m über dem Meeresspiegel gelegen. In seiner grossen Arbeit über Wasserchemie und höhere Wasserpflanzen in einer grossen Anzahl schwedischer Seen hat LOHAMMAR (1938) auch den See Dynträsket behandelt und folgende Angaben gemacht: Die Umgebung besteht vorwiegend aus Urgebirgsmoränen mit Nadelmischwald sowie aus Torfböden und Lehmäckern. Die wichtigsten Wasserpflanzen sind nach Lohammar: *Equisetum limosum*, *Phragmites* und *Isoetes*. Auch kommen *Scirpus*, *Nuphar*, *Nymphaea*, *Potamogeton*-arten und *Sparganium* vor.

Unsere chemischen Analysen sind in der Tabelle 10 zusammengestellt. Die pH-Werte wechseln in den Proben zwischen 6,1 und 6,7  $\text{SO}_4$  ist geringer als 5, Cl=1, Fe=0,3—1,5, Mn=0,01 und Al=0,05. Der Elektrolytgehalt beträgt 40—42. Aus Lohammar's Arbeit können weiter folgende Werte angegeben werden: Ca=2,0 und 2,1, Na=2,1 und 3,1, K=0,62 und 0,90,

Tabelle 9. Vitåfjärden—Högsöfjärden.

Planktonnetzproben in der Vegetation und im freien Wasser.

| Datum                                                       | 1948<br>10.7 | 1949<br>28.6 | 1949<br>10.8 | 1949<br>16.9 | 1950<br>7.6 |
|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| pH Oberflächenwasser                                        | 6.1          | 5.7          | 5.7          | 6.4          | 6.3         |
| <b>Mikrophyten.</b>                                         |              |              |              |              |             |
| <i>Leptothrix discophora</i> (SCHWERS) DORFF. ....          | c            | —            | —            | —            | —           |
| <i>Leptothrix sideropous</i> (MOLISCH) CHOL. ....           | +++          | —            | —            | —            | —           |
| <i>Anabaena flos aquae</i> (LYNGB.) BRÉB. ....              | +++          | —            | —            | +            | c           |
| <i>Anabaena circinalis</i> RABENH. ....                     | —            | —            | —            | —            | +           |
| <i>Gloeotrichia echinulata</i> (J. E. SMITH) P. RICHTER ... | +++          | —            | —            | —            | —           |
| <i>Dinobryon divergens</i> IMHOF. ....                      | cc           | +            | —            | c            | +++         |
| <i>Dinobryon babaricum</i> IMHOF. ....                      | c            | c            | —            | +            | +           |
| <i>Eudorina elegans</i> EHRENB. ....                        | +            | —            | —            | —            | —           |
| <i>Uroglena</i> sp. ....                                    | —            | +++          | —            | —            | —           |
| <i>Mallomonas</i> sp. ....                                  | +            | +            | —            | —            | —           |
| <i>Synura ubella</i> EHRENB. ....                           | —            | +            | —            | —            | +           |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> WOOD. ....                | —            | +            | —            | —            | —           |
| <i>Pediastrum duplex</i> MEYEN. ....                        | +            | +            | —            | —            | —           |
| <i>Binuclearia tatrana</i> WITTRÖCK. ....                   | —            | +            | —            | —            | +           |
| <i>Microspora pachyderma</i> (WILLE) LAGERHEIM. ....        | —            | +            | —            | —            | c           |
| <i>Bulbochaete</i> sp. ....                                 | —            | —            | c            | cc           | —           |
| <i>Oedogonium</i> sp. ....                                  | —            | —            | +            | c            | —           |
| <i>Desmidiaceae</i> ....                                    | +            | —            | +            | c            | +           |
| <b>Mikrozoen.</b>                                           |              |              |              |              |             |
| <i>Asplanchna priodonta</i> GOSSE. ....                     | +++          | +++          | +            | —            | +           |
| <i>Asplanchna herricki</i> DE GUERNE. ....                  | +++          | r            | +            | —            | +           |
| <i>Conochilus unicornis</i> ROUSS. ....                     | c            | +++          | —            | —            | —           |
| <i>Dinocharis pocillum</i> MÜLLER. ....                     | —            | +            | —            | —            | —           |
| <i>Kellicottia longispina</i> (KELLICOTT.) ....             | —            | +++          | —            | +            | +           |
| <i>Keratella stipitata</i> (EHRENB.) ....                   | +            | +            | —            | +            | +           |
| <i>Ploesoma hudsoni</i> IMHOF. ....                         | +            | +            | —            | —            | +           |
| <i>Polyarthra vulgaris</i> CARLIN. ....                     | +            | +            | —            | +            | +++         |
| <i>Polyarthra remata</i> (SKORIKOV). ....                   | —            | —            | —            | —            | +++         |
| <i>Polyarthra dolichoptera</i> (IDELSON). ....              | +            | +            | —            | —            | +           |
| <i>Cyclops albidus</i> JURINE. ....                         | —            | —            | —            | +            | —           |
| <i>Cyclops jimbriatus</i> FISCHER. ....                     | —            | +            | —            | —            | —           |
| <i>Cyclops Leuckarti</i> CLAUS. ....                        | +++          | —            | —            | +            | —           |
| <i>Cyclops macrurus</i> SARS. ....                          | —            | —            | —            | +            | —           |
| <i>Cyclops oithonoides</i> SARS. ....                       | +++          | —            | —            | —            | —           |
| <i>Acroperus harpae</i> BAIRD. ....                         | —            | —            | —            | +            | —           |
| <i>Alonella exigua</i> (LILJEBORG). ....                    | —            | —            | —            | +            | —           |
| <i>Ceriodaphnia pulchella</i> SARS. ....                    | —            | —            | +            | —            | —           |
| <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. M.) ....             | —            | —            | —            | +++          | —           |
| <i>Daphnia cristata</i> SARS. ....                          | +            | —            | +            | —            | —           |
| <i>Diaphanosoma brachyurum</i> (LIÉVIN). ....               | +            | —            | +            | —            | —           |
| <i>Eurycercus lamellatus</i> (O. F. M.) ....                | —            | —            | —            | +++          | —           |
| <i>Graptoleberis testudinaria</i> (FISCHER). ....           | —            | —            | —            | +++          | —           |
| <i>Leptodora kindtii</i> (FÖCKE). ....                      | +            | —            | —            | —            | +           |
| <i>Ophryoxus gracilis</i> SARS. ....                        | —            | —            | —            | +            | —           |
| <i>Pleuroxus striatus</i> SCHÖDLER. ....                    | —            | —            | —            | +            | —           |
| <i>Polyphemus pediculus</i> (L.). ....                      | +            | —            | c            | +            | —           |
| <i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. M.) ....              | —            | —            | +++          | r            | —           |
| <i>Sida crystallina</i> O. F. M. ....                       | —            | +            | c            | +            | —           |
| <i>Corynoneura</i> sp. ....                                 | —            | —            | +++          | —            | —           |
| <i>Orthocladinae</i> ....                                   | —            | —            | +            | —            | —           |

