Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung
UB Universitäts Bibliothek Frankfurt am Main
DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens

Ökologische Untersuchungen an temporären Tümpeln des Bonner Kottenforstes - Dissertation ("D 5") Bonn aus dem Zoologischen Institut der Universität (Direktor: Prof. Dr. R. Danneel) (Abteilung Prof. Dr. H. Wurmbach) : mit 28 Abbildungen (Text und Tafeln I-III) und 20 Tabellen im Text

Kramer, Helmut

1964

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-169947

Visual Library

Decheniana, Bd. 117, Heft 1/2	Seite 53—132	Bonn, September 1964

Dissertation („D 5") Bonn

Aus dem Zoologischen Institut der Universität (Direktor: Prof. Dr. R. Danneel)
(Abteilung Prof. Dr. H. Wurmbach) *)

Ökologische Untersuchungen an temporären Tümpeln des Bonner Kottenforstes

Von Helmut Kramer, Bonn

Mit 28 Abbildungen (Text und Tafeln I—III) und 20 Tabellen im Text

(Manuskript eingereicht am 20. 7. 1962)

INHALT

Seite

A. Einleitung 54
B. Material und Methode 56
I. Die Untersuchungsgewässer 56
II. Biologische Untersuchungen 57
III. Die Bestimmung der chemischen Faktoren 58
C. Untersuchungsergebnisse 58
I. Befunde an den Tümpeln 58
a) Klima und Vegetation 58
b) Hydrographische und chemische Befunde 61
c) Die Verteilung der beobachteten Arten auf die Tümpel 68
d) Übersicht über die Sukzession in den Tümpeln 74
e) Diskussion der Befunde 81
II. Experimentelle Untersuchungen 93
a) Verbreitungsmöglichkeiten der Organismen und Anflugversuche . . . 93
b) Aufgußversuche 94
c) Diskussion der Ergebnisse und der angeschnittenen Probleme 104
III. Anpassungsformen an das Leben in temporären Tümpeln 106
a) Dauerstadien 106
b) Andere Anpassungsformen 109
D. Zusammenstellung der ökologischen Befunde für verschiedene Organismen . 110
E. Diskussion 125
F. Zusammenfassung 127
G. Literaturverzeichnis 129

*) Mit Unterstützung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

A. EINLEITUNG

Periodisch austrocknende Tümpel zeichnen sich durch besonders extreme Lebensbedingungen aus: Das Austrocknen im Sommer und das Durchfrieren des Tümpels im Winter setzt bei seinen Bewohnern eine hochgradige Anpassung an extreme Lebensbedingungen voraus. Die Fähigkeit mancher Organismen, sich schon vor dem Eintreten ungünstiger Lebensumstände zu encystieren, macht diese Organismen besonders geeignet, periodisch austrocknende Gewässer zu bewohnen. GELEI (1954) bezeichnet diese Organismen als „Cystobionten" und sieht in ihnen das Charakteristikum dieser Biotope.

Die Wassertemperatur kann in temporären Gewässern innerhalb eines Tages beträchtlich schwanken. Große Veränderungen des Chemismus während der Lebensdauer der Tümpel sind kennzeichnend für deren astatischen Charakter (GAJL 1924). Die belebte und unbelebte Umwelt temporärer Tümpel wirkt sich auf ihre Eigenschaften stärker aus als das für perennierende Gewässer gilt und bedingt eine große Mannigfaltigkeit. Zwei nahe benachbarte Tümpel können voneinander grundverschieden sein (PESTA 1939). Andererseits können weit voneinander entfernte Tümpel auf Grund ähnlicher Umweltverhältnisse verwandte Züge aufweisen. Eine Systematik der temporären Gewässer wurde zwar wiederholt versucht, ist aber wegen der großen Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit dieser Biotope recht schwierig. Gibt es doch von der Pfütze bis zum Tümpel, der in feuchten Jahren überhaupt nicht austrocknet, die verschiedensten Übergangsstufen.

SPANDL (1926) teilt die periodisch austrocknenden Gewässer nach ihrer Entstehung ein in: Überschwemmungstümpel, Schmelzwassertümpel, Platzregentümpel und Grundwassertümpel. Nur Gewässer mit einer Wasserführung von höchstens zweimonatiger Dauer läßt er als periodische Gewässer gelten. Mit Recht kritisiert KENK (1949) diese etwas willkürliche Festlegung. CHODOROWSKA (1958) unterscheidet zwischen ephemeren Gewässern mit einer Wasserführung bis zu einer Dauer von 2,5 Monaten und periodischen Gewässern, die im Sommer 5 Monate lang Wasser führen können. — PICHLER (1947) nimmt eine Einteilung der Kleingewässer nach thermischen Gesichtspunkten vor. Er unterscheidet Lache, Tümpel und Weiher. Während die Lache praktisch keine Temperaturschichtung aufweist, wird diese in Tümpel und Weiher täglich durch eine Homothermie unterbrochen. — GAJL (1924) charakterisiert die Kleingewässer am Beispiel ihrer Crustaceenfauna und weist verschiedene Übergangsstufen vom extrem temporären Tümpel (Typus II) bis zum perennierenden Gewässer (Typus I) nach. Für alle diese Übergangsstufen sind bestimmte Kleinkrebse charakteristisch. Auch HERBST (1951) konnte zwischen der Crustaceenfauna perennierender und periodischer Kleingewässer deutliche Unterschiede feststellen.

Nach BRAUER (1891) und MRAZEK (1900) (vgl. THIENEMANN 1925) lassen sich zwei Typen temporärer Tümpel ökologisch-faunistisch deutlich voneinander abgrenzen:

1. Stark besonnte, lehmige Lachen, die durch heftige Regengüsse gefüllt werden und im Sommer völlig austrocknen. Hier finden sich als Leitformen die Euphyllopoden *Triops cancriformis* und *Branchipus*.
2. Tümpel, die hauptsächlich (meist nach der Schneeschmelze) vom Grundwasser gespeist werden. Sie liegen meist im Wald. Da sie nur langsam austrocknen, bleiben

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

die untersten Schichten lange feucht. Charakteristische Bewohner dieser Biotope sind *Lepidurus productus* und *Chirocephalus grubei*.

Die Einteilung von Wesenberg-Lund (1939) berücksichtigt besonders die Umgebung und den Untergrund temporärer Gewässer (Schmelzwassertümpel auf ewigem Schnee, Tümpel auf Felsen, lehmige Lachen in der Steppe, Waldtümpel mit Laubboden, Dünenseen).

Eine umfangreiche Liste der Tierwelt temporärer Gewässer verdanken wir Spandl (1926). Bei den meisten der genannten Formen handelt es sich um Ubiquisten oder um Formen, die auch in ausdauernden Kleingewässern vorkommen. — Wie die Untersuchungen von Gelei und seinen Mitarbeitern (1954) zeigen, kann sich die Biocönose temporärer Tümpel jedoch auch aus Organismen zusammensetzen, die n i c h t euryök sind. Auf die ökologisch isolierende Funktion temporärer Tümpel wies Grese (1929) hin.

Es finden sich nur sehr wenige Arten, die ausschließlich in temporären Gewässern vorkommen. Dabei handelt es sich samt und sonders um Turbellarien und Crustaceen (besonders Euphyllopoden). Für die Euphyllopoden dürften diese Tümpel ein Refugium darstellen, in dem sie vor Feinden (Fischen!) sicher sind (Kenk 1949), vielleicht auch noch für andere Tiere. Außer den Fischen fehlen den periodischen Gewässern andere Tiere, die für perennierende Gewässer typisch sind: Süßwasserschwämme, die Larven vieler Plecopteren, Ephemeriden, Libellen und Trichopteren, die meistens Muscheln und Wasserschnecken sowie manche Formen des Planktons, die sich in Seen und größeren Teichen finden (z. B. die Dinoflagellaten *Ceratium* spec.).

Untersuchungen an temporären Gewässern wurden durchgeführt von Mrazek (1900), Murray (1911), Müller (1921), Mozley (1932) und Kenk (1949). Periodische Gewässer in den Alpen untersuchten Stirnimann (1926) und Pesta (1939 u. a.). Krampner (1928) beschrieb die Rotatorien- und Crustaceenfauna temporärer Gewässer in Israel, Hoff (1943) die Ostracoden temporärer Tümpel der U.S.A., Harnisch (1922) die Chironomidenfauna austrocknender Gewässer. — Die Schärentümpel Finnlands wurden von Levander (1900) und Droop (1953) bearbeitet. Über periodische Waldgewässer arbeitete Chodorowski (1958). Gelei und seine Mitarbeiter (1954) untersuchten temporäre Wiesentümpel in Oberungarn. Kertesz (1956) arbeitete über Rotatorien periodischer Gewässer Ungarns. Arbeiten über die Algenvegetation periodischer Gewässer wurden von Bock (1952) und Evans (1958) durchgeführt. Verschiedenartige Kleingewässer wurden von Kreuzer (1940) vergleichend untersucht.

Mit der Anpassung der Organismen an periodische Austrocknung befaßte sich bereits Spallanzani (1776). Scheuring (1920) und Kenk (1949) untersuchten die Anpassung von Tieren an die Austrocknung ihres Wohngewässers. Schröder (1888) und Evans (1958) arbeiteten über die Austrocknungsfähigkeit bei Algen.

Die Cystenbildung bei Protisten und ihre Auslösung durch verschiedene Umweltfaktoren behandeln zahlreiche Arbeiten. Eine Übersicht darüber findet sich bei Doflein-Reichenow (1953). Hier sei nur auf die Beobachtungen von Droop (1955) an *Haematococcus* hingewiesen. — Mit der Encystierung und den Ruhestadien der Copepoden befaßten sich zahlreiche Untersuchungen, von denen hier die Arbeiten von Cole (1953) und Elgmark (1955) genannt seien.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Im Rahmen meiner Arbeit führte ich zwei Jahre (1959 und 1960) hindurch ökologische Untersuchungen an fünf Tümpeln des Bonner Kottenforstes durch. Dabei wurde versucht, die Sukzession der Organismen im Zusammenhang mit den abiotischen Faktoren zu betrachten.

Für die Anregung und dauernde Förderung der Arbeit danke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Wurmbach. Herrn Prof. Dr. R. Danneel danke ich für die Überlassung eines Arbeitsplatzes in seinem Institut. Für ihre Hilfe beim Bestimmen schwieriger Algen danke ich Frau Dr. M. Hülsbruch vom Botanischen Institut. Herrn Dr. H. Bick bin ich dankbar für viele wertvolle Anregungen und Hinweise.

Durch die freundliche Genehmigung des Staatlichen Forstamtes Kottenforst war es mir möglich, bis unmittelbar an die Untersuchungsgewässer heranzufahren und so die Proben in kürzester Zeit ins Laboratorium zu befördern. — Für die Überlassung metereologischer Daten danke ich Herrn Dr. Seemann von der Bonner Wetterwarte und Herrn Dr. Engel, Versuchsgut Klein-Altendorf bei Meckenheim. Bei den chemischen Bestimmungen half mir Fräulein Dipl. Biol. E. Scheithauer, wofür ich ihr dankbar bin.

B. MATERIAL UND METHODE

I. Die Untersuchungsgewässer

Die untersuchten Gewässer liegen im Bonner Kottenforst auf der Hauptterrasse des Rheins. Es handelt sich um alte Wagenspuren auf den Waldwegen. Wegen des wasserstauenden Untergrundes führen sie nach starken Niederschlägen lange Zeit Wasser. Erst bei anhaltender Trockenheit trocknen sie langsam aus. Da die Waldwege ziemlich breit sind, erhalten die Tümpel direktes Licht. Nur wenige Stunden des Tages liegen sie im Schatten der benachbarten Waldbestände. Drei der untersuchten Tümpel grenzen an Fichtenbestände auf der einen und an Bestände mit jungem Laubholz (Birken, Espen u. a.) auf der anderen Seite. Der Waldweg, auf dem die beiden anderen liegen, führt durch einen Buchenhochwald.

Fallaubreiche Kleingewässer des Kottenforstes wurden von H. Bick (1958) untersucht. — Untersuchungen über Protisten, Rotatorien und Crustaceen der Bonner Umgebung wurden von Bertkau (1897), Schauss (1908), Lauche (1913) und Schmidt (1913) durchgeführt.

Nach einigen Probeuntersuchungen an verschiedenen Tümpeln des Kottenforstes wurden 5 Tümpel ausgewählt, die besonders interessant zu sein schienen.

Ein temporäres Waldgewässer (T. 6), in dem noch im Mai 1958 *Chirocephalus grubei* beobachtet wurde, war während des Untersuchungszeitraumes bis auf wenige Tage im Frühjahr 1959 völlig ausgetrocknet, so daß es nicht mituntersucht werden konnte. Im Frühjahr 1961 war der Tümpel wieder gefüllt. Außer großen Mengen von Mückenlarven (*Aëdes* spec.) konnten wieder zahlreiche Exemplare von *Chirocephalus* beobachtet werden.

Die untersuchten Tümpel werden im Folgenden mit den Ziffern 1—5 bezeichnet. Sie liegen mit Ausnahme von T. 3 und T. 4 recht weit voneinander entfernt. T. 1 und 2 sind bei höchstem Wasserstand ungefähr 20 cm tief und 30 cm breit. Ihre

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

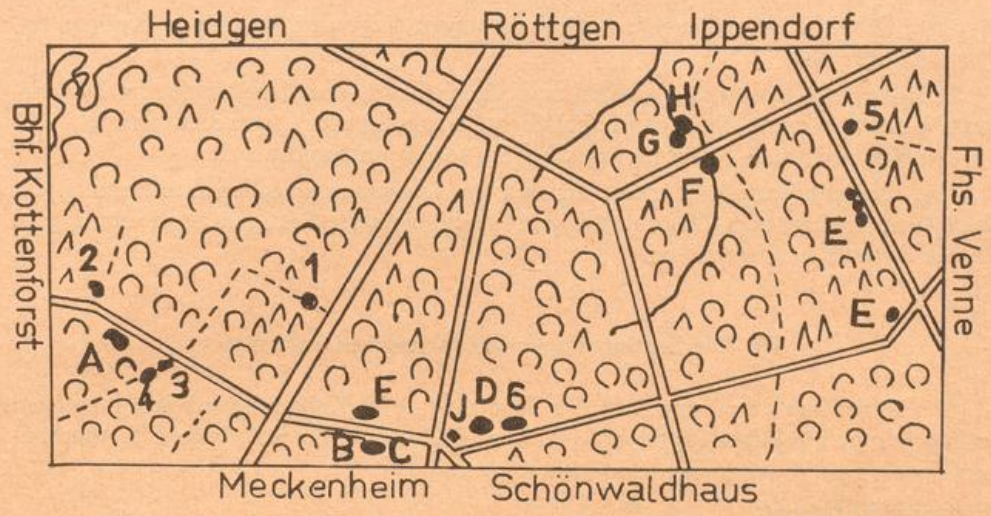


Abb. 1 Lageplan der untersuchten Tümpel (vgl. Meßtischblatt Nr. 5308, Bad Godesberg)

1—5 = untersuchte Tümpel
6 = *Chirocephalus*-Tümpel
A = *Sphagnum*-Teich
B = Weggraben
C = Fallaub-Tümpel
D = Teich am Jägerhäuschen
E = Bombentrichter
F = Hirschweiher
G = Kurfürstenweiher
H = Oberauweiher
J = Jägerhäuschen

Länge beträgt etwa 1 m. Sie führen nur kurze Zeit Wasser (ephemere Tümpel). Tümpel 3 (maximal 3—4 m lang, 70 cm breit, 35 cm tief), Tümpel 4 (maximal 3—4 m lang, 35 cm breit, 25 cm tief) und Tümpel 5 (maximal 4—5 m lang, 35 cm breit, 10 cm tief) trocknen erst nach längerer Dürre aus. Im trockenen Sommer 1959 trockneten sie — in der Reihenfolge T. 4, T. 5, T. 3 — bis zum Juli aus, im nassen Sommer 1960 dagegen überhaupt nicht (periodische Tümpel) (s. Abb. 25 ff.). Weitere Gewässer im Untersuchungsgebiet sind im Lageplan eingezeichnet.

II. Biologische Untersuchungen

Die biologischen Proben wurden in 100 ml-Pulverflaschen geschöpft, gegen Temperatureinflüsse nach Möglichkeit isoliert und möglichst bald anschließend im Labor untersucht. Die Proben wurden vormittags zwischen 8 und 9 Uhr entnommen.

Eine quantitative Auswertung des Materials ist bei temporären Gewässern wegen der geringen Wassermenge mit großen Schwierigkeiten verbunden (vgl. Gajl 1924, Murray 1932, Kenk 1949). Daher wurde die Menge der Organismen geschätzt. Es wurden jeweils 5 Objektträgerpräparate durchbeobachtet. Organismen, die in jedem Präparat zu finden waren, sind in der graphischen Darstellung durch ein ausgefülltes Rechteck gekennzeichnet, Arten, die nicht in jedem Präparat gefunden wurden, durch ein schraffiertes Rechteck. Arten, die nur nach Anreicherung der Probe (im 25er Planktonnetz) festgestellt werden konnten, sind durch ein leeres Rechteck gekennzeichnet. Bei den wenigen Arten, die in jedem Präparat in mehreren Exemplaren beobachtet werden konnten, wurde die Zahl der jeweils beobachteten Organismen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

notiert. Der Mittelwert aus je 5 Beobachtungen liegt den jeweiligen Kurven zugrunde (Abb. 16).

Protisten und Rotatorien wurden nach Möglichkeit lebend bestimmt. Im Bedarfsfalle wurden sie mit wässriger Lugolscher Lösung fixiert. Crustaceen und Wasserinsekten wurden nach Fixierung in Alkohol (96 %) untersucht.

Die Nomenklatur folgt meist der letzten zusammenfassenden Bearbeitung der betreffenden Tier- oder Pflanzengruppe. Auf die benutzte Bestimmungsliteratur wird in der Artenliste hingewiesen.

III. Die Bestimmungen der chemischen Faktoren

Die Entnahme der Proben für die Sauerstoff- und Kohlendioxyd-Bestimmungen erfolgte in den üblichen Sauerstoff-Flaschen. Die Proben für die übrigen Bestimmungen wurden in 1/2-Liter-Flaschen entnommen.

Es wurden bestimmt:

1. Temperatur
2. Salzsäurebindungsvermögen (S. B. V.) nur zeitweilig
3. Calciumgehalt nur zeitweilig
4. pH-Wert mit dem pH-Meter 22 von RADIOMETER (mit Glaselektrode)
5. Sauerstoff nach WINKLER
6. Kohlendioxyd
7. Gesamt-Eisen-Gehalt
8. NO_3 im HELLIGE-Neokomparator (mit Brucinschwefelsäure). (Das Verfahren war für die Untersuchungsgewässer nicht empfindlich genug.)
9. NH_4 im HELLIGE-Neokomparator (mit Nesslers Reagens).

Soweit nicht die Vorschriften für den HELLIGE-Neokomparator galten, wurden die Bestimmungen nach den Anweisungen der Einheitsverfahren von HAASE (1954) vorgenommen.

C. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

I. Befunde an den Tümpeln

a) Klima und Vegetation

Der Kottenforst ist schon seit jeher für seine Feuchtigkeit bekannt. Schon der Name soll darauf hindeuten: cotton (keltisch?) = Wollgras, Binse. Die oberste Bodenschicht wird von einer Lößlehmdecke gebildet. Darunter befindet sich in der Tiefe eine Schicht von durch Eisenhydroxyd verbackenem Schotter (MÜCKENHAUSEN 1950). Die starke Verkittung des Untergrundes ist die Ursache für das Auftreten der Staunässe („Staunässegley" oder „Pseudogley"). „Dadurch ist dieser Boden zeitweilig übernäßt; das Bodenwasser verdunstet aber im Sommer sehr schnell, und der Boden wird trocken und sehr hart" (MÜCKENHAUSEN u. WORTMANN 1954). — Durch das atlantische Klima bedingt, fallen reichlich Niederschläge (langjähriges Mittel 599,0 mm). Das Niederschlagsmaximum liegt im Hochsommer (langjähriges Mittel

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

für die Niederschläge im Juli = 73 mm). Durch die reichen Niederschläge füllen sich alle Vertiefungen im Boden mit Wasser, das in feuchten Jahren auch in kleinen Pfützen monatelang stehenbleibt.

Im Untersuchungszeitraum fügte es sich, daß ein extrem trockenes Jahr (376 mm) von einem besonders nassen Jahr (764 mm) gefolgt wurde. So können extreme Verhältnisse miteinander verglichen werden (Niederschläge 1959 u. 1960 s. Abb. 2).

Die klimatischen Verhältnisse in den beiden Jahren werden in Kurven in Anlehnung an die Methode von GAUSSEN (1954) und WALTER (1958) wiedergegeben

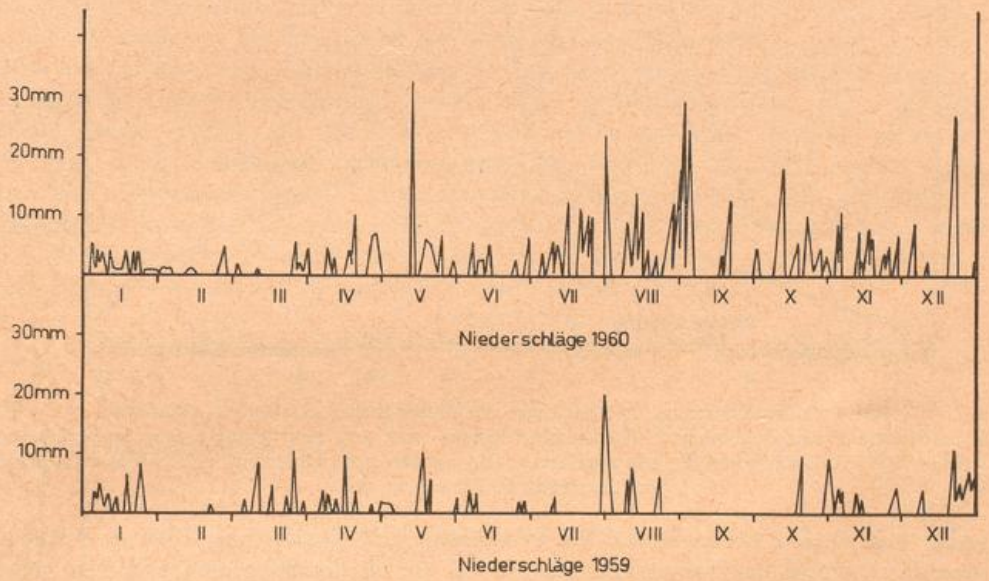


Abb. 2 Niederschläge in den Jahren 1959 und 1960 nach Messungen des Versuchsgutes Klein-Altendorf bei Meckenheim der Universität Bonn.

