

# Die Makrofauna einer Uferstelle des unteren Zürichseebeckens

Ein Beitrag zur Ökologie steiniger Brandungszonen

Von

PETER ALEXANDER IMHOLZ

## Inhalt

Vorwort . . . . .	26
I. Einleitung . . . . .	27
II. Methode . . . . .	35
III. Zöologische Charakteristika . . . . .	40
IV. Systematischer Teil . . . . .	41
A. Coelenterata/Hydrozoa . . . . .	41
B. Platyhelminthes . . . . .	41
1. Rhabdocoelida . . . . .	41
2. Tricladida . . . . .	42
C. Annelida . . . . .	42
1. Oligochaeta . . . . .	42
2. Hirudinea . . . . .	47
D. Nemertini . . . . .	50
E. Aschelminthes . . . . .	50
1. Nematoda . . . . .	50
2. Nematomorpha . . . . .	50
F. Tentaculata/Bryozoa . . . . .	50
G. Mollusca . . . . .	50
1. Gastropoda . . . . .	50
a) Mesogastropoda . . . . .	52
b) Basommatophora . . . . .	53

H. Arthropoda . . . . .	55
1. Arachnida . . . . .	55
2. Crustacea . . . . .	55
a) Calanoidea . . . . .	55
b) Cyclopoidea . . . . .	56
c) Diplostraca . . . . .	57
d) Podocopa . . . . .	58
e) Isopoda . . . . .	58
f) Amphipoda . . . . .	59
3. Insecta . . . . .	60
a) Ephemeroidea . . . . .	60
b) Coleoptera . . . . .	62
c) Diptera . . . . .	63
d) Trichoptera . . . . .	68
e) Heteroptera . . . . .	70
I. Chordata / Vertebrata / Pisces . . . . .	70
V. Allgemeiner Teil . . . . .	70
A. Vergleich des Tiefenbrunner Steinstrandes mit einer andern Uferstelle . . . . .	70
B. Die Mächtigkeit der belebten Bodenschicht . . . . .	71
C. Besprechung der biozöologischen Ergebnisse . . . . .	72
Zusammenfassung . . . . .	77
Literatur . . . . .	78

### Vorwort

Der Zürichsee wurde schon wiederholt als klassisches Beispiel für die kulturell bedingte Auxotrophierung eines ursprünglich und zufolge des Volumenverhältnisses von Epilimnion zu Hypolimnion auch natürlich oligotrophen Sees aufgeführt. Um so erstaunlicher ist es, dass die Ökologie seiner Ufer bisher so wenig erforscht wurde.

Es ist das Verdienst meines verehrten Lehrers, Herrn PD. Dr. EUGEN A. THOMAS, Zürich, dass die vorliegende limnologische Arbeit gerade zu einer Zeit entstand, da auch die Öffentlichkeit den Problemen der Gewässerpflge im Hinblick auf den Zürichsee vermehrt Interesse entgegenbrachte. Für seine fördernde Anleitung sei ihm an dieser Stelle herzlich gedankt.

Herrn Prof. Dr. ERNST HADORN, dem Direktor des Zoologischen Instituts der Universität Zürich, gilt mein Dank für die Zustimmung zu dieser Arbeit und seine Anteilnahme, dem Direktor des Zoologischen Museums, Herrn Prof. Dr. HANS BURLA, für seine aufbauende Kritik.

Die Arbeit wurde wesentlich gefördert durch einen Aufenthalt am Italienischen Institut für Hydrobiologie in Pallanza und am Süsswasserbiologischen Institut der Universität Kopenhagen in Hillerød. Den Leitern dieser Anstalten, Herrn Prof. Dr. VITTORIO TONOLLI und Herrn Prof. Dr. KAJ BERG, schulde ich grossen Dank für die

gastfreundliche Aufnahme und die wertvolle Hilfe, die sie mir angedeihen liessen. Danken möchte ich aber auch dem Leiter des kantonalen Laboratoriums, Herrn Dr. M. STAUB, für die Überlassung eines Arbeitsplatzes zu analytischen Arbeiten sowie den Technikern und Laboranten des Wasserlaboratoriums für praktische Winke und Handreichungen.

Folgenden Systematikern, die mir bei den Bestimmungen halfen, schulde ich Dank: Dr. R. O. BRINKHURST, Dr. L. FORCART, Dr. U. GRIMÅS, H. JUNGEN, C. R. KENNEDY, J. THORUP, Prof. Dr. P. TARDENT.

Besonders danke ich meiner Frau für das grosse Verständnis, mit dem sie mir die Arbeit erleichtert hat.

## I. Einleitung

### Der See

Der Zürichsee liegt in die Molasse des Zürichsectales eingebettet und wird durch eine Endmoräne des ehemaligen Linthgletschers gestaut. Die mittlere Spiegelhöhe lag im Jahre 1961 auf 405,94 m über Meer. Die Oberfläche umfasst ohne den mit dem Zürichsee zusammenhängenden Obersee 68,42 km<sup>2</sup>, was bei einem Volumen von 3,6 km<sup>3</sup> einer mittleren Tiefe von 52,6 m entspricht. Nach FOREL (1901) gehört der See zu den temperierten, und da eine Frühlingsvollzirkulation nicht jedes Jahr feststellbar ist, reiht man ihn unter die fakultativ meromiktischen. Mit der seit der Jahrhundertwende immer stärker werdenden Eutrophierung verändern sich Farbe, Durchsichtigkeit und Chemismus rasch. Alle diese Faktoren werden ständig durch die limnologische Abteilung des kantonalen Laboratoriums (Leitung: PD. Dr. E. A. THOMAS) untersucht.

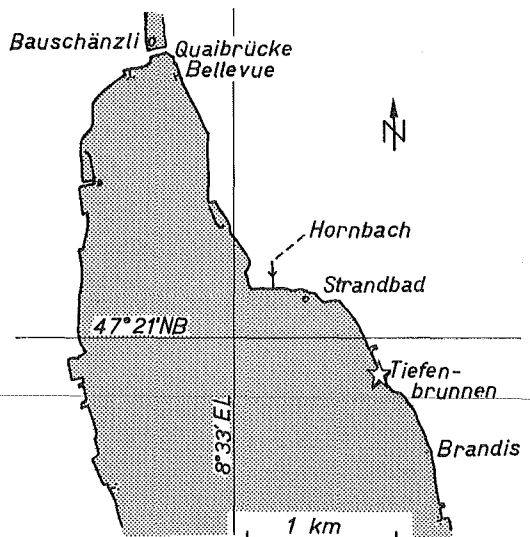


Abb. 1. Übersichtsskizze über das untere Zürichseebecken. Der Stern bezeichnet den Ort der Untersuchung.

## Die Wahl des Untersuchungsortes

Untersucht wurde eine steinige Uferbank, die am rechten Seeufer vor einem Areal der städtischen Seepolizei liegt. Diese Station befindet sich im Tiefenbrunnen, einem am südöstlichen Rand gegen Zollikon gelegenen Quartier der Stadt Zürich. Der Standort ist in Abb. 1 mit einem Stern gekennzeichnet. Zur genaueren Erklärung der Örtlichkeit füge ich in Abb. 2 eine Skizze der Liegenschaft bei.

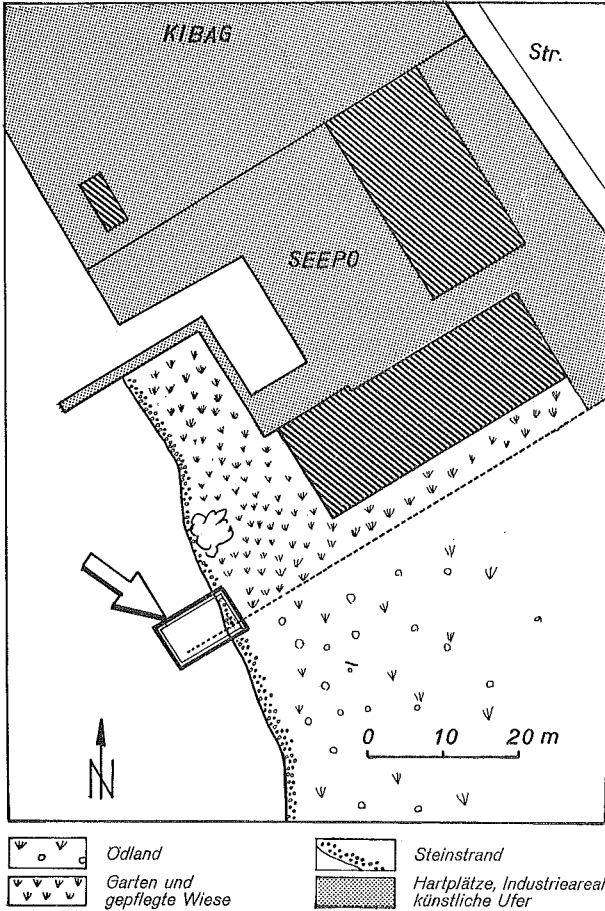


Abb. 2. Übersichtsskizze des Untersuchungsortes.

## Das Uferprofil

Ich habe im Sommer 1961, zur Zeit hohen Pegelstandes, das Uferprofil gelotet und das Ergebnis ohne Überhöhung in Abb. 3 wiedergegeben. Daraus ist ersichtlich, dass die Uferbank im Sommer bei maximaler Wasserüberdeckung von 1 m eine Breite von ungefähr 10 m erreicht. Sie weist dann eine ziemlich konstante Neigung von 13% auf. Die anschließende Halde ist steil und hat ein Gefälle gegen 100%.

Auf den Grund gesunkene Gegenstände kollern eine beträchtliche Strecke weiter. Die in 40 m Uferabstand sichtbare flachere Stelle ist noch nicht der Schweb sondern vielmehr eine kleine Terrasse. Die grösste Tiefe des dem Untersuchungsort vorgelagerten Seeabschnittes wird mit ungefähr 50 m angegeben und wird in etwa 1 km Uferabstand erreicht. Für meine Untersuchungen waren vor allem die Verhältnisse der Uferbank von Interesse, wo sich auch die Pegelstandsdifferenzen auswirken.

**Pegelstände**

Der See erreicht im allgemeinen in den Sommermonaten die höchsten Wasserstände. Die Pegelstände für die Zeit meiner Untersuchung sind aus Abb. 4 ersichtlich. Selbst geringe Pegelstandsdifferenzen haben eine starke Verschiebung der Uferlinie zur Folge. In Abb. 5 ist deren Verlauf während der Zeit des Wiederanstieges des Wasserstandes vom 6. März bis 25. Mai 1962 wiedergegeben. Durch die Pegelstandszunahme um 44 cm verschob sich die Uferlinie um 3,4 m.

**Temperatur**

Die Wassertemperatur wurde bei den Probennahmen unmittelbar über dem Grunde gemessen. Darüber hinaus nahm ich auch im anstossenden Pelagial in unge-

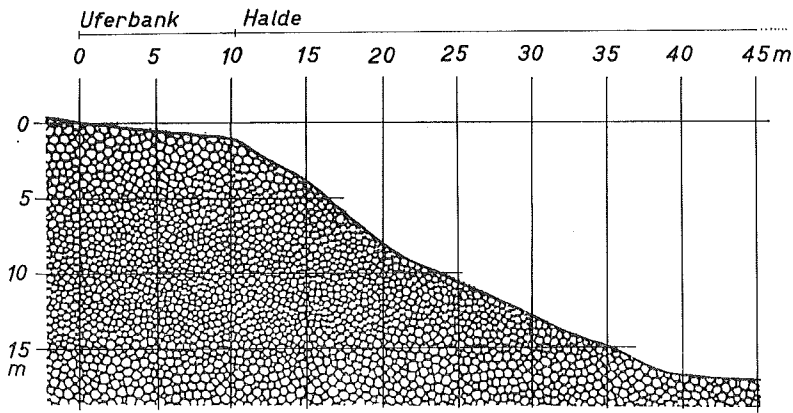


Abb. 3. Profil der Uferbank und der anstossenden Halde.

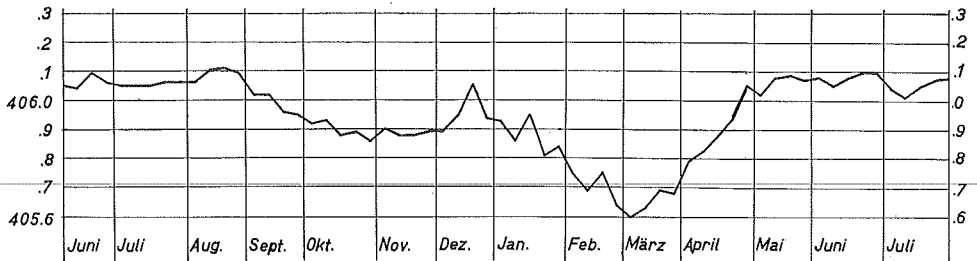


Abb. 4. Pegelstandsschwankungen vom Juni 1961 bis Juli 1962. Es wurden die jeweiligen Montagswerte des Linnigraphen Zürichhorn aufgetragen.

fähr 60 m Uferabstand monatlich das Temperaturprofil. Die Temperaturschichtungen im Verlaufe der Untersuchungsperiode sind in Abb. 6 wiedergegeben. Um abzuklären, ob man die Temperatur der freien Wassersäule im unmittelbar angrenzenden Pelagial den Bodentemperaturen in entsprechender Höhe gleichsetzen kann, machte ich am 9. Juni 1961 eine Vergleichsmessung: Ich stellte zuerst die Temperaturen der freien Wassersäule in der Zeit von 10.00 Uhr bis 10.30 Uhr fest und mass hierauf die Grundtemperaturen in verschiedenem Abstand vom Ufer. Gleich anschliessend (von 11.30 Uhr bis 12.00 Uhr) nahm ich noch einmal das Temperaturprofil im Pelagial auf. Das

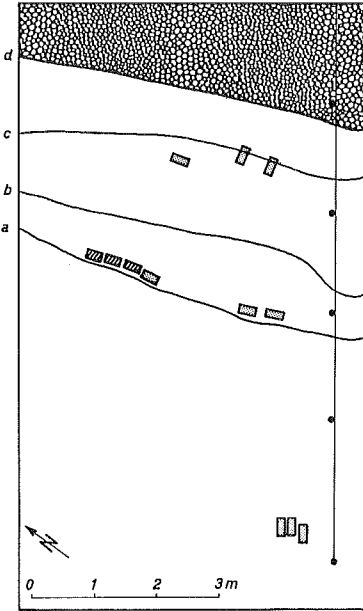


Abb. 5. Verlauf der Uferlinien und Situation der vergrabenen Kästen für die Fänge A041 bis A052.

- a 6. 3. 62 (Pegelstand 405,61 m)
- b 20. 3. 62 (Pegelstand 405,685 m)
- c 11. 4. 62 (Pegelstand 405,895 m)
- d 25. 5. 62 (Pegelstand 406,05 m)

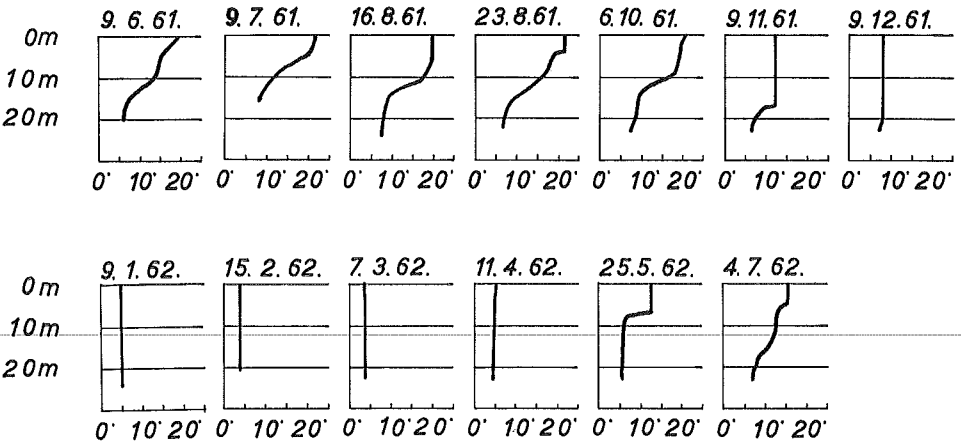


Abb. 6. Temperaturschichtungen im benachbarten Pelagial (60 m vom Ufer).

Ergebnis dieser Messungen (Abb. 7) zeigt, dass man hier ohne allzugrossen Fehler die pelagischen Temperaturen in Ufernähe denen der unmittelbar über dem Boden lagernden Wasserschichten gleichsetzen darf.

Über den Temperaturgang an einem beliebigen Tag in den drei Stufen orientiert Abb. 8.

Abb. 7. Vergleich der Wassertemperatur am 9. Juni 1961 in der freien Wassersäule (60 m vom Ufer) mit derjenigen unmittelbar am Grunde.

- Ausgezogene Linie: Temperaturen unmittelbar über dem Grund.
- Kreise: Pelagialtemperaturen der 1. Messung.
- Ausgefüllte Kreise: Pelagialtemperaturen der 2. Messung.

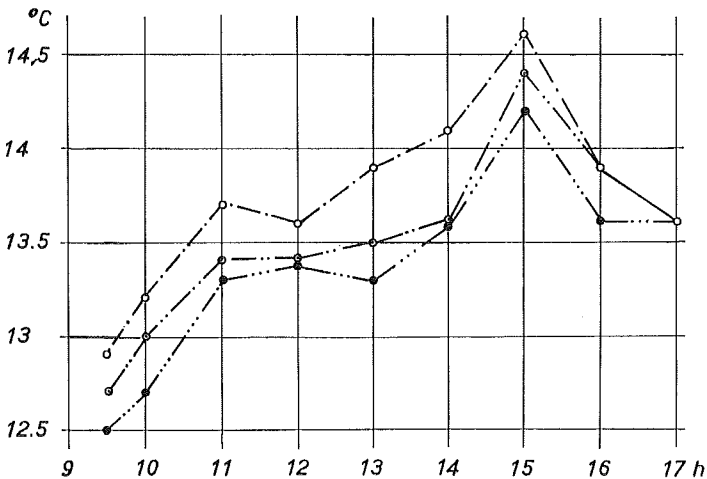
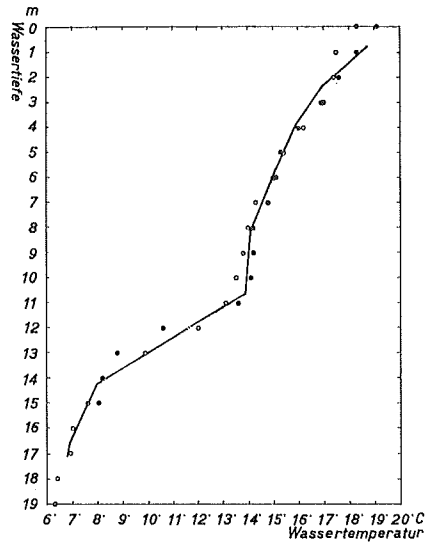


Abb. 8. Temperaturverlauf in den drei Stufen am 23. Mai 1962.

Einpunktige Linie: Stufe I. — Zweipunktige Linie: Stufe II. — Dreipunktige Linie: Stufe III.

Während um 09.00 Uhr ein schwacher Wind von 9—14 km/h aus SES wehte, drehte dieser, nachdem er nach 10.00 gänzlich abgeflaut war, um 12.00 auf WSW und erreichte bald eine Geschwindigkeit von 15—26 km/h. Erst dieser Westwind vermochte durch die ansehnlichen Wellen eine Durchmischung der Wassermassen herbeizuführen und dadurch den Temperaturgradienten zum Verschwinden zu bringen. Der Himmel war am Morgen leicht bewölkt, von 12.00 Uhr an bedeckt bis stark bewölkt.

## Das Gesteinsmaterial des Grundes

Schon wiederholt wurden am Zürichsee die Ufer durch Auffüllungen verändert. So auch am untersuchten Ort im Tiefenbrunnen, wo der Verlauf der heutigen Uferlinie erst in der Zeit zwischen 1898 und 1929 erreicht wurde. Das genaue Alter des neuen Strandes lässt sich heute nicht mehr feststellen. Aus diesem Grund wäre es müssig, das Gesteinsmaterial nach petrographischen Gesichtspunkten beschreiben zu wollen, da buchstäblich vom Glas über Ziegelsteine bis zum Granit alles Erdenkliche vertreten ist.

## Die Tiefenstufen

Die Fangergebnisse ordnete ich nach der Wassertiefe, aus der sie zur Zeit der Probennahme entstammten:

Stufe I: Zur Zeit der Probennahme bis zu 20 cm vom Wasser überdeckt; Bodenmaterial locker geschichtet; Boden schon durch geringen Wellenschlag bewegt; sehr wenig Feinmaterial, dafür oft massenhaft angeschwemmte Leichen von Cladoceren etc.; Kies oder Steine können noch Spuren ehemaligen Fadenalgenbewuchses zeigen, machen aber meist einen blankpolierten Eindruck; Löcher von Brekzien als Refugium spärlicher Diatomeen; seeseitige Wand der Fangkästen zu Zeiten sehr ruhigen Wassers mit Fadenalgen überwachsen, die aber durch den nächsten grösseren Wellengang wieder abrasiert werden; nie stilles Wasser.

Stufe II: Zur Zeit der Probennahme 20 bis 50 cm vom Wasser überflutet; die Akkumulation von Feinmaterial überwiegt die Auswaschung; Insektengespinste wirken dabei als Detritusfanganlagen; Steine durch Feinmaterial mehr oder weniger zusammengepackt, werden nur noch durch stärkere Wellen bewegt; Feinmaterial zur Sommerszeit infolge Sulfatreduktion schon in geringer Bodentiefe von Eisensulfid schwarz, ebenso die Unterseite grösserer Steine; Kastenrand und Steine mit Algenbewuchs; basale Fadenteile sowie die Steine oft mit starkem Belag von ausgefälltem Kalk; nur spärlich *Chara* (ingeschwemmt?); massenhaft leere Trichopterenköcher und vom Ufer abgespültes Material, wie Moospolster, Holzstücke etc.; zertrümmerte *Viviparusschalen*, *Ancylus*näpfe.