Tabelle 10. Dynträsket.

| Datum                       | m   | t°   | Fa | °ZP10 <sup>5</sup> | K <sub>20</sub> 10 <sup>6</sup> | pH  | Alk.<br>1n. HCl<br>l | SO <sub>4</sub> | Cl  | Fe  | Mn     | Al   | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> 0/0 |
|-----------------------------|-----|------|----|--------------------|---------------------------------|-----|----------------------|-----------------|-----|-----|--------|------|----------------|--------------------|
| 28.VI.49 .....              | 0.2 | —    | —  | —                  | —                               | 6.1 | —                    | < 5             | —   | 0.4 | —      | —    | —              | —                  |
| 10.VIII.49 ...              | 0.2 | —    | 30 | —                  | 42                              | 6.3 | 0.10                 | < 5             | —   | 0.3 | —      | —    | —              | —                  |
| 7.VII.50 .....              | 0.2 | —    | 65 | 200                | 40                              | 6.6 | 0.10                 | < 5             | —   | 0.9 | —      | 0.05 | —              | —                  |
| 10.IX.42 <sup>1</sup> ..... | 1.0 | 11.4 | —  | 245                | 40                              | 6.7 | 0.12                 | < 5             | < 1 | 1.5 | < 0.01 | —    | 11.3           | 102                |

<sup>1</sup> Viel Niederschläge an den Wochen vorher.

Mg=0,60 und 0,95, Fe=0,87, Mn=0,023, Cl=1,8 und SO<sub>4</sub>=3,6. Der Elektrolytgehalt beträgt 30 und 34. Die angeführten Werte können wahrscheinlich als ziemlich typisch für einen normalen Waldsee ohne grösseren Durchfluss bezeichnet werden, der in einem Urgebirgsgebiet in diesen nördlichen Gegenden liegt. Der Unterschied zwischen den chemischen Verhältnissen im Sladan und Dynträsket wird, abgesehen von dem Säuregrad, am stärksten dadurch markiert, dass er sehr viel niedrigere SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Mn- und Al-Werte hat. Die Mikrophyten und Mikrozoen unserer Proben sind in Tab. 11 zusammengestellt. Sie übereinstimmen, im grossen gesehen, mit den Mikroformen des Vitåfjärden und Högsöfjärden. Die für den See Dynträsket charakteristischen Planktoncopepoden sind jedoch *Diaptomus graciloides* und *Cyclops oithonoides*, die im Vitåfjärden—Högsöfjärden nicht vorkamen.