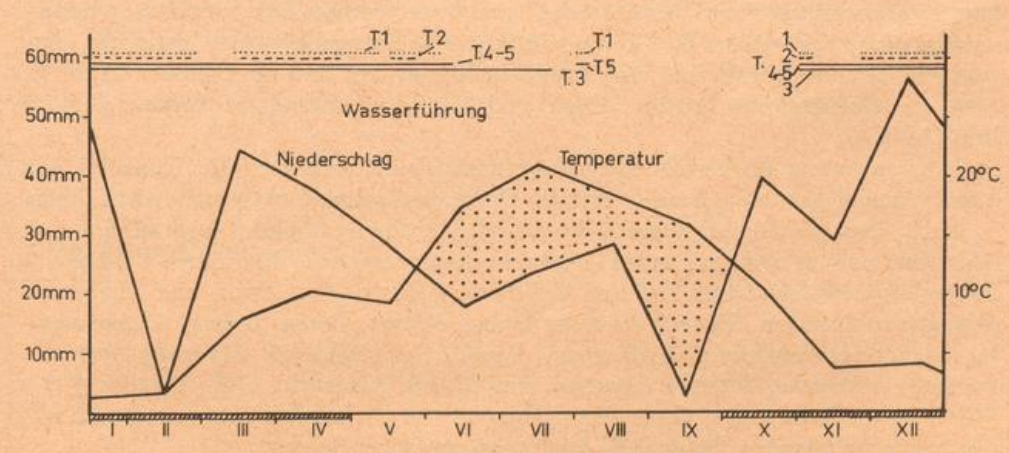


Abb. 3 Klimadiagramm für 1959 (nach der Methode von GAUSSEN & WALTER). Die punktierte Fläche bezeichnet die Trockenperiode. Monate mit Temperaturen unter 0° C sind durch Schraffur gekennzeichnet. Die unterbrochenen waagerechten Linien geben die Wasserführung in den untersuchten Tümpeln wieder.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

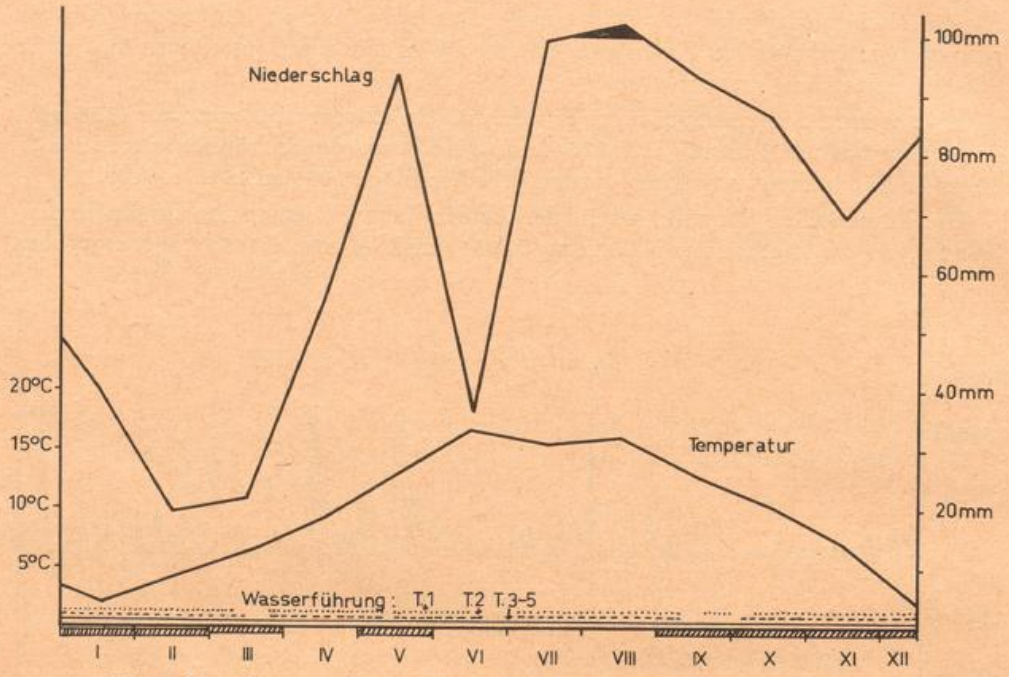


Abb. 4 Klimadiagramm für 1960 (nach der Methode von GAUSSEN & WALTER). Die schwarze Fläche kennzeichnet Niederschlagsmengen über 100 mm. Monate mit Temperaturen unter 0° C sind durch Schraffur gekennzeichnet. Die waagerechten Linien geben die Wasserführung der untersuchten Tümpel wieder.

(Abb. 3 u. 4). Die Monatsmittel für Temperatur und Niederschlag sind als Kurven gezeichnet, wobei der Temperatur von 10° C die Niederschlagsmenge von 20 mm im Maßstab entspricht. GAUSSEN konnte zeigen, daß bei Anwendung dieses Verhältnisses eine streng aride Zeit vorliegt, wenn die Niederschlagskurve die Temperaturkurve unterschreitet (punktierte Fläche), und eine feuchte Zeit, wenn die Niederschlagskurve hoch über die Temperaturkurve hinausgeht. 1959 herrschte eine trockene Zeit im Februar und eine streng aride Zeit von Juni bis Oktober (Abb. 3). 1960 war eine trockene Zeit im Februar und März und eine relativ trockene Zeit im Juni (Abb. 4).

Jedesmal, wenn stärkere Niederschläge ausblieben, trockneten die Tümpel 1 und 2 aus. Tümpel 3, 4 und 5 brachte erst die Dürre des Sommers 1959 zum Austrocknen.

Auch wenn die Tümpel ausgetrocknet sind, läßt die hydrophile Vegetation darauf schließen, daß es sich um einen feuchten Biotop handelt. Besonders typisch für temporäre Gewässer dieser Art sind *Callitriche palustris* (= *verna*) und *Peplis portula*. Hinzu kommen *Glyceria fluitans, Juncus effusus, Juncus tenuis, Alisma plantago-aquatica, Polygonum hydropiper, Ranunculus flammula, Myosotis palustris, Lycopus europaeus, Mentha aquatica* und *Bidens tripartitus* (vgl. MOZLEY 1932, PURER 1939, ROLL 1940, GELEI 1954, HILD 1960). Es handelt sich also ausschließlich um Sumpfpflanzen. Eigentliche Unterwasserpflanzen fehlen.

Alisma plantago-aquatica fand sich nur in den Tümpeln mit längerem Wasserstand (T. 3 und T. 4), ebenfalls *Glyceria fluitans* (T. 3, T. 4 und T. 5). Die übrigen Arten fanden sich an allen 5 Tümpeln.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

b) Hydrographische und chemische Befunde

Bei den Tümpeln handelt es sich um vertiefte Wagenspuren von durchschnittlich 30 cm Breite, 20 cm Tiefe und bis zu 3—4 m Länge. Die Seitenränder sind steil. Von den beiden Enden her wachsen die Rinnen zu (*Glyceria, Ranunculus flammula* u. a.). Da die Wege relativ breit sind, liegen die Tümpel frei und erhalten zu allen Jahreszeiten fast den ganzen Tag über direktes Licht. — Direkter Laubeinfall kommt wegen der freien Lage der Tümpel nicht vor. Im Herbst weht der Wind das Laub der benachbarten Buchen in die Tümpel 3 und 4. Die anderen Wege grenzen an Fichtenbestände und Jungwuchs. Daher erhalten ihre Tümpel auch im Herbst wenig Fallaub.

Der Wasserstand der Tümpel ist von der Höhe der Niederschläge abhängig. Die Höhe des maximalen Wasserstandes (bis 35 cm) wurde nach den reichlichen Niederschlägen im August 1960 erreicht. — Ein Einfluß der Waldbäume auf die Höhe des Wasserstandes (vgl. RAABE 1955) kommt bei den untersuchten Tümpeln kaum in Betracht, da diese nicht in Verbindung mit dem Grundwasserspiegel stehen. Nur beim *Chirocephalus*-Tümpel (T. 6) besteht wohl ein Zusammenhang mit dem Grundwasserstand, so daß der Wasserverbrauch der Bäume (hohe Eichen) einen Einfluß auf den Wasserstand des Tümpels ausüben könnte. Bei den anderen Tümpeln bietet der angrenzende Wald höchstens Schutz vor austrocknenden Winden.

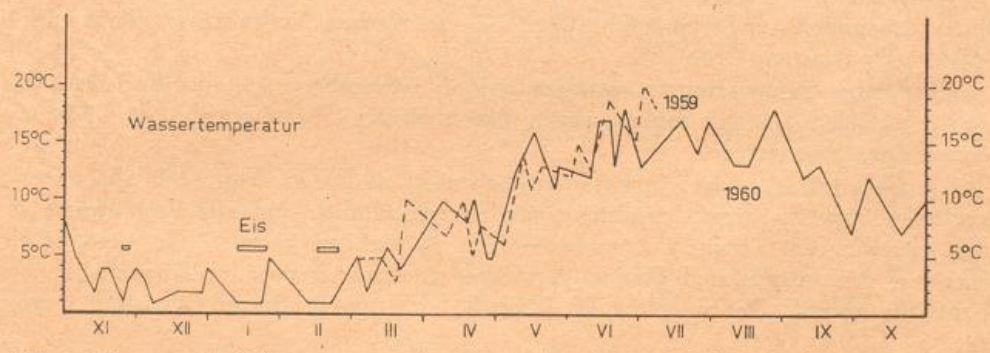


Abb. 5 Jahresgang der Wassertemperatur (1959 u. 1960) nach morgendlichen Messungen in Tümpel 3, der auch für die anderen Tümpel repräsentativ ist.

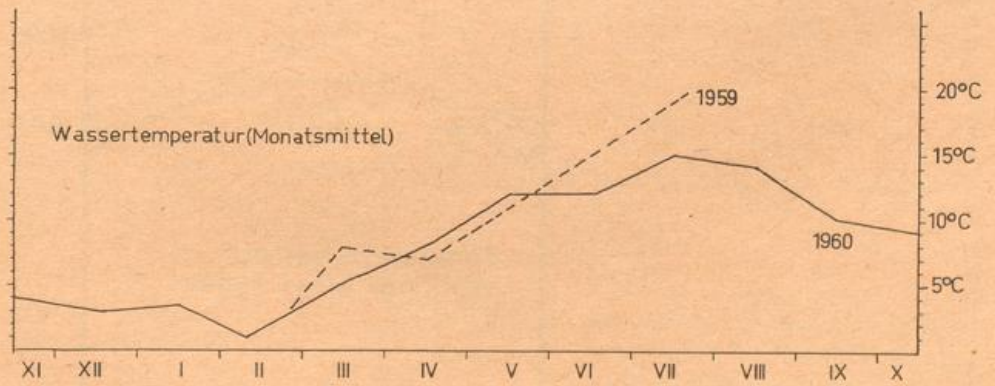


Abb. 6 Jahresgang der Wassertemperatur (1959 u. 1960). Monatsmittel nach morgendlichen Messungen in Tümpel 3.

Wegen der geringen Tiefe können die Tümpel bei strengen Frösten ganz durchfrieren, wie das im Winter 1959/60 der Fall war. — Befindet sich unter einer Eisdecke noch Wasser, so kann dieses bei vorübergehender Wettermilderung, wenn der Boden das Wasser aufnehmen kann, dort versickern. So bleibt zuletzt zwischen der Eisdecke und dem Tümpelboden eine Luftschicht übrig. Der Boden darunter hat eine Temperatur von über 0° C.

Die sommerliche Erwärmung der Tümpel erreicht wegen der klimatisch ausgleichenden Wirkung des Waldes nie die von flachen Gewässern sonst bekannten Extreme (Gelei 1954, Hendricks 1955). Die Temperaturmessungen wurden morgens bei der Probeentnahme durchgeführt. Auf diese Weise wurde nur die extreme Abkühlung des Wassers erfaßt, nicht die extreme Erwärmung. Über den Jahresverlauf der Morgentemperatur geben die Kurven Auskunft (Abb. 5 und 6).

Der Tagesgang der Temperatur wurde an einem sonnigen Tag im August 1960 gemessen (Abb. 7). Die Temperaturen der einzelnen Tümpel unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Sie erwärmten sich schnell bis zum Mittag. Dann kühlten sie vom späten Nachmittag bis zum nächsten Morgen langsam wieder aus. Auffällig ist, daß die tiefste Temperatur in Tümpel 5 erst nach Sonnenaufgang erreicht wurde. Die Gesamtamplitude lag bei 8° C (vgl. Gieysztor 1934).

Je seichter die Tümpel waren, um so schneller und stärker erwärmten sie sich. Eine zusammenfassende Übersicht über die thermischen Verhältnisse kleiner Gewässer gibt Pichler (1939).

Chemische Untersuchungen wurden erst ab November 1959 durchgeführt. Im vorhergehenden Sommer mußte wegen des niedrigen Wasserstandes der Tümpel darauf verzichtet werden.

Ein Vergleich der physikalischen und chemischen Daten zeigt, daß alle untersuchten Tümpel in ihrem Charakter einander recht ähnlich sind. Die Verhältnisse in den benachbarten Tümpeln 3 und 4 liegen weitgehend parallel. Ein besonderes Merkmal der untersuchten Tümpel gegenüber anderen temporären Tümpeln ist ihr hoher Eisengehalt. Der pH-Wert der Tümpel 1, 2, 3 und 4 schwankt geringfügig um

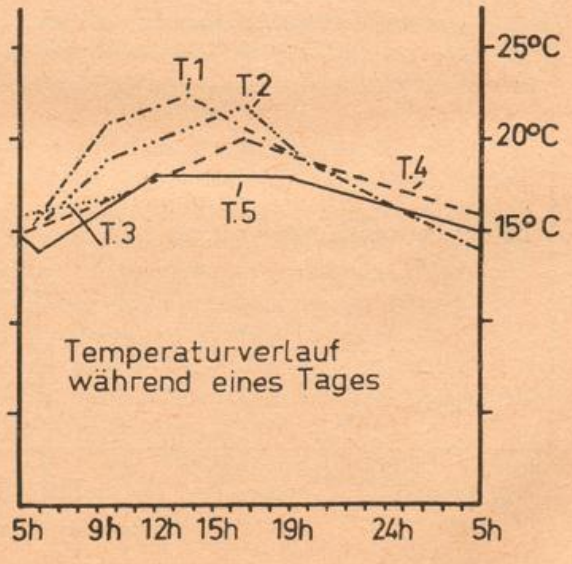


Abb. 7
Tagesgang der Wassertemperatur (August 1960) in den untersuchten Tümpeln (bei wolkenlosem Himmel).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

6,6 (Abb. 8 u. 9). Tümpel 5 unterscheidet sich durch seinen tieferen pH-Wert, der wohl durch den höheren CO_2-Gehalt bedingt ist (Abb. 9). Die Schwankungen des pH-Wertes werden nach v. BRANDT (1935) in pflanzenarmen Gewässern vorwiegend durch die Niederschläge bestimmt. Das dürfte auch für die untersuchten Tümpel gelten. In T. 5 ist für pH-Schwankungen gewiß auch die Assimilation der Algen von

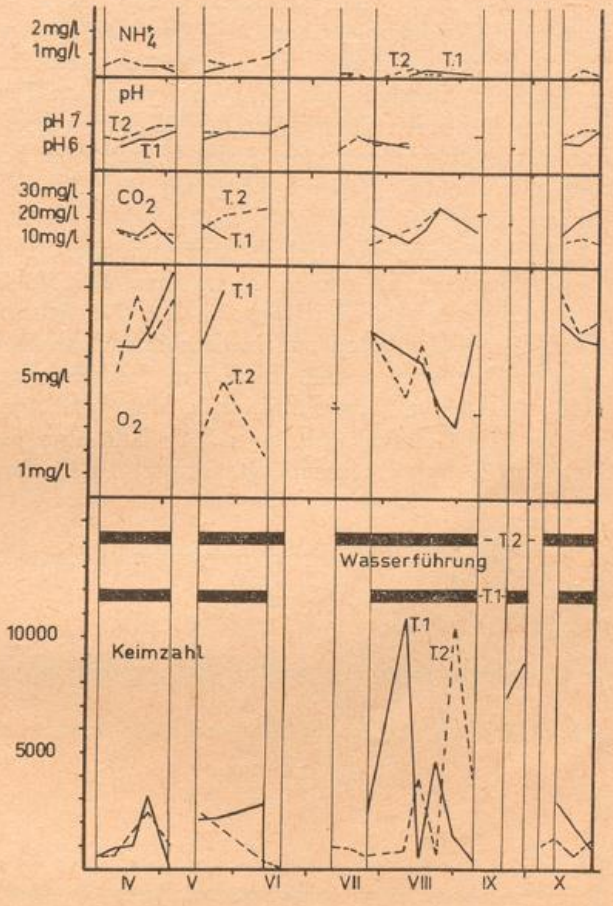


Abb. 8
Schwankungen der chemischen Faktoren (pH, O_2, CO_2, NH_4^+) und der Keimzahl in den „ephemeren" Tümpeln T. 1 und T. 2 (1960).

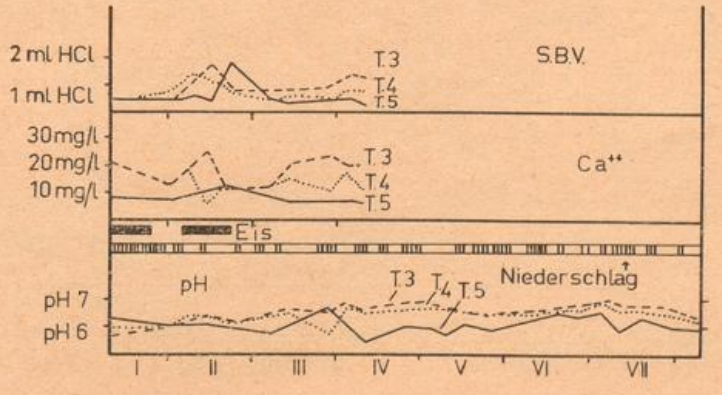


Abb. 9
Schwankungen von pH-Wert, Ca-Gehalt und S.B.V. in den Tümpeln T. 3, T. 4 und T. 5 (1960).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Bedeutung. Rao (1953) bringt die Zunahme des pH-Wertes mit der — durch das Ansteigen der Temperatur bedingten — Abnahme der CO_2-Löslichkeit in Verbindung.

Die Schwankungen des Ca-Gehaltes und des S. B. V. wurden nur im Frühjahr 1960 gemessen. In Tümpel 3 und in T. 4 schwankte der Ca-Gehalt besonders stark: zwischen 6,0 und 25 mg/l (Abb. 9). Der Ca-Gehalt in T. 5 war niedriger und schwankte weniger. Der Sauerstoff-Gehalt ist in allen Tümpeln relativ hoch. Es werden im Durchschnitt über 50 % Sauerstoffsättigung erreicht; Übersättigung mit Sauerstoff konnte nur in T. 5 festgestellt werden. Sie trat nach hohen Niederschlägen ein. Durch Regen und Wind wird den Tümpeln Sauerstoff zugeführt. Da die Oberfläche der Tümpel im Verhältnis zu ihrer Tiefe ziemlich groß ist, spielt auch die Diffusion von Luft in das Wasser eine bedeutende Rolle. In T. 5 dürfte auch die photosynthetische Tätigkeit der Algen den O_2-Gehalt erhöhen. Die Schwankungen des Sauerstoff-Gehaltes gibt Abb. 12 (s. auch Abb. 8) wieder.

Der relativ hohe O_2-Gehalt ermöglicht die Oxydation und Mineralisation organisch gebundener Nährstoffe, die im anaeroben Milieu (z. B. Fallaubtümpel) nur unvollständig erfolgen kann (Bick 1958). Die Austrocknung der Tümpel begünstigt ebenfalls die Oxydation und Mineralisation der Bestandsabfälle des Tümpelbodens (vgl. die Verhältnisse bei ablaßbaren Fischteichen). — Die Schichtung des Sauerstoffes in kleinen Gewässern wurde eingehend von Kühlmann (1960) bearbeitet.

Der CO_2-Gehalt (Abb. 8 u. 11) läßt eine deutliche Wechselbeziehung zum Sauerstoff-Gehalt erkennen (vgl. Gessner 1932). Es wurden Schwankungen zwischen

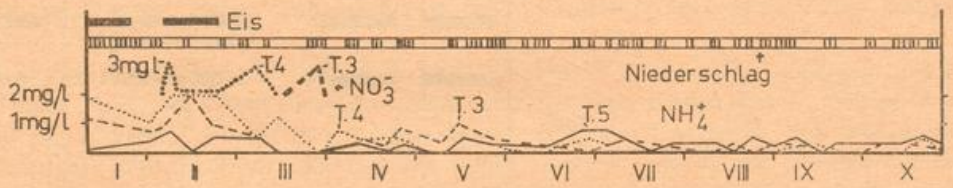


Abb. 10 Die Schwankungen von NH_4^+- und NO_3^--Gehalt in den Tümpeln T. 3, T. 4 und T. 5 (1960).