Stufe III: Zur Zeit der Materialentnahme 50 bis 90 cm tief im Wasser; nur allergrösste Sturmwellen vermögen kleinere Steine noch zu bewegen; schon sehr viel feines Material, das während des Sommers eine grosse Sauerstoffzehrung bewirkt und deshalb in ausgeprägtem Masse zur Bildung von Eisensulfid führt; *Chara* häufig, aber wenig zahlreich; Steine bis zu 15×9×6 cm; Kies, Sand; viele Schalen von Schnecken aller Art und von Pisidien; Kalkinkrustationen.

## Chemismus

Was den Chemismus des ufernahen Wassers betrifft, kann nach THOMAS (1960a) ganz allgemein gesagt werden, dass bei windreichem Wetter trotz des starken Stoffwechsels der Ufervegetation im Vergleich mit dem Pelagial praktisch kein Unterschied feststellbar ist.

Sauerstoff: Die genauen Werte der gefundenen Sauerstoffkonzentrationen sind in Tab. I aufgezeichnet. Daraus ist ersichtlich, dass der Sauerstoff stets in reich-



Tabelle 1: Sauerstoffgehalt des Wassers in mg O<sub>2</sub>/Liter.

	Monat	Stufe I	Stufe II	Stufe III
1961	Juni	11,8		
	Juli		13,3	
	August		12,1	10,9
	Oktober		12,4	
	November			9,4
	Dezember	11,4		
1962	Januar	12,3		10,4
	April	12,8	14,6	14,2
	Mai	15,2	14,1	14,7
	Juli	11,5	11,2	14,0

lichem Masse in Lösung war. Einen totalen Sauerstoffschwund, wie ihn THOMAS (1960a) an einer Uferstelle des oberen Zürichseebeckens gefunden hat, stellte ich am untersuchten Orte nie fest.

Wenn HÖHN (1944) schreibt, dass der hohe Sauerstoffgehalt des Uferwassers den völligen Abbau der organischen Stoffe gewährleiste, so ist immerhin zu bedenken, dass die abgesunkenen Feinmaterialien sehr bald in ein Gebiet gelangen, wo das Redox-Potential gegenüber der Platinelektrode schon bald den kritischen Wert erreichen wird, unterhalb dessen Reduktionsvorgänge ablaufen, auch wenn im darüberliegenden Wasser noch viel Sauerstoff festzustellen ist (VOLLENWEIDER, 1951). Darauf deuten jedenfalls die Eisensulfidschichten an den Steinunterseiten, die auch dann (beispielsweise in der Stufe II) gefunden wurden, als im Juli 1962 bei 17° C 11,4 mg Sauerstoff im Liter Wasser gelöst waren. Eine genauere Abklärung dieser Redoxvorgänge im Uferschlamm wäre dringend erwünscht. Dabei kann wohl vorausgesagt werden, dass eine auffallende periodische Verlagerung des kritischen Potentials innerhalb der Schlammmasse und unter den Steinen festgestellt werden dürfte. Wenn LUNDBECK (1936) noch über die Alpenrandseen (zu denen er auch den Zürichsee zählt) schreibt, dass die Seekreide im Litoral häufig — wenn auch nicht immer — unvermischt und rein weiss sei, so weist das auf Verhältnisse, wie sie heute nicht mehr existieren.

### Windeinfluss und Wasserströmungen

Der Untersuchungsort ist west- bis südwestexponiert und somit den hier vorherrschenden Winden in besonderem Masse ausgesetzt. Das hat zur Folge, dass bei Westwindwetter oder Föhn eine je nach der Tiefenlage der Sprungschicht mehr oder weniger mächtige Wassermasse mit den darin enthaltenen Planktonorganismen und Nährstoffen gegen das Ufer getrieben wird. Die Zoozönose kann durch die windbedingten Seeströmungen zweifellos beeinflusst werden: Einmal vermag eine solche Strömung Detritus als Tiernahrung in unmittelbarer Ufernähe anzureichern; dann aber sorgt sie nach THOMAS (1961 und 1961 a) auch dafür, dass festsitzende Uferalgen infolge des ständig anhaltenden Nachschubes von Düngstoffen stark wachsen können, was zu einem andern Aspekt und Biotop führt. Nach STÄDLER (1934) verläuft zudem eine Tangentialströmung nahe der Uferbank vom Tiefenbrunnen, die aber,

verglichen mit der westwindbedingten Querströmung, für den Uferbankbiotop nur von untergeordneter Bedeutung sein dürfte (vgl. auch THOMAS, 1949 und 1950).

## Flora

Höhere Pflanzen fehlen auf der untersuchten Uferbank völlig. *Charastämmchen* wurden ziemlich oft mit den Fangkästen aus der Stufe III heraufgezogen. Beim Verfolgen des Aspektes der Uferbank fallen die durch den Bewuchs mit Algen hervorgerufenen Farbtönungen und deren Änderungen auf, was von THOMAS (1961) beschrieben wurde. Während im Winter und Vorfrühling auf der ganzen Uferbank die Kieselalgen überwiegen, werden die ufernahen Steine im April regelmässig mit Rasen von *Ulothrix* bewachsen. Im Monat Mai beginnt dann gewöhnlich das starke Wachstum der *Cladophora*, deren kräftige Fäden der ganzen Uferbank ein schmutziggelbes Aussehen verleihen. Die Blaualgen und die grünen Fadenalgen fallen als Nahrungslieferanten in lebendem Zustand nicht in Betracht. Immerhin können Algenwatten als Filter dienen, in denen Detritus vorzugsweise hängen bleibt. Auch vermögen ohne Zweifel — wenn auch in sehr geringem Masse — die Fäden der kräftigen, oft kalkinkrustierten *Cladophora* auf schwache Wasserbewegungen unmittelbar über dem Grund bremsend zu wirken. Diese Fadenalgen, die im Sommer infolge des starken Längenwachstums die Wasseroberfläche zu erreichen vermögen, werden oft in grossen Mengen durch Gewitterstürme vom Grund losgerissen und gegen das Ufer getrieben (vgl. THOMAS, 1960). Wenn auch die Fäden im Spätsommer und Herbst nicht mehr in Masse auftreten, verschwinden sie erst gegen Weihnachten fast ganz, zu einer Zeit also, wo sich die Kieselalgen bereits stark vermehrt haben. Auf unserem Steinstrand im Tiefenbrunnen traten nach Mitteilung des kantonalen Laboratoriums unter anderem folgende Algen auf:

<i>Chlorophyta:</i>	<i>Cladophora glomerata</i>
	<i>Microspora cf. floccosa</i>
	<i>Mougeotia sp.</i>
	<i>Oedogonium cf. capillare</i>
	<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>
	<i>Spirogyra sp.</i>
	<i>Stigeoclonium cf. tenue</i>
	<i>Zygnema sp.</i>
	<i>Closterium moniliforme</i>
	<i>Cosmarium sp.</i>
	<i>Pediastrum boryanum</i>
<i>Cyanophyta:</i>	<i>Microcystis flos-aquae</i>
	<i>Oscillatoria limosa</i>
	<i>Phormidium cf. ambiguum</i>

Über die am Ufersaum vorkommenden Kieselalgenarten vgl. THOMAS (1960), wo sich weitere Angaben finden. Ihre Dichte wurde durch das kantonale Laboratorium in den Jahren 1960 und 1961 an verschiedenen Stellen des Zürichsees untersucht. Aus den bisher noch unveröffentlichten Resultaten entnahm ich die Werte für den

Tiefenbrunner Steinstrand. Die daraus resultierende Darstellung ist in Abb. 9 beigegeben.

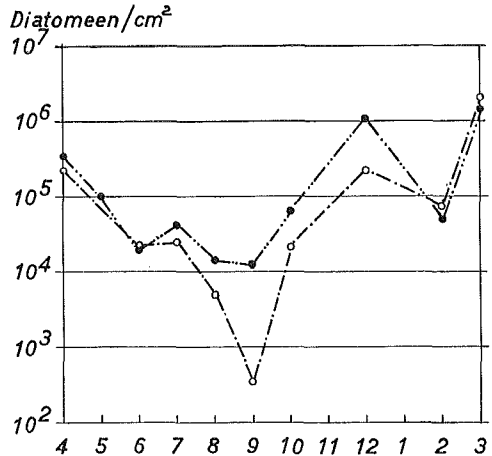


Abb. 9. Diatomeendichten (logarithmisch).  
Einpunktete Linie: Stufe I. Zweipunktete Linie: Stufe II.

Nach einer Studie des kantonalen Laboratoriums (unveröffentlicht).

## II. Methode

In früheren Berichten über quantitative Untersuchungen der Bodenfauna stehender Gewässer waren Angaben über die Fauna des Steinstrandes ungleich spärlicher als solche über Profundal-Abundanzen, was einerseits eine Folge der speziell die Zusammensetzung der Profundalfauna berücksichtigenden Seentypisierung sein mochte, andererseits wohl auch dem Umstand zuzuschreiben war, dass Stichprobennahmen in der Steinzone nicht einfach durch Ausstechen mittels eines EKMAN-Bodengreifers möglich sind.

LENZ (1928 a) empfiehlt für quantitative Arbeiten noch das Sammeln der Steine innerhalb einer abgesteckten Bodenfläche und das Ablesen der sich darauf befindenden Tiere. Er hielt die Anwendung eines Gerätes, mit dessen Hilfe alle Steine der betreffenden Fläche samt den auf und zwischen ihnen lebenden Tieren erfasst werden könnte, als vorerst noch undurchführbar. Auch spätere Neuerungen, wie LANGScher Apparat und Bodenstecher, versagten (nach LENZ) im steinigen Boden. Ich selbst prüfte den mit Stockhalter versehenen EKMAN-Greifer auf seine Tauglichkeit, musste aber bald einsehen, dass selbst Doppelproben regelmässig unbrauchbar waren. Durch derart misslungene Versuche wurde aber der Grund aufgewühlt und feines Material dispersiert, so dass am gleichen Tag am gleichen Ort keine ungestörte Probe mehr hätte entnommen werden können.

BRITT (1955) empfiehlt das Versenken rauher Betonplatten von bestimmter Oberfläche auf den Gewässergrund, die man nach einer gewissen Zeit wieder heraufzieht, um die sich auf ihnen befindlichen Tiere abzulesen. Eine solche Probe ist jedoch nur für die Populationen grosser Steine repräsentativ, welche im Falle des Aufschüttungsstrandes aber die Ausnahme bilden. Da es mir darum ging, auch die zwischen den

Steinen, also an Orten abgelagerten Feinmaterials lebenden Tiere zu erfassen, griff ich eine Idee von PD. Dr. E. A. THOMAS auf und konstruierte Fangkästen, die in den Grund vergraben werden konnten. Dabei sollten die Fangkästen folgenden Anforderungen genügen:

1. Die Tiere müssen sich in allen Richtungen möglichst frei bewegen können.
2. Beim Herausnehmen darf kein Material verloren gehen.
3. Die abzugrenzende Bodenfläche muss gross genug sein, damit man nicht Gefahr läuft, lediglich zufällige Merozönosen aus der betreffenden Tiefenstufe zur Untersuchung zu erhalten.
4. Es müssen alle Tiere, die unter einer bestimmten Bodenfläche leben, erfasst werden.
5. Die Kästen müssen sich leicht vergraben und wieder herausnehmen lassen.

Da verschiedene Anforderungen gegeneinander in Konkurrenz treten, wurde eine Kompromisslösung gewählt, die in Abb. 10 gezeigt ist. Als Material brauchte ich der

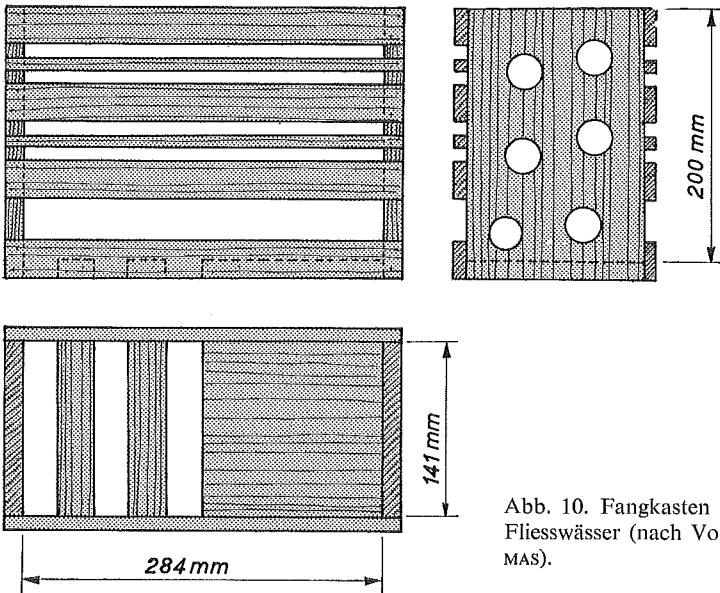
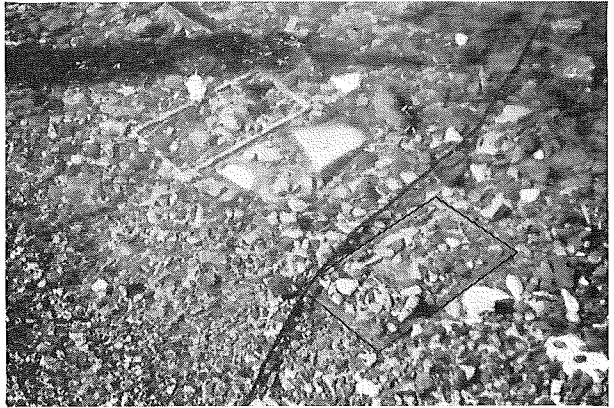


Abb. 10. Fangkasten für steinigtes Ufer oder Fliesswässer (nach Vorschlag von E. A. THOMAS).

leichten Verarbeitung wegen Fichtenholz. Infolge unrichtig gewählten Faserverlaufes an den durchlöchernten Stirnseiten zerbrachen beim Herausnehmen zwei Fangkästen. Bei vertikalem Faserverlauf überstanden die Kästen auch ein mehrmonatiges Eingegrabensein gut und konnten mehrmals eingesetzt werden.

Zum Vergraben der Kästen hob ich mittels Spitzhau und Schaufel eine reichlich grosse Mulde aus und stellte den Kasten hinein. Hierauf schüttete ich das herausgenommene Material wieder in die Mulde, sorgfältig darauf bedacht, dass die zuoberst liegenden Steine nach Grösse und Dichte der Verteilung der Umgebung entsprachen. Die Kästen wurden nun mindestens einen Monat, in den meisten Fällen aber zwei bis

Abb. 11. Fangkästen in 20 cm Wassertiefe. Der vordere, schwarz umrandete zeigt die erstrebenswerte Bodenbündigkeit. Er wurde noch am gleichen Tag herausgenommen (23. Mai 1962). Die Auszählung ergab 132 Tiere pro Kasten, was einer Abundanz von 33 Tieren pro  $\text{dm}^2$  Bodenfläche entspricht.



drei Monate an Ort belassen (Abb. 11). Die Lage der Kästen wurde durch Einmessen von drei Fixpunkten aus festgehalten, eine Massnahme, die sich besonders dann als nützlich erwies, wenn die Kästen an einer Stelle unvorhergesehener Geschiebeakkumulation bodenbündig versetzt worden waren und später, weil von Kies überdeckt, ohne Durchpflügen des Seegrundes nicht mehr hätten aufgefunden werden können. Ohne grosse Mühe liessen sich dann derart überdeckte Kästen durch leichtes Anheben mit ihrem oberen Rahmenrand wieder auf Bodenniveau bringen. Wenn aber ein genau eingepasster Kasten einige Zentimeter aus dem Grund herauszuragen begann, liess sich das nicht mehr korrigieren. Dies betraf ausschliesslich Kästen im unmittelbaren Brandungstreifen (Tiefenstufe I). Auch glich sich in diesem Falle das Geschiebeniveau innerhalb des Kastens genau dem des umliegenden Grundes an, so dass auch hier mit gleichen Bedingungen im Kasten wie ausserhalb gerechnet werden konnte. Mit Ausnahme eines meiner ersten Fangkästen, die ich nicht genügend tief eingegraben hatte, wurde nie einer ausgespült.

Die Kästen wurden so vergraben, dass in allen Tiefenstufen jederzeit mindestens einer greifbar war, der länger als einen Monat an Ort und Stelle gelegen hatte. In den ersten acht Monaten der Beobachtungszeit entnahm ich jeden Monat mindestens einen Kasten und wechselte dabei von Fang zu Fang die Tiefenstufe. Über die entnommenen Proben orientiert die Tab. 2.

### Hilfs- und Kontrolluntersuchungen

Da die chemischen Verhältnisse des Zürichsees laufend durch die limnologische Abteilung des kantonalen Laboratoriums (Leitung: PD. Dr. E. A. THOMAS) untersucht werden, konnte ich mich auf das Messen der Temperatur und des Sauerstoffgehaltes des Wassers beschränken, die beide in der Uferregion grösseren Schwankungen unterworfen sind als im Pelagial. Zur Temperaturmessung bediente ich mich eines elektrischen Thermometers, das nach Eichung mit einem Quecksilberthermometer eine rasche und auf  $\pm 0,1^\circ \text{C}$  genaue Ablesung gestattete.

Für faunistische Vergleiche standen mir ferner 26 Bodenproben zur Verfügung, die durch die Taucherequipe der Stadtpolizei Zürich bei ihrem Tauchtraining und im

Tabelle 2. Verzeichnis der Probennahmen.

	Monat	Stufe I	Stufe II	Stufe III
1961	Juni	A 027		
	Juli		A 028	
	August		A 030	A 031
	September	A 033		
	Oktober		A 034	
	November			A 035
	Dezember	A 036		
1962	Januar	A 038	*	A 037
	April	A 041	A 040	A 042
	Mai	A 043	A 044	A 045
			A 046**	
	Juli	*	A 047-49	A 052
			A 050	A 053**

\* Geplante und verunglückte Probennahme.

\*\*Parallelprobe aus der Uferbank bei Brandis/Zollikon.

Verläufe topographischer Untersuchungen während der Monate April und Mai 1961 im Bereiche des Seeabflusses und des unteren Seebeckens mittels des EKMAN-Greifereis freundlichlicherweise beigebracht wurden. Da ich aber zu jener Zeit noch die für Profundaluntersuchungen übliche Aussiebmethode anwendete, können die quantitativen und zöologischen Resultate nicht mit denen der Fangkastenpopulationen verglichen werden. Es zeigte sich nämlich, dass allzuvieler Tiere durch die verwendeten Siebe von 0,5 mm Maschenweite schlüpften und so einer Zählung entgingen.

## Probennahme

Obschon das Material im Bereich der Kästen infolge der Anschwemmung von Feinmaterial (Seekreide und Detritus) rasch zusammenbackte, konnten die Kästen in den meisten Fällen ohne vorhergehendes Graben oder Lockern von Hand angehoben und herausgenommen werden. Dabei war es von Vorteil, den Kasten unmittelbar vor dem Herausnehmen mit einer Plastikfolie zu bedecken, um dadurch der Gefahr zu begegnen, durch das Aufziehen Planktontiere der darüberliegenden Wassersäule in den Kasten einzufangen. Sofort nach dem Herausnehmen trug ich den Kasten in einer Plastikwanne in das Werkstattgebäude der Seepolizei und notierte die ersten Eindrücke, wie Verlauf der Grenze des abgesonderten Eisensulfids, Aufwuchs, Grösse der Steine etc. Hierauf untersuchte ich die Steine auf das Vorhandensein von Tricladen-Turbellarien, die zur Formolfixierung ungeeignet sind und übertrug sie mittels eines weichen Pinsels in ein Gefäss mit Leitungswasser. Die Turbellarien (mit Ausnahme der Rhabdocoelen) bestimmte ich lebend und fixierte sie hernach mit kochender Salpetersäure-Sublimat-Lösung. Den Inhalt des Kastens leerte ich in eine weisse Plastikwanne. Eventuell vorhandener Kastenaufwuchs wurde separat behandelt. Für die quantitative Auswertung wurde nur der tatsächliche Inhalt des Kastens, also der Grundquader unter vier Quadratdezimeter Bodenfläche verwendet. Tiere (in der

Hauptsache Oligochaeten und Hirudineen), die an den Innenflächen des Kastens haften, zählte ich als zum Inhalt des Kastens gehörend. Die grösseren Steine wurden nun mittels eines weichborstigen Malerpinsels in Leitungswasser abgebürstet und — nachdem deren Oberfläche unter Zuhilfenahme einer Stirnlupe auf eventuell noch vorhandene Tiere kontrolliert worden war — weggeworfen. Die abgewaschenen Tiere wurden dann, zusammen mit denen, die sich im feineren Material befanden, durch Formalin fixiert und anschliessend ins Laboratorium verbracht.