### Die Bodenprofile

Im Mai 1951 wurden im Blåmisusjön und an zwei Punkten im S. Sladan vom Eise aus einige Sedimentproben mit dem Profillot genommen, die eine der letzteren c:a 75 m, die andere c:a 150 m vom Auslauf des Blåmisusjön entfernt. Jedes der drei Profile war deutlich in zwei Schichten aufgeteilt, eine hellbraune flockige Oberschicht und eine dunkle, zu unterst ganz schwarze Unterschicht. Die relative Dicke der Schichten geht aus Tabelle 12 hervor. Nachdem die Proben mehrere Tage in den Röhren aufbewahrt waren, wurde auch die helle obere Schicht von unten her dunkler (Reduktion). Aus den Röhren genommen, wurde sie jedoch in der Luft schnell wieder heller (Oxidation). Analysen zur Bestimmung des Gehalts an Trockensubstanz, Eisen, Sulphiden und SO<sub>4</sub>, wurden ausgeführt.

Behandlung der Proben: Trocknen bei 104°, Auslaugung mit Salzsäure unter Kochen, Sulfidbestimmung durch Abdestillation von H<sub>2</sub>S nach Säuerung.

Am 10 September 1952 wurden auch Bodenprofile im S. Sladan und im Dynträsket, jedoch mit einem grösseren und schwereren Lot genommen. Im Sladan schlug das Lot durch die Oberschicht hindurch, weswegen lediglich



Tabelle 11. Dynträsket.

Planktonnetzproben in der Equisetumvegetation (1949, 1950) und im freien Wasser (1952).

| Datum<br>pH Oberflächenwasser                              | 1949 28.6<br>6.1 | 1950 7.7<br>6.6 | 1952 10.9<br>6.7 |
|------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| <b>Mikrophyten.</b>                                        |                  |                 |                  |
| <i>Anabaena flos aquae</i> (LYNGB.) BRIB. ....             | c                | +++             | +                |
| <i>Anabaena circinalis</i> RABENH. ....                    | +                | +               | —                |
| <i>Aphanotece stagnina</i> (SPRENGEL) A. BRAUN. ....       | —                | +               | —                |
| <i>Botryococcus Braunii</i> KÜTZ. ....                     | —                | +               | —                |
| <i>Dinobryon divergens</i> IMHOF. ....                     | +++              | +++             | +                |
| <i>Dinobryon bavaricum</i> IMHOF. ....                     | +++              | +++             | r                |
| <i>Uroglena</i> sp. ....                                   | c                | —               | —                |
| <i>Ceratium hirundinella</i> O. F. M. ....                 | —                | —               | +++              |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> (TURP.) MENEGH. ....            | +                | +               | —                |
| <i>Pediastrum</i> var. <i>duplex reticulatum</i> LAGERHEIM | +                | —               | —                |
| <i>Binuclearia tatrana</i> WITTROCK. ....                  | +                | —               | —                |
| <i>Microspora pachyderma</i> (WILLE) LAGERHEIM ..          | —                | +               | —                |
| <i>Gemellcystis neglecta</i> TEILING. ....                 | +                | —               | c                |
| <i>Bulbochaete</i> sp. ....                                | +++              | +++             | —                |
| <i>Oedogonium</i> sp. ....                                 | +                | c               | —                |
| <i>Mougeotia</i> sp. ....                                  | —                | +++             | —                |
| <i>Spirogyra</i> sp. ....                                  | —                | +               | —                |
| <i>Zygnema</i> sp. ....                                    | —                | +               | —                |
| <i>Desmidiaceae</i> , mehrere Formen. ....                 | c                | +++             | +++              |
| <b>Mikrozoen.</b>                                          |                  |                 |                  |
| <i>Ascomorpha ovalis</i> (BERGEND.) ....                   | —                | —               | r                |
| <i>Asplanchna priodonta</i> GOSSE. ....                    | +                | —               | —                |
| <i>Kellicottia longispina</i> (KELLCOTT.) ....             | —                | —               | c                |
| <i>Keratella stipitata</i> (EHRENB.) ....                  | —                | —               | c                |
| <i>Polyarthra vulgaris</i> CARLIN. ....                    | +                | +               | +++              |
| <i>Tricocerca capucina</i> (WIERTZ. & ZACH.) ....          | —                | —               | +                |
| <i>Cyclops oithonoides</i> SARS. ....                      | +                | —               | +++              |
| <i>Diaptomus graciloides</i> LILLJEB. ....                 | cc               | +               | +++              |
| <i>Bosmina coregoni-obtusirostris</i> SARS. ....           | +++              | +               | +++              |
| <i>Ceriodaphnia megops</i> SARS. ....                      | —                | +               | —                |
| <i>Ceriodaphnia pulchella</i> SARS. ....                   | —                | +               | —                |
| <i>Daphnia cristata</i> SARS. ....                         | —                | —               | +++              |
| <i>Polyphemus pediculus</i> (L.) ....                      | +                | c               | —                |
| <i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. M.) ....             | +++              | +               | —                |
| <i>Sida crystallina</i> O. F. M. ....                      | +++              | +               | —                |