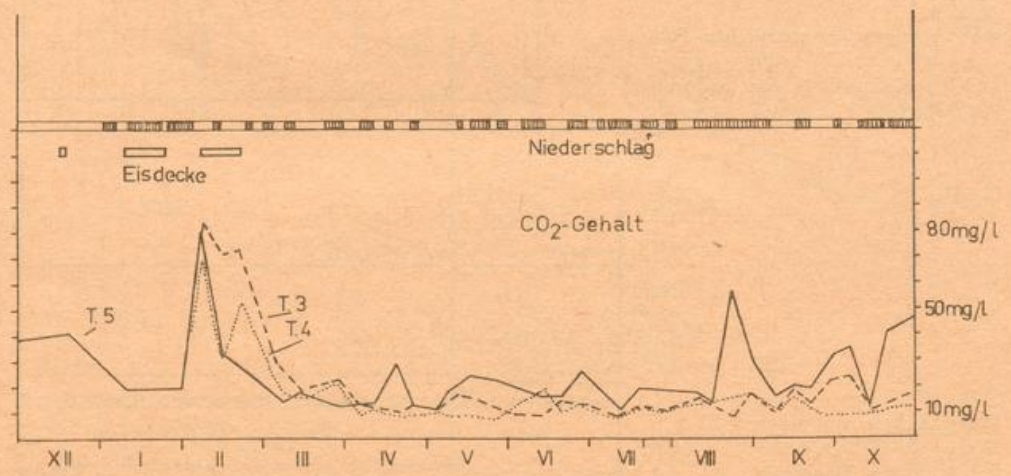


Abb. 11 Die Schwankungen des CO_2-Gehaltes in den Tümpeln T. 3, T. 4 und T. 5 (Dez. 1959 bis Okt. 1960).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

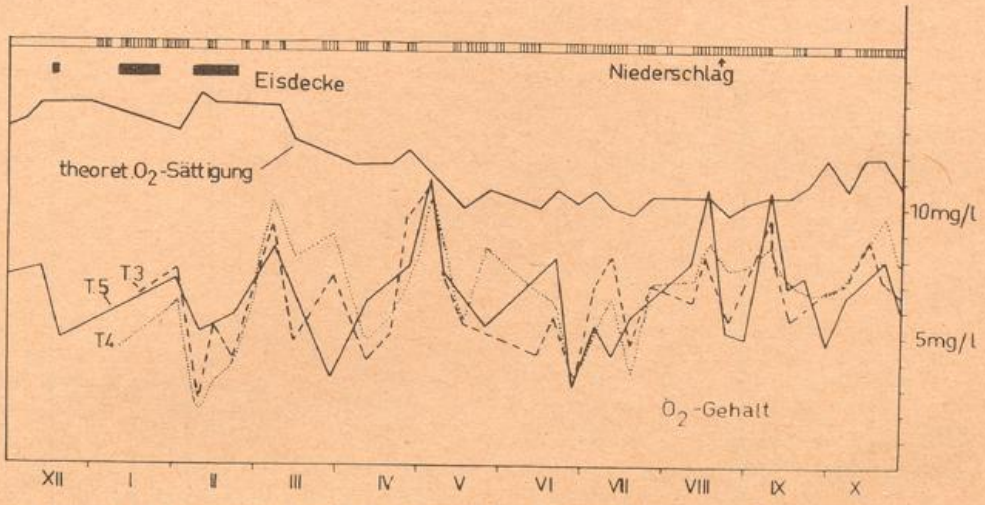


Abb. 12 Die Schwankungen des O_2-Gehaltes in den Tümpeln T. 3, T. 4 und T. 5 (Dez. 1959 bis Okt. 1960).

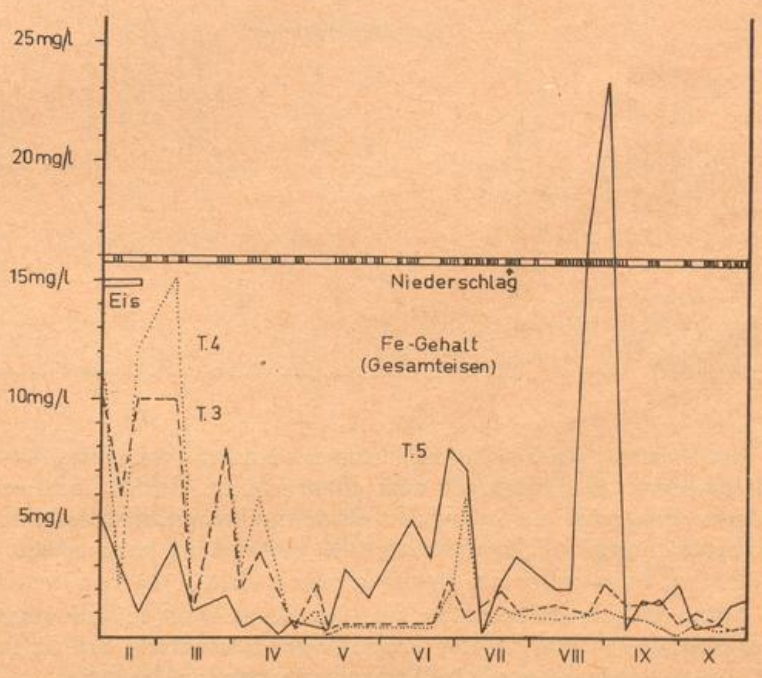


Abb. 13
Die Schwankungen des (Gesamt-)Eisengehaltes in den Tümpeln T. 3, T. 4 und T. 5 (1960).

8,3 und 84,9 mg/l festgestellt. Unter der Eisdecke stieg der CO_2-Gehalt enorm an. In Tümpel 5 konnte auch nach starkem Regen im August eine deutliche Zunahme des CO_2-Gehaltes festgestellt werden. In der Regel nahm mit dem Ansteigen des CO_2-Gehaltes auch der Ca-Gehalt zu.

Mit dem Ansteigen des CO_2-Gehaltes unter der Eisdecke stieg ebenfalls der NH_4-Gehalt (Abb. 8 u. 10), der im allgemeinen niedrig lag. Daraus darf man auf eine

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

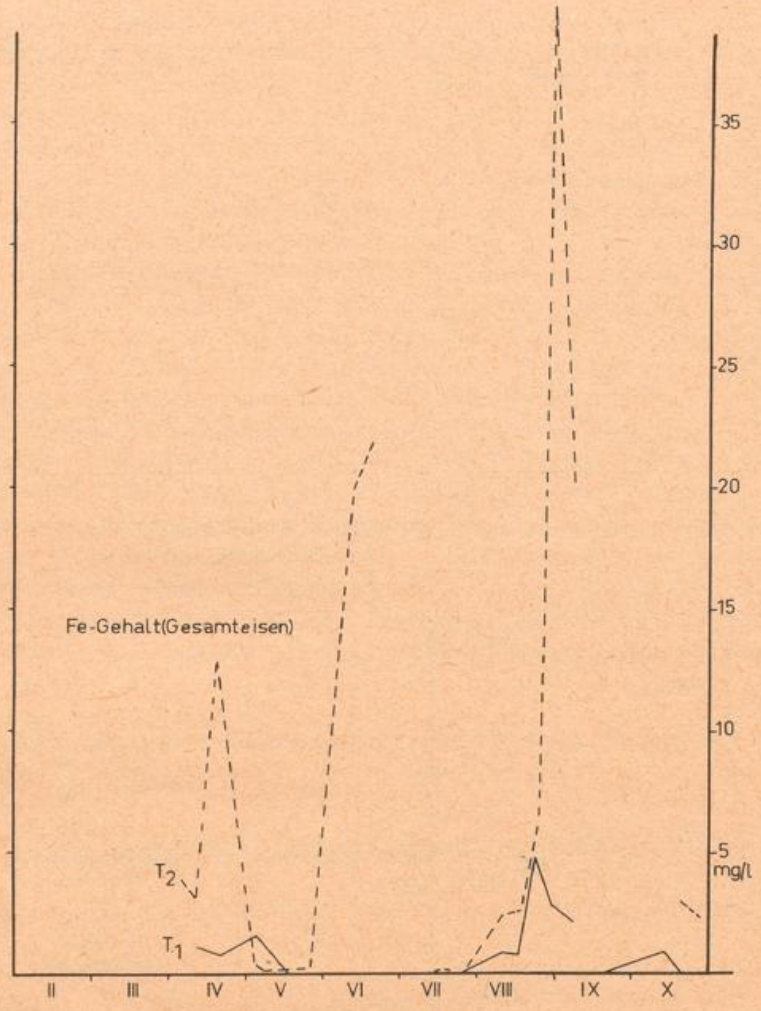


Abb. 14
Die Schwankungen des (Gesamt-)Eisengehaltes in den Tümpeln T. 1 und T. 2 (1960).

Verminderung des Oxydationsprozesses schließen (vgl. KENK 1949 „winter-kill" und KÜHLMANN 1960). Dagegen sind pflanzenreiche Teiche, auch wenn sie mit Eis bedeckt sind, reich an Sauerstoff. Wasserinsekten suchen deshalb diese Biotope zur Überwinterung auf (ENGELHARDT 1955). Manchmal kann es dort unter der Eisdecke sogar zu Sauerstoffübersättigung kommen (BICK 1958 u. a.).

Nur im Februar und März war der NO_3-Gehalt so hoch (maximal 3 mg/l), daß er sich mit der angewandten Brucin-Methode ermitteln ließ. Er stand mit dem NH_4-Gehalt (maximal 2 mg/l) in Wechselbeziehung (s. Abb. 10).

Besonders gekennzeichnet sind die untersuchten Gewässer durch ihren hohen Eisengehalt, der im Laufe des Jahres erheblichen Schwankungen unterworfen ist (Abb. 13 u. 14). In Tümpel 2 werden besonders hohe Werte (Fe-Gesamt) erreicht, während in T. 1 der durchschnittliche Eisengehalt am niedrigsten ist (Maximum 4,8 mg/l). Nach dem Aufbruch des Eises wurde ein Ansteigen des Eisengehaltes beobachtet. WAWRIK (1954—1958) hat auf diese Zusammenhänge hingewiesen. Bei

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

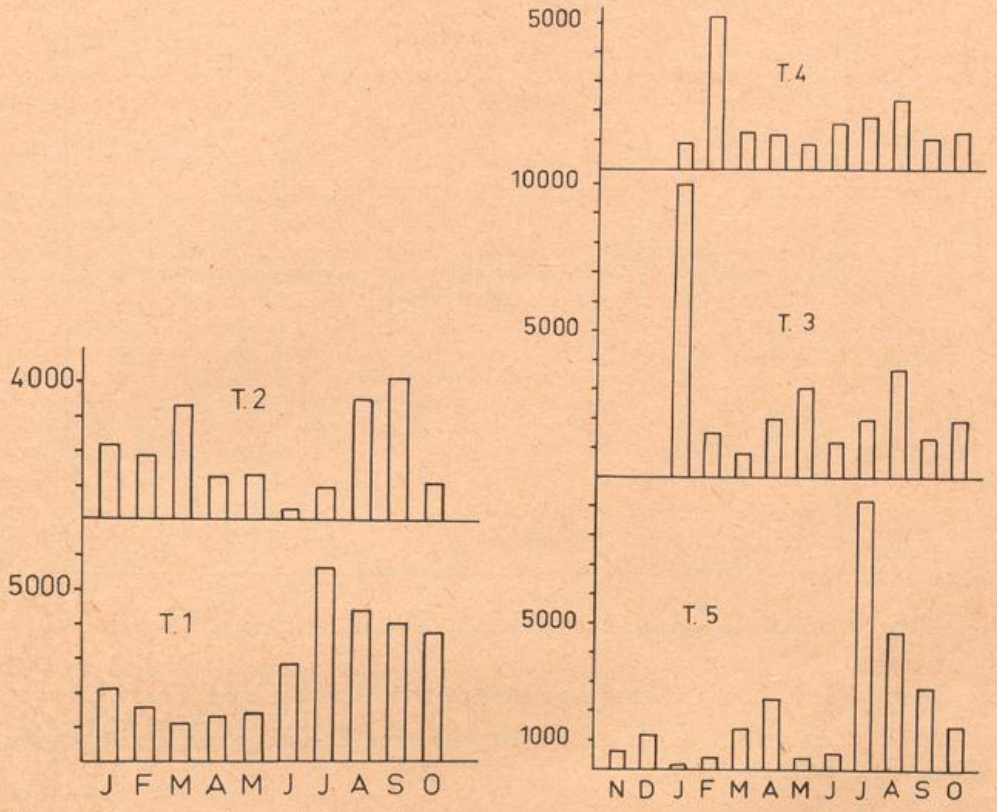


Abb. 15 Monatsmittelwerte der Keimzahl in den Tümpeln T. 1, T. 2, T. 3, T. 4 (ab Januar 1960) und T. 5 (ab November 1959).

Sauerstoffschwund unter der Eisdecke ist im Wasser Ferrobikarbonat $Fe(CO_3)_2$ gelöst. Im Augenblick des Eisbruches und Zutritts von Sauerstoff wird massenhaft $Fe(OH)_3$ ausgefällt.

Die Schwankungen des Eisengehaltes verlaufen nur in den nahe benachbarten Tümpeln 3 und 4 annähernd parallel. Ein starker Anstieg der Eisenkurve (z. B. Juni und Ende August in T. 5) dürfte mit der Zufuhr von Waldboden durch die Einspülung nach stärkeren Niederschlägen in Zusammenhang stehen. Warum der Anstieg der Eisenkurve in T. 2 und T. 5 stärker ist als in den übrigen Tümpeln, kann nicht entschieden werden.

Die Werte für die Keimzahl liegen zwischen 30 und 33 000 Keimen pro ml (nach dem Plattenverfahren). Hohe Werte wurden beobachtet, als die Tümpel zugefroren waren und unter der Eisdecke ohne Luftzutritt die Zersetzung organischer Substanzen weiterging. Auch bei Tauwetter stieg die Keimzahl an, wenn beim Aufbrechen und Tauen des Eises aus der Umgebung mit dem Tauwasser Erde und organische Substanzen in die Tümpel gespült wurden. Starke Regenfälle bewirken oft ein Ansteigen der Keimzahl, indem sie Erde und Humus aus der Umgebung in die Tümpel schwemmen. Die Erhöhung der Temperatur im Frühjahr kann ebenfalls die Keimzahl steigern.

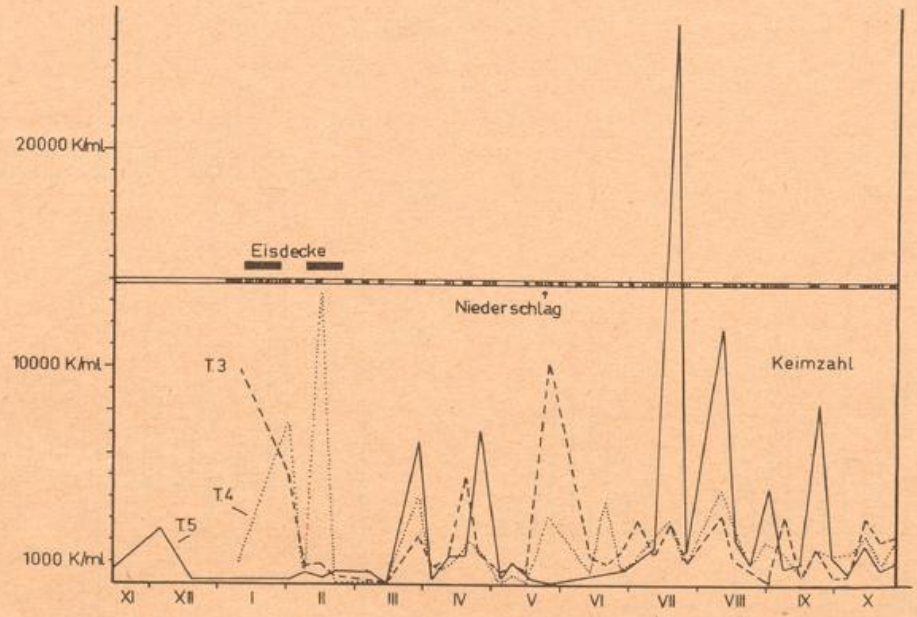


Abb. 16 Die Schwankungen der Keimzahl in den Tümpeln T. 3, T. 4 und T. 5 (1959/60).

c) Die Verteilung der beobachteten Arten auf die Tümpel

Die Verteilung der Organismen auf die einzelnen Tümpel ist aus der Artenliste (Tab. 1) ersichtlich.

Tabelle 1

Verteilung der Arten auf die Tümpel

Die Ziffern 1—6 bedeuten die Tümpel 1—6 (6 = *Chirocephalus*-Tümpel), G = Weggraben, L = Fallaubtümpel, S = *Sphagnum*-Tümpel.

	1	2	3	4	5	6	G	L	S
Eisenbakterien	+	+	+	+	+	+	—	—	+
Cyanophyceen (best. nach HUBER-PESTALOZZI)									
cf. *Cyanarcus* PASCHER	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Anabaena inaequalis (KG.) BORN u. FLAH.	+	—	—	—	—	+	—	—	—
Oscillatoria limosa AG.	+	—	—	—	+	—	—	—	+
Flagellata (best. nach HUBER-PESTALOZZI)									
kleine farblose Flagellaten	+	+	+	+	+	+	—	—	—
kleine grüne Flagellaten	+	+	+	+	+	+	—	+	—
Mallomonas cf. *acaroides* PERTY	+	—	+	+	+	+	—	—	—
Synura uvella E.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Uroglena volvox E.	+	+	+	+	—	—	—	—	—
Cyclonexis annularis STOKES	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Dinobryon sertularia E.	+	+	+	+	+	+	—	—	+
Dinobryon cf. *eurystoma* (STOK.) LEMM.	—	—	—	+	+	—	—	—	—
Anthophysa vegetans STEIN	—	+	—	—	—	—	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	1	2	3	4	5	6	G	L	S
Cryptomonas erosa EHR.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Astasia spec.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Euglena viridis E.	+	+	+	+	+	—	+	—	+
Euglena acus E.	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Euglena tripteris (DUJ.) KLEBS	—	+	+	—	+	—	—	—	—
Phacus spec.	+	+	+	+	+	+	+	—	—
Phacus pleuronectes (O. F. M.) DUJ.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Phacus longicauda (E.) DUJ.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Phacus tortus (LEMM.) SKV.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Phacus brevicaudatus (KLEBS) LEMM.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Phacus platyaulax POCHM.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Trachelomonas volvocina E.	+	+	+	+	+	—	+	—	—
Trachelomonas pulcherrima ROLL	+	—	+	+	+	—	—	—	—
Trachelomonas hispida (PERTY) STEIN em. DEFL.	+	+	+	+	+	—	+	—	—
Trachelomonas hispida var. *coronata* LEMM.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Trachelomonas bacillifera PL. var. *minima* PL.	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Trachelomonas caudata (E.) STEIN	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Gymnodinium spec.	—	+	+	—	+	+	+	+	+
Gymnodinium veris LINDEM.	+	—	+	—	+	—	—	—	—
Gymnodinium cf. *inversum* NYGAARD	+	—	+	+	—	—	—	—	—
Peridinium cinctum (MÜLLER) EHRB.	+	+	+	+	+	—	+	+	+
Peridinium bipes STEIN	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Diatomeen (best. nach SCHÖNFELDT)									
Eunotia spec.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Tabellaria flocculosa KÜTZ (ROTH.)	—	+	+	+	+	—	+	—	+
Meridion circulare AGARDH	+	—	—	—	—	+	—	—	—
Navicula spec.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pinnularia mesolepta EHRB.	+	+	+	—	+	—	—	—	—
Pinnularia viridis EHRB.	+	+	—	—	+	+	—	—	—
Bacillaria spec. GMEL.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Surirella ovalis BREB.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Desmidiaceen (best. nach MIGULA)									
Cylindrocystis brebissonii MENEGH.	—	+	—	—	+	—	—	—	—
Penium navicula BREB.	+	+	+	+	+	+	—	—	+
Closterium spec.	+	—	+	+	+	+	+	—	+
Closterium leibleinii KG.	+	+	—	+	+	—	—	—	—
Closterium gracile BREB.	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Closterium intermedium RALFS.	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Closterium kuetzingii BREB.	+	+	+	+	+	—	—	—	+
Tetmemorus spec. RALFS.	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Pleurotaenium coronatum (BREB.) RABENH.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Pleurotaenium trabecula (EHRB.) NAEG.	—	—	—	+	+	—	—	—	—
Cosmarium spec.	—	+	+	+	+	—	—	—	+
Cosmarium margaritiferum (TURP.) MENEGH.	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Cosmarium tetraophthalmum (KG.) BREB.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Euastrum spec. EHRB.	+	+	+	—	+	—	—	—	—
Euastrum elegans (BREB.) KG.	—	—	—	+	+	—	—	—	—
Micrasterias crux melitensis (EHRB.) HASS.	—	+	—	+	—	—	—	—	+
Micrasterias denticulata BREB.	+	—	+	+	+	—	+	—	+
Staurastrum spec. MEYEN.	+	—	+	—	—	—	—	—	—
Staurastrum punctulatum BREB.	+	—	—	+	+	—	—	—	—
Staurastrum echinatum BREB.	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Hyalotheca dissiliens (SMITH) BREBIS.	+	+	+	+	+	—	—	—	+