### Das Heraussuchen und Auszählen der Tiere

In den ersten acht Monaten pflegte ich den ganzen Inhalt der Kästen zu durchmustern. Zu diesem Zwecke brachte ich soviel Kies, Sand und Feinmaterial in eine Petrischale, dass der Boden von einer möglichst einfachen Schicht bedeckt war. Anschliessend durchmusterte ich das Material unter einer siebenfach vergrössernden Prismenlupe und übertrug die herausgelesenen Tiere in eine 6%ige Formalinlösung. Dabei nahm ich bereits eine erste Sortierung vor. Durch diese Methode ist auch die Abgrenzung des Begriffs «Makrofauna» gegeben: Alle Tiere, die ich bei siebenfacher Vergrösserung erkennen konnte, wurden quantitativ erfasst. Dass eine solche Abgrenzung des Begriffs willkürlich ist, besonders innerhalb von Tiergruppen, die grosse und kleine Tiere umfassen, sei zugegeben, doch schien es mir wenig sinnvoll, aus diesem Grunde ganze Klassen einfach wegzulassen. Erst während meiner Auszählarbeit gelangte ich in den Besitz einer Publikation von LAUFF et al. (1961), in welcher eine neue Methode für das quantitative Erfassen von Tieren der Stein- und Kieszone beschrieben wird, die meines Erachtens geeignet gewesen wäre, das Herauslesen der Tiere wesentlich zu vereinfachen. Es wird darin ein Apparat empfohlen, mit dem durch Einblasen von Luft am Grunde eines Zylinders die sich im Sand und Kies befindlichen Tiere emporgewirbelt und oben leicht abgefangen werden können.

Um im Jahre 1962 Parallelproben in allen drei Tiefenstufen nehmen zu können, änderte ich die Methode. Ich entnahm weiterhin eine gleich grosse Bodenprobe, wusch nach oben beschriebener Art alle als Träger von Merozöosen in Frage kommenden Steine wie ehemals ab und entnahm dem verbleibenden feinem Material eine möglichst zufällige zweite Stichprobe, im folgenden kurz «Muster» genannt. Zu diesem Behuf stellte ich in ein zylindrisches Standgefäss einen zweiten Zylinder, dessen Querschnitt dem fünften Teil der nicht durch die Musterzylinderwandung abgedeckten Grundfläche des Standzylinders entsprach. Das zu untersuchende Material wurde nun in beiden Zylindern auf gleiche Höhe eingefüllt. Das im Musterzylinder befindliche Fünftel wurde weiterverarbeitet und der Rest weggeworfen. Das Auszählresultat von 6 Fängen, bei denen ich sowohl die in den Mustern als auch die total in den Fängen gefundenen Individuen erfasste, ergab mit 1012 Tieren in den Mustern  $20,7 \pm 1,5\%$  der total gefundenen (Vertrauensgrenze für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit). Die Annahme, dass ich im Muster den fünften Teil aller Individuen des Kastens vorfinden würde, ist sicher bei grossen Abundanzten nur mit einem kleinen Fehler behaftet. Um von den Musterwerten zu den Abundanzwerten in Individuen pro  $\text{dm}^2$  zu gelangen, hatte ich die in den Mustern gefundenen Individuenzahlen lediglich mit dem Faktor 1,25 zu multiplizieren.

## Statistische Sicherungen

Für die Berechnung der Verlässlichkeitsintervalle bei Prozentwerten sowie für die Beurteilung von Homogenitäten wurde, falls nicht anders angegeben, eine maximale Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% zugrunde gelegt. Die Berechnungen wurden zum Teil nach HENRYSSON et al. (1960) gemacht. In den folgenden Ausführungen wird der Ausdruck «gesichert» konsequent für «signifikant» oder für «statistisch gesichert» verwendet.

## III. Zöologische Charakteristica

(vgl. BALOGH 1958)

### Abundanz

Mit Abundanz (A) wird in dieser Arbeit die durchschnittliche Individuenzahl bestimmter systematischer Gruppen von Bodentieren bezeichnet, die auf und unter einer Grundfläche von 1 dm<sup>2</sup> leben. Unter Gesamtabundanz (GA) ist sinngemäss die Zahl aller erfassten Tiere pro dm<sup>2</sup> Bodenfläche zu verstehen.

### Zoomasse

Um ein Mass für die Zoomasse zu erhalten, schloss ich den organisch gebundenen Stickstoff nach KJELDAHL (Vorschrift H 11 des deutschen Einheitsverfahrens zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung) auf und titrierte ihn. Die Blindproben wurden kolorimetrisch untersucht. Das Stickstoffverfahren hat gegenüber andern den Vorteil, dass auch die Formolkonserven genau ausgewertet werden können. Ferner werden vom Darminhalt der Detriusfresser wirklich nur diejenigen Stoffe erfasst, die organisch gebundenen Stickstoff enthalten und so eventuell als Nahrung in Frage kommen, während mineralische Darminhalte und anklebende Sandkörner das Resultat nicht zu verfälschen vermögen. Um meine Resultate mit denen anderer Autoren vergleichen zu können, musste der N-Wert in das Frischgewicht umgerechnet werden. Der Vergleich zwischen dem Frischgewicht von Lumbriciden mit dem Resultat der Stickstoffbestimmung liess erkennen, dass letzteres mit dem Faktor 60 zu multiplizieren war, um das ungefähre Frischgewicht zu erhalten. Diese Relation wurde auch für die Berechnung der Frischgewichte kleinerer Tiere beibehalten.

### Dominanzen

Dominanzen eignen sich gut als Charakteristika der relativen Menge.

Unter der Individuendominanz (ID) verstehen wir den prozentualen Anteil der Individuen einer bestimmten systematischen Gruppe, bezogen auf die totale Individuenzahl der im betreffenden Muster gefundenen Makrofauna.

Die Zoomassendominanz (ZD) gibt den organisch gebundenen Stickstoff einer bestimmten systematischen Gruppe in Prozenten des gesamten organisch gebundenen Stickstoffes im betreffenden Muster an.



## Konstanzen

Unter der Konstanz (K) einer bestimmten systematischen Gruppe versteht man die Zahl der Fänge, in denen sie vorkamen, ausgedrückt in Prozenten der total gemachten Fänge.

## IV. Systematischer Teil

## A. Stamm Coelenterata

Klasse *Hydrozoa*

Als Vertreter dieser Klasse fanden sich während der Sommer- und Herbstmonate Individuen von *Pelmatohydra oligactis* SCHULZE. Die Abundanzen und die Individuendominanzen sind in der Tab. 3 zusammengestellt. Auf eine Zoomassenbestimmung wurde bei diesen kleinen Tieren verzichtet.

Tabelle 3. Abundanzen und Individuendominanzen von *Pelmatohydra oligactis*.

Monat		Stufe	A Ind./dm <sup>2</sup>	ID %
1961	Juni	I	2	0,8±0,6
	Juli	II	¼	—
	August	II	1	—
	August	III	1	—
	Oktober	II	92	14,9±2,8
	November	III	1	—
1962	Juli	II	37	1,9±0,6
	Juli	III	6	—

Auffallend ist, dass alle Individuen der gleichen Art angehörten. Die grössten Abundanzen entfallen auf die Stufe II.

## B. Stamm Platyhelminthes

Klasse *Turbellaria*1. Ordnung *Rhabdocoelida*

Rhabdocoele Turbellarien fanden sich in allen drei Stufen, wenn auch nur in kleiner Anzahl in zwei Dritteln aller Fänge. Infolge ihrer Kleinheit konnten sie nirgends einen nennenswerten Beitrag an die Zoomasse liefern. Die maximale Abundanz stellte ich mit 42 Individuen pro dm<sup>2</sup> im Juli 1962 fest. Sie scheinen überhaupt vornehmlich sommer- und herbsthäufig zu sein. Im Mai waren alle drei Stufen frei von

Rhabdocoelen. In bezug auf die Individuendominanz lagen die Maxima mit  $2,9 \pm 1,6\%$  im Dezember in der Stufe I und mit  $2,1 \pm 0,6\%$  im Juli in der Stufe II.

## 2. Ordnung *Tricladida*

Wenngleich ich im Januar 1961 zwei Planarien auf  $4 \text{ dm}^2$  Bodenfläche der Stufe I fand, so zeigten sie sich ausschliesslich in der Stufe III heimisch, und zwar nur in den Spätsommer- und Herbstmonaten. Im Frühjahr bis in den Sommer hinein waren sie nie zu finden. Die maximale Abundanz wurde im November mit 15 Individuen auf dem  $\text{dm}^2$  Bodenfläche erreicht. Dies waren  $5,1 \pm 1,3\%$  aller erfassten Tiere.

Die Planarien als relativ grosse Tiere vermögen mit ihrer Zoomassendominanz, wenn auch in bescheidenem Masse, ins Gewicht zu fallen. So betrug die Zoomassendominanz im August 1961 ( $A = 5/\text{dm}^2$ ) immerhin  $1,2\%$  bei einer Individuendominanz von nur  $0,65 \pm 0,3\%$ . Sie trugen dort eine Zoomasse von  $0,91 \text{ mg}$  Stickstoff pro  $\text{dm}^2$  bei.

Die gestielten Kokons traten ebenfalls nur in den Monaten August und November auf, und zwar in einer Dichte von maximal 5 pro  $\text{dm}^2$  Bodenfläche.

Diese Ausführungen beziehen sich gesamthaft auf die vier Arten *Planaria torva* MÜLLER, *P. gonocephala* DUGÈS, *P. polychroa* O. SCHMIDT und *P. lugubris* O. SCHMIDT. *P. torva* ist wohl eher im späteren Herbst zu finden, zusammen mit *P. gonocephala*. *P. polychroa* trat eher im Herbst auf. *P. lugubris* fand sich in 7 Meter Tiefe unter der Quaibrücke.

Interessant ist, dass die in norddeutschen Seen litoral häufigste Art *Polycelis tenuis* im Bereich meiner Untersuchung fehlt. Auch *Dendrocoelum lacteum*, welche Art von HÖHN am Steinstrand des oberen Zürichsees gefunden wurde, trat in meinen Proben nicht auf.

## C. Stamm Annelida

### Klasse *Clitellata*

#### 1. Ordnung *Oligochaeta*

Oligochaeten fehlten in keinem der Fänge.

LUNDBECK (1936) erwähnt für das Profundal des Zürichsees das Massenvorkommen von  $21\,000 \text{ Ind./m}^2$ . Die von mir beobachtete maximale Abundanz übertrifft diesen Wert um das Vierfache. Zwar ist das Nahrungsangebot in tieferen Regionen infolge des pausenlos absinkenden toten Planktons aus den mächtigeren überliegenden Wasserschichten zweifellos grösser. Das Litoral weist demgegenüber andere, nicht minder gewichtige ökologische Vorteile auf. Ich denke an das meist sauerstoffgesättigte Wasser. Auch wird durch den Wellenschlag laufend Detritus nachgeliefert. Dann ist festzuhalten, dass es sich in der überwiegenden Mehrzahl um kleine bis kleinste Tiere handelt, die mit einem Minimum an Nahrung leben können. Naididen sind ausserdem zum Teil räuberisch und finden im Litoral reiche Jagdgründe. Gerade auch mittelgrosse Oligochaeten machen sich die vorhandenen Insektenlarvengespinnste zunutze, die als eigentliche Detritusakkumulatoren angesehen werden können. Hingegen enthielten die dichten Fadenalgenwatten relativ wenige Oligochaeten. Dass sich

die Oligochaeten bis über einen Dezimeter in den Boden zu bohren vermögen, zeigt die Erfahrung, dass an den Unterseiten der Fangkästen solche Würmer gelegentlich vorhanden waren. Eine sichere Bestimmung der Arten oder auch nur der Gattungen während der Auswertung der Muster war mir nicht möglich. Die Klassifizierung der Tiere erfolgte vorab rein gefühlsmässig in kleine, mittlere und grosse Tiere. Da besonders die grossen beim Einholen der Fangkästen durch Geschieberegungen fast ausnahmslos fraktioniert wurden, zählte ich nur diejenigen Fragmente, die eindeutig einen Kopfappen besaßen. Jedoch wurden auch die kopflosen Stücke für die Zoo-massenbestimmung aufgespart. Von jedem Fang wurde ein möglichst vielgestaltiges Muster der Artbestimmung zugeführt.

Abb. 12 veranschaulicht die Abundanzen der Oligochaeten in den drei Tiefen-

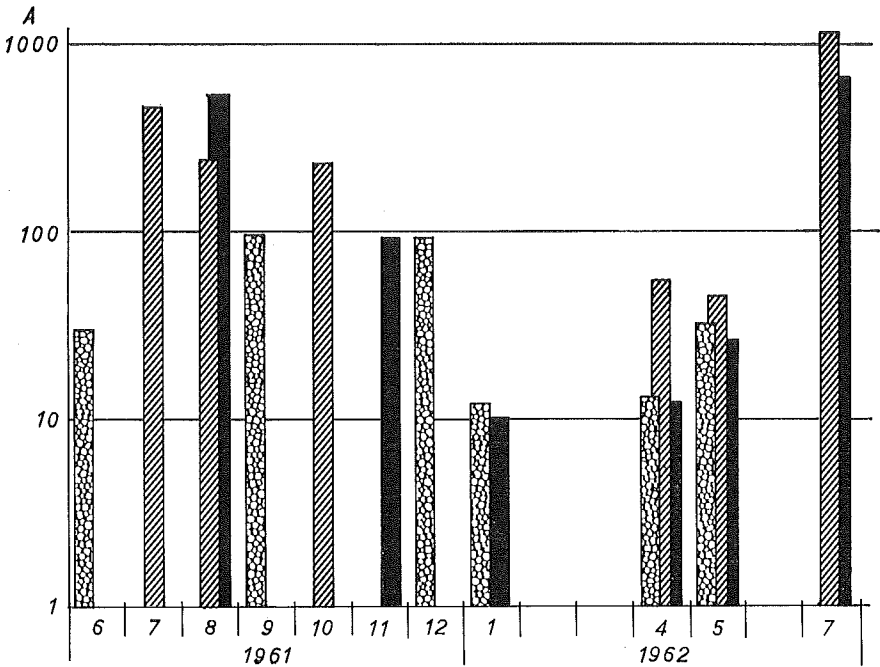


Abb. 12. Abundanzen der Oligochaeten. Die Monate, in denen Proben genommen wurden, sind als Abszissenzahlen angeschrieben.

Gekörnelt: Stufe I. Schraffiert: Stufe II. Schwarz: Stufe III.

stufen. Sie schwanken von 10 bis 1098 Individuen pro dm<sup>2</sup>. Dabei enthielt die Stufe II sowohl bezüglich Zahl der Tiere wie auch zoomassenmässig am meisten Oligochaeten. Dabei sind die Abundanzunterschiede zwischen den Stufen II- und III im April gesichert, in den übrigen Fällen der Monate April und Mai nicht.

Die Individuendominanzwerte der Oligochaeten als Ganzes sind in Abb. 13 dargestellt.

Bei kleinen Tieren vermag die Individuendominanz unter Umständen nicht viel

zu bedeuten. Wünschbar wäre es, in jedem Falle auch die Zoomassendominanz angeben zu können. Wenigstens habe ich in einem Fange die Zoomasse bestimmt. Aus technischen Gründen fielen Fänge mit kleinem Oligochaetenbestand ohnehin ausser Betracht.

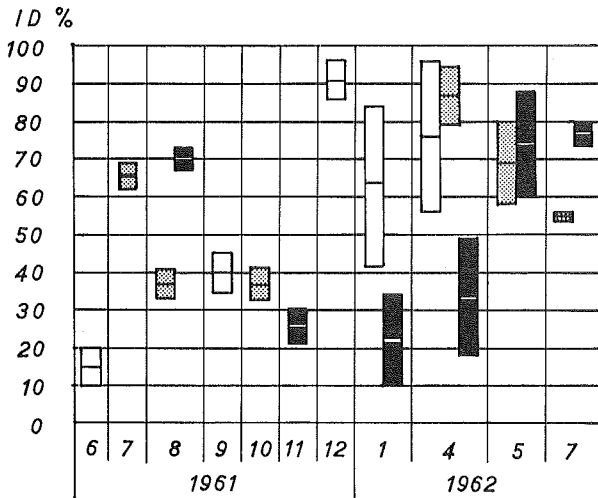


Abb. 13. Individuendominanzen der Oligochaeten mit Vertrauensgrenzen.

Weiss: Stufe I.  
Grau: Stufe II.  
Schwarz: Stufe III.

Tabelle 4. Dominanzen der Parallelfänge vom Juli 1962.

Stufe	Tiefenbrunnen		Brandis/Zollikon
	II	III	II/III
ID	55,1 ± 2,2	77,0 ± 2,8	43,3 ± 4,0
ZD	36,6	12,9	46,8
ZD der <i>Naididae</i> und kleinen Oligochaeten	19,3	8,5	7,3

Es zeigt sich, dass die ID- und ZD-Werte in den verschiedenen Stufen einander nicht proportional sind. Dabei kann es wegen der starken Grössenunterschiede der Oligochaeten nicht erstaunen, dass in der Stufe II zum Beispiel 47% der Oligochaetenzoomasse auf nur 7,1% der gezählten Oligochaeten entfallen, in der Stufe III 30,5% des Stickstoffs auf 5,3% der Tiere. Ganz extrem waren die Verhältnisse bei Brandis/Zollikon, wo 60,8% des Oligochaetenstickstoffs auf zwei Exemplare von *Branchiura sowerbyi* (= 0,8% aller Oligochaeten!) entfielen. Absolut ergab die Bestimmung des organisch gebundenen Stickstoffs der Oligochaeten folgende Werte:

Tabelle 5. Zoomassen und Gewichte pro dm<sup>2</sup> Bodenfläche (Juli 1962).

Stufe	Tiefenbrunnen		Brandis/Zollikon
	II	III	II/III
Oligochaetenstickstoff	2,4 mg	1,39 mg	4,6 mg
Eiweissmenge ca.	15,0 mg	8,6 mg	28,8 mg
Lebendgewicht ca.	148 mg	84 mg	284 mg

Tabelle 6. Mittlerer N-Gehalt von Einzeltieren.

Stufe	Tiefenbrunnen		Brandis/Zollikon II/III
	II	III	
<i>Naididae</i> und kleine Oligochaeten	1,28 µg	1,46 µg	2,57 µg
Mittelgrosse bis grosse Oligochaeten	15,1 µg	13,6 µg	94,8 µg
Gesamtmittel	2,20 µg	2,10 µg	13,89 µg

Auch ohne Berücksichtigung der vielleicht doch stark zufällig aufgefundenen grossen *Branchiura sowerbyi* bei Brandis — auch im Tiefenbrunnen mussten zu jener Jahreszeit welche vorhanden gewesen sein — ergäbe sich ein Gesamtmittel von 5,62 µg/Ind., was mehr als das Doppelte des entsprechenden Mittels beim Tiefenbrunnen darstellt. Hingegen beträgt der absolute Oligochaetenstickstoff unter Weglassung der beiden *Branchiura sowerbyi* nur noch 1,82 mg N/dm<sup>2</sup> und zeigt damit ein Resultat, das ziemlich genau der Mitte zwischen den Fängen II und III im Tiefenbrunnen entspricht. Somit fiel im Steinstrand von Brandis ungefähr die gleiche Stickstoffmasse auf weniger, dafür grössere Oligochaeten. Zum Vergleich seien noch Stickstoffgehalte anderer Tiefenbrunner Tiere aufgeführt:

Hirudineen: 136—2690 µg  
 Schnecken: 168— 534 µg

BERG errechnet die Biomasse durch Multiplikation der Individuenzahlen mit einem mittleren Lebendgewicht und erhält für den Esrom-See in 0,2 m Tiefe 6 mg Oligochaeten/dm<sup>2</sup> und in 2 m Tiefe 45 mg, also Werte, die wesentlich kleiner sind als die von mir festgestellten. Wenn nach BERG (1938) im Esrom-See unter anderem die *Naididae* quantitativ überhaupt nicht von Bedeutung sind, so liegen mindestens im eulitoralen Bereich des Zürichsees die Verhältnisse anders (vgl. letzte Zeile in Tab. 4).

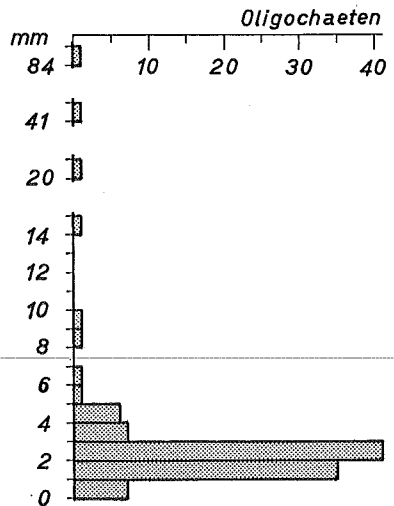


Abb. 14. Grössenverteilung der Oligochaeten des Fanges vom Juli 1962 aus der Stufe II.

Größenverteilung. Damit ein Eindruck über die Größen der Oligochaeten gewonnen werden konnte, habe ich in einem Fang (Juli 1962, Stufe II) jeden zehnten intakten Wurm gemessen und dabei die in Abb. 14 aufgezeichnete Verteilung der Größen gefunden. Das Mittel betrug 3,86 mm, die Standardabweichung 2,60 mm.

## Systematische Übersicht

### Familie *Naididae*

Abgesehen von einem einzigen Fang im Dezember traten die *Naididae* hauptsächlich vom Frühsommer bis in den Herbst in allen drei Tiefenstufen in Erscheinung. Ihr Abundanzmaximum liegt in der Stufe II. Eigenartigerweise wurden im Juli 1961 in eben dieser Stufe ausserordentlich wenige Vertreter dieser Familie im Kasten gefunden. Bei gelegentlichen Fängen mit dem EKMAN-Greifer wurden sie bis zu Wassertiefen von 16 m (Mai 1961 vor dem Zürichhorn) erbeutet. Ich konnte folgende Arten bestimmen:

- Chaetogaster diaphanus* GRUITHUISEN 1828  
*Nais* cf. *communis* PIGUET 1906, *N. barbatus* MÜLLER 1773,  
*N. bretscheri* MICHAELSEN 1899  
*Stylaria lacustris* LINNAEUS 1776  
*Pristina* EHRENBERG 1831 sp.

Da *Stylaria* ausnahmsweise auf den ersten Blick erkennbar ist, kann ich von dieser Art die genaueren Fundumstände angeben: Sie wurde in der Stufe II in den Monaten Juli, August und Oktober, in der Stufe III nur im August gefangen.