Tabelle 12. Bodenprofile aus dem Blåmisusjön und Sladan 10.5.1951.

|                                                 | Blåmisusjön Tiefe<br>3,8 M |                        | Sladan Tiefe: 4,5 M   |                        | Sladan Tiefe: 6,5 M   |                        |
|-------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                                 | ob. Sch.<br>c:a 85 mm      | unt. Sch.<br>c:a 31 mm | ob. Sch.<br>c:a 55 mm | unt. Sch.<br>c:a 60 mm | ob. Sch.<br>c:a 20 mm | unt. Sch.<br>c:a 50 mm |
| Trockensubstans 0/0 .....                       | 11,2                       | 17,0                   | 11,9                  | 20,7                   | 11,7                  | 19,3                   |
| <i>HCL-Lösung</i>                               |                            |                        |                       |                        |                       |                        |
| Fe als Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0/0 ..... | 71,5                       | 35,0                   | 30,7                  | 33,6                   | 19,3                  | 20,7                   |
| Sulfide als H <sub>2</sub> S 0/0 .....          | —                          | —                      | —                     | 0,5                    | 0,19                  | 0,23                   |
| SO <sub>4</sub> 0/0 .....                       | 6,7                        | 3,4                    | 3,5                   | 8,1?                   | 3,5                   | 3,1                    |

Durchschnittswerte für den Schlamm erhalten wurden. In den Proben wurde der Glühverlust (Org. Substanz), sowie Fe und Al bestimmt:

|                                         |             |                                                        |
|-----------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| <i>Glühverlust:</i>                     | Sladan:     | 12,5 — 12,8 — 16,2 — 17,3 ‰                            |
|                                         | Dynträsket: | 31,7 ‰ an der Oberfläche<br>33,8 ‰ an der Unterschicht |
| Fe als Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : | Sladan:     | 12,5 — 12,6 — 17,7 — 19,6 ‰                            |
|                                         | Dynträsket: | 15,6 ‰ an der Oberfläche<br>8,3 ‰ an der Unterschicht  |
| Al als Al <sub>3</sub> O <sub>3</sub> : | Sladan:     | 1,1 — 4,5 — 4,4 — 4,0 ‰                                |
|                                         | Dynträsket: | 2,0 ‰ an der Oberfläche<br>0,7 ‰ an der Unterschicht   |

Die Schlammanalysen geben Anlass zu den folgenden Kommentaren: Schon im Blåmisusjön fällt ein Teil des Eisen- (und wahrscheinlich auch des Aluminium-) Gehaltes des stark sulfathaltigen Zuflusswassers trotz der hohen Azidität dieses Sees aus und sedimentiert. Nach dem Ausfluss in die südliche Bucht des Sladan fällt der grössere Teil des übrig bleibenden Eisens und des Aluminiums recht schnell aus (Oberflächenschicht des Profils vom Punkt 75 m=55 mm und vom Punkt 150 m nur 20 mm) s. Tabelle 12. Dieses stimmt mit den Wasseranalysen überein: In Blåmisusjön ist der Fe-Gehalt =6 lmg, im Sladan in der Regel um 1 lmg herum oder etwas geringer. Die Ausflockung dürfte hier ein rein anorganischer Prozess sein. Eisenbakterien wurden in den Proben nicht beobachtet und jedenfalls zeigen sich keine fadenförmigen Eisenbakterien in Zusammenhang mit der Ausflockung. Im Blåmisusjön ist der Eisengehalt in der Oberflächenschicht am höchsten, im Sladan ist er immer noch hoch aber etwas geringer als in der Unterschicht.

Der Gehalt an organischer Substanz im Schlamm des normalen Sees Dynträsket ist c:a doppelt so hoch wie in dem des azidotrophen Sladan. Der Gehalt von Al in dem weichen Schlamm erreicht im Sladan nur c:a  $\frac{1}{3}$  des Gehalts an Fe, im Dynträsket nur etwa  $\frac{1}{8}$ .