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	1	2	3	4	5	6	G	L	S
Zygnemales (best. nach CZURDA)									
Mougeotia viridis (KÜTZ.) WITTR.	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Zygnema leiospermum DE BARY	+	+	+	+	+	+	—	+	+
Spirogyra spec. conjugata-Gruppe	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Volvocales (best. nach PASCHER)									
Haematococcus pluvialis FLOTOW em. WILLE	+	+	—	+	—	—	—	—	—
Chlamydomanas spec. EHRB.	+	+	+	—	+	+	+	—	—
Chlamydomonas westiana PASCH.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Chlamydomonas simplex PASCH.	—	—	—	(+)	—	—	—	—	—
Gonium sociale WARM.	+	+	+	—	+	+	—	—	—
Gonium pectorale MÜLL.	+	—	+	+	+	—	—	—	—
Pandorina morum BORY	+	+	+	+	+	—	—	+	+
Eudorina elegans EHRB.	+	+	+	+	+	—	+	—	—
Chlorobrachis spec.	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Chlorophyceen (best. nach KLOTTER, LEMMERMANN)									
„Keimende" Algencyste	+	—	+	+	—	—	—	—	—
„Palmella"	+	—	+	—	+	—	—	—	—
Characium spec. A. BRAUN	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Protococcale	—	+	+	+	—	+	—	—	—
Protococcus AG.	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Pleurococcus angulosus MEN.	+	+	—	—	+	—	—	—	—
cf. *Acanthosphaera* LEMM.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Scenedesmus bijugatus (TURP.) KÜTZ.	(+)	—	—	—	+	—	—	—	—
Selenastrum gracile REINSCH	(+)	—	+	—	+	—	—	—	—
Ulothrix spec.	+	+	+	—	+	+	+	+	—
Ulothrix subtilissima RABENH.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Draparnaldia glomerata (VAUCH.) AG.	+	+	+	+	+	—	—	+	—
Microthamnion kuetzingianum NAEG.	—	(+)	—	—	—	+	—	+	—
Bulbochaete spec. AG.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Cladophora KÜTZ.	+	—	—	—	+	—	+	—	—
Microspora spec. THUR.	—	—	—	—	—	—	+	—	—
cf. *Ophiocytium* (Hererokonte)	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Spermatophyta (best. nach SCHMELL-FITSCHEN)									
Alisma plantago-aquatica L.	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Glyceria fluitans (L.) R. BR.	—	—	+	—	+	—	—	—	—
Juncus effusus L.	+	—	+	+	+	—	—	—	—
Juncus macer S. F. GRAY	—	—	+	+	—	—	—	—	—
Polygonum hydropiper L.	—	+	—	—	+	+	—	—	—
Ranunculus flammula L.	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Callitriche palustris L. (= *verna*)	—	—	+	+	+	—	—	—	—
Peplis portula L.	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Myosotis scorpioides ssp. *palustris* ROTH.	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Lycopus europaeus L.	—	—	+	+	+	—	—	—	—
Mentha aquatica L.	—	—	+	+	+	—	—	—	—
(*Utricularia* spec.)	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Bidens tripartitus L.	—	—	+	+	—	—	—	—	—
Rhizopoda (best. nach HARNISCH)									
Arcella vulgaris EHRB.	+	+	+	+	+	+	—	+	+
Difflugia spec. LECL.	+	+	+	+	—	+	—	+	+
Difflugia acuminata EHRB.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Cucurbitella mespiliformis PEN.	+	—	—	—	+	—	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	1	2	3	4	5	6	G	L	S
Phryganella paradoxa PEN.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Actinophrys sol EHRB.	+	+	+	—	+	—	—	—	—
Actinosphaerium eichhorni EHRB.	—	—	—	+	—	—	—	—	+
Acanthocystis spec.	—	—	—	—	—	—	+	—	—
Sporozoa									
Sporocyste	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Ciliata (best. nach KAHL)									
cf. *Prorodon* KAHL	—	—	—	+	+	—	—	—	—
Didinium nasutum O. F. M.	—	+	—	+	+	—	—	—	—
Coleps hirtus NITZSCH	+	+	+	+	—	—	+	—	+
Dileptus anser (O. F. M.)	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Colpoda cucullus O. F. M.	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Paramecium bursaria (EHRB.) FOCKE	+	—	+	—	+	+	—	+	—
Colpidium spec. STEIN	+	—	+	—	—	—	—	—	—
Urocentrum turbo (O. F. M.)	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Spirostomum spec. EHRB.	—	+	+	—	—	—	—	—	—
Bursaria truncatella O. F. M.	+	+	—	+	—	—	—	—	—
Strombidium cf. *viride* STEIN	+	+	—	+	—	—	—	—	—
Halteria grandinella O. F. M.	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Uroleptus piscis (MÜLL.) STEIN	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Stylonychia mytilus EHRB.	+	+	+	+	+	+	—	+	—
Vorticella spec. (L.) EHRB.	+	+	+	+	+	+	—	+	+
Vorticella similis STOK.	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Vorticella convallaria L.	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Vorticella margaritata f. *chlorelligera* FROM.	—	—	+	+	—	—	—	—	—
Vorticella octava STOK.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Carchesium polypinum L.	—	—	+	—	+	—	—	—	—
Zoothamnium (BORY) EHRB. STEIN	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Turbellaria	—	+	+	+	—	—	+	—	+
Nematodes	+	+	+	+	+	—	+	+	+
Oligochaeta (best. nach DAHL)	—	+	—	+	—	—	—	—	—
Tubifex LAM. em. MICHAELSEN	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Chaetogaster V. BAER	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Lumbricide	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Rotatoria (best. nach VOIGT)									
Bdelloide Rotatorien	+	+	+	+	+	+	+	—	+
cf. *Rotaria citrina* EHRB.	—	+	+	—	+	—	—	—	—
Philodinide	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Epiphanes senta O. F. M.	—	+	+	+	—	—	—	—	—
Epiphanes brachionus EHRB.	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Brachionus urceolaris O. F. M.	+	+	+	+	—	—	—	—	—
Keratella valga EHRB.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lepadella patella (O. F. M.)	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Lepadella acuminata (EHRB.)	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Lecana luna (O. F. M.)	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Cephalodella gibba (EHRB.)	+	+	—	+	+	—	—	—	—
Notommata pachyura (GOSSE)	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Notommata spec. EHRB.	—	+	+	—	—	—	—	—	—
Trichocerca spec. LAM.	+	+	+	+	+	—	+	+	+
Trichocerca tigris (O. F. M.)	+	+	+	—	+	—	—	—	—
Trichocerca longiseta (SCHRANK)	(+)	—	+	—	—	—	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	1	2	3	4	5	6	G	L	S
Trichocerca pusilla JENN.	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Trichocerca rattus (O. F. M.)	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Gastropus hyptopus (EHRB.)	—	—	+	+	—	—	—	—	—
Ascomorpha ecaudis PERTY	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Encentrum plicatum (EYF.)	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Polyarthra remata SKORIKOV	—	—	+	+	+	—	—	—	—
Synchaeta pectinata EHRB.	+	+	+	+	+	—	—	—	+
Collotheca coronetta (CUB.)	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Gastrotricha									
Chaetonotus EHRB.	+	+	+	+	+	+	—	+	+
Mollusca									
Pisidium obtusale C. PFEIFFER	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Lymnaea truncatula O. F. MÜLLER	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Crustacea (best. nach RYLOV)									
Chirocephalus grubei (DYB.)	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Scapholeberis mucronata (O. F. M.)	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Daphnia pulex (DE GEER)	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Chydorus sphaericus O. F. M.	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Ostracoda	+	+	+	+	+	—	+	—	+
Diaptomus cf. *castor* JURINE	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Cyclops strenuus FISCHER	+	+	+	+	+	+	—	+	+
Canthocamptus staphylinus (JURINE)	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Acari	—	—	—	+	—	—	+	—	+
Tardigrada	—	—	—	—	+	+	+	(!)	—
Hexapoda									
Collembola	—	—	+	+	—	+	—	—	—
Cloeon dipterum (L.) BENGTSSON	+	—	+	+	+	—	—	—	—
Agrion-Larve FBR.	—	—	+	+	+	—	—	—	+
Pyrrhosoma nymphula SULZ.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Libellula-Larve L.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Perlodes spec. BKS.	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Notonecta glauca L.	—	—	+	+	+	—	—	—	+
Gerris spec.	—	—	+	+	+	—	—	—	—
Corixa cf. *cognota*	+	+	—	+	—	—	—	—	—
Haliplus heydeni WEHNCKE	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Dytiscidenlarve	—	—	+	+	—	—	—	—	—
Dytiscus marginalis L.	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Agabus bipustulatus L.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Gyrinus substriatus STEPH.	—	—	+	+	—	—	—	—	—
Hydroporus tristis PAYK.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Phaedon spec. LATR.	+	—	—	+	—	—	—	—	—
Dixa spec. MEIG.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Chaoborus crystallinus DE GEER (= *Corethra plumicornis* auct.)	+	—	+	+	—	—	—	—	+
Culicidenlarve	+	+	+	+	+	—	+	+	+
Chironomidenlarve	+	+	+	+	+	+	—	—	+
cf. *Tanypus* MEIG.	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Ceratopogon spec. MEIG.	+	+	+	+	—	—	—	—	—
Limnophilus spec. LEACH	—	—	—	—	-	+	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	1	2	3	4	5	6	G	L	S
Vertebrata (best. nach STRESEMANN)									
Triturus alpestris (LAUR.)	+	—	+	+	—	—	—	—	—
Triturus vulgaris (L.)	+	—	+	+	+	—	—	—	—
Triturus helveticus (RAZOUM.)	in versch. temp. Tümpeln des Kottenforstes								
Bufo bufo (L.)	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Bombina variegata (L.)	—	—	+	+	+	—	—	—	—
Rana esculenta L.	—	—	+	+	—	—	—	—	—
Rana temporaria L.	—	—	+	+	+	—	—	—	—

Es zeigen sich deutlich qualitative Unterschiede zwischen den einzelnen Tümpeln. Die Tümpel 3, 4 und 5 kommen in ihrem Charakter den perennierenden Kleingewässern nahe. Schon die Vegetation *(Alisma plantago-aquatica, Lycopus europaeus, Bidens tripartitus, Glyceria fluitans)* deutet darauf hin.

Von März bis Juni findet sich dort der Teichmolch *(Triturus vulgaris)*; auch der Bergmolch *(Triturus alpestris)* und der Fadenmolch *(Triturus helveticus)* können dort vorkommen.

Ein typischer Bewohner alter Wagenspuren, die längere Zeit Wasser führen, ist im Kottenforst die Bergunke *(Bombina variegata)*. Sie fand sich dementsprechend in den Tümpeln 3 und 4. Derartige Biotope bieten den Unken anscheinend besonders günstige Lebensbedingungen (DÜRIGEN 1897). Wegen der sehr schnellen Entwicklung der Larven können die Unken auch in relativ kurzlebigen Gewässern ihre Metamorphose vollenden.

Außer den Unken fanden sich in den Tümpeln 3 und 4 Grasfrösche *(Rana temporaria)* und sogar Teichfrösche *(Rana esculenta)*, jedoch nur vorübergehend, nicht als Dauerbewohner. — Laich von *Rana temporaria* kommt nur in den Tümpeln 3, 4 und 5 zur Entwicklung. Doch nur in feuchten Sommern wird die Metamorphose vollendet. In trockenen Sommern gehen die Larven beim Austrocknen der Tümpel zugrunde. Das gilt ebenfalls für Insektenlarven, z. B. für die Larven der Ephemeride *Cloeon dipterum*.

Auch Libellenlarven dürften sich in den untersuchten Tümpeln nur ausnahmsweise bis zur Imago entwickeln. Beobachten konnte ich es nie. — In T. 3, 4 und 5 fanden sich die Larven von *Agrion* spec. und — seltener — von *Libellula* spec.

Wasserkäfer und Hemipteren fanden sich besonders in den Tümpeln 3, 4 und 5. In T. 3 und T. 4 entwickelte sich *Corixa* in Menge.

FERNANDO (1958), der die Besiedlung temporärer Tümpel durch Wasserinsekten eingehend untersucht hat, weist darauf hin, daß solche Biotope oft sehr reich an Nahrung für die Pflanzen- und Detritusfresser sind *(Corixidae, Hydrophilidae)*. Deren Feinde (*Notonectidae* u. a.) sind dort seltener „and this may be a reason for their *(Corixidae)* abundance in small habitats".

Während die Corixiden den Tümpel verlassen müssen, wenn er austrocknet, können die Imagines mancher Käfer (vgl. FERNANDO) im Gewässerboden eingegraben die Trockenperiode überdauern. So fand ich im September 1959 im feuchten Boden von T. 4 eingegraben den Käfer *Agabus bipustulatus*.

Taumelkäfer *(Gyrinus substriatus)* fanden sich nur auf den Tümpeln 3 und 4, die eine größere freie Wasseroberfläche besitzen. — Auch die Larven der Mücke *Chaoborus crystallinus* waren vor allem im klaren Wasser dieser Tümpel anzutreffen. In T. 1 kamen sie nur im feuchten Sommer 1960 vor. — Die Larven von *Dixa* spec.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

wurden in T. 5 gefunden, während in den übrigen Tümpeln *Ceratopogon* spec. festgestellt wurde.

Mollusken *(Pisidium, Lymnaea truncatula)* fanden sich nur in T. 1 und T. 2.

Das Chrysomonaden- und Rotatorienplankton entwickelte sich besonders reichlich in den Tümpeln 3 und 4. Die Chrysomonade *Cyclonexis* fand sich nur in T. 4. Im Sommer 1959 kam es in T. 3 und T. 4 zu einer Massenentwicklung von *Pandorina morum*. 1960 dagegen entwickelte sich dort *Peridinium cinctum* sehr reichlich. Das Rotator *Gastropus hyptopus* wurde ebenfalls in diesen beiden Tümpeln beobachtet, und zwar in beiden Jahren. Nach KAESTNER (1960) ernähren sich die Gastropodiden von gepanzerten Dinoflagellaten. Auch in den untersuchten Tümpeln dürfte es sich wohl um ein Räuber-Beute-Verhältnis handeln (vgl. Tab. 4a und 4b). — *Epiphanes senta* fand sich außer in T. 3 und T. 4 nur noch in T. 2. *Polyarthra remata* war nur in den Tümpeln mit längerer Wasserführung zu finden.

In dem stark eisenhaltigen Tümpel 2 kam der Flagellat *Anthophysa vegetans* vor, der als Leitform für hohen Eisengehalt gilt (DORFF 1934). *Mallomonas* fehlte in T. 2.

Nur in T. 1 festgestellt wurde die Desmidiacee *Pleurotaenium coronatum*. Sie kam dort häufig vor. In den anderen Tümpeln fand sich *Pleurotaenium trabecula*.

T. 5 unterscheidet sich hinsichtlich seiner Bewohner wohl am deutlichsten von den anderen Tümpeln. Einige Formen — besonders Algen — fanden sich nur dort. Für *Micrasterias denticulata* und *Bulbochaete* spec. erklärt sich das wohl aus dem etwas niedrigeren pH-Wert dieses Tümpels. Das gilt vielleicht auch für *Scenedesmus bijugatus, Selenastrum gracile, Characium* spec. und *Ulothrix subtilissima. Closterium intermedium* war in diesem Tümpel besonders häufig zu finden.

Im Winter kam es in T. 5 zu einer Massenentwicklung von *Gymnodinium veris* bei einem pH-Wert im Bereich von 5,5—6,7. Dieser Befund steht in Widerspruch zu den Angaben bei HUBER-PESTALOZZI (1950), wonach die Art einen pH-Wert von etwa 7,1 bis 7,8 benötigt.

Im Winter entwickelten sich in T. 5 außer den Gymnodinien auch reichlich Chlamydomonaden (*Chl. westiana* u. a.).

Im Sommer war dort regelmäßig *Peridinium cinctum* anzutreffen, jedoch nicht so zahlreich wie in den Tümpeln 3 und 4. Auch *Peridinium bipes* fand sich in T. 5. — Auffällig ist, daß die Chrysomonade *Uroglena volvox* dort fehlte.

Von Rotatorien fanden sich *Collotheca coronetta* und *Ascomorpha ecaudis* nur in T. 5. *Keratella valga* war dort aber weniger zahlreich als in T. 3 und T. 4, ebenfalls *Trichocerca pusilla*. Der Copepode *Diaptomus castor* wurde nur in T. 5 angetroffen.

d) Übersicht über die Sukzession in den Tümpeln

Die folgende Übersicht ist nur summarisch. Einzelheiten sind aus den Tabellen ersichtlich (Tab. 2a—11b).

Im Winter, wenn die Tümpel wieder frisch mit Wasser gefüllt sind, sind sie zunächst noch arm an Leben. Manche Arten, die erst in der warmen Jahreszeit auftreten, fehlen ganz. So fehlt z. B. *Peridinium cinctum*, ferner fehlen die meisten Desmidiaceen und viele Rädertierarten, die erst im Frühjahr oder im Sommer erscheinen. Mehrere Arten sind im Vergleich zu Frühjahr und Sommer nur in wenigen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Exemplaren vertreten *(Trachelomonaden, Euglena, Keratella valga, Cyclops)*. Wenn es bei strengerer Kälte zum Durchfrieren der Tümpel gekommen war, wurden danach keine Rotatorien und Copepoden mehr beobachtet.

Einige Arten sind jedoch besonders typisch für die kalte Jahreszeit. Viele dieser Arten fanden sich in T. 5, dessen Biocönose im Vergleich mit den übrigen Tümpeln im Winter besonders artenreich ist. Dort sind dann die Chlamydomonaden besonders zahlreich. Auch *Mallomonas* ist dort vorwiegend im Winterhalbjahr anzutreffen. Besonders typisch für die kalte Jahreszeit ist *Gymnodinium veris*, das in T. 5 eine Massenvermehrung erreichte. Zum Frühjahr hin trat die Art spärlicher auf und verschwand im April ganz. Im Sommer nimmt *Peridinium* ihre Stelle ein. — Eine interessante Winterform ist in der Tabelle unter der Bezeichnung *„Cyanarcus"* zu finden. Vermutlich handelt es sich jedoch nicht um diese Form. Leider gelang die genaue Bestimmung nicht (s. Abb. 20). Die Art war besonders nach Niederschlägen zahlreich in Plankton der Tümpel anzutreffen.

Nach dem Aufbrechen des Eises wurde *Euglena acus* beobachtet. Im Februar trat *Synura uvella* in T. 3 und T. 4 auf und erreichte dort ein Maximum. In den anderen Tümpeln erschien sie später. Ihr folgten *Uroglena* und *Dinobryon*, die im April ihre größte Zahl erreichten. Im Frühjahr trat in den Tümpeln 3 und 4 eine *Gymnodinium*-Art auf, erreichte in kurzer Zeit ein Maximum und verschwand dann wieder; ebenso in Tümpel 1. — Als typische Frühlingsform darf *Draparnaldia* gelten, die besonders in T. 5 den Aspekt beherrschte. Zur gleichen Zeit fand sich häufiger *Gonium pectorale*.

Mit zunehmender Erwärmung des Wassers belebte sich das Bild. Neben den Chrysomonaden trat — besonders in T. 3 und T. 4 — *Pandorina* auf, deren Entwicklung sich im Sommer 1959 zu einem Maximum steigerte. Im April verschwanden die Chlamydomonaden in allen Tümpeln. Stattdessen fanden sich Gloeocysten. *Euglena* und *Trachelomonas* nahmen an Zahl und Häufigkeit zu. Auch *Keratella valga* wurde zahlreicher. Hinzu kamen *Synchaeta pectinata, Epiphanes brachionus, Epiphanes senta* (besonders in T. 2) und *Brachionus urceolaris*. In geringerer Menge konnten *Cephalodella, Encentrum* und *Polyarthra* beobachtet werden. Auch das Gastrotrich *Chaetonotus* wurde ab April häufiger beobachtet.

Von den Ciliaten, die im allgemeinen an Artenzahl und Menge wenig auffällig waren, verdient nur *Bursaria truncatella* Erwähnung. Sie war in T. 2 besonders häufig und lebte dort von Rotatorien. Im Frühjahr zeigte dieser Tümpel den größten Reichtum an Individuen und an Arten. Dann trocknete er aus. Nach erneuter Füllung im Sommer erreichte er nicht mehr die gleiche Artenfülle.

Vorticellen wurden im Sommer zahlreicher gefunden. Sie fanden sich als Aufwuchs auf Detrituspartikelchen und untergetauchten Pflanzenteilen. Häufig wurden ihre Schwärmer beobachtet.

Die Zahl der Cyclopiden und Daphnien nahm im Frühjahr ebenfalls zu. Im April und Mai konnte in T. 5 *Diaptomus castor* beobachtet werden. Ab Ende April trat *Chydorus sphaericus* auf. Auch Ostracoden zeigten sich dann in allen Tümpeln.

Die Algen *Spirogyra, Mougeotia* und *Zygnema* nahmen ab März an Menge bedeutend zu und bildeten im Mai große Algenwatten — besonders in T. 5. Bei allen drei Arten konnte die Konjugation beobachtet werden. 1959 erfolgte sie etwas früher als 1960.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Wasserläufer *(Gerris)* leiteten die Besiedlung der Tümpel durch Hemipteren und Käfer ein.

Im Plankton der Tümpel 3, 4 und 5 trat ab Mai *Peridinium cinctum* auf. In den Tümpeln 3 und 4 beherrschte diese Art im Sommer 1960 das Bild, während sie 1959 gegenüber der großen Zahl von Pandorinen wenig aufgefallen war (vgl. Bock 1952; s. auch Abb. 16). — Die Menge der Chrysomonaden nahm zum Juni hin ab. Bei *Uroglena* und *Dinobryon* wurde die Cystenbildung beobachtet. — Die Rädertiere *Epiphanes senta, Epiphanes brachionus, Brachionus urceolaris* und *Synchaeta pectinata* waren schon ab Anfang Mai zurückgetreten. An neuen Formen stellten sich *Collotheca coronetta* (T. 5) und *Gastropus hyptopus* (T. 3 und T. 4) ein. — Ab Juni war die Zunahme der Desmidiaceen besonders auffällig. Rao (1953) beobachtete ebenfalls bei zunehmender Temperatur und Tageslänge das Erscheinen der Desmidiaceen. — Die Zahl der Rädertiere in T. 5 vermehrte sich durch *Ascomorpha ecaudis*. Kertesz (1956) fand diese Art nur im Frühjahr in geringer Individuenzahl. In den Tümpeln 3 und 4 entwickelte sich im Juli reichlich die Art *Trichocerca pusilla*. Von Juli bis Oktober wurde in T. 5 der Oligochaet *Chaetogaster* gefunden. Im Darm dieser räuberisch lebenden Arten fanden sich Trachelomonaden.