Die Artenliste der Familie *Naididae* erhebt nicht Anspruch auf Vollständigkeit, so dass möglicherweise die von HÖHN (1944) aus dem oberen Zürichsee gemeldeten Arten wie *Spectaria josinae* (= *Nais jorsinae* bei HÖHN), *Nais variabilis*, *N. elinguis* sowie *Slavinia appendiculata* auch noch gefunden werden könnten.

### Familie *Tubificidae*

Es wurden im Tiefenbrunner Steinstrand folgende Arten festgestellt:

- Limnodrilus hoffmeisteri* CLAPARÈDE 1862  
*L. claparèdeanus* RATZEL 1848  
*L. udekemianus* CLAPARÈDE 1862  
*Tubifex tubifex* MÜLLER 1774  
*T. ignotus* STOLC 1886  
*Euiliodrilus hammoniensis* MICHAELSEN 1901  
*Psammoreyctes barbatus* GRUBE 1861  
*Peloscolex ferox* EISEN 1879  
*Branchiura sowerbyi* BEDDARD 1862

*Limnodrilus hoffmeisteri* zeigte die grösste Konstanz; er war in allen Fängen vertreten. Auch in gelegentlich gemachten EKMAN-Fängen wurde er im Gebiete der Quaibrücke, des Utoquais und des Zürichhorns in Tiefen von 4—7 m festgestellt. Die zweitgrösste Konstanz erreichte *Tubifex ignotus* (90%), gefolgt von *Psammoreyctes*

*barbatus* mit 60%. *Psammoryctes albicola* fehlte am untersuchten Ort, wurde aber vor dem Zürichhorn in 9 m Tiefe festgestellt.

#### Familie *Lumbriculidae*

Eigenartigerweise wurde diese Familie im Tiefenbrunnen nicht festgestellt. Hingegen fing sich *Stylodrilus heringianus* CLAPARÈDE im Gebiet der Quaibrücke in 4 m Tiefe.

#### Familie *Lumbricidae*

*Eiseniella tetraedra* SAVIGNY 1826 wurde einmal unmittelbar in der Uferlinie gefangen.

#### Familie *Enchytraeidae*

Nicht näher bestimmte Vertreter dieser Familie wurden einmal in der Tiefenstufe II aufgefunden.

### 2. Ordnung *Hirudinea*

Wenn es im Bereich der Brandungszone Tiere gibt, die ganz besonders geeignet zu sein scheinen, dem bewegten Wasser widerstehen zu können, dann sind dies die Egel, die vermöge ihrer Haftscheiben sich derart fest an das Substrat ansaugen können, dass es sogar bei aus dem Wasser herausgenommenen Steinen schwer hält, sie abzulesen. Unter Wasser kommt zum anpressenden Luftdruck noch der Wasserdruck, der die Festhaltevorrückung noch wirksamer werden lässt. Nun leben die Egel des Steinstrandes aber selten in den typisch lotischen Bezirken, sondern ziehen die Unterseite von grösseren Steinen, also Orte stillen Wassers als Lebensstätte vor. Tiere wie die Rüsseegel, die sich vor allem aus dem Blute von Weichtieren ernähren, brauchen diesen Biotop nicht zu verlassen, da beispielsweise Schnecken der Gattung *Lymnaea* auch unter Steinen anzutreffen sind. Schlundegel, deren Hauptbeutetiere Chirono-

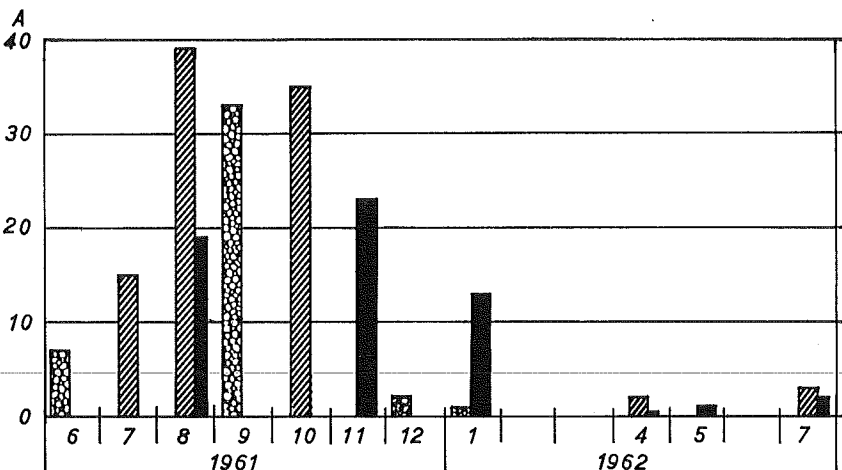


Abb. 15. Abundanzen der Egel. Gekörnelt: Stufe I. Schraffiert: Stufe II. Schwarz: Stufe III.

midenlarven und Oligochaeten sind, müssen indessen auch die detritusreichen Steinzwischenräume und die Watten der Algen aufsuchen, wobei sie sofort aus dem lenitischen Bereich hinausgelangen. Die Egel sind Tiere von erheblicher Grösse und vermögen so einen beträchtlichen Anteil des tierorganischen Materials auszumachen. So ergab zum Beispiel die Analyse des Fanges vom Oktober 1961 (Stufe II) 14,1 mg organisch gebundenen Stickstoff, der von 27 Egel herrührte, während im gleichen Fang gezählte 24 Schnecken nur 4,1 mg N beisteuerten.

Die Abundanzverhältnisse der Egel sind aus Abb. 15 ersichtlich. Die Abundanz erreicht in den Monaten August bis Oktober ihr Maximum, während im Frühjahr in den untersuchten Wassertiefen praktisch keine Egel zu finden sind. Der Frühling 1962 begann biologisch ungefähr einen Monat später als der des Vorjahres, was erklärt, dass im Juli 1962 noch nicht die gleich hohe Abundanz gefunden werden konnte wie im Juli des Jahres 1961.

### Unterordnung *Rhynchobdella*

#### Familie *Glossiphoniidae*

*Glossiphonia complanata* LINNAEUS 1758. Ich fand diesen schön gezeichneten knorpeligen Egel zweimal in aufeinanderfolgenden Fängen in der Stufe III (August und November 1961). Die Abundanz betrug im Maximum 1,2 Ind./dm<sup>2</sup>. BERG (1938) fand diesen Egel im Esrom-See in Tiefen von 0—14 m, konnte aber in keinem Falle Abundanzen von mehr als 0,6 angeben. *G. complanata* ist auch aus dem Litoral hochalpiner Seen bekannt und wurde durch HÖHN (1944) auch für den oberen Zürichsee nachgewiesen.

*Helobdella stagnalis* trat mit beachtlicher Konstanz in allen drei Stufen auf. Auch in beiden Vergleichsproben von Brandis/Zollikon war dieser Egel vorhanden. Der Vergleich der Konstanz von *Helobdella* mit denen des weiter unten zu besprechenden Schlundegels *Herpobdella* sei durch Tab. 7 veranschaulicht:

Tabelle 7. Konstanz der häufigsten Egel.

	<i>Helobdella</i>	<i>Herpobdella</i>
Stufe I	33 %	83 %
Stufe II	56 %	78 %
Stufe III	67 %	100 %
Total	48 %	86 %

Die grösste Abundanz fand ich im August 1961 in der Stufe II, wo ich 16 Individuen pro Quadratdezimeter auszählte. *Helobdella* erwies sich während der Untersuchungsperiode als ausgesprochen spätsommer- bis herbsthäufig. BERG (1938), der diese Art im Esrom-See aus Tiefen von 0—11 m meldet (Maximum bei 2 m mit 1 Ind./dm<sup>2</sup>), konnte dort keine jahreszeitliche Periodizität feststellen. Es ist möglich, dass sie mit zunehmender Wassertiefe an Prägnanz verliert. Im Zürichsee geht *Helobdella* mindestens bis in Tiefen von 9 m, was durch einen Fang vom Mai 1961 vor dem Zürichhorn belegt werden kann.



Von den übrigen von HÖHN (1944) im oberen Zürichseebecken nachgewiesenen Rüsselegeln, wie *Piscicola geometra*, *Hemiclepsis marginata*, *Glossiphonia heteroclita* sowie von *Protolepsis tessellata*, welcher durch E. A. THOMAS bei Stäfa in 0,5 m Tiefe gefangen wurde, fand ich beim Tiefenbrunnen und bei Brandis/Zollikon kein Exemplar. Auch den Kieferegel *Haemopsis sanguisuga*, der mir aus den 30er Jahren vom entsprechenden Steinstrand in Wollishofen in Erinnerung ist, suchte ich in meinen Fängen vergeblich.

Unterordnung *Pharyngobdella*

Familie *Herpobdellidae*

*Herpobdella octoculata* LINNAEUS 1758. HÖHN (1944) nennt diesen Schlundegel einen Dauerbesiedler der Steinunterseiten. Auch ich fand diese Art mit grosser Konstanz (siehe oben). In einem der Vergleichsfänge bei Brandis/Zollikon (Stufe II, Juli 1962) war er allerdings nicht vorhanden. Hingegen fing ich ihn vor dem Zürichhorn noch in einer Tiefe von 16 m. Die Tiere sind gegen Sauerstoffschwund ziemlich unempfindlich, was ihnen speziell dann zum Vorteil gereicht, wenn bereits die Steinunterseiten einen Belag von Eisensulfid erhalten. Das Abundanzmaximum stellte ich im Oktober 1961 fest, wo in der Stufe II pro dm<sup>2</sup> 27 Individuen gezählt wurden. Im Esrom-See fand BERG (1938) maximal 5 Ind./dm<sup>2</sup> in 1 m Tiefe.

Die jahreszeitliche Periodizität der Abundanz ist unverkennbar. Das Maximum scheint sich mit zunehmender Wassertiefe vom Hochsommer gegen den Spätherbst und Winter zu verlagern. In allen drei Stufen sind die Frühlingsmonate sehr arm an *Herpobdella*. Im Juli 1961 fand ich in der Stufe II viele Kokons mit 1 bis 5 Embryonen. Häufig schauten bei fixierten Tieren erst kurz vor dem Tod verschluckte Beutetiere in noch völlig unversehrtem Zustand zur Mundöffnung, einmal auch zum After heraus. Sie mochten wohl während der Agonie ausgepresst worden sein. Bei der Sektion einer *Herpobdella* fand ich als Darminhalt in noch völlig unverdaulichem Zustand einen Oligochaeten, der länger war als der Egel, einen kleineren Oligochaeten sowie eine ganze Chironomidenlarve. Einige schon stark verdaute Überreste früherer Mahlzeiten konnten nicht bestimmt werden.

Eindeutig geschlechtsreife Tiere stellte ich im Oktober fest.

Die Grösse der Tiere schwankte beträchtlich, wie aus Tab. 8 ersichtlich ist.

Abb. 16. Individuendominanzen von *Herpobdella* (schwarze Flächen) und von *Helobdella* (graue Flächen) mit den Vertrauensgrenzen. Römische Zahlen: Tiefenstufen. Im Januar 1962 betrug der Wert für *Helobdella*  $26,7 \pm 13,1\%$ . Wo die entsprechenden Egel gefangen wurden, ihre Individuenzahl aber zu klein war, um die Dominanz ausrechnen zu können, wurde dies am Grund durch ausgefüllte Halbkreise angedeutet.

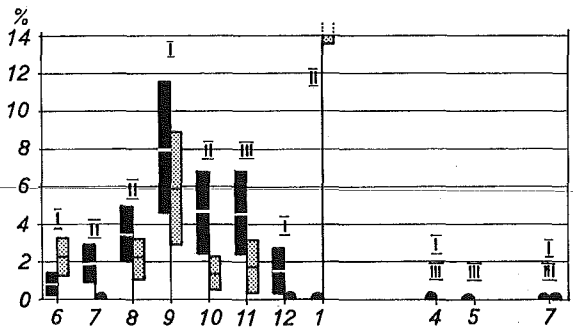


Tabelle 8. *Herpobdella octoculata*. Mittlerer Stickstoffgehalt (mg N/Individuum).

Monat	August	Sept.	Okt.	Nov.	Juli
Jahr	1961	1961	1961	1961	1962
Stufe	II	I	II	III	III
Zoomasse	0,14	0,21	0,52	0,42	2,7

Die Dominanzverhältnisse von *Herpobdella octoculata* und *Helobdella stagnalis* gehen aus der Abb. 16 hervor. Auch hier zeigt sich der spätere Beginn der Entfaltung im Frühling und Sommer 1962.

#### D. Stamm Nemertini

Dreimal fand ich in meinem Material sehr kleine, schlecht erhaltene Tiere, die wahrscheinlich Nemertini gewesen sein mochten. Eine genauere Bestimmung war indessen nicht möglich und das Vorkommen deshalb fraglich.

#### E. Stamm Aschelminthes

##### 1. Klasse *Nematoda*

In einigen Fängen wurden vereinzelt Nematoden gefunden. Der Grossteil entging aber ohne Zweifel einer Zählung, und deshalb lässt sich über die Abundanzen und Dominanzen nichts aussagen.

##### 2. Klasse *Nematomorpha*

Ein Exemplar von *Gordius aquaticus* wurde im August 1961 in der Stufe II gefangen.

#### F. Stamm Tentaculata

##### Klasse *Bryozoa*

Nur ein einziges Mal (Aug. 1961, Stufe II) stellte ich eine Kolonie von *Plumatella repens* fest.

#### G. Stamm Mollusca

Schnecken und Muscheln treten nur in der Stufe III in erheblichem Masse auf. Dort allerdings vermögen sie infolge ihrer Grösse den Hauptteil an die Zoomasse beizusteuern. Die Individuendominanzen gehen aus der Abb. 18 hervor.

##### 1. Klasse *Gastropoda*

Die Schnecken vermögen die Muscheln, sowohl was die Abundanz als auch was die Zoomasse betrifft, zu übertreffen. Ihre Abundanz ist in der Abb. 17 zusammen-

gestellt. Sie nimmt allgemein gegen das offene Wasser hin zu. In Analogie zu andern eutrophen Seen ist anzunehmen, dass die im Tiefenbrunner Steinstrand gefundenen Arten mit Ausnahme von *Radix*-Arten, die ihr Maximum bei 1 m Wassertiefe erreichen, bis zu 2 m Tiefe noch etwas häufiger werden dürften, um aber in noch grösseren Tiefen wieder an Bedeutung zu verlieren. (Über die Verhältnisse bei *Viviparus ater* vgl. S. 52.)

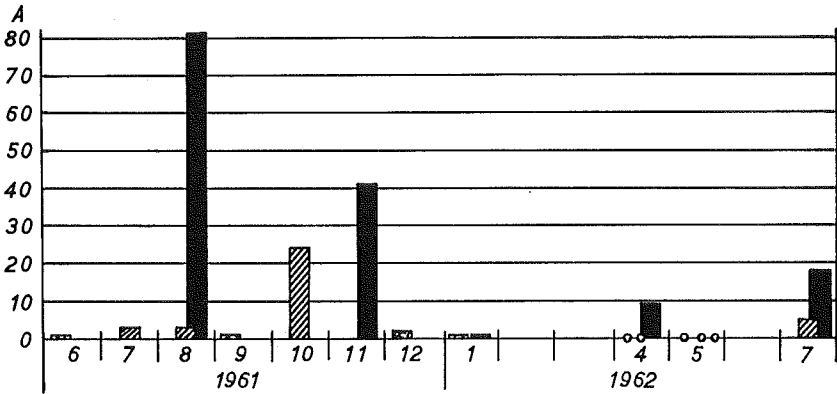


Abb. 17. Abundanzen der Gastropoden. Signaturen wie Abb. 12.

Ganz allgemein vermag auch hier die grosse Abundanz zu überraschen. Wenn auch bei kleineren Tieren Differenzen in den Abundanzwerten im Vergleich zu anderen Autoren zu einem Teil durch abweichende Fang- und Auszählmethoden bedingt sein dürften (vgl. S. 73), so fällt eine gleiche Erklärung für die Schnecken dahin. Sie erreichen alle rasch Körpergrössen, die das Durchschlüpfen durch ein Netz nicht mehr zulassen, wenn dieses die früher gebräuchliche Maschenweite von 0,6 mm aufwies.

Die folgende Tabelle stellt die im Tiefenbrunnen (Stufe III) gefundenen Abundanzen denen des Esrom-Sees in 2 m Tiefe gegenüber. Dabei ist festzuhalten, dass die 2-Meter-Tiefe nach BERG (1938) das Abundanzmaximum für die meisten Arten aufweist.

Tabelle 9. Schneckenabundanzen (Ind./dm<sup>2</sup>).

	Zürichsee (Tiefenbrunnen)	Esrom-See
Juli	18	21
August	81	16
November	41	17

### Dominanzen

Die Individuendominanzwerte liegen für die Stufen I und II zwischen  $1,5 \pm 1,2\%$  und  $3,9 \pm 1,5\%$ , sind also praktisch ohne Bedeutung. Für die Stufe III wichen die Individuendominanzen von den in Abb. 18 aufgezeichneten Molluskendominanzen nur ganz unwesentlich ab. Obschon das Abundanzmaximum im Sommer und Herbst

liegt, sind gerade dort die Dominanzwerte kleiner. Ganz anders ist das Bild, wenn man an Stelle der Individuendominanz die Zoomassendominanz aufzeichnet. Die Stickstoffmethode besitzt auch hier den Vorteil, dass die Gehäusemassen, wenn man von verschwindend kleinen Mengen an Conchin absieht, das Resultat nicht zu ver-

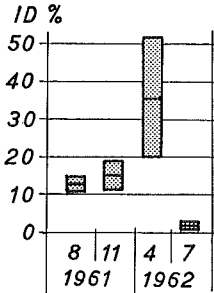


Abb. 18. Individuendominanz der Mollusken in Stufe III.

fälschen vermögen. Tab. 10 lässt erkennen, dass die Zoomassendominanz lange nicht so starke Differenzen zwischen zwei Sommerfängen aufzuweisen braucht, wie es die Individuendominanz erwarten lassen.

Tabelle 10. Schneckendominanz zweier Sommerfänge (Stufe III).

	Abundanz	Zoomasse	ID	ZD
August 1961	81	43,1	10,5±3,1%	57,6%
Juli 1962	18	5,0	2,1±0,9%	46,8%

### Unterklasse *Prosobranchia*

#### a) Ordnung *Mesogastropoda*

##### Familie *Viviparidae*

*Viviparus ater* CRISTOFORI und JAN 1932. Am untersuchten Ort ist diese Art sehr selten vertreten, konnte ich sie doch nur einmal in der Stufe II beibringen. Sie lebt meist in tieferen Regionen. In der Gegend der Quaibrücke ist sie massenhaft in Tiefen von 4 m anzutreffen, geht aber noch tiefer hinunter, was ein Fang aus 7 m Tiefe erhellt, in welchem sie zusammen mit *Bithynia tentaculata* und *Valvata cristata* heraufgezogen wurde. Im Gegensatz zu diesem Befund erwähnt HÖHN (1944) *Viviparus fasciatus* (wohl eher *V. ater*) als häufig auf den Seekreidebänken und in der Wellenschlagzone des oberen Zürichsees, wo sie oft, durch die Brandung zertrümmert, aufgefunden wurde.

##### Familie *Hydrobiidae*

*Bithynia tentaculata* LINNAEUS 1758 ist in allen drei Stufen gefunden worden. Die grösste Abundanz betrug 8 Ind./dm<sup>2</sup>. Die Art wurde darüber hinaus noch in 7 m Tiefe erbeutet. BERG (1938) meldet *B. tentaculata* aus dem Esrom-See bis in Tiefen von 14 m und mit maximalen Abundanzen von 9 Tieren/dm<sup>2</sup> in 2 m Tiefe.

Familie *Valvatidae*

*Valvata piscinalis* MÜLLER 1774 fand ich in den Stufen I und III. Auch war die Art in manchem Fang bis zu 10 m Tiefe vertreten.

*Valvata cristata* MÜLLER 1774 fand ich zweimal in der Stufe II. Aus anderen Fängen geht hervor, dass die Art in mindestens 4,5 m Tiefe noch beheimatet ist. In Fängen aus grösseren Tiefen fehlte sie aber stets.

Unterklasse *Euthyneura*b) Ordnung *Basommatophora*Familie *Lymnaeidae*

Die Gattung *Lymnaea* LAMARCK 1799 war nur durch die Untergattung *Radix* MONTFORT 1810 vertreten, die von humanmedizinischem Interesse ist, da deren Vertreter als Zwischenwirt für eine *Schistosoma*-Art dienen, welche freischwimmende Cercarien erzeugt (HÄMMERLI, 1953). Diese bohren sich häufig anstatt in ihnen gemässe Wasservögel in die Lederhaut badender Menschen ein, wo sie sich zwar nicht zur Saugwurmform weiterentwickeln können, wohl aber zu juckenden Pusteln führen. Schwimmlehrer und Bademeister der Seebadeanstalten stellen jeden Sommer diese Plage fest, der man durch Vernichten der *Radix*-Tiere mittels Kupfersulfat schon wiederholt zu begegnen trachtete.

*L. (Radix) peregra* MÜLLER 1774 forma *ovata* DRAPARNAUD (1805) fand sich in allen Stufen und war bei weitem die häufigste Wasserlungenschnecke im untersuchten Gebiet. HÖHN (1944) meldet sie auch aus der Strandling-Nadelbinsenzone des oberen Zürichseebeckens.

*L. (Radix) auricularia* LINNAEUS 1758 habe ich im Tiefenbrunnen nie gefunden. Sie wäre mit ihrer feinen und zerbrechlichen Schale auch kaum der mechanischen Beanspruchung innerhalb der Brandungszone gewachsen. Hingegen fand sich ein Exemplar in einem EKMAN-Fang aus der Halde vor dem Strandbad Tiefenbrunnen aus 6,3 m Tiefe.