### Vergleich mit anderen sauren Gewässern

In Schweden wies HAGLUND schon 1912 darauf hin, dass hohe Azidität in Mooren nicht nur auf Humussäure, sondern auch auf dem Vorkommen von freier Schwefelsäure beruht. Eine Voraussetzung für das Vorkommen von Sulfiden ist in erster Linie ein Vorkommen von Pyrit. SCHÄPERCLAUS (1927) fand niedrige pH-Werte in Zusammenhang mit dem Vorkommen von Braunkohle, die Schwefelverbindungen enthält. HÖGBOM (1921 und 1922) war, wie bereits erwähnt, der erste, der auf einen Zusammenhang des Ausfallens von Humus in den Seen mit der Zufuhr von sulfathaltigem Wasser

aus Alaunböden mit starkem Einwirken auf die biologischen Verhältnisse der Seen hinwies. Nach seiner Ansicht hatte dieses nicht nur ein Fischsterben, sondern auch einen starken Rückgang an gewissen höheren Wasserpflanzen wie *Myriophyllum* und *Potamogeton*-arten zur Folge. HUITFELDT-KAAS (1922) und OLOFSSON (1930) haben beschrieben, wie der gleiche Anlass gelegentliche Fischsterben verursacht hat. In späterer Zeit haben LARSEN und OLSEN (1948) dargestellt, wie Fischsterben in Seeforellenteichen durch Schwefelsäure und eisenhaltiges Wasser von Braunkohlengruben verursacht wurden und JÄRNEFELT (1952) hat eine Einwirkung auf die wasserchemischen und biologischen Verhältnisse in Seen beschrieben, die stark von salpetersaurem Abwasser einer Sprengstoffindustrieanlage beeinflusst waren.

Eingehendere Analysen über Wasserchemie und -biologie in stark alaunbeeinflussten Seen sind früher jedoch nicht gemacht worden. Wenn sich nun eine Gelegenheit bot, solche Seen in der Provinz Norrbotten, nämlich den Blåmisusjön und Sladan, die sich zum Unterschied von früher untersuchten Fällen als konstant alaunvergiftet erwiesen — und zwar der erstere schon seit langem, der letztere in jedem Fall seit 1947 — zu untersuchen, so musste diese Gelegenheit ergriffen werden. LOHAMMAR (1938) hat allerdings die Wasserchemie und die höheren Pflanzen in einigen ähnlichen Seen wie z.B. Gärdesfjärden untersucht, doch war der Alauneinfluss hier mehr zufällig und hat bei weitem nicht so starke Ausschläge gegeben. So war beispielsweise  $\text{pH}=5,7$ ,  $\text{SO}_4=21$ ,  $\text{Mn}=0,46$  und der Elektrolytgehalt=99. Dass eine erstaunlich gute Übereinstimmung mit dem von OHLE (1936) in einer eingehenden Monografie beschriebenen »Tonteich« vorliegt, ist bereits in verschiedenem Zusammenhang erwähnt.

Ein Vergleich der Flora und Fauna im Blåmisusjön—Sladan mit ihren ungleichen Graden an Azidität mit der des Vitåfjärden—Högsöfjärden, die nur ganz zufällig von saurem Wasser beeinflusst sind und mit der des ganz unberührten Dyrträsket geben eine gute Möglichkeit, die Aziditätstoleranz verschiedener Formen zu beurteilen. Weiter kann festgestellt werden, dass die Milieufaktoren, jedenfalls soweit sie das niedere Pflanzen- und Tierleben in den Seen betreffen, ausschlaggebend sind. Auch sind die typischsten azidotrophen Formen in den Hauptzügen die gleichen oder doch sehr nahe verwandt, mögen die Seen nun in Nordschweden, in Deutschland oder in Japan liegen. Einige wichtigere Beispiele sollen aus Norrland angeführt werden, im übrigen muss ich auf die chemischen und biologischen Tabellen verweisen.

*Eisenbakterien.* Trotz hohen Fe-Gehalts im Blåmisusjön (6,0 lmg) und im Sladan (c:a 1 lmg) mit reichlichem Ausfällen von Eisenhydrat haben sich Eisenbakterien in den Proben nicht nachweisen lassen. Jedenfalls fehlen fadenförmige ( $\text{pH}=3,1$  resp. 3,7). Erst 1952 fanden sich *Gallionella* und *Leptothrix discophora* im Abfluss des Sladan. Der pH-Wert war damals von früher 3,7—3,9 im Herbst auf 5,7 gestiegen.