Im Sommerplankton des Jahres 1960 erreichte der Flagellat *Trachelomonas pulcherrima* ein Maximum (bei hohem Eisengehalt des Wassers). Im gleichen Jahr konnte gegen Ende Juli in T. 3 und T. 4 ein zweites Maximum der Chrysomonaden *(Synura, Uroglena* und *Dinobryon)* beobachtet werden. Diese Formen dürften also wohl nicht kältebedürftig sein. — In ihrer Begleitung befanden sich wiederum *Epiphanes brachionus* und *Synchaeta pectinata*. Ob die Rotatorien von den Chrysomonaden abhängig sind, kann nicht entschieden werden.

Chironomidenlarven fanden sich im Sommer in allen untersuchten Tümpeln. (Chironomidenlaich wurde Mitte Mai 1959 in T. 1 festgestellt.) Im Darm einiger Tiere fanden sich *Arcella*-Schalen.

In trockenen Jahren macht das Austrocknen der Tümpel der Sukzession ein Ende. 1959 war der letzte Tümpel (3) bereits im Juli ausgetrocknet. Im folgenden Sommer trockneten die Tümpel 3, 4 und 5 überhaupt nicht aus. Der Sommeraspekt blieb im Wesentlichen den ganzen Herbst über erhalten.

Für die folgenden Tabellen gilt:

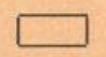
Die Menge der Organismen wurde geschätzt.

Es wurden jeweils 5 Objektträgerpräparate durchbeobachtet.

Es bedeuten:

= Organismen, die in jedem Präparat zu finden waren.

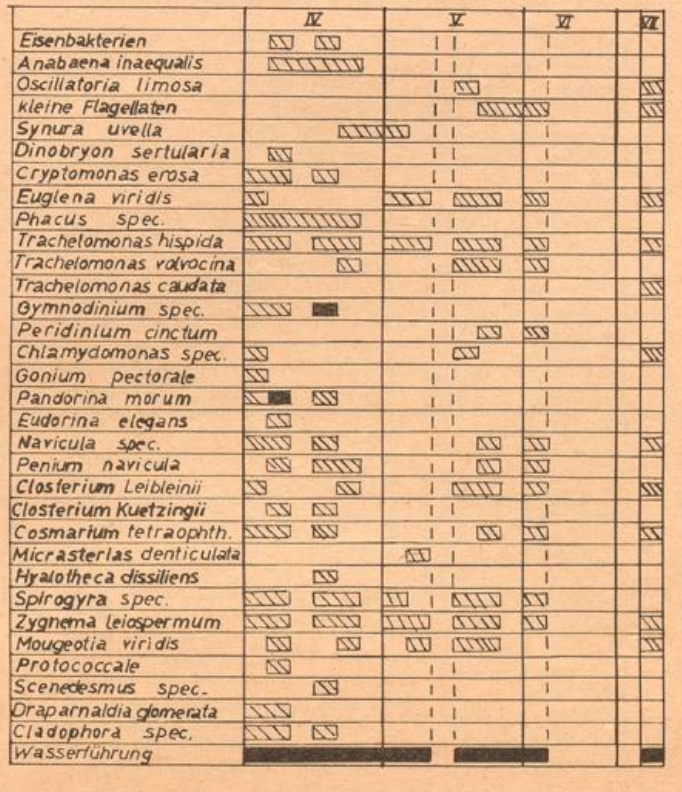
= Organismen, die nicht in jedem Präparat zu finden waren.

 = Organismen, die nur nach Anreicherung der Probe (im 25er Planktonnetz) festgestellt werden konnten.

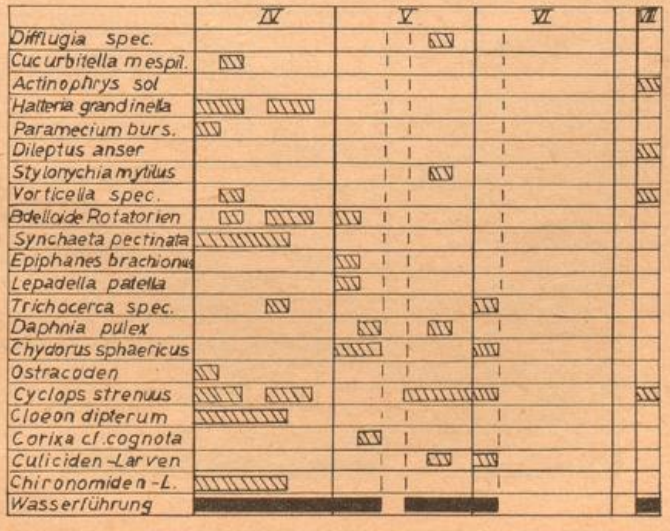
Die Wasserführung wird durch ausgefüllte Rechtecke dargestellt. Die Austrocknung der Tümpel wird durch senkrechte gestrichelte Linien gekennzeichnet.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

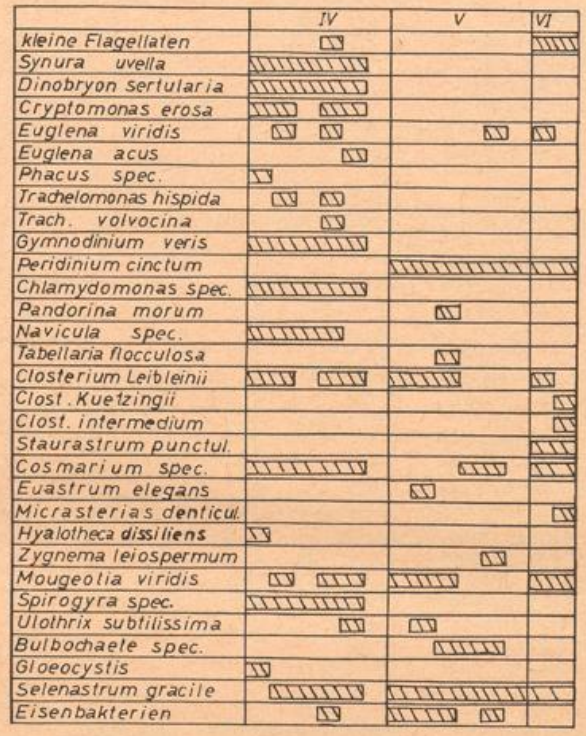
Tab. 2a Pflanzlicher Besatz von Tümpel 1 (1959)



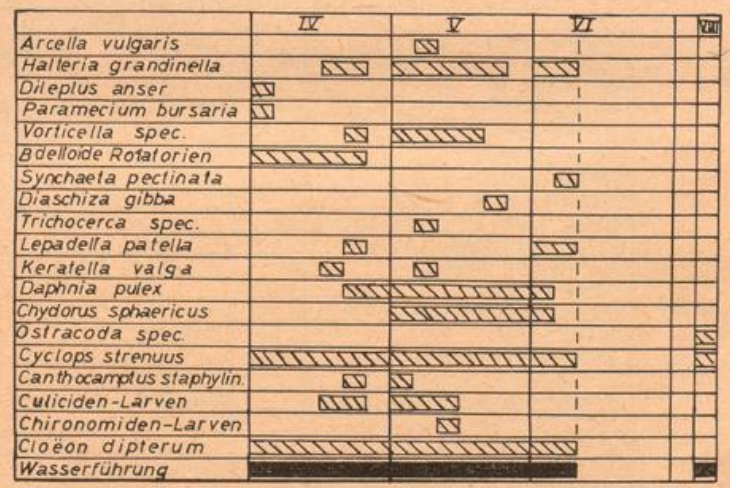
Tab. 2b Tierischer Besatz von Tümpel 1 (1959)



Tab. 3a Pflanzlicher Besatz von Tümpel 5 (1959)

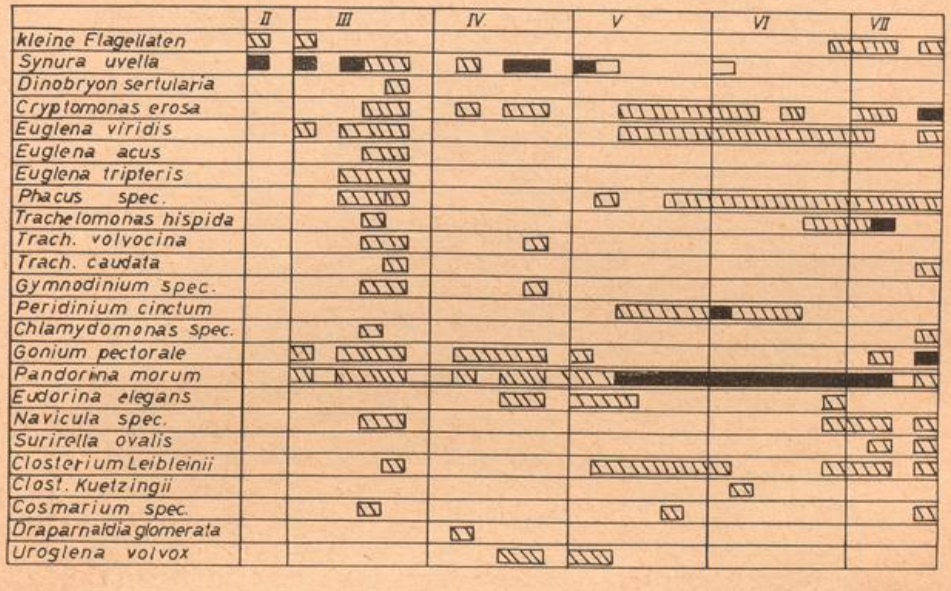


Tab. 3b Tierischer Besatz von Tümpel 5 (1959)

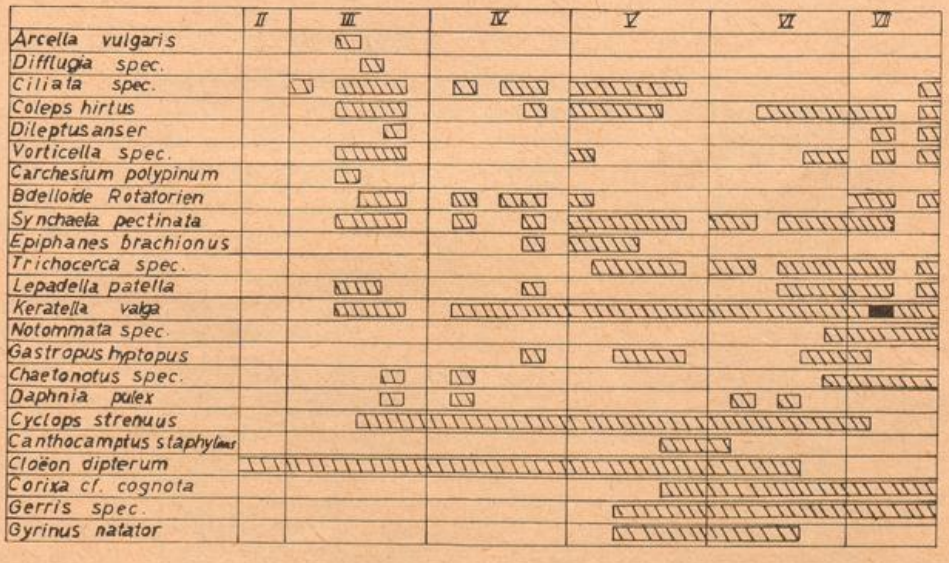


Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tab. 4a Pflanzlicher Besatz von Tümpel 3 (1959)

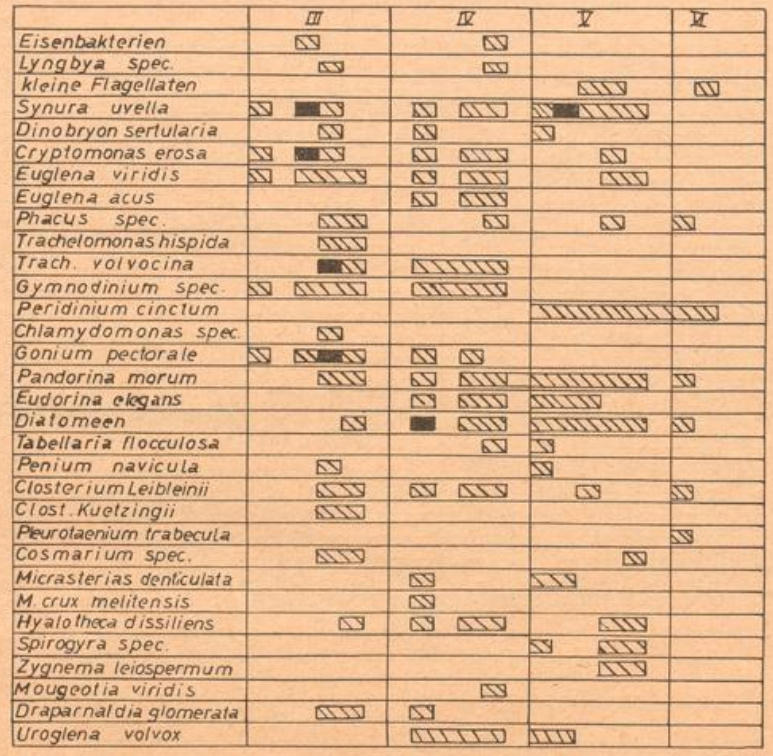


Tab. 4b Tierischer Besatz von Tümpel 3 (1959)

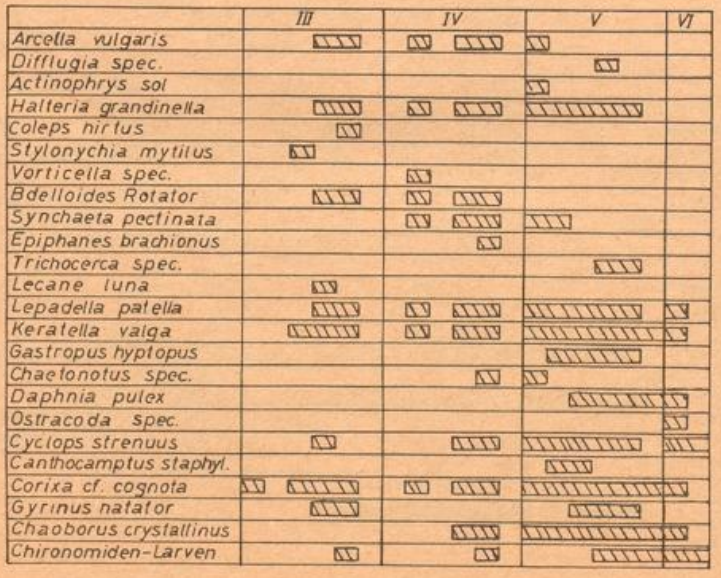


Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tab. 5a Pflanzlicher Besatz von Tümpel 4 (1959)

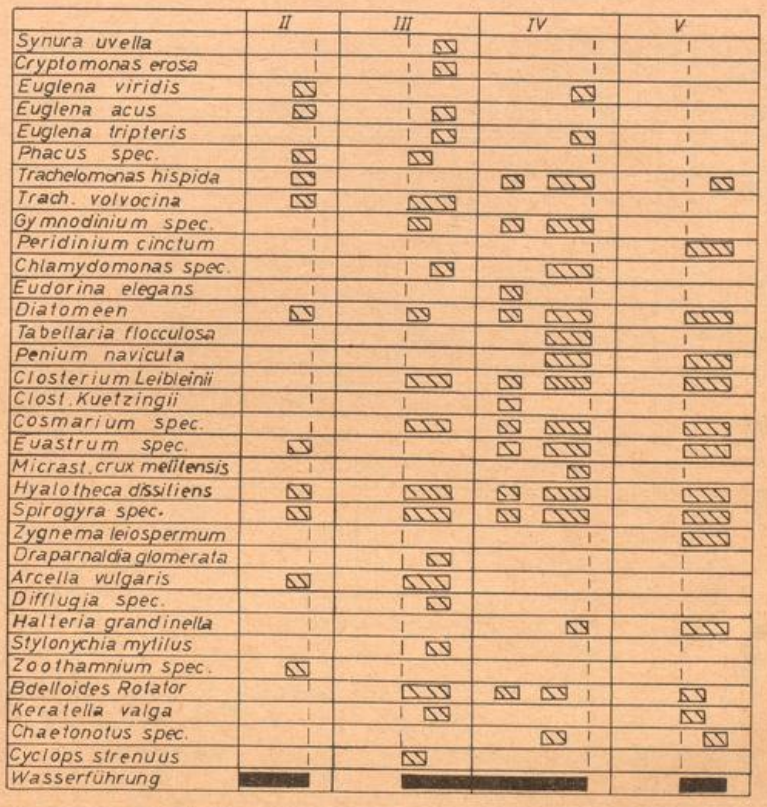


Tab. 5b Tierischer Besatz von Tümpel 4 (1959)



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tab. 6 Organismenbesatz von Tümpel 2 (1959)



e) Diskussion der Befunde

Bei dem Versuch, die biologischen Befunde im Zusammenhang mit den Umweltfaktoren zu deuten, muß man sich über die Problematik dieses Unterfangens im Klaren sein (vgl. Czurda 1934). Das komplizierte Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren, die die Zusammensetzung einer Biozönose bedingen (vgl. Behre u. Wehrle 1942) erschwert eine Kausalanalyse außerordentlich. Das gilt besonders für die untersuchten Biotope.

Bei der Betrachtung der Sukzession wird bei manchen Arten eine Beziehung zur Jahreszeit deutlich. In den meisten Fällen dürfte es sich hierbei um eine Abhängigkeit von der Temperatur handeln.

Von *Gymnodinium veris* ist bekannt, daß diese Art nur im Bereich niedriger Temperaturen auftritt. *Peridinium cinctum* hingegen wurde in den untersuchten Gewässern nur in der wärmeren Jahreszeit beobachtet. Nach den Beobachtungen von Wang (1928) ist diese Art jedoch eurytherm.

Chlamydomonaden (vgl. Tab. 11a) fanden sich vorwiegend im Winter. Auch Wang fand ein Chlamydomonadenmaximum im Winter (bei seinen Untersuchungen handelte es sich um die kälteliebende Form *Chl. pulviscula*). — *Pandorina morum* fand sich in den untersuchten Tümpeln erst ab April. Im Sommer 1959 kam es zu einer Massenentwicklung. Die Faktoren, die die Periodizität von *Pandorina* bestim-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tab. 7 Organismenbesatz von Tümpel 2 (Nov. 1959 bis Okt. 1960)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

men, sind noch nicht genau bekannt (Rao 1953). Gewiß spielt auch die Temperatur eine Rolle.

Es wäre jedoch verfehlt, bei allen Formen, die in Abhängigkeit von der Jahreszeit auftreten, nur auf eine direkte Abhängigkeit von der Temperatur zu schließen. Auch die Helligkeit und die Tageslänge können für das Auftreten einer Art von Bedeutung sein (Findenegg 1942, Rao 1953, Wawrik 1954—58). Da die Zunahme von Helligkeit und Tageslänge in der Natur dem Anstieg der Temperatur parallel laufen, kommt man hier — bei Kleingewässern — durch Freilanduntersuchungen zu keinem Ergebnis.

Pringsheim (1959) konnte bei *Volvocales*, die er in Kultur hielt, durch künstliche Beleuchtung auch im Winter für eine Langtagsperiodizität sorgen. Dann ging die vegetative Entwicklung weiter, während sie sonst zum Stillstand kommt. Pringsheim vermutet, daß die Jahresperiodizität dieser Formen etwas mit der Beleuchtung und wahrscheinlich mit der Photosynthese zu tun hat.

Außer durch Temperatur, Licht und Tageslänge dürfte zuweilen auch indirekt durch biocönotische Faktoren eine Abhängigkeit von der Jahreszeit bedingt werden. So können z. B. durch stärkere Vermehrung von Feinden und Konkurrenten im Sommer Arten verdrängt werden, die sonst auch zu dieser Zeit gut gedeihen würden.

Der periodische Charakter der Tümpel bedingt das Fehlen zahlreicher Formen, die in ausdauernden Gewässern vorkommen. — In den temporären Tümpeln finden sich nur Formen, die durch Ausbildung von Dauerstadien oder durch eine kurze Entwicklungsdauer an die kurze Wasserführung der Tümpel angepaßt sind. Beispiele für derartige Anpassungen werden später noch zusammenfassend erörtert.

Die Zusammenhänge des Auftretens der Organismen mit dem Chemismus zeigen sich am deutlichsten am Beispiel des Eisens. Eisenbakterien, Trachelomonaden, die Chrysomonade *Anthophysa vegetans* und die Amöbe *Arcella vulgaris* sind auf einen hohen Eisengehalt angewiesen (Dorff 1934, Uspenskij 1927). *Trachelomas pulcherrima* entwickelte sich in den untersuchten Tümpeln stets dann in Menge, wenn der Eisengehalt des Wassers gestiegen war (vgl. z. B. Abb. 14 u. Tab. 7 u. 8a). Auf Zusammenhänge zwischen dem Auftreten verschiedener Organismen und dem pH-Wert wurde am Beispiel von T. 5 bereits hingewiesen. Der pH-Bereich innerhalb dessen die einzelnen Arten gefunden wurden, ist aus den „Milieuspektren" ersichtlich, die auf S. 110 ff für eine Anzahl von Arten angegeben werden.