Familie *Planorbidae*

*Planorbis carinatus* MÜLLER 1774, die ich in zwei Fängen in den Stufen II und III (Oktober und November 1961) erbeutete, ist mit ihrem sehr robusten Gehäuse nicht einmal durch stärksten Wellenschlag gefährdet. Auch im oberen Zürichseebecken besiedelt diese Art neben der Strandling-Nadelbinsenzone die Verlandungs- und sogar die Spritzzone im supralitoral Bereich.

*Gyraulus albus* MÜLLER 1774 kommt im Tiefenbrunnen in allen Stufen vor und ist die häufigste Art unter den wenigen, die die unmittelbare Brandungszone der Stufe I bewohnen. Auch sonst kommt sie mit beachtlicher Konstanz und auch mit hohen Abundanzen vor: Im Oktober 1961 zählte ich durchschnittlich 18 Ind./dm<sup>2</sup>, das waren 44% aller Schnecken. Auch im oberen Zürichsee kommt sie in allen eulitoral Bereichen vor.

Familie *Physidae*

*Physa fontinalis* LINNAEUS 1758. Es ist nicht erstaunlich, dass ich diese Art nur in der Stufe III fangen konnte, also in einer eher lenitischen Zone. Die Tiere besitzen eine so dünne und zerbrechliche Schale, dass ich nach dem Auskippen des Fangkastens nie ein intaktes Exemplar zur Verfügung hatte. Eine Bestimmung war immerhin möglich. Diese Schnecke ist im Biotop des Steinstrandes nicht häufig und sonst eher in stillen Buchten mit viel Pflanzenbewuchs beheimatet.

Familie *Ancylidae*

*Ancylus fluviatilis* MÜLLER 1774 wurde zuerst als Fließwasserform beschrieben und ist unter anderem auch eigentlicher Bewohner kalter Quellen. Er hat sich aber gut in die Brandungszone eingelebt und ist nach HÖHN (1944) zu ihrem Charaktertier geworden. Auch ich habe diese Art in allen drei Tiefenstufen gefunden, maximal mit 5 Ind./dm<sup>2</sup> im August 1961 in der Stufe III.

Hier sei noch die genaue Zusammensetzung des Fanges vom November 1961 aus der Stufe III gegeben. Es sind dies die Anzahlen, die auf 4 dm<sup>2</sup> Bodenfläche gefunden wurden.

<i>Gyraulus albus</i>	73
<i>Bithynia tentaculata</i>	32
<i>Lymnaea peregra</i>	11
<i>Physa fontinalis</i>	4
<i>Ancylus fluviatilis</i>	3
<i>Planorbis carinatus</i>	1
<i>Valvata cristata</i>	1

## Zoomasse

Die durchschnittliche Zoomasse ist nach Stufe und Jahreszeit ausserordentlich verschieden, wie aus der Tabelle 11 hervorgeht.

Tabelle 11. Durchschnittlicher Stickstoffgehalt einer Schnecke aus der Stufe III.

August 1961	0,53 mg
November 1961	0,33 mg
Januar 1962	0,12 mg

Wahrscheinlich wandern gerade die grösseren Tiere im Verlaufe des Winters aus dem Gebiet der Uferbank aus, während es die kleineren länger aushalten.

Klasse *Lamellibranchiata*

Verglichen mit den Schnecken nehmen die Muscheln einen wenig bedeutenden Platz im Haushalt der Brandungszone ein. Grössere Tiere, wie *Anodonta*, fehlen. Die Muscheln vermögen bei einer maximalen Abundanz von 16 Ind./dm<sup>2</sup> (ID =  $2,1 \pm 1,0\%$ ) höchstens eine Zoomassendominanz von 0,8% zu erreichen, was darauf zurückzuführen ist, dass es sich nur um kleinste Vertreter der Familie Sphaeriidae

handelt, die im Durchschnitt nur eine Zoomasse von  $35,6 \mu\text{g N}$  (Schnecken im gleichen Zeitpunkt und am gleichen Ort:  $534 \mu\text{g N}$ ) besaßen. Die gefundenen Tiere gehörten ausnahmslos der Gattung *Pisidium* an.

## H. Stamm Arthropoda

### 1. Klasse *Arachnida*

#### Ordnung *Acarina*

Die Spinnentiere waren nur durch die Hydracarinen (Gruppe *Hydrachnellae s. str.*) vertreten.

Die maximale Abundanz betrug  $5 \text{ Ind./dm}^2$  im Juli 1962 in der Stufe II, was einer Individuendominanz von  $1,2 \pm 0,8\%$  entsprach. Im Steinstrand vom Tiefenbrunnen waren folgende Arten vertreten:

*Hygrobates longiporus*  
*Limnesia undulata*  
*Lebertia ?rivalis*

In anderen Fängen aus grösserer Tiefe wurden noch folgende Arten festgestellt:

Tabelle 12.

Art	Monat	Ort	Tiefe
<i>Piona sp.</i>	April 1961	Utoquai	4,5 m
<i>Limnesia undulata</i>	April 1961	Utoquai	8,0 m
<i>Arrhenurus ?globator</i> (imm.)	April 1961	Utoquai	4,5 m

### 2. Klasse *Crustacea*

#### Unterklasse *Copepoda*

Die in den Fängen angetroffenen Ruderfusskrebse wurden zergliedert, zu Dauerpräparaten in Euparal verarbeitet und nach PESTA (1928) und KIEFER (1960) bestimmt. Für die Nomenklatur folge ich den Ausführungen KIEFERS.

Obschon die Copepodenfauna in keinem der Fänge eine dominierende Rolle zu spielen vermochte, fingen sich deren Vertreter wenigstens in etwas tieferen Lagen mit beträchtlicher Konstanz (Stufe II:  $89\%$ , Stufe III  $67\%$ ). Die grösste Copepodenabundanz stellte ich im August 1961 in der Stufe II fest, wo ich  $59$  Individuen pro  $\text{dm}^2$  auszählte, was  $9,0 \pm 2,2\%$  aller Tiere ausmachte, während zur gleichen Zeit in der tiefer liegenden Stufe III nur  $14$  Tiere dieser Unterklasse unter der gleichen Fläche gefunden werden konnten. Ein eigentliches Abundanzmaximum trat zu Beginn des Jahres 1962 in den Monaten Januar bis Mai in den Stufen II und III ein.

#### a) Ordnung *Calanoidea* (*Gymnoplea*)

Die spärlich angetroffenen Vertreter dieser Ordnung gehörten ausnahmslos der Familie der Diaptomiden an und liessen sich, da nur Weibchen zur Untersuchung

vorlagen, nicht mit Sicherheit näher bestimmen. Auch dürfte es sich bei den gefundenen Individuen um angeschwemmte Tiere gehandelt haben, bilden doch die Diaptomiden normalerweise einen wesentlichen Anteil des pelagischen Limnobions.

### b) Ordnung *Cyclopoidea* (*Podoplea*)

Im Gebiet des Tiefenbrunner Steinlitorals waren Hüpfertiere recht häufig.

#### Familie *Cyclopidae*

##### Unterfamilie *Eucyclopinae*

*Macrocyclus albidus* JURINE 1820 fand ich ausschliesslich in der Stufe III.

*Eucyclops macrurus* G. O. SARS 1863 wurde ein einziges Mal in der Stufe II gefunden, und zwar im Oktober 1961 bei einer Wassertemperatur von 20° C.

*Eucyclops serrulatus* FISCHER 1851 war die in allen Stufen am häufigsten gefundene Cyclopidenart. Sie gilt als ausserordentlich anpassungsfähig und weitverbreitet.

*Paracyclops fimbriatus* FISCHER 1893. Ich fand diesen eurythermen, ubiquistischen Kosmopoliten häufig in Wassertiefen von 20—90 cm. Durch sein dorsoventral abgeplattetes Kopfbruststück ist diese Spezies an das bewegte Wasser angepasst. Trotzdem gelang es mir nicht, ihn in der ausgesprochenen Wellenschlagzone der Stufe I nachzuweisen.

##### Unterfamilie *Cyclopinae*

*Cyclops strenuus*-Gruppe. Es wurden nur vereinzelte Exemplare dieser Gruppe gefunden.

*Megacyclops viridis* JURINE 1820. Am untersuchten Ort fand ich diese Art nur im Sommer. Im Mai 1961 war eine aberrante Form mit 11gliedrigen Antennulae und zweigliedrigen Schwimmbeinästen, die früher als besondere Art *Cyclops clausi* HELLER beschrieben worden war, regelmässig in den Proben aus Tiefen von 3,5—13 m vorhanden.

### Unterordnung *Harpacticoida*

#### Familie *Canthocamptidae*

*Canthocamptus staphilinus* JURINE 1820 fand sich regelmässig ab November bis und mit Mai in allen Tiefenstufen. Diese Art gilt als ausserordentlich gemein und variabel und vermag sich als Kaltwasserform zu enzystieren, wenn die Wassertemperatur steigt. Solchermassen enzystierte Tiere fand ich denn auch am 3. Juli 1962 in der Stufe II bei 19,7° C (Abb. 19). Die Zystenmembran war hyalin und pergamentartig. Eine äussere Schicht von Schlammteilchen, wie sie von früheren Autoren beschrieben wurde, fehlte ganz, und so entsprach sie dem von BERG 1938 beschriebenen Exemplar aus dem Esrom-See. Dass eine Enzystierung aber nicht notwendigerweise eintreten muss, beweist der Umstand, dass im gleichen Fang die Mehrzahl der Tiere nicht enzystiert war. Im Juli 1961 fand ich bei einer noch höheren Wassertemperatur (22,9° C) ausschliesslich freie Tiere. Diese Ambivalenz im Verhalten gegenüber der Temperatur geht einher mit einer grossen morphologischen Variabilität.



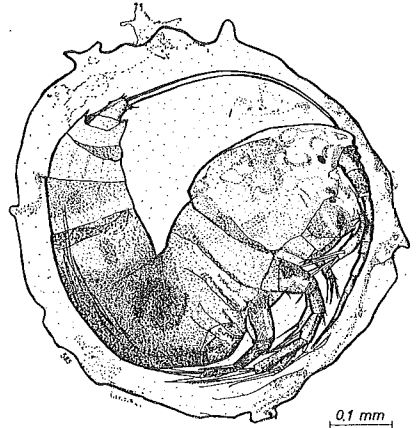


Abb. 19. Enzystierter *Canthocamptus staphilius*.

### Unterklasse *Phyllopoda*

Die Unterklasse Phyllopoda war — obschon darin ziemlich viele litorale Arten zu finden sind — mit einer maximalen Abundanz von 9 Ind./dm<sup>2</sup> schwach vertreten, wengleich die Konstanz der Fänge in den Stufen II und III nur wenig kleiner war als die der Copepoden. Die Dominanzen fallen mit maximal  $1,3 \pm 0,7\%$  überhaupt nicht ins Gewicht. Es wurde nur eine Ordnung festgestellt.

#### c) Ordnung *Diplostraca*

##### Unterordnung *Cladocera*

##### Familie *Sididae*

Lediglich ein einziges Mal fand ich ein Exemplar von *Sida cristallina* O. F. MÜLLER im Oktober 1961 in der Stufe II, trotzdem diese Tiere durch einen nackenständigen Haftapparat gut an lotische Bezirke angepasst sind. Auch HÖHN (1944) erwähnt diese Art nirgends.

##### Familie *Daphnidae*

Die gelegentlich mit den Fangkästen herausgehobenen Daphnien waren alle der *longispina*-Gruppe zuzuordnen. Diese Vertreter des pelagischen Limnobions waren wohl zufällig angeschwemmte Tiere. Regelmässig waren auch leere Ephippia von Daphnien im Detritus zu finden.

##### Familie *Bosminidae*

*Bosmina coregoni* BAIRD. Für diese Art, die ich am untersuchten Ort nur einmal und ein zweites Mal bei Brandis/Zollikon fand, gilt das gleiche wie von *Daphnia*.

##### Familie *Chydoridae*

*Alona quadrangularis* O. F. MÜLLER var. *affinis* LEYDIG war unter den Cladoceren dominierend. HÖHN (1944) meldet *A. quadrangularis* sowohl aus der Spritzzone als auch aus dem Verlandungsgürtel des oberen Zürichsees.

*Peracantha truncata* O. F. MÜLLER ist im Tiefenbrunnen bei weitem nicht so häufig wie die vorige Art.

*Chydorus sphaericus* O. F. MÜLLER fing ich nur einmal mittels des EKMAN-Greifers genau in der Wasserlinie (Tiefe 0) im Mai 1961.

Verglichen mit dem Artenreichtum der pflanzenbewachsenen Uferpartien (HÖHN fand in derartigen Biotopen des oberen Zürichseebeckens beispielsweise 9 Chydoridenarten) nimmt sich die Phyllopodenartenzahl im Tiefenbrunnen Litoral ärmlich aus, was sicher eine Folge dieses speziellen Lebensraumes ist, wo höhere Pflanzen fehlen, zwischen denen sonst viele Chydoriden leben. Die Art *Camptocercus rectirostris*, die nach HÖHN (1944) in der Spritzzone des oberen Zürichsees vorkommt, habe ich analog zu *Alona quadrangularis affinis* auch in der Steinzone erwartet, wurde aber in dieser Hinsicht enttäuscht.

#### Unterklasse *Ostracoda*

##### d) Ordnung *Podocopa*

Muschelkrebse traten mit Konstanzen von 55% in der Stufe II und mit 17% in der Stufe III auf. Die grösste Abundanz war 4 Ind./dm<sup>2</sup>, ein Wert, der zu klein ist, um eine gesicherte Dominanz angeben zu können.

##### Familie *Cypridae*

*Candona cf. neglecta* G. O. SARS 1887. Das einzige Exemplar dieser Art fand ich bei Brandis/Zollikon in der Stufe II (Juli 1962).

*Candona candida* O. F. MÜLLER, gefunden im Mai 1961 in einem EKMAN-Fang aus 3,6 m Tiefe vor dem Zürichhorn aus einer dicken Schicht Laub, die durch den Hornbach eingeschwemmt war.

*Cypria ophthalmica* JURINE 1820 konnte ich nur im November 1961 in der Stufe III nachweisen.

*Cypridopsis vidua* O. F. MÜLLER 1776 war die im Gebiet des Steinstrandes die am häufigsten gefangene Ostracodenart. Sie besiedelt alle drei Tiefenstufen. HÖHN (1944) meldet diese Art auch aus der Spritzzone des oberen Zürichseebeckens.

*Cypridopsis parva* G. W. MÜLLER 1900 fand sich einmal, im Juli 1961, in der Stufe II. Sie ist eigentlich eher eine Form der kleinen Tümpel und Altwässer.

Ausserhalb des Steinstrandes erbeutete ich im Mai 1961 mit einem EKMAN-Greifer aus der 13 m tief liegenden Laubschicht vor dem Zürichhorn ein Exemplar von *Eucypris pigra*, einer Art, die gewöhnlich im Fliesswasser lebt und die wohl aus dem Hornbach stammen dürfte.

#### Unterklasse *Malacostraca*

##### e) Ordnung *Isopoda*

##### Familie *Asellidae*

Im Oktober 1961 war ein Tier der Gattung *Asellus* ST. HILAIRE 1764 in der Probe der Stufe II vorhanden, das aber durch das Auskippen des Fangkastens stark gelitten

hatte. Wahrscheinlich war es *A. aquaticus*. Diese Art kommt auch bei Brandis/Zollikon vor und wird durch LUNDBECK (1936) als streng litorale Art aufgeführt.

f) Ordnung *Amphipoda*

Familie *Gammaridae*

Ein noch unausgewachsenes Tier der Gattung *Gammarus* FABRICIUS 1775 fand sich im September 1961 in der Stufe II. HÖHN (1944) hat im entsprechenden Biotop des oberen Zürichseebeckens *G. pulex* und *Carinogammarus Roeseli* (*G. fluviatilis*) gefunden.

Ich selber konnte mittels des EKMAN-Greifers einige *G. pulex* aus verschiedenen Tiefen zwischen 9 und 13 m in der Nähe der Mündung des Hornbaches heraufziehen, ein eher aussergewöhnlicher Tatbestand, sollen doch diese Tiere selten tiefer als 2 m unter den Wasserspiegel steigen. BERG (1938) fand die Spezies im Esrom-See nur in den seichtesten Zonen und nur hie und da in 1,5 m Tiefe. Vielleicht könnte der Grund für dieses Tiefenvorkommen darin liegen, dass der Hornbach zu jener Zeit (Mai 1961) sauerstoffreiches Wasser in eben diese Tiefenschicht einleitete, was den sehr sauerstoffbedürftigen Tieren das Leben in diesen ungewöhnlichen Tiefen ermöglichte. Das Zürichseewasser enthielt damals im angrenzenden Pelagial in 10 m Tiefe 8,0 mg O<sub>2</sub>/l.

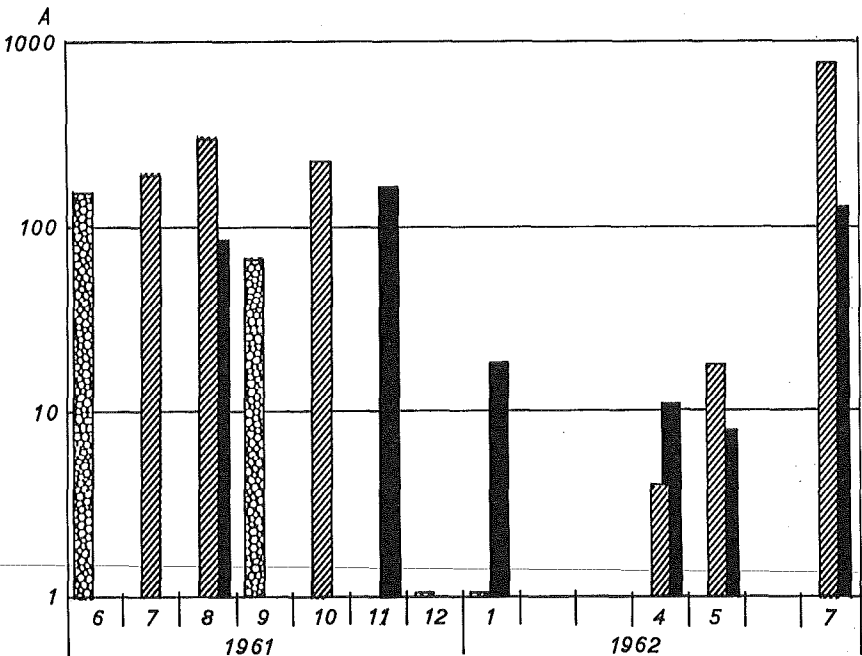


Abb. 20. Abundanzen der Insekten. Signaturen wie Abb. 12.

3. Klasse *Insecta*

Nach den Würmern steuerten die Insekten den Hauptanteil an die grossen Abundanzzahlen bei (Abb. 20). So zählte ich im Juli 1962 in der II. Stufe 772 Insekten pro  $\text{dm}^2$  Bodenfläche. Die Dichte wird dadurch einigermassen verständlich, dass die Chironomidenlarven, die eindeutig dominieren, eine mittlere Grösse von nur 2,02 mm aufwiesen. Mit Ausnahme der Stufe I, wo im April und Mai 1962 keine Insekten gefangen wurden, ist die Konstanz in den übrigen Stufen 100%. In den Stufen II und III waren die minimalen Abundanzen 4 Ind./ $\text{dm}^2$  (April), respektive 8 Ind./ $\text{dm}^2$  (Mai). Über die Dominanzverhältnisse orientiert die Abb. 21.

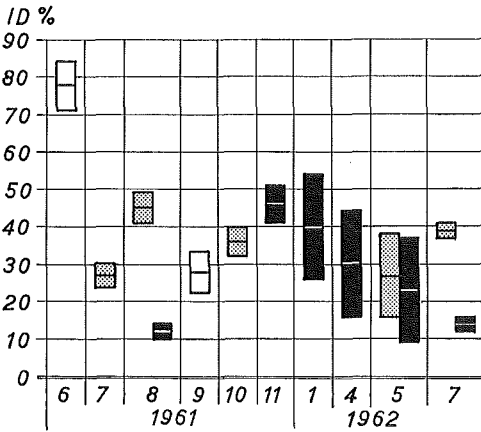


Abb. 21. Individuendominanzen der Insektenlarven.

Weiss: Stufe I.  
Grau: Stufe II.  
Schwarz: Stufe III.

a) Ordnung *Ephemeroidea*

Beim Betrachten des litoralen Grundes wird man der oft recht zahlreichen Eintagsfliegenlarven kaum gewahr, handelt es sich doch ausschliesslich um Vertreter der einen Art *Caenis moesta* BENGTSOON 1917 aus der Familie der *Caenidae* KLAPALEK, von Tieren also, die mit Vorliebe völlig im Detritus eingegraben sind und die sich unmittelbar unter der Bodenoberfläche bewegen.

Um über die Ernährung dieser Insektenlarven ein Bild zu erhalten, wurde wiederholt deren Darminhalt untersucht. Dabei konnten nie Überreste von Tieren wie Arthropoden etc. gefunden werden. Insektenpanzerstücke waren bereits Bestandteile des Detritus gewesen, bevor sie einverleibt wurden, was daraus hervorgeht, dass sie nicht gehäuft im Darm anzutreffen waren. Wären lebende Tiere verschlungen worden, hätten sich die Chitinstücke nicht auf einzelne Splitter beschränkt. Die Liste des als Nahrung in Frage kommenden Darminhaltes eines Tieres sei hiermit aufgeführt: Diatomeen — einzellige Grünalgen — *Oedogonium* — Desmidiaceen — Ascomyceten — Fragment einer höhere Pflanze (ca. 50 Zellen, bereits chlorophyllos) — die Hälfte eines Nematoden.