Charakteristisch für das Mikro- und Nannoplankton des Blåmisusjön (pH=3,1) sind kleine Formen wie *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Glenodinium* und *Lepocinclis*-arten. OHLE fand die gleichen Formen im Tonteich (pH=3,2—3,6). Das Massenvorkommen der Kieselalge *Eunotia exigua* in Blåmisusjön (pH=3,1) und im S. Sladan (pH=3,7) entspricht einem Massenvorkommen von *Eunotia exigua* v. *Nymmanniana* im Tonteich und einer *Eunotia*-art in einem See in Japan (pH=2,8) YOSHIMURA (1933). Ich fand *Microspora pachyderma* schon bei pH=3,1 aber reichlich erst im Sladan (pH=3,7). *Binuclearia tatrana* fand ich dagegen nicht in Blåmisusjön sondern erst im Sladan (pH=3,7) und zwar reichlich. OHLE fand *Sphagnum Obesi* in Massen im Tonteich und zwar als einzige grössere Unterwasserpflanze, während wir nur *Sphagnum Dusenii* — auch in Massen — im Blåmisusjön fanden.

Unter den Rotatorien interessiert am meisten *Brachionus urceolaris-sericus*, die in unseren Seen bei pH 3,1 recht gewöhnlich ist und bei pH 3,7 in Massen vorkommt, wie dies auch im Tonteich und in Japan (pH 2,8) der Fall ist. *Brachionus* fehlt dagegen im Vitåfjärden—Högsöfjärden (pH=5,7—6,4) und im Dynträsket (pH=6,1—6,7). Schon jetzt kann mitgeteilt werden, dass in einem anderen norrländischen See mit früher normalem Plankton (pH=etwa 6,8—7,5) die *Brachionus*-art fehlte. Nach starker Ansäuerung (pH etwa 3,5—3,7) und Humusausflockung durch Einleiten von saurem Grubenabwasser verschwand das normale Plankton und die einzigen grösseren Formen in den Planktonproben bestanden nach einem Jahr aus *Brachionus urceolaris-sericus* und *Eunotia exigua*. Auch giftige Metallionen — Cu 1,0 lmg und Zn 4,0 lmg — kommen in diesem Fall in dem Wasser zu. Die übrigen Rotatorien im Blåmisusjön — *Elosa Woralli*, *Diplax crassipes* und *Philodina roseola* — vertragen offenbar einen so niedrigen pH-Wert wie 3,1.

*Diplax crassipes* habe ich neulich als einzige Rotatorie in einem stark polysaprogenen Abwasserteich gefunden (pH etwa 6,5). Seit etwa zwanzig Jahren habe ich auch *Diplax* sp. (*D. compressa*?) als charakteristisch für durch Sulfitlauge sauerstofffreie, stagnierende Wasser gefunden. KOLKWITZ (1950) gibt *D. compressa* und *D. trigona* als a-mesosaprogen und LIEBMANN (1951) *D. trigona* als polysaprogen an, »in H<sub>2</sub>S-Wasser oft mit Purpurbakterien gefüllt«. Diese *Diplax*-Arten sind also polysa-mesosaprogen. Wenigstens *D. crassipes* kommt aber auch in den *Sphagnum*-rasen des Sulfatsees Blåmisusjön vor. Auch andere Formen wie z.B. rote Chironomiden aus der *plumosus*-Gruppe, *Euglena* und *Chlamydomonas* spec. in Mikroplankton zeigen eine grosse Ähnlichkeit zwischen polysaprogenen Wässern und stark sauren Sulfatwässern, was betrifft die Mikroflora und die Mikrofauna.

Cladoceren fehlen bei einem pH-Wert von 3,1, aber die beiden Arten *Bosmina coregoni*, *obtusirostris* und *Chydorus sphaericus* — und nur diese — die sehr reichlich im Sladan vorkommen, vertragen einen pH-Wert von 3,7. Im Abfluss des Sladan kommen sodann *Polyphemus pediculus* (pH=3,9)

und erst im Högsöfjärden eine ganze Reihe der gewöhnlichen Cladoceren (pH=5,7—6,4) vor. Gewisse Chironomiden vertragen stark saures Wasser. Im Blåmisusjön (pH=3,1) wurden *Chironomus Thummi*, Typ. und reichlich *Corynoneura spec.* gefunden. OHLE fand im Tonteich *Chironomus dorsalis* und reichlich *Corynoneura bifurcata* und YOSHIMURA in Japan *Chironomus plumosus* und *Ch. connectens* (pH=3,0—3,4).

Besonders interessieren die Fische. Im Sladan kommen konstant die üblichen Arten, *Leuciscus rutilus*, *Perca fluviatilis*, *Esox lucius* und wahrscheinlich auch *Abramis brama* bei pH=3,7 vor. *Leuciscus* ist wahrscheinlich der empfindlichste, da ich nur von ihm tote Exemplare im Sladan beobachtet habe.