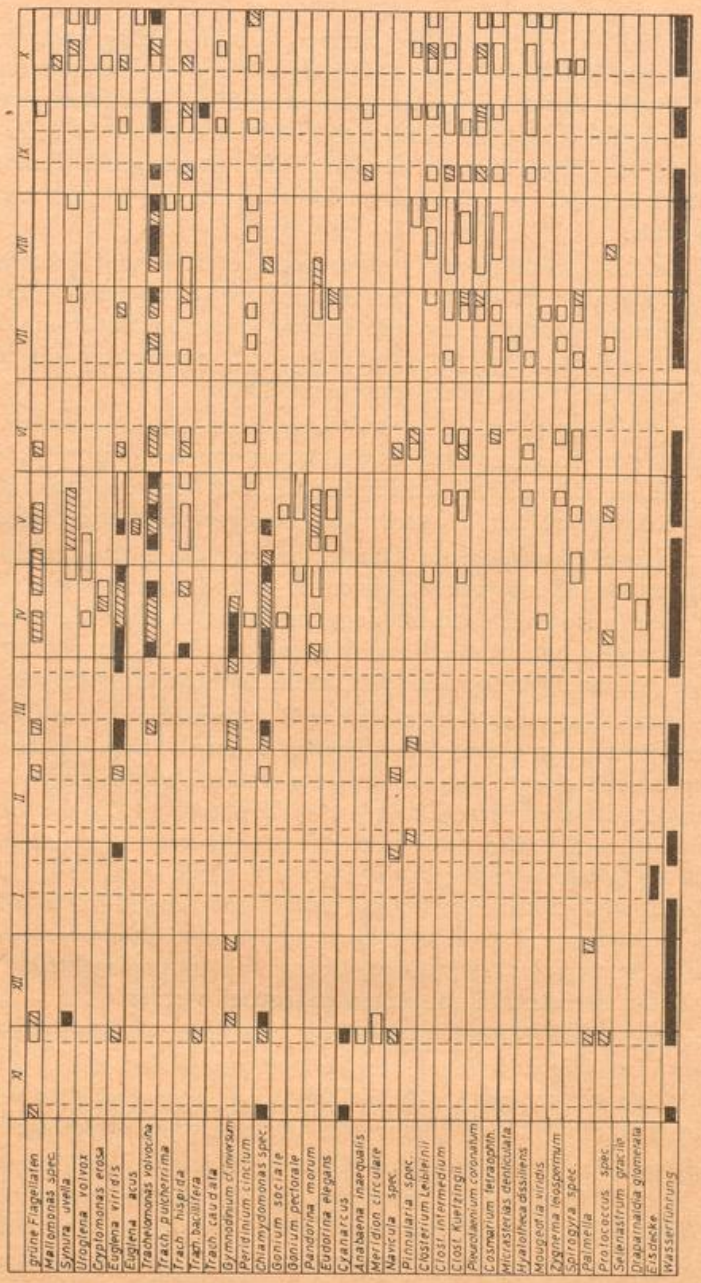
Gegenseitige Wechselbeziehungen liegen vielleicht bei dem Rotator *Gastropus hyptopus* und bei dem Dinoflagellaten *Peridinium cinctum* nahe (vgl. Tab. 4 u. 5). Im Mai bis Juni 1959 fanden sich in Proben aus T. 3 und T. 4 wiederholt beide Arten. Nach Kaestner (1960) ernährt sich *Gastropus* von Dinoflagellaten.

Zugleich mit den Chrysomonaden *(Synura, Uroglena, Dinobryon)* traten regelmäßig die Rotatorien *Epiphanes brachionus* und *Synchaeta pectinata* auf. Ob daraus auf ein Räuber-Beute-Verhältnis geschlossen werden kann, sei dahingestellt. *Synchaeta* tritt auch in Teichen zusammen mit den Chrysomonaden auf. Vielleicht sind nur für Rädertiere und Chrysomonaden gleich günstige Lebensbedingungen die Ursache ihres gemeinsamen Auftretens.

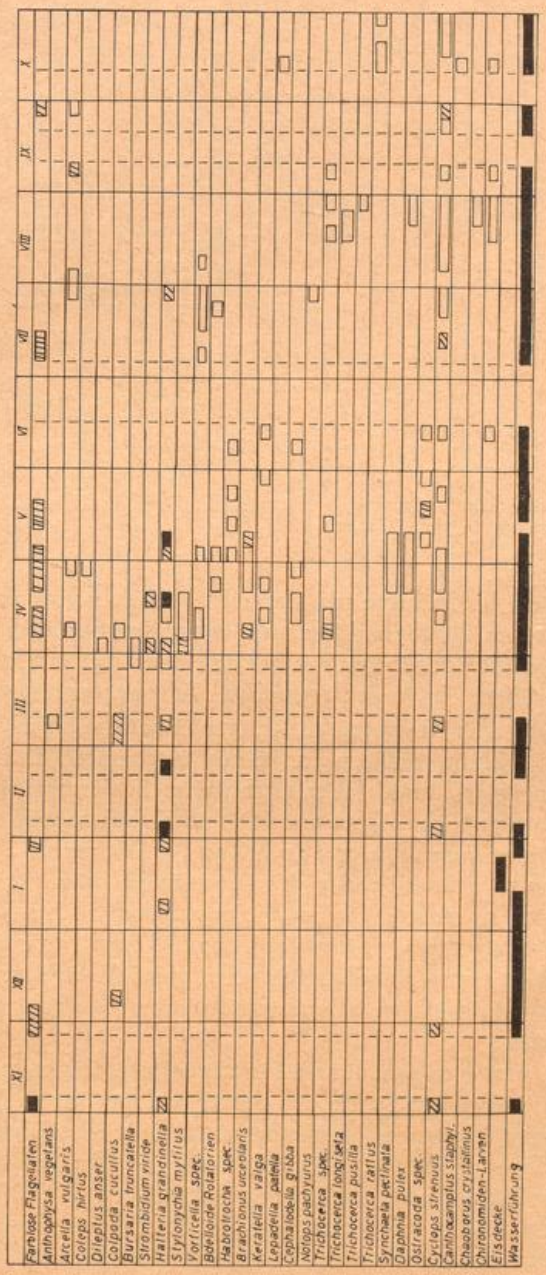
Zur Zeit des Frühjahrsmaximums der Chrysomonaden erschienen außer den genannten Rädertieren noch *Brachionus urceolaris* und *Epiphanes senta*. Bei *Epiphanes senta*, die sich in Abwasserteichen vorwiegend von Euglenen ernährte (Bick u.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tab. 8a Pflanzlicher Besatz von Tümpel 1 (1960)



Tab. 8b Tierischer Besatz und heterotrophe Organismen von Tümpel 1 (1960)



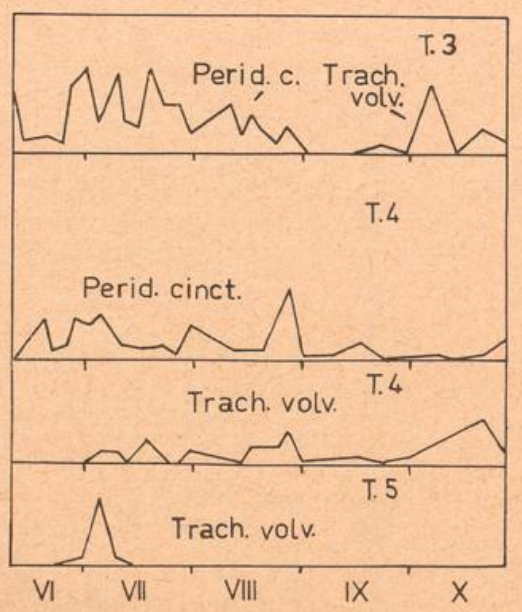


Abb. 16a
Maxima von *Peridinium cinctum* und *Trachelomonas volvocina* in den Tümpeln 3, 4 und 5 (1960)

Scholtyseck 1960), beobachtete ich, daß sie *Trachelomonas volvocina* fraß. — Auf Beziehungen zwischen Phytoplankton und Rotatorien hat auch Kertesz (1956) hingewiesen. Das Verhältnis zwischen Räuber und Beute bei Insekten unter dem Einfluß des Austrocknens ihrer Gewässer untersuchte Chodorowski (1958).

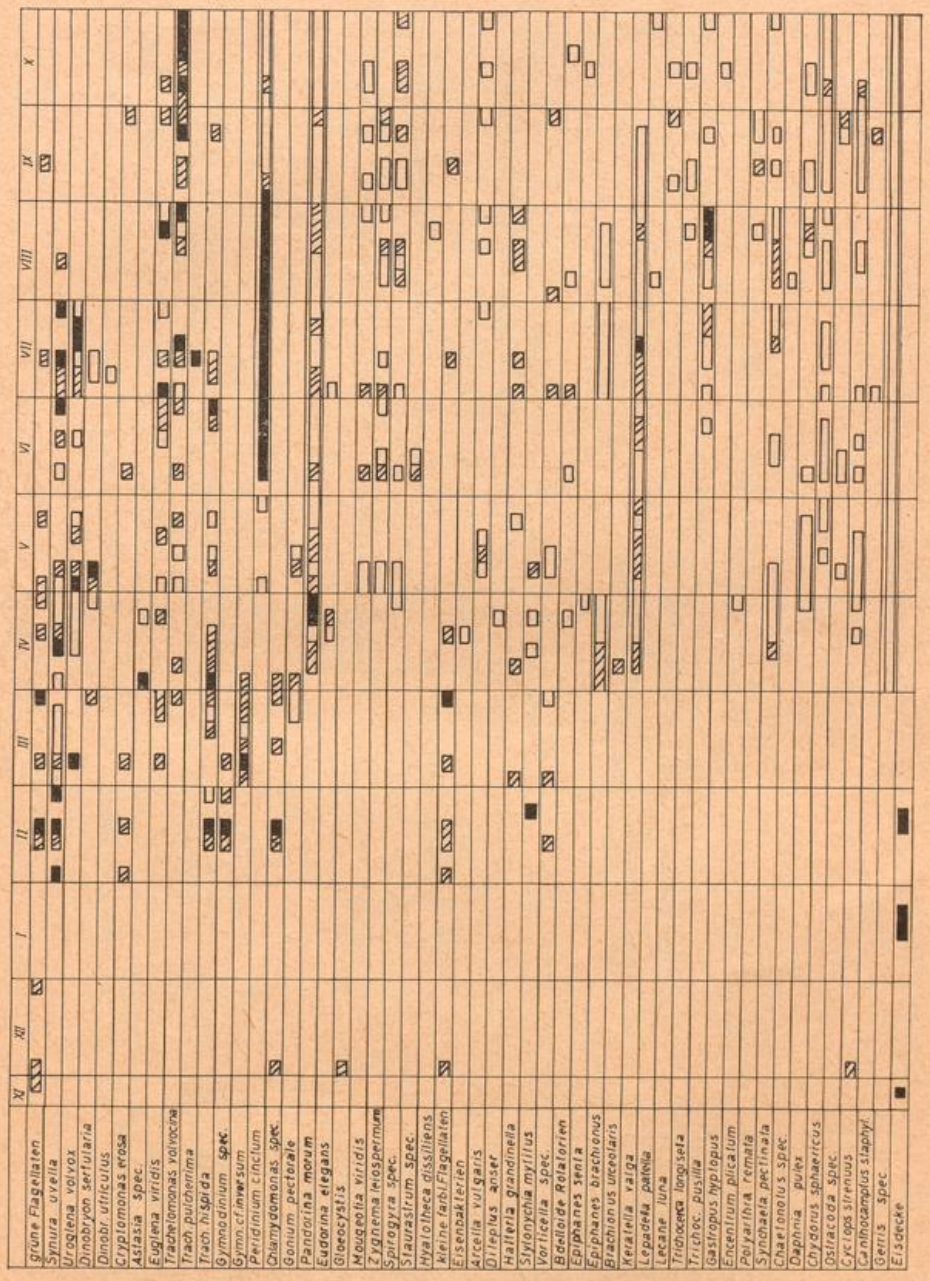
Die Ursachen für das Auftreten der Chrysomonaden sind nicht genau bekannt. — Weimann (1942) glaubt, daß es von einer bestimmten Lichtintensität und O_2-Schichtung abhängig ist, findet aber auch keine Erklärung für das unregelmäßige Auftreten der jahreszeitlichen Maxima. Wahrscheinlich spielen wohl organische Verbindungen dabei die Hauptrolle, wie auch Rao (1953) meint: „The first considerable increase in organic matter about April, coupled with rising temperature and increasing sunshine, appeared to cause the dominance of the *Chrysophyceae* and the same factors affected the *Cryptophyceae* and *Dinophyceae* in later months." — *Cryptomonas* dürfte sehr wahrscheinlich auf organische Substanzen angewiesen sein, und auch bei *Peridinium*-Arten ist eine Ernährung von organischen Substanzen nicht ganz ausgeschlossen.

Die Vorliebe von *Euglena viridis* für organische Zerfallsprodukte ist bekannt. Niederschläge, die derartige Stoffe aus der Umgebung in die Tümpel hineinspülen, könnten bei dieser Art eine Massenentwicklung herbeiführen, wie sie in T. 1 beobachtet wurde (s. Tab. 8a). Möglicherweise werden den Tümpeln auch direkt durch die Niederschläge zusätzlich anorganische Nährstoffe (Nitrate) zugeführt, wie Scharrer u. Fast (1951) im Raum von Gießen fanden. Die Industrieanlagen der Bonner Umgebung, insbesondere des Braunkohlengebietes der Ville, dürften die Luft mit derartigen Stoffen anreichern.

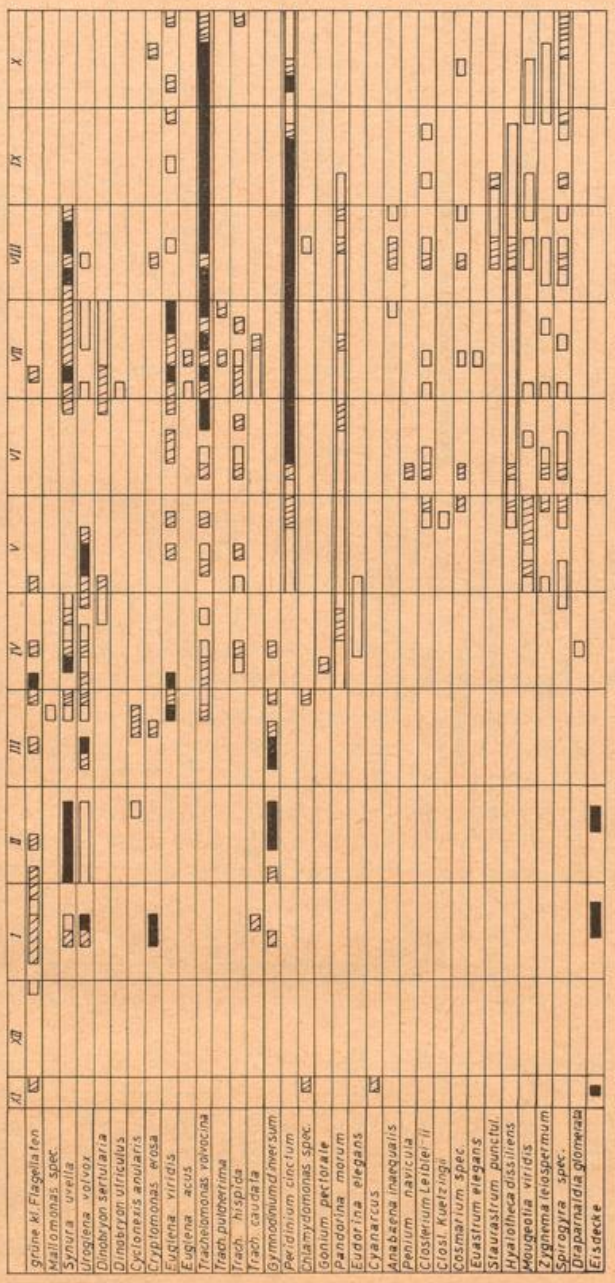
Beobachtungen an *Trachelomonas volvocina* und *Pandorina morum* deuten bei diesen Arten auf eine Vorliebe für organische Zerfallsprodukte hin. So sah ich wiederholt, daß sich beide Arten in beachtlicher Zahl an Leichen von Cyclopiden und Daphnien ansammelten. — Nach Naumann (1930) benötigt *Trachelomonas vol-*

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

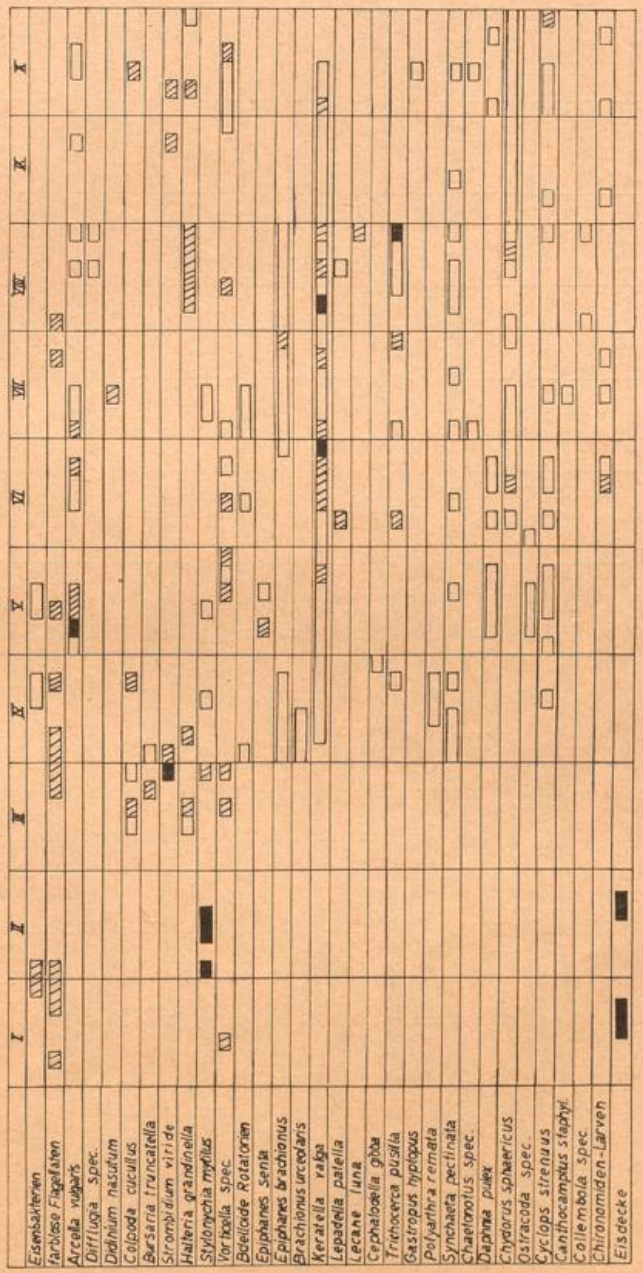
Tab. 9 Organismenbesatz von Tümpel 3 (Nov. 1959 bis Okt. 1960)



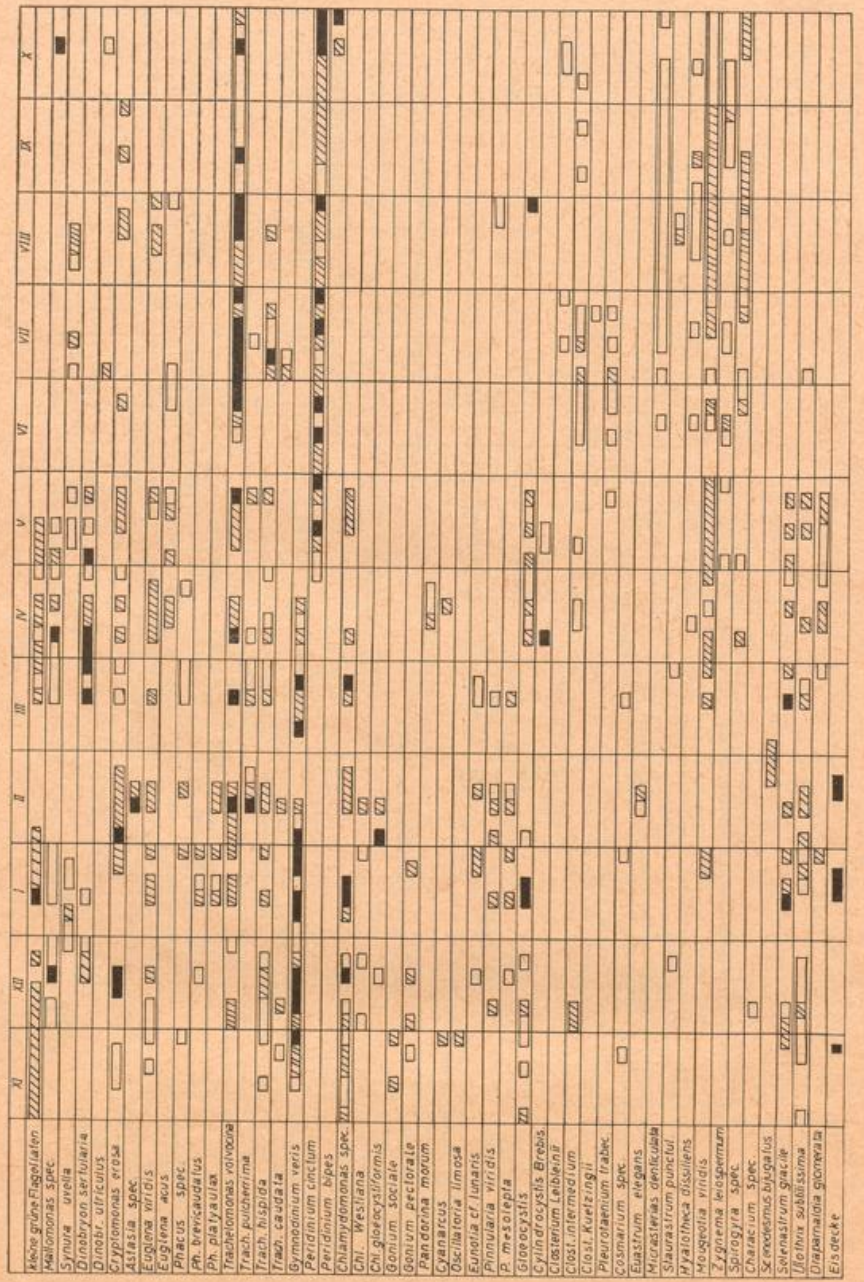
Tab. 10a Pflanzlicher Besatz von Tümpel 4 (November 1959 bis Oktober 1960)