Die Imagines dieser Art fliegen vom Juni bis gegen Anfang September. Im September konnte ich dann auch die ersten kleinen Tiere der neuen Generation feststel-

len, während Tiere im letzten Larvenstadium anfangs September nur noch vereinzelt anzutreffen waren. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von BERG (1938), der litoral während der Flugzeit keine Larven mehr vorfand, konnte ich im Zürichsee keine entsprechende Zäsur feststellen. Es lebten im August neben den beinahe ausgewachsenen Tieren stets kleinere, die 1,4 mm und darüber massen (vgl. Abb. 24).

Wenn die Abundanzen auch nicht entfernt an die der Chironomidenlarven herankommen, so betrug die maximale Individuendichte im November in der Stufe III doch 29 *Caenis* pro dm<sup>2</sup>, was in jenem Zeitpunkt einer Individuendominanz von  $8,3 \pm 2,9\%$  entsprach. Über die weiteren Abundanz- und Dominanzverhältnisse informieren die Abb. 22 und 23. Dabei fällt auf, dass im eulitoralischen Bereich während der Frühlingsmonate und bis in den Sommer hinein keine Eintagsfliegenlarven zu finden sind. Ganz plötzlich sind sie dann im August wieder vorhanden, und zwar in beträchtlicher Grösse (vgl. Abb. 24). Dies kann nur durch eine Einwanderung von Tieren, die in grösseren Tiefen überwinterten, erklärt werden. Auf eine umgekehrte Bewegung wurde schon durch BERG (1938) hingewiesen, der die *Caenis moesta*-Abundanzen im Esrom-See in den Tiefen von 2 m und mehr analysierte. Er erklärt eine Zunahme von kleinen Individuen in der Tiefe von 2 m dadurch, dass in den Monaten September bis November immer neue, bereits früher weiter uferwärts aus dem Ei geschlüpfte Jungtiere nach und nach in die tieferen Regionen einwandern. Es ist be-

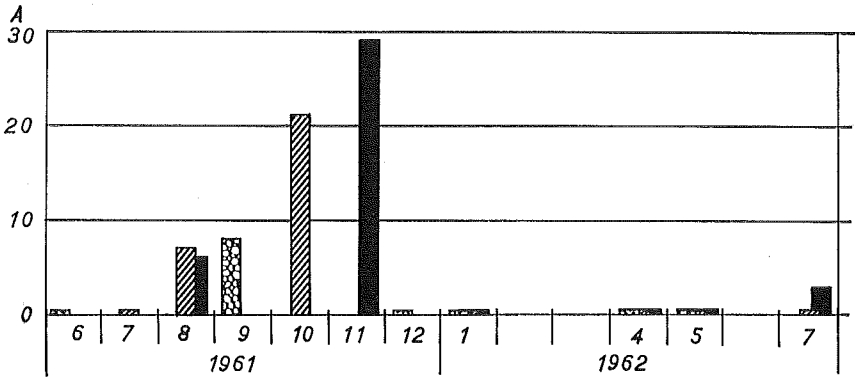


Abb. 22. Abundanzen von *Caenis moesta*. Signaturen wie Abb. 12.

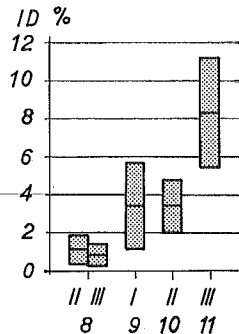


Abb. 23. Individuendominanzen von *Caenis moesta*.

Römische Zahlen: Stufen.

Arabische Abszissen: Monate.

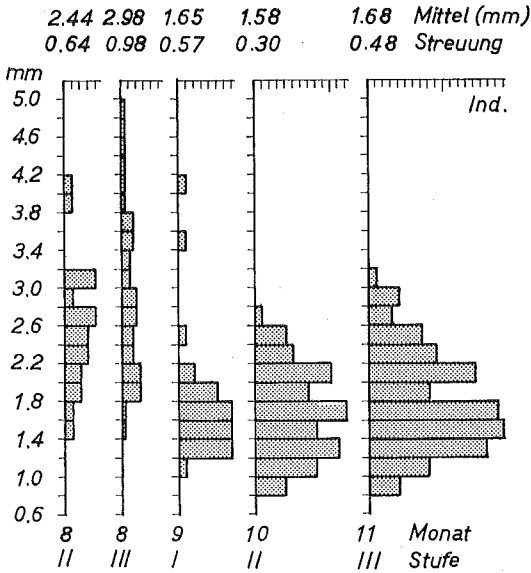


Abb. 24. Grössenverteilung von *Caenis moesta*. Berücksichtigt wurden alle unbeschädigten Tiere, die auf 4 dm<sup>2</sup> Bodenfläche gefunden wurden.

kannt, dass gerade *Caenis*-Larven bis in vegetationslose Tiefen von 13—14 m hinuntersteigen. BERG hält ein zeitlich weit auseinanderliegendes Schlüpfen der Tiere für wenig wahrscheinlich und postuliert deshalb eine Wanderung. Eine ähnliche Zunahme von Jungtieren zeigt sich nun auch in den ufernahen Zonen. Gerade die kleinsten Larven von 0,8—1,0 mm Körperlänge treten erst im Verlaufe des Oktobers auf. Währenddem das Grössenmittel leicht ansteigt, bleibt die untere Grenze der Larvengrösse auch im Monat November gleich. Wenn auch allgemein das Nahrungsangebot kaum je als begrenzender Faktor auftritt, fragt es sich, ob nicht in der Stufe I durch das ständig bewegte Wasser ein fortwährendes Wiederausspülen des verwertbaren Detritus zu einem Biotop führt, der zwar wegen des physiologischen Sauerstoffreichtums bevorzugt ist, aber doch wenig Nahrung zu bieten vermag. Man kann nun annehmen, dass die in der Stufe I geschlüpften Larven dort kümmerformen bleiben, bis sie in den Monaten Oktober und November nach den Stufen II und III dislozieren, wo sie dann die kleinsten Individuen darstellen, neben Tieren, die infolge dauernd gutem Nahrungsangebot bereits zu beachtlicher Grösse herangewachsen sind.

b) Ordnung *Coleoptera*

Diese Ordnung war mit folgenden Formen vertreten:

Tabelle 13.

Familie	Art	Stufe I	L: Larvenfund	
			Stufe II	Stufe III
<i>Dytiscidae</i>	<i>Potamonectes elegans</i> ZIMMERMANN 1921		7 L	8 i, 11 i
<i>Haliplidae</i>	<i>Halipus</i> sp. LATREILLE	9 L	8 L	
<i>Dryopidae</i>	<i>Stenelmis</i> sp. DUFOUR		8 L	8 L, 11 L

HÖHN (1944) nennt für den Steinstrand des oberen Zürichsees noch *Platambus maculatus*, ein Dytiscide, der *Potamonectes* ähnlich sieht.

c) Ordnung *Diptera*

Familie *Chironomidae*

Hinter den Oligochaeten folgen die Zuckmückenlarven mit zweitgrösster Konstanz (Stufe I: 33%, Stufe II: 67% und Stufe III: 100%). Im ganzen wurden in zwei Drittel aller Fälle Zuckmückenlarven gefunden, wobei ich Parallelproben am gleichen Ort und zur gleichen Zeit als einen Fang rechne. Auch was die Abundanzen betrifft, bleiben sie im allgemeinen etwas hinter denen der Würmer zurück, erreichen aber doch sehr hohe Werte, wie 772 Ind./dm<sup>2</sup> im Juli 1961 in der Stufe II, wo sie überhaupt am dichtesten leben (vgl. Abb. 25 und 26). Einzig in den Winter- und Vorfrühlingsmonaten, wo sich die Stufen I und II fast völlig von Tieren zu leeren pflegen, wurde ein geringer, aber gesicherter Unterschied zugunsten der Stufe III festgestellt. Den höchsten Abundanzwert zeigen die *Orthoclaadiinae* mit 573 Ind./dm<sup>2</sup>. Die Grösse der Tiere und somit deren Zoomasse ist auch hier ausserordentlich verschieden. So wurden mittlere Stickstoffgehalte der Einzeltiere zwischen 3,4 µg und 37,9 µg festgestellt, und im August 1961 standen sich beispielsweise 84 *Microtendipes* mit einem mittleren N-Gehalt von 19,9 µg den restlichen 134 kleineren Chironomiden mit nur 7,3 µg N/Ind. gegenüber. Zum Vergleich sei angeführt, dass der mittlere Stickstoffgehalt der *Naididae* 1,3—2,6 µg betrug (Egel: 136—2690 µg). Auch wenn die Zoo-

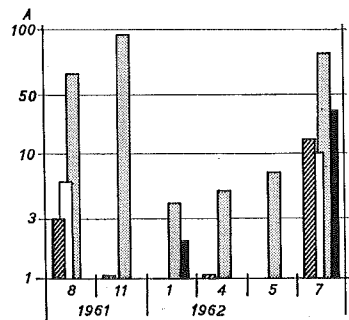
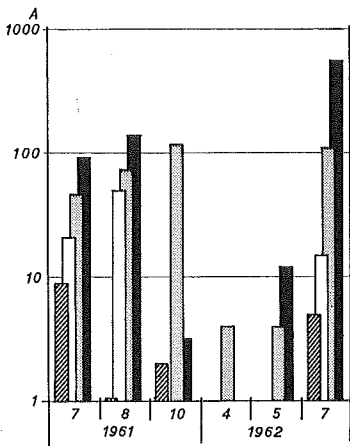


Abb. 25. Abundanzen der *Chironomidae*, Stufe II.

Abb. 26. Abundanzen der *Chironomidae*, Stufe III. Signaturen wie Abb. 25.

- Schraffiert: *Tanypodini*.
- Weiss: *Tanytarsini*.
- Grau: *Chironomini*.
- Schwarz: *Orthoclaadiinae*.

masse pro Chironomidenlarve sehr bescheiden ist, vermag diese Familie infolge ihrer grossen Individuenzahl doch beträchtliche Beträge an Stickstoff pro Flächeneinheit beizusteuern. So ergaben die Stickstoffbestimmungen der Chironomiden im Maximum 2,3 mg N/dm<sup>2</sup> bei Brandis/Zollikon und 1,0 mg N/dm<sup>2</sup> beim Tiefenbrunnen.

Wo *Orthocladinae* und *Chironomini* zusammen vorkommen (Stufe II), haben die letzteren ihr Abundanzmaximum in späterer Jahreszeit (vgl. Abb. 25 und 28).

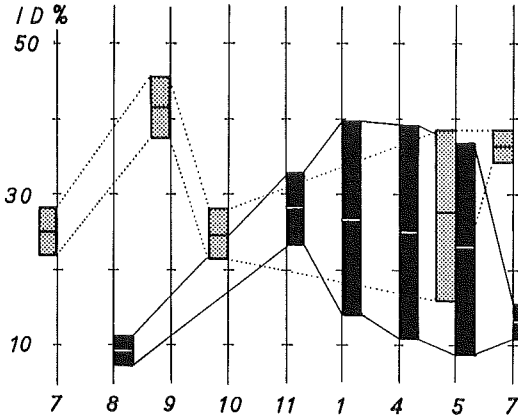


Abb. 27. Individuendominanzen der *Chironomidae*.

Grau: Stufe II.  
Schwarz: Stufe III.

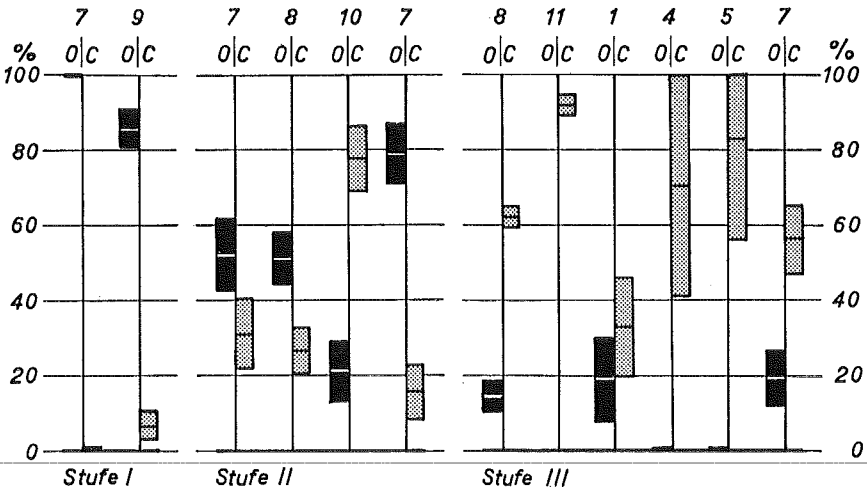


Abb. 28. Prozentualer Anteil der *Chironomini* und der *Orthocladinae* an der Gesamtzahl der *Chironomidae* in den drei Tiefenstufen.

C: *Chironomini* (grau). O: *Orthocladinae* (schwarz).



## Dominanzen

Die Individuendominanzen der Chironomidenlarven wurden ohne Berücksichtigung der Unterfamilien in Abb. 27 dargestellt. Die Stufe I wurde in der Zeichnung nicht berücksichtigt, da nur aus zwei Fängen Werte vorliegen (Juni 1961:  $77,7 \pm 5,8\%$  und Sept. 1961:  $23,7 \pm 5,4\%$ ). Was die tieferen Zonen betrifft, zeigt sich, dass während der Sommermonate die Chironomidendominanz der Stufe II gesichert höher liegt als die der Stufe III, während gegen den Spätherbst hin diese Unterschiede verschwinden.

## Arten

Tabelle 14 orientiert über die gefundenen Arten. Die unter den Stufen aufgeführten Zahlen bezeichnen die Fangmonate. In der letzten Kolonne ist die Konstanz (K) aufgeführt.

Tabelle 14

Unterfamilie	Gattung oder Gruppe	Stufe I	Stufe II	Stufe III	K %
<i>Tanypodini</i>	<i>Ablabesmya</i>			8, 11	10
	<i>Ablabesmya-monilis</i> -Gruppe		8	7?, 8	15
	<i>Psectrotanypus</i>			7, 8	10
	<i>Psectrotanypus-varius</i> -Gruppe			7, 8	10
<i>Orthoclaadiinae</i>	<i>Eukjefferiella</i>	9	7, 8, 10	8	30
	<i>Parakjefferiella bathophila</i>		7, 8?, 10	1?	20
	<i>Orthocladius</i>	9	4	1, 11	20
	<i>Psectrocladius</i>		7, 8		10
	<i>Procladius</i>		7, 8		10
	<i>Rheorthocladius</i>		1		10
	<i>Trichocladius</i>	9	4, 7, 8	1, 8, 7	40
	<i>Cricotopus</i>		5?	8	10
<i>Chironomini</i>	<i>Chironomus s. str.</i>	9		7	10
	<i>Endochironomus</i>		4, 10	8, 11	15
	<i>Glyptotendipes</i>		10	1, 11	15
	<i>Limnochironomus</i>	—	—	8	5
	<i>Limnochironomus pulsus</i>	—	4, 7, 8	1, 7, 8, 11	35
	<i>Microtendipes</i>	—	5, 7, 8, 10	5, 8, 11	40
	<i>Stictochironomus</i>	—	7	8	15
	<i>Sergentia</i>	—	7, 8	7	15
	<i>Polypedilum-nubeculosum</i> -Gruppe	9	7, 8, 10	1, 7, 8, 11	45
	<i>Cryptochironomus</i>	—	7?, 10	7, 8	20
<i>Tanytarsini</i>	<i>Cladotanytarsus</i>	—	7	—	5
	<i>Tanytarsus-gregarius</i> -Gruppe	—	—	8	5
	<i>Tanytarsus</i>	9	—	8	15
	<i>Micropsectra-inermipes</i> -Gruppe	9	—	7, 8	25
	<i>Micropsectra ? curvicornis</i>	—	—	8	5

Die grösste Konstanz weist die *Polypedilum nubeculosum*-Gruppe auf, die auch jeweils den Hauptanteil der *Chironomini*-Abundanzen zu stellen vermochte. Es folgen in der Reihenfolge abnehmender Konstanz *Microtendipes*, *Limnochironomus pulsus* und *Eukjefferiella*.

Von *Endochironomus* wurden im April 1961 Überwinterungskokons festgestellt.

Die Verteilung der *Orthoclaadiinae* und der *Chironomini* auf die verschiedenen Stufen ist nicht beliebig. In der Abb. 28 wurden die Individuendominanzen der *Orthoclaadiinae* und der *Chironomini* aufgezeichnet. Dabei wird deutlich sichtbar, dass mit zunehmender Wassertiefe und mit zunehmender Entfernung von der Uferlinie die Dominanz der *Orthoclaadiinae* zugunsten der *Chironomini* abnimmt. Währenddem die Stufe I in allen Fällen, wo die Zahl der Chironomiden überhaupt eine statistische Erfassung sinnvoll machte, eindeutig eine überragende Dominanz der *Orthoclaadiinae* aufwies, lagen die Verhältnisse in der Stufe III gerade umgekehrt, wobei der Unterschied nur im Januar nicht gesichert war. Die Verhältnisse der Stufe II sind nicht festgelegt, indem bald die eine, bald die andere Unterfamilie dominiert. Dieses Ergebnis erinnert an Beobachtungen, wie sie bei THIENEMANN (1954) aufgezeichnet sind: In Mittelgebirgsbächen dominieren in der turbulenten Forellenregion die *Orthoclaadiinae*, während in der ruhigeren Äschenregion die *Chironomini* und *Tanytarsini* häufiger sind.

Zunächst scheint es möglich, die Ursache der Zoozotation in einem Sauerstoffkonzentrationsgradienten zu erblicken. Nun zeigen die Sauerstofftitrationen aber bis zu einer Wassertiefe von 1 m ganz allgemein ausserordentlich hohe Werte von minimal 9,4 mg O<sub>2</sub>/l (was bei der damals obwaltenden Temperatur einem Sättigungsgrad von mehr als 85% gleichkam), bis zu einer ausgesprochenen Übersättigung mit 15,2 mg O<sub>2</sub>/l. Wie aus Tab. 1 (S. 33) hervorgeht, war das Wasser in der Uferlinie zeitweise sogar sauerstoffärmer als das grösserer Tiefen. Das Massenvorkommen der *Orthoclaadiinae*, die als obligate Polyoxybionten bekannt sind, kann nur durch das Vorkommen ständiger Wasserbewegung erklärt werden, durch die fortwährend neues Wasser an die Tiere herangeführt wird. Diese stete Wassererneuerung erhält das Sauerstoff- und Kohlendioxid-Partialdruckgefälle zwischen dem atmenden Tier und dem Wasser seiner Umgebung immer aufrecht. Die Tatsache, dass das Wasser in der Stufe I nie völlig still liegt, in der Stufe III aber nur durch starken Wind oder durch die Schiffswellen bewegt wird, genügt meiner Ansicht für die Erklärung der bereits innerhalb der kleinen Tiefenunterschiede von 0—90 cm ausgeprägten Zonierung.

Die Individuendominanzen der restlichen zwei Familien sind, sofern signifikant, in der Tab. 15 zusammengestellt.

Tabelle 15. Individuendominanzen der *Tanypodini* und *Tanytarsini*.

Unterfamilie Stufe	<i>Tanypodini</i>			<i>Tanytarsini</i>		
	I	II	III	I	II	III
Juli 1961	—	5,0±4,3	—	—	12,0±6,4	—
August 1961	—	18,0±5,3	8,5±5,3	—	—	14,4±4,1
September 1961	—	—	—	2,2±1,9	—	—
Juli 1962	—	—	11,5±5,9	—	—	9,2±5,3

Es ergäbe sich ein etwas anderes Bild, zeichnete man anstelle der Individuendominanz die Zoomassendominanz auf. Ich habe in vier Fällen, wo sich genügend Tiere für eine exakte Stickstoffbestimmung fanden, auch die Zoomassendominanz ermittelt und stelle sie im folgenden der Individuendominanz gegenüber:

Tabelle 16. Dominanzen der *Chironomidae*.

Monat, Jahr	Ort	Stufe	ID %	ZD %
7. 61	Tiefenbrunnen	III	9,1 ± 2,0	0,11
7. 62	Tiefenbrunnen	II	36,4 ± 2,1	15,3
7. 62	Tiefenbrunnen	III	13,1 ± 2,3	6,4
7. 62	Brandis	II/III	46,7 ± 4,0	24,1

### Grössenzusammensetzung

Einige besonders reiche Fänge wurden grössenstatistisch ausgewertet und das Resultat in Abb. 29 festgehalten. Es fällt auf, wie im Sommer und Herbst auch bei den Chironomidenlarven die kleinen Tiere stark in der Mehrzahl sind.

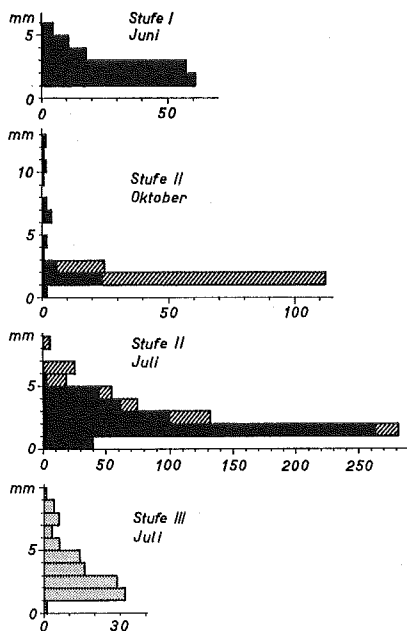


Abb. 29. Grössenverteilung der *Chironomidae* aus vier verschiedenen Fängen.

Schwarz: *Orthocladinae*.

Schraffiert: *Chironomini*.

Grau: Verschiedene Unterfamilien.