### Praktische Belange

Es liegen Pläne auf weitere Senkung des Sladan mit c:a 0,5 m vor. In einem Gutachten 1951 habe ich bestimmt von dieser Massnahme abgeraten. Eine Senkung und die damit verbundene Verminderung des Wasservolumens würde mit Sicherheit eine noch stärkere Alaunvergiftung durch das saure Wasser des Blåmisusjön mit sich führen. Der Fischbestand würde bei weiterer Senkung des pH-Wertes mit grosser Wahrscheinlichkeit völlig verschwinden und damit auch wahrscheinlich mehrere Vogelarten, die für diesen reichen Vogelsee charakteristisch sind. Eine Umleitung des Abflusses des Blåmisusjön direkt in den Bottnischen Meerbusen, wie er vor 1900 verlief, würde dagegen, selbst verbunden mit einer geringeren Senkung des Sees, gutgeheissen werden können. Auf diese Weise würde der Sladan von dem sauren Wasser des Blåmisusjön verschont bleiben, und jedenfalls würde der Fischbestand und wahrscheinlich auch das Vogelleben in Zukunft erhalten bleiben und vielleicht noch bessere Vorbedingungen finden als die zur Zeit bestehenden.

### Literatur

- HANNERZ, E. 1934. Om så kallade Alunjordar. *Kemisk-växtbiol. Anst. i Luleå Berätt. 1929* —32: 1—25.
- och S. A. CARLSSON, 1951. Sladan och dess fågelliv. *Norrbottnens Biol. För.-småskrift nr 1*: 3—11.
- HÖGBOM, A. G. 1921. Om vitriolbildning i naturen såsom orsak till massdöd av fisk i våra insjöar. *Svensk Fiskeritidskrift 30*: 41—51.
- 1922. Über einige geologisch und biologisch bemerkenswerte Wirkungen sulfathaltiger Lösungen auf humose Gewässer. *Bull. Geol. Inst. Upsala 18*: 239—262.
- JÄRNEFELT, H. 1952. Der Vihtajärvi. Ein durch die Abwässer einer Pulverfabrik azidotrophierter See. *Hydrobiologia 4*: 268—280.
- KOLKWITZ, R. 1950. Oekologie der Saprobien. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser, Boden- und Lufthygiene 4*: 5—64.

- LARSEN, K. og S. OLSEN. 1948. Okkerkvælning af Fisk i Tim Aa. *Beretn. fra d. danske biol. Stat.* 50: 5—25.
- LIEBMANN, H. 1951. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. München.
- LOHAMMAR, G. 1938. Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. *Symbolae Botan. Upsaliensis* 3: 1—252.
- OHLE, W. 1936. Der schwefelsaure Tonteich bei Reinbak. *Arch. Hydrobiol.* 30: 604—662.
- OLOFSSON, O. 1930. Ett nytt exempel på fiskdöd i samband med sjösänkning. *Svensk Fiskeritidskrift* 49: 212—213.
- QUNNERSTEDT, N. 1951. Gutachten Sladan. Nicht publiciert.
- SCHÄPERCLAUS, W. 1941. Fischkrankheiten 2. Aufl. Braunschweig.
- STJERNA-POOTH, INGEBORG. 1953. Die Kieselalgenvegetation in zwei azidotrophen Seen des Küstengebietes von Nordschweden. *Rept. Inst. Freshwater Research, Drottningholm* 34: 122—140.
- THIENEMANN, A. 1932. Schwankungen des Grundwasserstandes in Norddeutschland während der letzten Jahrzehnte, ihre Ursachen und ihre limnologische, geologische und wirtschaftliche Bedeutung. *Arch. Hydrobiol.* 24: 345—428.
- YOSHIMURA, S. 1933. Kata-numa, a very strong acid-water lake on Volcano Katanuma, Miyagi Prefecture, Japan. *Arch. f. Hydrob.* 26: 197—202.