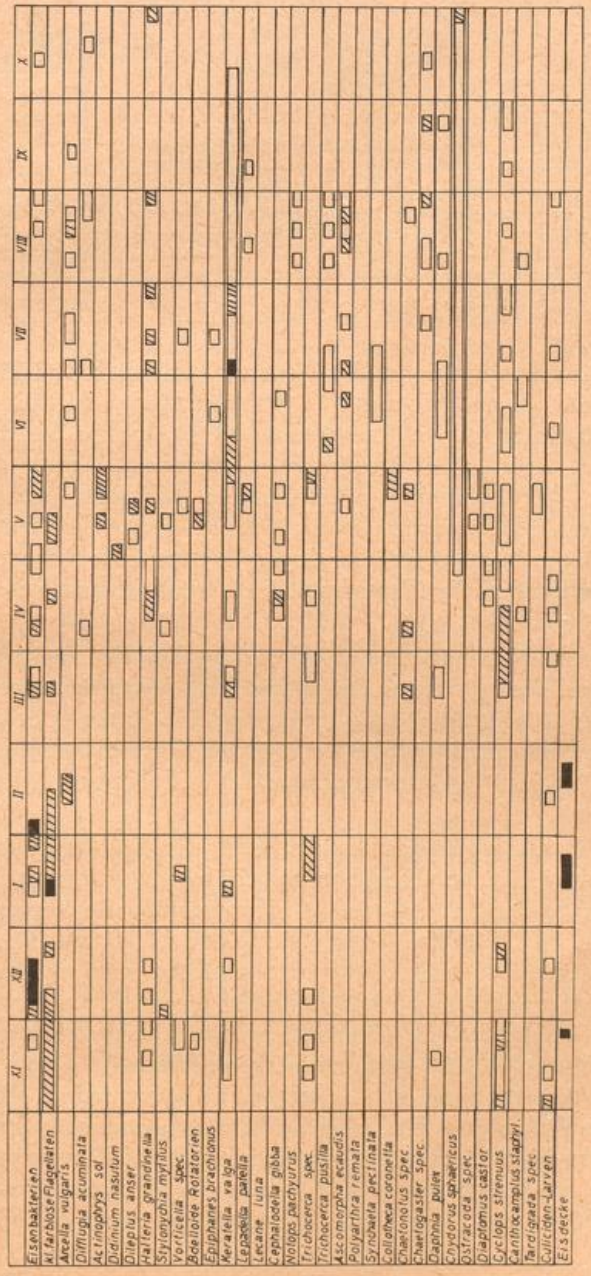
Tab. 10b Tierischer Besatz von Tümpel 4 (Jan. bis Okt. 1960) (und heterotrophe Organismen)



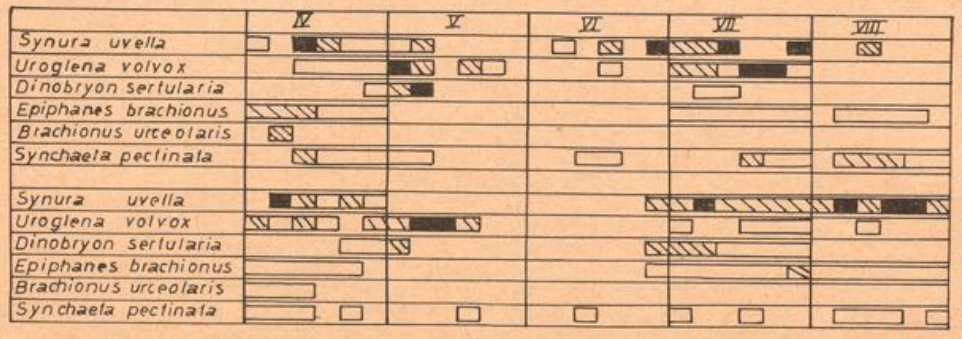
Tab. 11a Pflanzlicher Besatz von Tümpel 5 (Nov. 1959 bis Okt. 1960)



Tab. 11b Tierischer Besatz von Tümpel 5 (Nov. 1959 bis Okt. 1960) (und heterotrophe Organismen)



Tab. 12 Gemeinsames Auftreten von Chrysomonaden und Rotatorien in Tümpel 3 (oben in der Tabelle) und Tümpel 4 (unten) im Frühjahr und Sommer 1960



vocina zur Massenentwicklung außer Eisen viel Stickstoff und Phosphat. — *Pandorina morum* fand sich nach GAIDUKOV (1924) in Menge in Tümpeln, die durch Exkremente verunreinigt waren. PRINGSHEIM (1959) konnte bei dieser Art die Abhängigkeit von organischen Substanzen nachweisen. Außer den Vitaminen B_1 (Aneurin) und B_{12} (Cobalamin) benötigt diese Volvocale noch andere organische Nährstoffe: „Bei *Gonium pectorale* und *Pandorina* trat in Nährlösungen mit Azetat und den Vitaminen Wachstum nur in Gegenwart von Erdabkochung ein, für die kein Ersatz gefunden wurde; aber Pepton mit Fleischextrakt und Hefeextrakt machte sie entbehrlich."

PRINGSHEIM (1958) behandelte eingehend das Problem der Mixotrophie bei verschiedenen Flagellaten und wies darauf hin, daß Vitamine, organische Säuren und andere C-Verbindungen für das Auftreten mancher Arten erforderlich sein können. Erst nach gründlicher ernährungsphysiologischer Untersuchung der einzelnen Arten „werden die Ursachen von Massenproduktion und Wasserblüten dann auch klarer werden."

Zur Zeit fehlt es noch an spezifischen Methoden, mit denen sich die betreffenden organischen Substanzen bei Freilanduntersuchungen quantitativ nachweisen lassen. Durch derartige Methoden werden sich wahrscheinlich die Vergesellschaftungen von Arten, wie sie im Saprobiensystem (KOLKWITZ u. MARSSON 1908) und in den „Flagellatenvereinen" (LEMMERMANN) unterschieden werden, genauer erklären lassen. Derartige Methoden wären schließlich für die Feststellung toxischer Substanzen wichtig, durch welche manche Organismen ihre „Konkurrenz" unterdrücken können. Nach AKEHURST (1931) bestimmt dieser „chemische Krieg" zwischen den verschiedenen Organismengruppen im Plankton in bedeutendem Maße die Sukzession. In den meisten Fällen sind wir bisher noch auf Vermutungen angewiesen. — Nachgewiesen werden konnte ein derartiger Hemmstoff von PRATT (1948) bei der Grünalge *Chlorella*. Nach JØRGENSEN (1956) wird die Wirkung der Hemmstoffe durch andere Umweltfaktoren (Chemismus, Temperatur, Alter der Organismen) mitbestimmt.

Auf den Einfluß tierischer und pflanzlicher Verwesungsprodukte auf die Biozönose wies LEFÈVRE (1958) hin.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

II. Experimentelle Untersuchungen

a) Verbreitungsmöglichkeiten der Organismen und Anflugversuche

Die Ausbreitung der Organismen der untersuchten Tümpel erfolgt, soweit nicht eine aktive Einwanderung in Frage kommt (Insekten, Amphibien), durch Verschleppung durch Tiere (Wasserinsekten, Amphibien) aus anderen Gewässern (Phoresie) (vgl. Hesse 1924, Stammer 1952, Thienemann 1950, Münchberg 1960).

Verschiedene größere und kleine Gewässer sind in der Umgebung der Tümpel vorhanden (Teiche, Bombentrichter, Weggräben; vgl. Abb. 1). Die in den untersuchten Tümpeln vorgefundenen Arten fanden sich meistenteils auch dort, woher sie wohl auch in die Tümpel übertragen werden.

Wegen ihrer geringen Größe werden die untersuchten Tümpel normalerweise nicht von Wasservögeln aufgesucht, so daß diese als Überträger von Organismen kaum in Betracht kommen. Eher können Singvögel, die in den Tümpeln baden oder dort trinken, eine Rolle bei der Verbreitung der Wasserorganismen spielen.

Einer Verschleppung der Dauerformen durch den Wind (vgl. Gislen 1948) kommt für die Besiedlung der untersuchten Waldtümpel wohl nicht die Bedeutung zu, die ihr Spandl (1924) für die Besiedlung temporärer Tümpel aufgrund seiner Beobachtungen zumißt. Woodruff (1912) konnte bei seinen Versuchen den „Anflug" von Dauerstadien durch die Luft vernachlässigen.

Zur Ermittlung des „Anfluges" von Dauerstadien wurden einige Versuche unternommen: Kulturlösungen aus mineralischen Nährsalzen sowie Erdabkochungen wurden in Einmachgläsern im Autoklaven sterilisiert. Die fest verschlossenen Gläser wurden erst im Wald geöffnet und in unmittelbarer Nähe der untersuchten Tümpel und an ähnlichen Stellen exponiert. Bei der Untersuchung nach einer Woche fanden sich nur wenige Formen: vorwiegend bdelloide Rotatorien und Ciliaten *(Colpoda)* sowie protococcale Algen.

Im trockenen Sommer und Herbst 1959 scheiterten die Versuche, weil zahlreiche Insekten die Gläser aufsuchten und dort ertranken. Bereits nach zwei Tagen war die Wasseroberfläche ganz mit Insektenleichen bedeckt und das Wasser in den Gläsern eine übelriechende Brühe, so daß es nicht mehr für weitere Untersuchungen in Frage kam.

Auch das Massenauftreten einzelner Flagellatenarten bei Anflugversuchen wurde beobachtet. In einem Fall trat fast ausschließlich eine Chlamydomonade auf *(Chlamydomonas* cf. *simplex)*. Nach Anreicherung der Probe im Laboratorium erfolgte die Kopulation. In einem anderen Versuch trat *Haematococcus pluvialis* in Massen auf. Diese Flagellaten encystierten sich nach Anreicherung der Probe (vgl. Abb. 24).

Für die Verbreitung dieser Formen spielt gewiß auch der Wind eine Rolle, besonders im offenem Gelände. — Im Wald kann der Wind den Staub vom Boden der ausgetrockneten Tümpel nicht über weite Strecken mitschleppen. Dagegen kann er in

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

offenem Gelände Dauerformen über weite Strecken verdriften (GISLEN 1948, PUSCHKAREW 1913).

b) Aufgußversuche

Die Mehrzahl der Arten überdauert das Austrocknen des Tümpels in Ruhestadien auf oder im Tümpelboden. Erst bei erneuter Füllung des Tümpels erwachen diese Organismen zu neuer Aktivität.

Im Laboratorium wurden Aufgußversuche mit Tümpelboden vorgenommen, um festzustellen, welche Organismen sich daraus entwickeln.

Bodenproben aus den einzelnen Tümpeln wurden in (vorher im Trockenschrank sterilisierte) Aquarien gegeben, die mit destilliertem Wasser aus einem Ionen-Austauscher aufgefüllt wurden. Einige Versuche, in denen abgekochtes Regenwasser verwendet wurde, stimmten in ihren Ergebnissen mit den anderen Versuchen überein.

Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur durchgeführt. — Während Versuch 1 bei Tageslicht durchgeführt wurde, mußte Versuch 2 bei künstlichem Licht durchgeführt werden. Die Aquarien erhielten Licht durch eine Leuchtröhre, die sich über dem Laboratoriumstisch befand. Sie brannte 12 Stunden am Tag. Es ist nicht anzunehmen, daß diese Art von Beleuchtung die Organismen schädigte.

Bei beiden Versuchen wurden täglich Proben zur Untersuchung entnommen.

Leider gestalteten sich die Verhältnisse in den Versuchen bald anaerob, da die Wasseroberfläche in den Versuchsaquarien im Verhältnis zur eingebrachten Bodenmenge und zum Wasservolumen relativ klein war. Nur an der Wasseroberfläche herrschten noch aerobe Verhältnisse. Temperaturverhältnisse und Chemismus dürften somit den Verhältnissen im Freiland kaum entsprochen haben.

Versuch 1

Bei Verwendung von Bodenproben, die einen Monat nach dem Austrocknen der Tümpel aus dem Wald geholt wurden, ergab sich eine große Zahl von Arten (Tab. 13—16). Nur wenige Arten, die im Freiland häufig waren, fehlten (z. B. *Uroglena* und *Dinobryon*). Die Kultur dieser Arten ist jedoch sehr schwierig und unter den genannten Versuchsbedingungen wohl überhaupt unmöglich.

Vergleichsweise wurden auch Bodenproben aus verschiedenen Waldbeständen und Bodenproben von ausgetrockneten Fallaubtümpeln in gleicher Weise behandelt. Es entwickelten sich dann vorwiegend Ciliaten *(Colpoda, Stylonychia)* sowie kleine farblose Flagellaten; „Fadenalgen" *(Ulothrix, Microthamnion)* wurden nur vereinzelt gefunden. Außerdem fanden sich dort unbeschalte Amöben, die in den untersuchten Tümpeln nicht beobachtet wurden.

Es besteht somit — bis auf die Ciliaten — ein deutlicher Unterschied zwischen der Artenfülle bei Aufgußversuchen mit Tümpelboden und der relativ großen Armut an Arten bei Aufgußversuchen mit Waldboden.

Die Grünalge *Microthamnion kuetzingianum*, die sich in Aufgußversuchen mit Waldbodenproben fand, fand ich nicht in den untersuchten Tümpeln. Sie scheint dagegen für Fallaubtümpel typisch zu sein, wo ich sie wiederholt antraf. KLOTTER (1957) beobachtete die Art häufig in huminreichen Gewässern.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

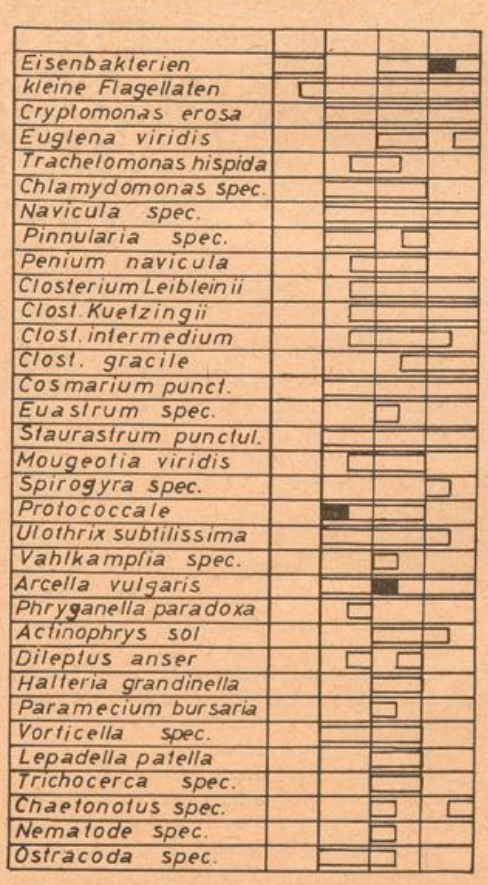
Wie aus den Tabellen 13—16 ersichtlich ist, erscheinen die Organismen in Versuch 1 in einer bestimmten Reihenfolge: Zuerst kamen kleine Flagellaten und Eisenbakterien zur Entwicklung. Auch *Cyclops* erschien unmittelbar nach Versuchsbeginn, etwas später Euglenen, Chlamydomonaden, *Protococcales*, Diatomeen und *Ciliaten*. Schließlich folgten *Cryptomonas*, *Desmidiaceen*, *Zygnemales*, *Ulothrix*, Rotatorien und Gastrotrichen. — Es fiel auf, daß sich die Diatomeen in den Aufgußversuchen anscheinend besser entwickelten als in den Tümpeln.

Versuch 2

Aufgußversuche mit Bodenproben, die in Kunststoffbeuteln ein Jahr gelagert hatten, ergaben eine äußerst spärliche Ausbeute (s. Tabellen 17a—20).

Tab. 13—16 Aufgußversuche mit frischen Proben vom Boden der ausgetrockneten Tümpel im Herbst 1959. — Sukzession der beobachteten Organismen (Zeiteinteilung in Dekaden)

Tab. 13 Aufguß mit Tümpelboden aus T. 1



Tab. 14 Aufguß mit Tümpelboden aus T. 2

Tab. 15 Aufguß mit Tümpelboden aus T. 3

Tab. 16 Aufguß mit Tümpelboden aus T. 4

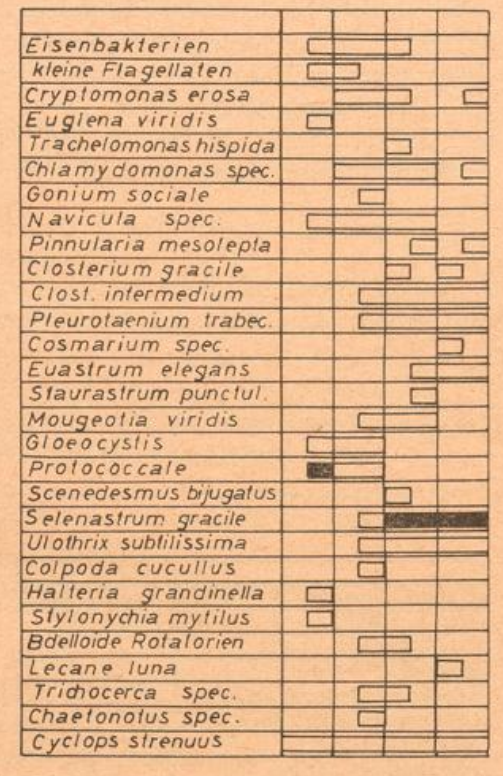


Tabelle 17a

Übersicht über den pflanzlichen Besatz in den Tümpeln T. 1 und T. 2 verglichen mit Aufgüssen aus frischem (Versuch 1) und gelagertem Tümpelboden (Versuch 2) und aus frischem Waldboden (Laubwald).
(+) = nur in sehr frischen Aufgüssen.

	Freiland		Versuch 1		Versuch 2		Wald-
	T. 1	T. 2	T. 1	T. 2	T. 1	T. 2	boden
Eisenbakterien	+	+	+	+	+	—	+
cf. *Cyanarcus*	—	+	—	—	—	—	—
Anabaena inaequalis	+	—	+	—	—	—	—
Oscillatoria limosa	+	—	(+)	—	—	—	—
kl. farblose Flagellaten	+	+	+	+	+	+	+
kl. grüne Flagellaten	+	+	+	+	+	—	—
Mallomonas spec.	+	—	—	—	—	—	—
Synura uvella	+	—	—	—	—	—	—
Uroglena volvox	+	—	—	—	—	—	—
Dinobryon sertularia	+	—	—	—	—	—	—
Anthophysa vegetans	—	+	—	—	—	—	—
Cryptomonas erosa	+	+	+	+	—	—	—
Euglena viridis	+	+	+	+	—	—	—
Euglena acus	+	+	+	—	—	—	—
Euglena tripteris	—	+	—	+	—	—	—
Phacus spec.	+	+	—	(+)	—	—	—
Trachelomonas volvocina	+	+	+	+	+	+	—
Trachelomonas pulcherrima	+	—	—	—	—	—	—
Trachelomonas hispida	+	+	+	+	—	—	—
Trachelomonas bacillifera	+	—	—	—	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	Freiland T. 1	Freiland T. 2	Versuch 1 T. 1	Versuch 1 T. 2	Versuch 2 T. 1	Versuch 2 T. 2	Waldboden
Trachelomonas caudata	+	—	—	—	—	—	—
Gymnodinium spec.	—	+	—	(+)	—	+	—
Gymnodinium veris	+	—	—	—	—	—	—
Gymnodinium cf. *inversum*	+	—	(+)	—	—	—	—
Peridinium cinctum	+	+	—	—	—	—	—
Tabellaria flocculosa	—	+	—	—	—	—	—
Meridion circulare	+	—	—	—	—	—	—
Navicula spec.	+	+	+	+	—	—	+
Pinnularia mesolepta	+	—	—	—	—	—	—
Pinnularia viridis	+	+	+	+	—	—	—
Cylindrocystis brebissonii	—	+	—	+	—	—	—
Penium navicula	+	+	+	+	—	—	—
Closterium spec.	+	—	+	—	—	—	—
Closterium leibleinii	+	+	+	+	—	—	—
Closterium gracile	—	—	+	—	—	—	—
Closterium intermedium	+	—	+	+	—	—	—
Closterium kuetzingii	+	+	+	+	—	—	—
Tetmemorus spec.	—	—	—	(+)	—	—	—
Pleurotaenium coronatum	+	—	(+)	—	—	—	—
Cosmarium spec.	—	+	—	+	—	—	—
Cosmarium margaritiferum	+	+	+	—	—	—	—
Cosmarium tetraophthalmum	+	—	—	—	—	—	—
Euastrum spec.	—	+	+	+	—	—	—
Micrasterias denticulata	+	—	—	—	—	—	—
Staurastrum spec.	+	—	—	—	—	—	—
Staurastrum punctulatum	+	—	+	—	—	—	—
Hyalotheca dissiliens	+	+	(+)	+	—	—	—
Mougeotia viridis	+	+	+	+	—	—	—
Zygnema leiospermum	+	+	(+)	(+)	—	—	—
Spirogyra spec.	+	+	+	+	—	—	—
Haematococcus pluvialis	+	+	—	(+	—	—	—
Chlamydomonas spec.	+	+	+	+	—	—	—
Gonium sociale	+	+	—	—	—	—	—
Gonium pectorale	+	—	—	—	—	—	—
Pandorina morum	+	+	(+)	+	+	—	—
Eudorina elegans	+	+	—	—	—	—	—
Palmella	+	—	—	—	—	—	+
Protococcale	+	+	+	+	—	—	—
Pleurococcus angulosus	+	+	—	+	—	—	—
cf. *Acanthosphaera*	+	—	—	—	—	—	—
Ulothrix spec.	+	+	+	+	—	—	—
Draparnaldia glomerata	+	—	—	—	—	—	—
Microthamnion kuetzingianum	—	—	—	+	—	—	—
Cladophora spec.	+	—	—	—	—	—	—

Tabelle 17b

Übersicht über den tierischen Besatz in den Tümpeln T. 1 und T. 2 verglichen mit Aufgüssen aus frischem (Versuch 1) und gelagertem Tümpelboden (Versuch 2) und aus frischem Waldboden (Laubwald).