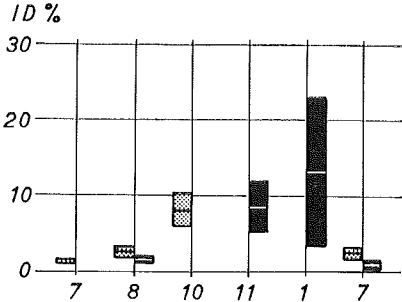
Für die Darstellung der Verhältnisse im Juli in der Stufe III wurde ein anderer Massstab gewählt.

### Dislokation

Eine Evakuierung der Uferbank geht mit Sicherheit aus dem Verlauf der Abundanzen hervor. Während der Wintermonate setzt eine ausgesprochene Dislokation in Gebiete der Halde ein, so dass sich in den Vorfrühlingsmonaten die Abundanzen an Chironomidenlarven stark dem Nullwert nähern, ohne ihn aber in den Stufen II und III ganz zu erreichen. Über eine eventuelle Wiederbesiedelung der Uferbank durch die Chironomidenlarven, wie das für die Ephemeridenlarven nachgewiesen wurde, kann auf Grund der bis jetzt vorliegenden Ergebnisse nichts Bestimmtes ausgesagt werden.

d) Ordnung *Trichoptera*

Vertreter dieser Ordnung waren in zwei Drittel der Fänge vorhanden. In der Stufe III fehlten sie nur im Mai 1962; in den übrigen Stufen war die Trichopteren-Lücke im Frühling grösser. Die genauen Abundanzverhältnisse sind aus der Tab. 17 ersichtlich. Es fällt auf, dass in der Stufe II die grössten Abundanzen auftraten. Die Individuendominanzen der Stufe II und III sind nur unbedeutend (Abb. 30), doch

Abb. 30. Individuendominanzen der *Trichoptera*.

Grau: Stufe II.  
Schwarz: Stufe III.

weisen sie in den Spätherbst- und Wintermonaten gesichert höhere Werte auf als im Sommer. Im ganzen fanden sich neun Arten aus vier Familien:

Familie *Hydroptilidae*

*Hydroptila sparsa* CURTIS  
*Agraylea multipunctata* CURTIS

Familie *Polycentropidae*

*Polycentropus flavomaculatus* PICTET  
*Cyrnus flavidus* MAC LACHLAN

Familie *Psychomyidae*

*Tinodes* sp. HÖHN erwähnt in seiner Arbeit über den oberen Zürichsee die Art *T. waeneri* für den Steinstrand. Die im Tiefenbrunnen gefundenen Arten stimmen jedoch nicht in allen Punkten mit der von ULMER (1909) gegebenen Diagnose überein.

Familie *Leptoceridae*

*Mystacides azurea* LINNAEUS 1758  
*Mystacides longicornis* LINNAEUS 1758  
*Oecetis furva* RAMB.

Aus ähnlichen Biotopen des oberen Zürichsees meldet HÖHN (1944) noch *Leptocerus fulvus*.

Im August 1961 ergab sich eine gesicherte Inhomogenität zwischen den Stufen II und III: Während die *Polycentropidae* (in der Hauptsache *Polycentropus flavomaculatus*) in der Stufe III überwogen, waren die Vertreter der Gattung *Tinodes* in der Stufe II deutlich in der Mehrzahl.

Tabelle 17. Abundanzen der Trichopterenlarven (Ind./dm<sup>2</sup>).

Jahr	1961							1962		
	7	8	8	9	10	11	12	1	4	7
Monat	7	8	8	9	10	11	12	1	4	7
Stufe	II	II	III	I	II	III	I	III	III	II
<i>Polycentropidae</i>	—	2	10	—	25	12	¼	1	—	8
<i>Tinodes</i>	4	5	—	—	4	4	—	2	—	30
<i>Hydroptilidae</i>	—	—	2	½	1	2	—	1	—	—
<i>Leptoceridae</i>	2	—	—	—	8	7	—	—	2	1
Indet.	3	6	—	1½	12	5	—	2	—	8
Total	9	13	12	2	50	30	¼	6	2	47

Puppen fand ich (in sehr geringer Zahl) nur im August und Oktober, beide Male in der Stufe II. Hingegen waren Abschluss-Siebplatten von Puppenköchern im Juli 1962 in der Stufe II ziemlich häufig. Puppen waren aber zu jenem Zeitpunkt keine zu finden.

Grösse der Tiere

Die Abb. 31 gibt Auskunft über die Grössenzusammensetzung der Larvenpopulationen aus einigen Fängen. Es konnten nur die unversehrten Tiere gemessen werden. Die Mittelwerte wären infolge der Heterogenität der Populationen nichtssagend. Obschon die Flugzeit der Trichopteren vom Juni bis zum September dauert, fand ich im Oktober neben den kleinen Tieren der neuen Generation noch grosse, die wahrscheinlich kurz vor der Verpuppung gestanden hatten. Die Hydroptiliden besitzen die kleinsten Larven unter allen Köcherfliegen. Immerhin ist es erstaunlich, dass ich nie einen ausgewachsenen Leptoceriden gefunden habe. Beim Betrachten der Abb. 31 fällt

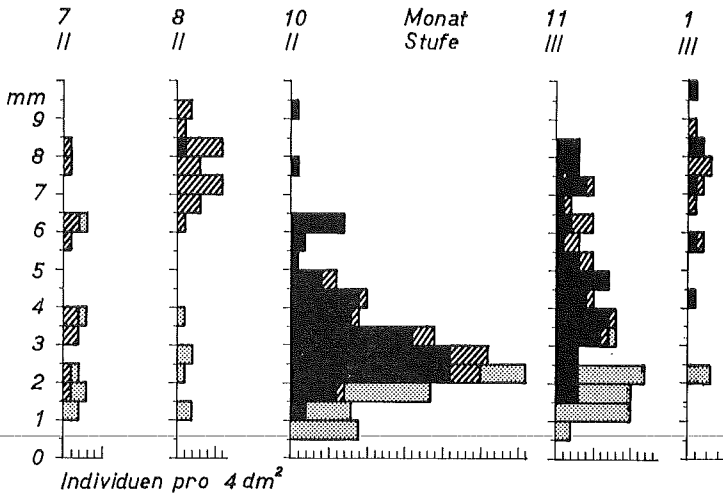


Abb. 31. Grössenverteilung der Trichopterenlarven.

Schwarz: *Polycentropidae*. Schraffiert: *Tinodes* sp. Punktiert: *Leptoceridae*, *Hydroptilidae*.

auf, wie die Abundanz der Leptoceriden auskeilt, ohne dass ein Grösserwerden dieser Larven festzustellen wäre.

In der Brandungszone treffen wir neben den Stillwasserformen auch zwei Arten des Fließwassers an, nämlich *Hydroptila sparsa* und *Polycentropus flavomaculatus*. Allgemein waren die Tracheenkiemen, sofern überhaupt der Art eigen, sehr unscheinbar ausgebildet und die Analkiemen nur in den seltensten Fällen ausgestülpt, was allerdings auch eine Folge der Fixierung sein könnte.

### Dislokation

Ein völliges Verschwinden aller Trichopterenlarven aus dem Gebiet der Uferbank kann nur durch Dislokation in die tieferen Gebiete der Halde erklärt werden. Zwar gehen ohne Zweifel viele Tiere zugrunde, doch wäre es absurd, eine Katastrophe anzunehmen, welche die Ausrottung aller Tiere im Winter zur Folge hätte. Abb. 31 zeigt, wie *Tinodes*larven zusammen mit den *Polycentropidae* unter langsamem Grösserwerden in der Zeit zwischen dem Spätherbst und dem Winter aus dem Bereich der Uferbank austreten. Abb. 31 könnte zum Schluss verleiten, dass die *Polycentropidae* schneller auswanderten. Eine Heterogenität der beiden Populationen ist indessen nicht nachweisbar. Das Vorhandensein von relativ grossen Tieren im Juli lässt sich durch eine Wiederbesiedelung der Uferbank erklären, wobei Tiere, die in grösseren Tiefen überwinterten, erneut in höhere Lagen dislozieren.

### e) Ordnung *Heteroptera*

Obschon in der Literatur (zum Beispiel WESENBERG-LUND, 1943) ausgesprochen litorale Hemipterenformen genannt werden, konnte ich nur in einem Fang im Juli 1962 in der Stufe II vier Larven von Vertretern dieser Ordnung finden, die ich aber nicht näher bestimmen konnte. Einige Eier von *Corixa* wurden hingegen aus 16 m Tiefe vor dem Zürichhorn heraufgezogen.

## I. Stamm Chordata

### Unterstamm Vertebrata

Im Oktober 1961 zog ich eine Groppe (*Cottus gobio*) mit einem Fangkasten aus der Stufe II herauf. Diese Art liebt eher reines Wasser und ist als Bachbewohner häufig. Im Juli 1961 waren 24 Fischlarven im Kasten, die ich jedoch nicht weiter bestimmen konnte.

## V. Allgemeiner Teil

### A. Vergleich des Tiefenbrunner Steinstrandes mit einer andern Uferstelle

Es stellt sich die Frage, inwieweit eine zufällig ausgewählte Uferbank für einen grösseren Uferabschnitt repräsentativ sein kann. Um diese Frage zu beantworten,

wurden zweimal gleichzeitig bei Tiefenbrunnen und bei Brandis/Zollikon (Abb. 1) Proben genommen. Die zweite Probenahmestelle liegt ungefähr 650 m weiter seeaufwärts und besitzt einen ähnlichen Steinstrand, der aber durch eine Ufermauer vom anstossenden Grundstück abgesetzt ist und etwas grössere Steine besitzt.

Die zum Vergleich der Faunen von Tiefenbrunnen und Brandis benützten Musterzahlen sind in Tab. 18 zusammengestellt.

Tabelle 18. Vergleich der Fauna vom Tiefenbrunnen mit der von Brandis/Zollikon.

	Mai		Juli	
	Tiefenbrunnen	Brandis	Tiefenbrunnen	Brandis
Oligochaeten	35	59	761	260
Hirudineen	—	5	2	4
Chironomiden	14	27	424	280
Trichopteren	—	—	28	31
Mollusken	—	2	7	10
$\chi^2$	4,31		79,22	
Heterogenität	nicht gesichert		gesichert	

Wie aus der Tab. 18 hervorgeht, bestand zumindest im Juli 1962 eine hoch gesicherte Heterogenität zwischen den Faunen von Tiefenbrunnen und Brandis. Auch was die Zoomasse betrifft, zeigten sich Unterschiede, wie die Tab. 19 belegt.

Tabelle 19. Vergleich der Zoomassen von Tiefenbrunnen und Brandis (mg N/dm<sup>3</sup>).

Monat	Tiefe	Tiefenbrunnen	Brandis
Mai 1962	40 cm	1,1	3,9
Juli 1962	50 cm	8,4	10,1

Worin der Unterschied der Faunen begründet liegt, kann aus zwei Vergleichsproben nicht ermittelt werden. Sicher ist, dass bei Brandis infolge der schon erwähnten Mauer Geröllverschiebungen in der Uferlinie nicht möglich sind. Dass darüberhinaus eine stärkere Insolation der Uferbank während der Nachmittagsstunden infolge der an der Ufermauer reflektierten Sonnenstrahlen zu einer stärkeren Erwärmung der Bodenoberfläche und dadurch zu einer andern Zusammensetzung der Tierwelt führen kann, ist zumindest nicht ausgeschlossen.

Die Vergleichsuntersuchung zeigt, dass auch aspektmässig nur schwach verschiedene Uferstellen eine gesichert unterschiedliche Zooönose besitzen können und es deshalb nicht zugänglich ist, Verhältnisse, die an einem bestimmten Ort gefunden wurden, für andere, ähnliche Orte zu postulieren.

## B. Die Mächtigkeit der belebten Bodenschicht

Schon während der Planung der Versuchsreihe stellte sich die Frage, bis in welche Tiefen innerhalb des Ufergrundes Tiere noch leben können. Es hängt Wesentliches davon ab, ob das Ausmass der Fangkästen gross genug gewählt wird, um alle Tiere

unter einer bestimmten Bodenfläche erfassen zu können. Ich nahm damals einen Aushub von 20 cm als genügend an, plante aber einen Versuch, der mir geeignet schien, den Sachverhalt abzuklären. Vier verschieden tiefe Kästen wurden längs einer Isobathen nebeneinander vergraben (schrägschraffierte Kästen in Abb. 5). Sie gestatteten, vier verschieden mächtige Bodenschichten auszuheben. In Tab. 20 findet sich eine Zusammenstellung der wichtigsten Abundanzen.

Tabelle 20. Abundanzen im Bodenschichtenversuch (Ind./dm<sup>2</sup>).

Kasten	1	2	3	4
Dicke der herausgehobenen Bodenschicht	4 cm	8 cm	13 cm	17 cm
<i>Hydra</i>	10	24	12	37
Oligochaeten	800	1728	1321	1098
Crustaceen	10	45	31	28
<i>Trichoptera</i>	39	63	56	47
Chironomiden	330	672	555	725
Rest	9	37	25	58
Totalabundanz	1198	2623	2000	1993
$\chi^2$	7,93		3,70	57,68
Heterogenität in der Faunenzusammensetzung	nicht gesich.		nicht gesich.	gesichert

In meinem Versuch ergeben verschieden hohe Kästen verschiedene Resultate. Allerdings ist es nicht möglich zu entscheiden, welcher Kasten ein typisches Resultat ergab. Die Erwartung bestand, dass die Gesamtabundanz um so grösser ist, je tiefer der Kasten wird. Dass diese Erwartung nicht bestätigt wurde, kann nur bedeuten, dass in meinem Versuch andere, nicht bestimmte Faktoren als die Kastentiefe eine Rolle spielten. Inwieweit solche andere Faktoren meine übrigen Stichprobenentnahmen beeinflussten, lässt sich nicht abschätzen. Immerhin wurden alle übrigen Resultate auf Grund der Verarbeitung von 17—20 cm mächtigen Bodenschichten erhalten.

### C. Besprechung der biozöologischen Ergebnisse

Ufergebiete mit ihren abwechslungsreichen ökologischen Verhältnissen und ihrer reichen Tierwelt sind ergiebige Gebiete für zoözöologische Untersuchungen. Das Ufergebiet stellt eine typische Saum-Biozönose dar, an die sich wasserwärts verschiedene Zonationsbiozönosen anschliessen, also selbstregulierende Systeme, die aber infolge ihrer Streifenstruktur stärker von den benachbarten Biozönosen beeinflusst werden (BALOGH, 1958). Geht es um deren Abgrenzung, stehen wir vor der unerfreulichen Situation, dass wir sie erst dann abgrenzen können, wenn wir sie in ihren Einzelheiten bereits kennen. Es sei hier nicht einer Zonentypisierung das Wort geredet, die auf dem Vorhandensein oder Fehlen bestimmter «Leit»-Arten gründet. Um aber die Existenz von Zonationen erst einmal festzustellen, eignen sich zweifellos die Faunenzusammensetzungen gut, reagieren doch stenöke Arten sehr subtil auf Milieueinflüsse, die es dann erst noch aufzuspüren gilt. Eine solche Arbeit wird indessen im Bereich des Litorals mit seinen stark differenzierten und wechselnden Aussenbedingungen ungleich komplizierter und zeitraubender sein als eine Erforschung des Profundals.



Die vorliegende Arbeit lässt das Vorhandensein von verschiedenen Zonationszönosen bereits für das enge Gebiet der Uferbank erkennen.

Abundanzen

HÖHN (1944) schreibt, dass sich in der Strandzone infolge hoher Sauerstoff- und Kohlendioxydkonzentrationen, genügender Nährsalze und guter Lichtverhältnisse eine grosse Assimilationstätigkeit entfalte. THOMAS (1962) weist auf eine besondere Nachschubmöglichkeit von Nährsalzen durch die thermisch bedingte Horizontalzirkulation im Bereich der Ufer hin. Die Bedingungen für eine reiche Entfaltung der Tierwelt sind also im Bereich der Uferbank besonders günstig.

Die Gesamtabundanzen der einzelnen Stufen sind in Abb. 32 dargestellt. Es fällt

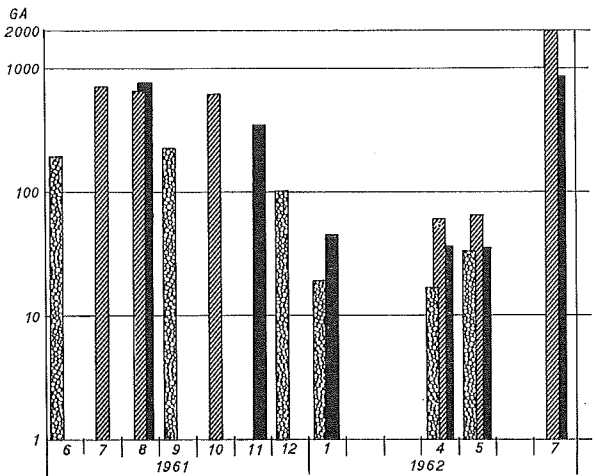
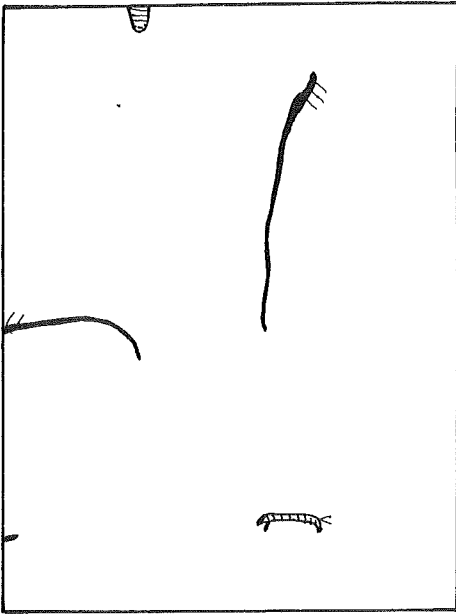


Abb. 32. Gesamtabundanzen. Signaturen wie Abb. 12.

auf, dass die Stufe II besonders reich an Individuen ist. Stufe I weist demgegenüber als ausgesprochene Saumbiozönose die kleinsten Abundanzen auf. Abb. 33 ist eine Zusammenstellung verschiedener Aspekte des Ufergrundes. Die Bodenausschnitte sind gegenüber der Wirklichkeit idealisiert und in vergrössertem Massstab abgebildet.

Die Angaben über litorale Abundanzen sind in der Literatur so spärlich, dass ein Vergleich meiner Ergebnisse mit denen anderer Autoren nicht zu gültigen Schlüssen führt. Profundalproben wurden früher zudem mittels eines zu weitmaschigen Siebes ausgewaschen, wobei nach JÓNASSON (1955) ein Grossteil der kleinsten Tiere verloren ging. Tab. 21 enthält die wenigen Vergleichszahlen, die mir zur Verfügung standen.

Diese Gegenüberstellung vermag aufzuzeigen, dass die Individuendichte litoraler Bezirke bis anhin unterschätzt wurde. Es ist nicht anzunehmen, dass der Zürichsee stark aus der Norm eines eutrophen Sees fällt; vielmehr dürften auch in anderen Seen auf dem Steinstrand erheblich mehr Tiere festgestellt werden, wenn es gelingt, den Grossteil zu erfassen. Es ist allerdings denkbar, dass das Holz der Fangkästen auf gewisse Tiere attraktiv wirken könnte und dass bei Verwendung von neutralem Kastenmaterial nicht so hohe Abundanzen festgestellt worden wären.



1 cm

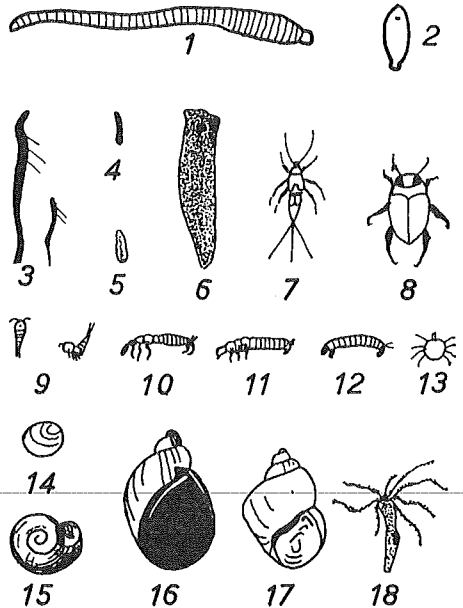
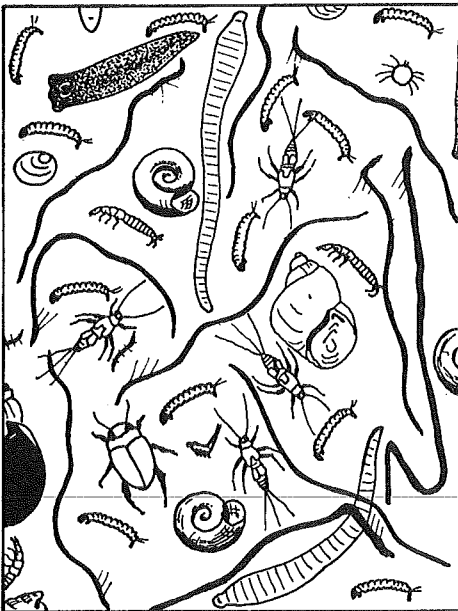
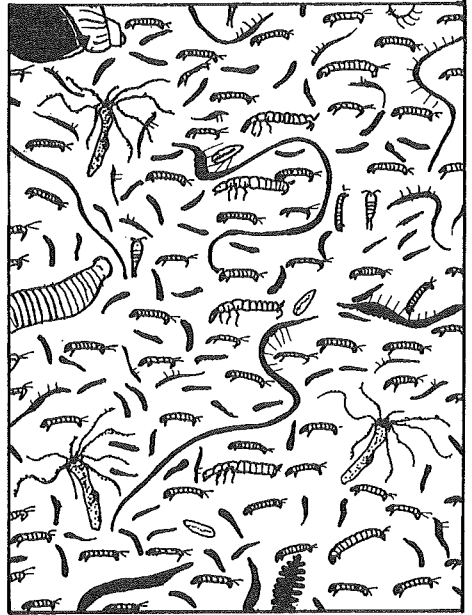


Tabelle 21. Gesamtabundanzen verschiedener Seen.