## Reports from the Institute of Freshwater Research, Drottningholm

- \*1933. *Gunnar Alm*. Statens undersöknings- och försöksanstalt för sötvattensfisket. Dess tillkomst, utrustning och verksamhet. English summary. No 1. Pris kr. 0: 75.
1934. *Gunnar Alm*. Vätterns röding, Fiskeribiologiska undersökningar. Deutsche Zusammenfassung. No 2. Pris kr. 0: 75.
- \*1934. *Christian Hessle*. Märkningsförsök med gädda i Östergötlands skärgård åren 1928 och 1930. English summary. No 3. Pris kr. 0: 50.
1935. *Gottfrid Arvidsson*. Märkning av laxöring i Vättern. Deutsche Zusammenfassung. No 4. Pris kr. 0: 75.
- \*1935. *Sten Vallin*. Cellulosafabrikerna och fisket. Experimentella undersökningar. Deutsche Zusammenfassung. No 5. Pris kr. 0: 75.
1935. *Gunnar Alm*. Plötsliga temperaturväxlingars inverkan på fiskar. Deutsche Zusammenfassung. No 6. Pris kr. 0: 75.
1935. *Christian Hessle*. Gotlands havslaxöring. English summary. No 7. Pris kr. 0: 75.
1935. *Orvar Nybelin*. Untersuchungen über den bei Fischen krankheitsregenden Spaltpilz *Vibrio Anguillarum*. No 8. Pris kr. 1: 25.
1936. *Orvar Nybelin*. Untersuchungen über die Ursache der in Schweden gegenwärtig vorkommenden Krebspest. No 9. Pris kr. 0: 75.
1936. *E. Rennerfelt*. Untersuchungen über die Entwicklung und Biologie des Krebspestpilzes *Aphanomyces astaci*. No 10. Pris kr. 0: 75.
1936. *Gunnar Alm*. Huvudresultaten av fiskeribokföringsverksamheten. Deutsche Zusammenfassung. No 11. Pris kr. 1: —.
1936. *Gunnar Alm*. Industriens fiskeavgifter och deras användning. No 12. Pris kr. 1: 50.
1937. *H. Bergström* och *Sten Vallin*. Vattenförorening genom avloppsvattnet från sulfatcellulosafabriker. No 13. Pris kr. 0: 75.
1937. *Gunnar Alm*. Laxynglets tillväxt i tråg och dammar. English summary. No 14. Pris kr. 0: 75.
1939. *Gunnar Alm*. Undersökningar över tillväxt m.m. hos olika laxöringformer. English summary. No 15. Pris kr. 2: 50.
1939. *Lars Brundin*. Resultaten av under perioden 1917—1935 gjorda fisikinplanteringar i svenska sjöar. Deutsche Zusammenfassung. No 16. Pris kr. 1: —.
1940. *Nils Törnquist*. Märkning av vänerlax. English summary. No 17. Pris kr. 1: —.
1940. *Sven Runnström*. Vänerlaxens ålder och tillväxt. English summary. No 18. Pris kr. 1: —.
1942. *Arne Lindroth*. Undersökningar över befruktnings- och utvecklingsförhållanden hos lax (*Salmo salar*). Deutsche Zusammenfassung. No 19. Pris kr. 0: 75.
- \*1942. *Lars Brundin*. Zur Linnologie jämtländischer Seen. No 20. Pris kr. 2: —.
- \*1943. *Gunnar Svårdson*. Studien über den Zusammenhang zwischen Geschlechtsreife und Wachstum bei *Lebistes*. No 21. Pris kr. 1: —.
- \*1943. *Gunnar Alm*. Befruktningsförsök med laxungar samt laxens biologi före utvandringen. (Fertilization-Experiments with Salmon-parr.) English summary. No 22. Pris kr. 1: 50.
1945. *Gunnar Svårdson*. Chromosome Studies on Salmonidae. No 23. Pris kr. 3: —.
1946. *Arne Lindroth*. Zur Biologie der Befruchtung und Entwicklung beim Hecht. (Gäddans befruktnings- och utvecklingsbiologi samt gäddkläckning i glas.) No 24. Pris kr. 3: —.
1946. *Gunnar Alm*. Reasons for the occurrence of stunted fish populations. (Uppkomsten av småväxta fiskbestånd, spec. hos abborre.) No 25. Pris kr. 3: —.
1947. *Gösta Högström*. Olika impregneringsämnenas lämplighet för grovgarnig fiskredskap. Deutsche Zusammenfassung. No 26. Pris kr. 1: —.
1947. *A. Määr*. Über die Aalwanderung im Baltischen Meer auf Grund der Wanderaalmarkierungsversuche im finnischen und livischen Meerbusen i. d. J. 1937—1939. No 27. Pris kr. 2: —.
1947. *Elias Dahr*. Biologiska studier över siken vid mellansvenska östersjökusten. English summary. No 28. Pris kr. 2: —.
1949. Annual Report for the Year 1948 and Short Papers. No 29. Pris kr 3: 50.
1949. *Lars Brundin*. Chironomiden und andere Bodentiere des südschwedischen Urgebirgseen. English summary. No 30. Pris kr. 15: 00.
1950. Annual Report for the Year 1949 and Short Papers. No 31. Pris kr. 3: 50.
1951. Annual Report for the Year 1950 and Short Papers. No 32. Pris kr. 4: 50.
1952. Annual Report for the Year 1951 and Short Papers. No 33. Pris kr. 8: —.
1953. Annual Report for the Year 1952 and Short Papers. No 34. Pris kr. 8: —.

\* Out of print.