See	Nähere Bezeichnung	GA (Ind./dm <sup>2</sup> )	Autor
Lunzer Untersee	Steinstrand	16	LUNDBECK (1936)
Lunzer Untersee	stärkste Uferbesiedelung	130	LUNDBECK (1936)
Växjö-Seen (Schweden)	unteres Litoral	290	BRUNDIN (1949)
Esrom-See (Dänemark)	Profundal, Mittel	261	JÓNASSON (1955)
Esrom-See (Dänemark)	Profundal, Maximum	380	JÓNASSON (1955)
Zürichsee (Tiefenbrunnen)	Steinstrand Stufe I,	Minimum	17
		Maximum	236
		Mittel	100
	Steinstrand Stufe II,	Minimum	60
		Maximum	1993
		Mittel	686
	Steinstrand Stufe III,	Minimum	35
		Maximum	860
		Mittel	350
	Steinstrand Gesamtmittel		379

### Dominanzen

Gegenüber den Individuendominanzen der Oligochaeten und Insekten treten die Dominanzen der übrigen Tiere in den Hintergrund. Während der Untersuchungsperiode dominierten nicht immer die gleichen Tiergruppen, was aus der Tab. 22 hervorgeht.

Tabelle 22. Dominierende Tiergruppen.

O = Oligochaeten dominieren. IO = kein gesicherter Unterschied. I = Insekten dominieren.  
 — = kein Fang.

	1961						1962				
	6	7	8	9	10	11	12	1	4	5	7
Stufe I	I	—	—	IO	—	—	O	O	O	—	—
Stufe II	—	I	O	—	IO	I	—	IO	IO	O	I
Stufe III	—	—	O	—	—	I	—	IO	IO	O	O

Abb. 33. Besiedlungsdichte des Tiefenbrunner Steinstrandes. Es wurden 12 cm<sup>2</sup> Seegrund aufgezeichnet ohne Rücksicht auf die effektive Bodenstruktur. Die Tiere sind massstabgerecht gezeichnet, und ihre Dichte entspricht den betreffenden Abundanzwerten.

Oben links: Stufe III, Mai. Die Uferbank ist in diesem Monat sehr arten- und individuenarm. Ausser den Oligochaeten sind nur *Herpobdella* und *Chironomini* vertreten (GA = 35).

Unten links: Stufe III, November. Vielgestaltige Fauna mit mittlerer Abundanz (GA = 352).

Oben rechts: Stufe II, Juli. Grösste festgestellte Besiedlungsdichte (GA = 1993).

1 *Herpobdella*, 2 *Helobdella*, 3 *Oligochaeta*, 4 *Naididae*, 5 *Rhabdocoelida*, 6 *Tricladida*, 7 *Caenis*, 8 *Coleoptera*, 9 *Copepoda*, 10 *Polycentropidae*, 11 *Tinodes*, 12 *Chironomidae*, 13 *Hydracarinae*, 14 *Pisidium*, 15 *Gyraulus*, 16 *Lymnaea*, 17 *Bithynia*, 18 *Hydra*.

Es zeichnen sich in den Stufen I und III phasenverschobene Tendenzen ab: In der Stufe I dominieren im Sommer die Insekten, im Winter und Frühling hingegen die Oligochaeten. In der Stufe III sind im Sommer die Oligochaeten, im Winter die Insekten dominant.

### Zoomasse

Die Individuendichte vermag keine vollständige Auskunft zu geben über das Ausmass der Besiedelung eines bestimmten Raumes. Die Zoomasse muss auch mitberücksichtigt werden. In der Tab. 23 sind die für den Steinstrand Tiefenbrunnen errechneten Frischgewichte (siehe S. 40) einigen der Literatur entnommenen Werten gegenübergestellt.

Table 23. Zoomassen in mg Frischgewicht pro dm<sup>2</sup> Bodenfläche.

See	Nähere Bezeichnung	Zoomasse
Lunzer Untersee	Steinstrand	18
Lunzer Untersee	stärkstbesiedeltes Litoral	145
Plöner See	1,5 m tief	504
Plöner See	<i>Charazone</i>	3000
Esrom-See	0,2 m tief	1750
Zürichsee, Tiefenbrunnen	Maximalwert (August 1961), Stufe III	4000
Zürichsee, Tiefenbrunnen	Juli 1962, Stufe II	400
Zürichsee, Tiefenbrunnen	Juli 1962, Stufe III	600

Hier stimmen die Befunde für den Zürichsee besser mit denen anderer Autoren überein, was nicht erstaunlich ist, sind es doch die grösseren Tiere, die den Hauptteil an die Zoomasse beisteuern. Diese gehen aber beim Sieben nicht verloren, auch wenn ein weitmaschiges Sieb verwendet wird.

### Periodizität

Abgesehen von einigen Fällen der Unstetigkeit im Vorkommen einzelner schwach vertretener Tiergruppen der Stufe III zeigten die Abundanzwerte eine ausgesprochene simultane Periodizität ohne Phasenverschiebung. Der Tierbestand erreichte, nach einer starken Zunahme, sein Maximum im Monat Juli, um dann, erst geringfügig, später mit Plötzlichkeit, zusammenzubrechen. Es stellt sich sofort die Frage nach den auslösenden Gründen einer Evakuierung der Uferbank. Vorerst ist an die Temperatur zu denken, die in oberflächennahen Wasserschichten extremen jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt ist. Wenn es auch selten vorkommt, dass sich der Zürichsee mit einer Eisschicht bedeckt, so nähert sich in der Winterszeit die Wassertemperatur in windstillen Nächten doch des öftern dem Gefrierpunkt. Aber auch die Pflanzengesellschaft zeigt eine charakteristische Jahresperiodizität, auf die schon früher (S. 34f.) hingewiesen wurde. So verläuft die Gedeihkurve der Fadenalgen gleichsinnig mit der Gesamtabundanzkurve der Makrofauna, im Gegensatz zum Dichteverlauf der Diatomeen, der ein reziprokes Bild zeigt. Als Nahrungslieferanten kommen die Fadenalgen in lebendem Zustande nicht in Betracht, doch sind sie in anderer Weise Bestandteil des Milieus. Der direkten Kausalität zwischen Fadenalgenmasse und

Tierabundanzen stehen indessen gewisse Bedenken entgegen: Algenwatten wurden beim Durchmustern als auffallend tierarm befunden. Immerhin sind ganz allgemein die Tierabundanzen auf bewachsenen Böden grösser als auf unfruchtbaren, und was für örtlich bedingte Unterschiede der Pflanzengesellschaft zutrifft, könnten auch zeitlich bedingte zeigen. Als auslösende Faktoren für die Pflanzenperiodizität könnte die Temperatur, der Nährstoff- und Wuchsstoffgehalt oder allenfalls auch die Tageslänge in Frage kommen.

### Dislokation

Wie in den Abschnitten über die Ephemeriden, Chironomiden und Trichopteren dargelegt wurde, führen diese Ufertiere wahrscheinlich Dislokationen aus. Auch andere Organismen zeigen jahreszeitliche Veränderungen ihrer Abundanz, die auf Unterschiede in ihrem Verteilungsmuster zurückgeführt werden können. Eine Bedeutung haben solche Dislokationen vermutlich vor allem im Winter, wo die Verhältnisse auf der Uferbank extrem werden. Welche Reize diese Dislokationen auslösen und wie die Dislokationen ablaufen, ist unbekannt.

Es bleibt noch das Problem der Wiederbesiedelung der Uferbank. Auch hier kann Dislokation eine Rolle spielen. So beschreibt THIENEMANN (1926) ein stetiges Aufwärtswandern von Chironomidenlarven aus dem Gebiet des Profundals. Es wird schwer halten, solche Dislokationen und rein zufällig erfolgende Streuung auseinanderzuhalten. Eine Wiederbesiedlung kann auch durch Jungtiere erfolgen, die in der seichten Uferzone schlüpfen. Das massenhafte Auftreten kleinster Tiere im Juli spricht dafür. Die vorliegenden Untersuchungen lassen erkennen, dass beide Möglichkeiten verwirklicht sind.

Zum Studium derartiger Probleme wäre eine unmittelbar am See gelegene Forschungsstation erwünscht.

### Zusammenfassung

1. Während eines Jahres untersuchte ich die Makrofauna einer steinigen Uferbank im Gebiet des unteren Zürichseebeckens in qualitativer und quantitativer Hinsicht.

2. Eingegrabene Fangkästen wurden nach mindestens einmonatiger Ruhe wieder eingeholt. Deren lebender Inhalt wurde fixiert und ein zufälliges Muster daraus unter der Prismenlupe durchsucht.

3. Als Mass für die Zoomasse benützte ich den organisch gebundenen Stickstoff, den ich nach KJELDAHL aufschloss und titrierte. Es wurden Werte gefunden zwischen  $0,35 \text{ mg N/dm}^2$  (in 10 cm Wassertiefe, Mai) und  $74,9 \text{ mg N/dm}^2$  (in 80 cm Tiefe, August).

4. Es wurden 94 Spezies unterschieden.

5. Oligochaeten und Insektenlarven wiesen die grössten Abundanzen und Individuendominanzen auf.

6. Die Uferbank lässt bereits innerhalb der Wassertiefen von 0—90 cm deutlich zonierte Zoozönosen erkennen, was unter anderem aus der Verteilung der Chironomidenunterfamilien hervorgeht.

7. Der 20—50 cm unter dem Wasserspiegel liegende Bodenstreifen war am dichtesten besiedelt. Seine Abundanzwerte schwankten von 60 bis 1992 Ind./dm<sup>2</sup>.

8. Die Abundanzen im Bereich der untersuchten Uferbank zeigten eine ausgesprochene Jahresperiodizität. Dabei ist anzunehmen, dass die Makrofauna im Winter und Vorfrühling haldenwärts disloziert, was zu einer beinahe vollständigen Evakuation der Uferbank führt.

9. Verglichen mit Berichten über die litorale Makrofauna anderer Seen, zeigte der untersuchte Ort grössere Abundanzen, während die Bestimmung der Zoomasse ähnliche Ergebnisse lieferte, wie man sie andernorts fand.

10. Vergleichsproben aus einer weiter seeaufwärts gelegenen ähnlichen Uferbank ergaben im Sommer einen gesicherten Unterschied in der Zusammensetzung der betreffenden Makrofaunen.

### Literatur

- BALOGH, J. (1958): Lebensgemeinschaften der Landtiere (Grundzüge der Zooökologie). Akademie-Verlag, Berlin.
- BERG, K. (1938): Studies on the bottom animals of Esrom Lake. Ejnar Munksgaard, Kopenhagen.
- (1948). Biological studies on the river Susaa. Folia limnologica scandinavica.
- BERTRAND, H. (1954): Les insectes aquatiques d'Europe. 2 Bde. Lechevalier, Paris.
- BOETTGER, C. R. (1954): Die Systematik der euthyneuren Schnecken. Verh. Dtsch. zool. Ges., Tübingen.
- BRAUER (Neudruck 1961): Die Süßwasserfauna Deutschlands. H. 1—19. Weinheim, J. Cramer.
- BREHM, V. (1930): Einführung in die Limnologie. Springer, Berlin.
- BRITT, N. (1955). New methods of collecting bottom fauna from shoals or rubble bottoms of lakes. Ecology, Vol. 36, Nr. 3, p. 524 ff.
- BRUNDIN, L. (1949): Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgsseen. Lund.
- (1956): Die bodenfaunistischen Seetypen und ihre Anwendbarkeit auf die Südhalbkugel. Ber. Inst. f. Süßwasseruntersuchungen, Drottningholm.
- CHEVREUX, E. und FAGE, L. (1925): Amphipodes. Faune de France 9, Paris.
- DAHL, F.: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresgebiete. Verschiedene Teile. Jena, Gust. Fischer.
- EDMONDSON, W. T. (1959): Fresh-water biology. 2nd ed. John Wiley & Sons.
- EHRMANN, P. (1956): Mollusca. Tierwelt Mitteleuropas. Quelle & Meyer, Heidelberg.
- Einheitsverfahren, Deutsche, zu Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen. 3. Aufl., 1960. Fachgr. Wasserchemie, G.schaft Deutscher Chemiker.
- FAVRE, J. (1927): Les mollusques post-glaciaires et actuels du Bassin de Genève. Mém. Soc. Phys. Hist. Nat., Genève, 40 (3).
- FINDENEGG, I. (1955). Trophiezustand und Seetypen. Schweiz. Z. Hydrol. 17, S. 87—97.
- FOREL, F. A. (1901): Handbuch der Seenkunde. Engelhorn, Stuttgart.
- FRANZ, H. (1952/53). Dauer und Wandel der Lebensgemeinschaften. Schr. z. Verbr. naturwiss. Kenntnisse, Wien, 93.
- GERMAIN, L. (1931): Mollusques terrestres et fluviatiles. Faune de France 22, Lechevalier, Paris.
- GERKING, S. (1957): A method of sampling the littoral macrofauna and its application. Ecology 38, S. 219—226.
- GLEISS, H. (1954): Die Eintagsfliegen. A. Ziemsen, Wittenberg-Lutherstadt.
- GOETHGEBUER, M. (1927—1932): *Chironomidae*, 3 Bde. Faune de France, Lechevalier, Paris.
- v. GONZENBACH, W. (1936): Bericht über wissenschaftliche Erforschung des Zürichsees. Wasserversorgung der Stadt Zürich.

- HÄMMERLI, U. (1953): Schistosomen-Dermatitis am Zürichsee. *Dermatologica*, Vol. 107, Nr. 5, S. 302—341.
- HENRYSSON, ST., HASELOFF, O. W. und HOFFMANN, H. (1960): Kleines Lehrbuch der Statistik. W. de Gruyter, Berlin.
- HEUSCHER, H. (1915): Das Zooplankton des Zürichsees mit besonderer Berücksichtigung der Variabilität einiger Plankton-Cladoceren. Diss. Zürich.
- HÖHN, W. (1944): Die stehenden Gewässer und Moore der Herrschaft Wädenswil. II. Teil: Die Lebensgemeinschaften der Bodenregion des oberen Zürichseebeckens. XIV. Neujahrsbl. Leseges. Wädenswil. J. Baumann, Wädenswil.
- HUBENDICK, B. (1954): Die Artabgrenzung bei den schwedischen Lymnaeiden der *Radix*-Gruppe. *Ark. Zool.* 37 A, Nr. 10.
- (1951): Recent *Lymnaeidae*. K. Svensk. Vetensk. Handlingar (4) 3 (1).
- JÓHANSSON, L. (1939): *Hirudinea*. Tierwelt Deutschlands. G. Fischer, Jena.
- JÓNASSON, P. M. (1955): The efficiency of sieving techniques for sampling freshwater bottom fauna. *Oikos*, Vol. 6, Fasc. 2, E. Munksgaard, Kopenhagen.
- KARNY, H. H. (1934): Biologie der Wasserinsekten. F. Wagner, Wien.
- KEILHACK, L. (1909): *Phyllopora*. Süßwasserfauna Deutschlands (Brauer).
- KIEFER, F. (1960): Ruderfuss-Krebse (Copepoden). Franckh, Stuttgart.
- KLIE, W. (1938): *Ostracoda*, Muschelkrebse. Tierwelt Deutschlands (Dahl), 34. Teil. G. Fischer, Jena.
- KUHN, H. (1952): Gewässerleben und Gewässerschutz. Orell Füssli, Zürich.
- LAMPERT, K. (1907): Das Leben der Binnengewässer. 2. Aufl. Tauchnitz, Leipzig.
- LAUFF, G. H. et al. (1961): A method for sorting bottom fauna samples by elutriation. *Limnology and Oceanography*, Vol. 6, Nr. 4, S. 462—466.
- LENZ, F. (1928): Zur Terminologie der limnischen Zonation. *Arch. Hydr.* XIX, S. 748—755.
- (1928a): Einführung in die Biologie der Süßwasserseen. *Biol. Studienbücher IX*, Springer.
- (1932): Zur Methodik der quantitativen Bodenfauna-Untersuchung. *Arch. Hydr.* XXIII.
- (1953): Probleme der quantitativen Bodenfauna-Untersuchung. *Ber. d. limn. Flusstation Freudenthal*, S. 39f.
- (1954): Die Bodenfauna des Lago Maggiore und ihre Lebensbedingung. *Mem. dell'Ist. It. Idrobiol.*, Vol. VIII.
- LINDBERG, K. (1957): Le Groupe *Cyclops rubens* (*Cyclops strenuus*). CWK Gleerup, Lund.
- LUNDBECK, J. (1936): Untersuchungen über die Bodenbesiedelung der Alpenrandseen. *Arch. Hydr.* 10, S. 207—358.
- NAUMANN, E. (1928): Die eulimnische Zonation. *Arch. Hydr.* XIX, S. 144—147.
- Einige allgemeine Gesichtspunkte betreffs das Studium der regionalen Limnologie. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 11, S. 100—110.
- PESTA, O. (1928): Krebstiere oder *Crustacea*, in: Die Tierwelt Deutschlands. 9. T., 136 S., Jena, Gust. Fischer.
- PUKE, C. (1949): Bottom fauna and environmental conditions in the littoral region of lakes. *Ann. Rep. Inst. Freshwater-Research, Drottningholm* 29.
- RUTTNER, F. (1952 und 1961): Grundriss der Limnologie. W. de Gruyter.
- RZÓSKA, J. (1931): Bemerkungen über die quantitative Erfassung der Litoralfauna. *Verh. Int. Ver. Limnol.* V.
- SCHMASSMANN, W. (1920): Die Bodenfauna hochalpiner Seen. *Arch. Hydr. Suppl.-Bd. III*, H. 1.
- SCHOENEMUND, E. (1930): Eintagsfliegen. Tierwelt Deutschlands (Dahl), 19. Teil, G. Fischer, Jena.
- WÄCHTLER, W. (1937): *Isopoda*. Tierwelt Mitteleuropas (Brohmer), II/26, Quelle & Meyer, Leipzig.
- SPERBER, C. (1948): A taxonomical study of the *Naididae*. *Zool. Bidrag f. Uppsala*, Bd. 28.
- STÄDLER, M. (1934): Untersuchungen über die hygienisch bedeutungsvollen Strömungsvorgänge im Zürichsee, besonders im unteren Seebecken. Diss. ETH, Nr. 795.
- THIENEMANN, A. (1925): Das Leben der Binnengewässer. *Handb. d. biol. Arbeitsmethoden*, Abt. IX, Teil 2, Urban und Schwarzenberg, Berlin/Wien.
- (1925): Die Untersuchung bestimmter Gewässer. See und Teich: Ufer. *Handb. biol. Arb.-Meth.*, Abt. IX, Teil 2.
- (1926): Das Leben im Süßwasser. Eine Einführung in die biologischen Probleme der Limnologie. Hirt, Breslau.

- (1954): *Chironomus*. Binnengewässer Bd. 20, Stuttgart.
- (1955): Die Binnengewässer in Natur und Kultur. Springer, Berlin.
- (1956): Leben und Umwelt. Rowohlt, Hamburg.
- THOMAS, E. A. (1949): Sprungschichtneigung im Zürichsee durch Sturm. Schweiz. Z. Hydrol. 11, S. 527—545.
- (1950): Auffällige biologische Folgen von Sprungschichtneigungen im Zürichsee. Schweiz. Z. Hydrol. 12, S. 1—24.
- (1950a): Beitrag zur Methodik der Produktionsforschung in Seen. Schweiz. Z. Hydrol. 12, S. 25—37.
- (1955): Stoffhaushalt und Sedimentation im oligotrophen Ägerisee und im eutrophen Pfäffiker- und Greifensee. Mem. Ist. It. Idrobiol. suppl. 8, S. 357—465.
- (1956/57): Der Zürichsee, sein Wasser und sein Boden. Jahrbuch vom Zürichsee, Bd. 17, S. 173 bis 208. Gut & Co., Stäfa.
- (1960): Rotalgenrasen und Blaualgentepiche im Zürichsee. Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich, 105, S. 298—305.
- (1960a): Sauerstoffminima und Stoffkreisläufe im ufernahen Oberflächenwasser des Zürichsees. Monatsbull. Schweiz. Gas- u. Wasserfachm., Nr. 6.
- (1961): Die Verschmutzung des Zürichsees und die Strömungs- und Durchflussverhältnisse bei Rapperswil. Monatsbull. Schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm., Nr. 3/4.
- (1961a): Wucherungen von Cyanophyceen an den Ufern des Zürichsees und deren Ursachen. Schweiz. Z. Hydrol. XXIII/1.
- (1962): Thermisch bedingte Horizontalzirkulationen, Wasserchemismus und Algenwucherungen an Zürichseeufern. Hydrobiologia XX/1.
- THOMAS, E. A. und MÄRKI, E. (1949): Der heutige Zustand des Zürichsees. Verh. Int. Ver. Limnol. 10.
- ULMER, G. (1909): *Trichoptera*. Süßwasserfauna Deutschlands (Brauer). G. Fischer, Jena.
- VOLLENWEIDER, R. (1951): Aspekte moderner Limnologie. Festschr. zur 131. J.vers. Schweiz. Naturf. Ges., Luzern.
- VOLLMER, C. (1960): Wasserflöhe. Ziemsen, Wittenberg-Lutherstadt.
- WESENBERG-LUND, C. (1908): Die litoralen Tiergesellschaften unserer grösseren Seen. Int. Rev. Hydrobiol. u. Hydrographie I, S. 574—622.
- (1943): Biologie der Süßwasserinsekten. Springer, Berlin.