	Freiland T. 1	Freiland T. 2	Versuch 1 T. 1	Versuch 1 T. 2	Versuch 2 T. 1	Versuch 2 T. 2	Waldboden
Amoeba spec.	+	+	+	+	+	—	+
Arcella vulgaris	+	+	+	+	+	—	+
Difflugia spec.	+	+	—	+	—	—	—
Cucurbitella mespiliformis	+	—	—	—	—	—	—
Phryganella paradoxa	—	—	+	—	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg Frankfurt am Main

	Freiland T. 1	Freiland T. 2	Versuch 1 T. 1	Versuch 1 T. 2	Versuch 2 T. 1	Versuch 2 T. 2	Waldboden
Actinophrys sol	+	+	+	+	—	—	—
Sporocyste	—	+	—	—	—	—	—
Didinium nasutum	—	+	—	—	—	—	—
Coleps hirtus	+	+	—	—	—	—	—
Dileptus anser	+	+	+	+	—	—	—
Colpoda cucullus	+	+	+	+	+	+	+
Paramecium bursaria	+	—	(+)	—	—	—	—
Colpidium spec.	+	—	—	—	—	—	—
Urocentrum turbo	—	—	—	+	—	—	—
Spirostomum spec.	—	+	—	+	—	—	—
Bursaria truncatella	+	+	—	—	—	—	—
Strombidium cf. *viride*	+	+	—	—	—	(+)	—
Halteria grandinella	+	+	+	+	—	—	—
Uroleptus piscis	—	+	+	+	—	—	—
Stylonychia mytilus	+	+	+	+	+	+	+
Vorticella spec.	+	+	+	+	—	—	—
Vorticella convallaria	+	+	+	+	—	—	—
Vorticella octava	+	—	+	—	—	—	—
Zoothamnium spec.	—	+	—	—	—	—	—
Turbellaria	—	+	—	+	—	—	—
Nematoden	+	+	+	+	—	—	—
Oligochaeten	—	+	—	+	—	—	—
Tubifex	+	—	+	—	—	—	—
Lumbriciden	+	—	—	—	—	—	—
Bdelloide Rotatorien	+	+	+	+	+	+	—
cf. *Rotaria citrina*	—	+	—	—	—	—	—
Philodinide	—	+	—	—	—	—	—
Epiphanes senta	—	+	—	—	—	—	—
Epiphanes brachionus	+	+	—	—	—	—	—
Brachionus urceolaris	+	+	—	+	—	—	—
Keratella valga	+	+	+	—	—	—	—
Lepadella patella	+	+	+	+	—	—	—
Lecane luna	+	+	+	+	—	—	—
Cephalodella gibba	+	+	—	—	—	—	—
Notommata spec.	—	+	—	—	—	—	—
Notommata pachyura	+	—	—	—	—	—	—
Trichocerca spec.	+	+	+	+	—	—	—
Trichocerca tigris	+	+	—	—	—	—	—
Trichocerca pusilla	+	+	—	—	—	—	—
Trichocerca rattus	+	—	—	—	—	—	—
Synchaeta pectinata	+	+	—	—	—	—	—
Chaetonotus	+	+	+	+	—	+	—
Pisidium cf. *obtusale*	+	+	+	+	—	—	—
Lymnaea truncatula	+	—	—	—	—	—	—
Daphnia pulex	+	+	—	—	—	—	—
Chydorus sphaericus	+	+	+	—	—	—	—
Ostracoda	—	+	—	+	+	—	—
Cyclops strenuus	+	+	+	+	—	—	—
Canthocamptus staphylinus	+	+	(+)	—	—	—	—
Cloeon dipterum	+	—	—	—	—	—	—
Corixa cf. *cognota*	+	+	—	—	—	—	—
Phaedon spec.	+	—	—	—	—	—	—
Chaoborus crystallinus	+	—	—	—	—	—	—
Culicidenlarve	+	+	—	—	—	—	—
Chironomidenlarve	+	+	—	—	—	—	—
Ceratopogon spec.	+	+	—	—	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tabelle 18a

Übersicht über den pflanzlichen Besatz in den Tümpeln T. 3 und T. 4 verglichen mit Aufgüssen aus frischem (Versuch 1) und gelagertem Tümpelboden (Versuch 2).

	Freiland		Versuch 1		Versuch 2	
	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4
Eisenbakterien	+	+	+	+	—	—
cf. *Cyanarcus*	+	+	—	—	—	—
Oscillatoria limosa	+	—	—	—	—	—
kl. farblose Flagellaten	+	+	+	+	+	+
kl. grüne Flagellaten	+	+	+	—	—	—
Mallomonas spec.	+	+	—	—	—	—
Synura uvella	+	+	—	+	—	—
Uroglena volvox	+	+	—	—	—	—
Cyclonexis annularis	—	+	—	—	—	—
Dinobryon sertularia	+	+	—	—	—	—
Dinobryon cf. *eurystoma*	—	+	—	—	—	—
Cryptomonas erosa	+	+	+	+	+	—
Euglena viridis	+	+	+	+	—	—
Euglena acus	+	+	—	—	—	—
Euglena tripteris	+	—	—	—	—	—
Phacus spec.	+	+	+	—	—	—
Phacus pleuronectes	+	—	—	—	—	—
Phacus longicauda	+	—	—	—	—	—
Phacus tortus	+	—	—	—	—	—
Trachelomonas volvocina	+	+	+	—	+	—
Trachelomonas pulcherrima	+	+	—	—	—	—
Trachelomonas hispida	+	+	—	—	—	—
Trachelomonas caudata	+	+	—	—	—	—
Gymnodinium spec.	+	+	—	—	—	—
Gymnodinium veris	+	—	—	—	—	—
Gymnodinium cf. *inversum*	+	—	—	—	—	—
Peridinium cinctum	+	+	—	—	—	—
Tabellaria flocculosa	+	+	—	—	—	—
Navicula spec.	+	+	+	+	—	—
Pinnularia mesolepta	+	—	+	—	+	—
Surirella ovalis	+	—	—	+	—	—
Penium navicula	+	+	+	—	—	—
Closterium spec.	+	+	+	—	—	—
Closterium leibleinii	—	+	—	—	—	—
Closterium kuetzingii	+	+	—	—	—	—
Pleurotaenium trabecula	—	+	—	—	—	—
Cosmarium spec.	+	—	—	—	—	—
Euastrum spec.	+	—	—	—	—	—
Euastrum elegans	—	+	—	—	—	—
Micrasterias crux melitensis	+	—	—	—	—	—
Micrasterias denticulata	+	+	—	—	—	—
Staurastrum spec.	+	—	—	—	—	—
Staurastrum punctulatum	—	+	—	—	—	—
Staurastrum echinatum	—	+	—	—	—	—
Hyalotheca dissiliens	+	+	—	—	—	—
Mougeotia viridis	+	+	—	—	—	—
Zygnema leiospermum	+	+	—	—	—	—
Spirogyra spec.	+	+	—	—	—	—
Haematococcus pluvialis	—	+	—	—	—	—
Chlamydomonas spec.	+	+	+	+	—	—
Gonium sociale	+	—	—	—	—	—
Gonium pectorale	+	+	+	+	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	Freiland		Versuch 1		Versuch 2	
	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4
Pandorina morum	+	+	—	+	—	—
Eudorina elegans	+	+	—	—	—	—
Palmella	+	—	+	—	—	—
Protococcale	+	+	+	—	—	—
Selenastrum gracile	+	—	+	—	—	—
Ulothrix spec.	+	—	+	—	+	—
Draparnaldia glomerata	+	+	—	—	—	—

Tabelle 18b

Übersicht über den tierischen Besatz in den Tümpeln T. 3 und T. 4 verglichen mit Aufgüssen aus frischem (Versuch 1) und gelagertem Tümpelboden (Versuch 2).

	Freiland		Versuch 1		Versuch 2	
	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4
Arcella vulgaris	+	+	+	+	+	—
Difflugia spec.	+	—	—	—	—	—
Actinophrys sol	+	—	+	—	—	—
Actinosphaerium eichhorni	—	+	—	—	—	—
cf. *Prorodon*	+	—	—	—	—	—
Didinium nasutum	+	—	—	—	—	—
Coleps hirtus	+	+	—	—	—	—
Dileptus anser	+	+	—	—	—	—
Colpoda cucullus	+	+	+	—	—	—
Paramecium spec.	—	—	—	—	—	+
Colpidium spec.	+	—	—	—	—	—
Spirostomum spec.	+	—	—	—	—	—
Bursaria truncatella	—	+	—	—	—	—
Strombidium cf. *viride*	—	+	—	—	—	+
Halteria grandinella	+	+	—	—	—	—
Stylonychia mytilus	+	+	+	+	+	—
Vorticella spec.	+	+	—	+	—	—
Vorticella margaritata f. *chlorelligera*	+	+	—	—	—	—
Carchesium polypinum	+	—	—	—	—	—
Turbellaria	+	+	—	—	—	—
Nematoden	+	+	—	—	—	—
Oligochaeten	—	+	+	+	—	—
Bdelloide Rotatorien	+	+	+	+	+	—
cf. *Rotaria citrina*	+	—	+	—	—	—
Epiphanes senta	+	+	—	—	—	—
Epiphanes brachionus	+	+	—	—	—	—
Brachionus urceolaris	+	+	—	—	—	—
Keratella valga	+	+	—	—	—	—
Lepadella patella	+	+	+	+	—	—
Lecane luna	+	+	—	—	—	—
Cephalodella gibba	—	+	—	—	—	—
Notommata spec.	+	—	—	—	—	—
Trichocerca spec.	+	+	—	—	—	—
Trichocerca tigris	+	—	—	—	—	—
Trichocerca longiseta	+	—	—	—	—	—
Trichocerca pusilla	+	+	—	—	—	—
Gastropus hyptopus	+	+	—	—	—	—
Encentrum plicatum	+	—	—	—	—	—
Polyarthra remata	+	+	—	—	—	—
Synchaeta pectinata	+	+	—	—	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	Freiland		Versuch 1		Versuch 2	
	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4	T. 3	T. 4
Chaetonotus spec.	+	+	—	+	—	—
Daphnia pulex	+	+	+	—	—	—
Chydorus sphaericus	+	+	—	—	—	—
Ostracoda	+	+	+	—	—	—
Cyclops strenuus	+	+	—	+	—	—
Canthocamptus staphylinus	+	+	—	—	—	—
Acari	—	+	—	—	—	—
Collembola	+	+	+	—	—	—
Cloeon dipterum	+	+	—	—	—	—
Agrion-Larve	+	—	—	—	—	—
Perlodes spec.	—	+	—	—	—	—
Notonecta spec.	+	+	—	—	—	—
Gerris spec.	+	+	—	—	—	—
Corixa cf. *cognota*	—	+	—	—	—	—
Dytiscus marginatus	+	+	—	—	—	—
Agabus bipustulatus	+	—	—	—	—	—
Gyrinus substriatus	+	+	—	—	—	—
Phaedon spec.	—	+	—	—	—	—
Chaoborus crystallinus	+	+	—	—	—	—
Culicidenlarve	+	+	—	—	—	—
Chironomidenlarve	+	+	—	—	—	—
Ceratopogon spec.	+	+	—	—	—	—

Tabelle 19a

Übersicht über den pflanzlichen Besatz in Tümpel 5 verglichen mit Aufgüssen aus frischem (Versuch 1) und gelagertem Tümpelboden (Versuch 2).

	Freiland	Versuch 1	Versuch 2
Eisenbakterien	+	+	—
cf. *Cyanarcus*	+	—	—
Anabaena inaequalis	—	+	—
Oscillatoria limosa	—	+	—
kl. farblose Flagellaten	+	+	+
kl. grüne Flagellaten	+	+	—
Mallomonas spec.	+	—	—
Synura uvella	+	—	—
Dinobryon sertularia	+	—	—
Dinobryon cf. *eurystoma*	+	—	—
Cryptomonas erosa	+	+	—
Euglena viridis	+	+	—
Euglena acus	+	—	—
Euglena tripteris	+	—	—
Phacus spec.	+	—	—
Phacus brevicaudatus	+	—	—
Phacus platyaulax	+	—	—
Trachelomonas volvocina	+	+	—
Trachelomonas pulcherrima	+	—	—
Trachelomonas hispida	+	—	—
Trachelomonas hispida var. *coronata*	+	—	—
Trachelomonas bacillifera	+	—	—
Trachelomonas caudata	+	+	+
Gymnodinium spec.	+	—	—
Gymnodinium veris	+	—	—
Peridinium cinctum	+	(+)	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	Freiland	Versuch 1	Versuch 2
Peridinium bipes	+	—	—
Tabellaria flocculosa	+	—	—
Pinnularia mesolepta	+	+	—
Pinnularia viridis	+	+	—
Bacillaria spec.	—	+	—
Cylindrocystis brebissonii	+	—	—
Penium navicula	+	+	—
Closterium spec.	+	+	—
Closterium leibleinii	+	+	—
Closterium gracile	—	+	—
Closterium intermedium	+	+	—
Closterium kuetzingii	+	+	—
Pleurotaenium trabecula	+	+	—
Cosmarium spec.	+	+	—
Euastrum spec.	+	+	—
Euastrum elegans	+	+	—
Micrasterias denticulata	+	+	—
Staurastrum punctulatum	+	+	—
Hyalotheca dissiliens	+	—	—
Mougeotia viridis	+	+	—
Zygnema leiospermum	+	—	—
Spirogyra cf. *ovata*	+	+	—
Chlamydomonas spec.	+	+	—
Chlamydomonas westiana	+	—	—
Gonium sociale	+	+	—
Gonium pectorale	+	—	—
Pandorina morum	+	—	—
Eudorina elegans	+	—	—
Palmella	+	—	—
Gloeocystis	+	+	—
Characium spec.	+	—	—
Pleurococcus angulosus	+	+	—
Scenedesmus bijugatus	+	+	—
Selenastrum gracile	+	+	—
Ulothrix subtilissima	+	+	—
Draparnaldia glomerata	+	—	—
Bulbochaete spec.	+	+	—
Cladophora	+	—	—

Tabelle 19b

Übersicht über den tierischen Besatz in Tümpel 5 verglichen mit Aufgüssen auf frischem (Versuch 1) und gelagertem Tümpelboden (Versuch 2).

	Freiland	Versuch 1	Versuch 2
Arcella vulgaris	+	+	—
Difflugia acuminata	+	+	—
Cucurbitella spec.	+	—	—
Actinophrys sol	+	—	—
Didinium nasutum	+	—	—
Dileptus anser	+	—	—
Colpoda cucullus	+	+	—
Paramecium bursaria	+	—	—
Halteria grandinella	+	+	—
Stylonychia mytilus	+	+	—
Vorticella spec.	+	—	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	Freiland	Versuch 1	Versuch 2
Vorticella similis	+	—	—
Carchesium polypinum	+	—	—
Nematoden	+	+	—
Chaetogaster	+	—	—
Bdelloide Rotatorien	+	+	—
Epiphanes brachionus	+	—	—
Keratella valga	+	—	—
Lepadella patella	+	+	—
Lecane luna	+	+	—
Cephalodella gibba	+	—	+
Notommata pachyura	+	—	—
Trichocerca spec.	+	+	—
Trichocerca tigris	+	—	—
Trichocerca pusilla	+	+	—
Ascomorpha ecaudis	+	—	—
Polyarthra	+	—	—
Synchaeta pectinata	+	—	—
Collotheca coronetta	+	—	—
Chaetonotus	+	+	—
Daphnia pulex	+	—	—
Chydorus sphaericus	+	—	—
Ostracoda	+	—	—
Diaptomus cf. *castor*	+	—	—
Cyclops strenuus	+	+	—
Canthocamptus staphylinus	+	+	—
Tardigrada	+	—	—
Cloeon dipterum	+	—	—
Agrion-Larve	+	—	—
Libellula-Larve	+	—	—
Notonecta	+	—	—
Gerris	+	—	—
Haliplus heydeni	+	—	—
Dixa spec.	+	—	—
Chironomidenlarve	+	+*)	—
cf. *Tanypus*	+	—	—

Tabelle 20

Übersicht über den Besatz in Tümpel 6 verglichen mit Aufgüssen aus frischem (Versuch 1) und gelagertem Tümpelboden (Versuch 2).

	Freiland	Versuch 1	Versuch 2
Eisenbakterien	—	+	—
Anabaena spec.	—	+	—
kl. grüne Flagellaten	+	+	—
kl. farblose Flagellaten	—	+	+
Mallomonas	+	—	—
Synura uvella	—	+	—
Dinobryon sertularia	+	—	—
Cryptomonas erosa	—	+	—
Euglena spec.	+	+	—
Gymnodinium spec.	+	—	—
Meridion circulare	—	+	—

*) Bodenprobe erst 4 Tage nach dem Austrocknen entnommen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

	Freiland	Versuch 1	Versuch 2
Navicula spec.	—	+	—
Pinnularia spec.	—	+	—
Penium navicula	—	+	—
Closterium spec.	+	+	—
Mougeotia	+	+	—
Zygnema spec.	+	—	—
Spirogyra	—	+	—
Chlamydomonas spec.	—	+	—
Gonium sociale	—	+	—
Protococcale	—	+	—
Ulothrix	+	+	—
Microthamnion kuetzingeanum	—	+	—
Arcella vulgaris	—	+	—
Difflugia	—	+	—
Colpoda cucullus	+	+	+
Paramecium	—	+	—
Stylonychia mytilus	—	+	+
Vorticella	+	+	—
Bdelloide Rotatorien	—	+	—
Keratella valga	—	—	+
Lepadella patella	+	+	—
Chaetonotus spec.	—	+	—
Chirocephalus grubei	+	—	—
Scapholeberis cf. *mucronata*	+	—	—
Daphnia	—	+	—
Chydorus sphaericus	—	+	—
Cyclops strenuus	+	+	—
Tardigrada	—	+	+
Collembola	+	+	—
Culicidenlarven (*Aëdes* spec.)	+	—	+

c) Diskussion der Ergebnisse und der angeschnittenen Probleme

Je länger die Trockenperiode dauert, um so kleiner ist die Zahl der Arten und Individuen, die nachher wieder zum Vorschein kommt, wie auch schon KAMMERER (1907) feststellte.

Der Unterschied in der Artenzahl zwischen Versuch 1 und Versuch 2 dürfte wahrscheinlich darin begründet sein, daß die Bodenfeuchtigkeit während der Lagerung der Proben in einem Maße abnimmt, wie das im Freiland nie der Fall ist. Dort wird der Boden der ausgetrockneten Tümpel täglich durch den Tau befeuchtet, dessen Bedeutung schon BRAUER (1891) betont. Noch Monate nach dem Austrocknen der untersuchten Tümpel im Sommer und Herbst 1959 fühlte sich ihr Boden feucht an. Nur eine dünne oberste Schicht aus Bodenpartikelchen, Detritus und (an wenigen Stellen) aus eingetrockneten Algenwatten wurde während des Tages wirklich trocken. Diese zusammengebackene Schicht hat eine isolierende Wirkung, die eine weitere Verdunstung verhindert. Der tiefer gelegene Boden kann so noch Feuchtigkeit zurückbehalten. In diesen feuchteren Bodenschichten eingegraben, überdauern Käfer (*Agabus*) die Dürrezeit.

Nach den vorliegenden Beobachtungen darf man wohl annehmen, daß die meisten Bewohner der untersuchten Tümpel das Austrocknen ihres Biotops in einem Ruhe-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

stadium im feuchten Boden des Tümpels überdauern können. Jedoch sind manche Organismen (z. B. die meisten Insektlarven) hierzu nicht in der Lage.

Eine völlige Austrocknung auch des Tümpelbodens — wie sie in der Natur in periodischen Waldgewässern wohl kaum vorkommt — dürften nur wenige Arten überleben. Dies kann man auch aus den Ergebnissen von EVANS (1958) schließen. Er führte Versuche über die Austrocknungsfähigkeit von Algen durch. Bei einigen Arten konnte er eine aktive Wanderung in die feuchteren, tiefer liegenden Schichten des Gewässerbodens feststellen.

Austrocknungsversuche an Algen wurden schon von SCHRÖDER (1886—88) angestellt. Er fand verschiedene Stufen der Austrocknungsfähigkeit. Bei den Dauerformen einiger Arten (Characeen, einige Chlamydomonaden, *Haematococcus pluvialis*) ist nach seiner Meinung die Austrocknung für die weitere Entwicklung erforderlich. Bei den von mir beachteten Arten ergaben sich keine Anhaltspunkte für derartige Vermutungen. — Angaben über die große Austrocknungsfähigkeit von Cysten finden sich auch bei GISLEN (1948).

Für die Entwicklung der Euphyllopoden hielt man es lange Zeit für erforderlich, daß ihre Eier dem Austrocknen und dem Frost ausgesetzt sein müßten. Jedoch kann nach neueren Angaben (s. KENK 1949) die Entwicklung auch stattfinden, wenn die Eier nicht austrockneten oder durchfroren. Durchfrieren und Austrocknen scheinen aber die Entwicklung zu fördern.

HALL (1961) beobachtete, daß bei *Chirocephalus diaphanus* die Entwicklung der Eier erst beim Austrocknen des Gewässers beginnt. Während der Tümpel trocken liegt, kann sie langsam weitergehen, kommt aber erst zum Abschluß, wenn er wieder mit Wasser gefüllt wird. Das Schlüpfen der Tiere kann sich noch hinauszögern, bis ein hoher Wasserstand und damit eine gewisse Verdünnung („some delution of the water") des Wassers erreicht ist.

Das Durchfrieren kann ökologisch in etwa als Parallelfall zum Austrocknen betrachtet werden. Auf die Beziehungen zwischen Kälteresistenz und Austrocknungsfähigkeit wies KÜHLMANN (1959) hin, der über die beim Tauen von gefrorenem Schlamm und Tümpeleis auftretende Sukzession Versuche anstellte. Ähnliche Versuche wurden auch von BOLDYREWA (1930) durchgeführt.

Die beste Anpassung an die Austrocknung dürften von allen Bewohnern temporärer Gewässer wohl die typischen Bewohner der Regenwassertümpel besitzen. Sie können auch dort die Trockenheit überstehen, wo eine Überdauerung im feuchten Tümpelboden nicht möglich ist (Felsentümpel). DROOP (1953) stellte bei derartigen Formen *(Haematococcus, Stephanosphaera)* die größte Resistenz gegen Austrocknung fest.

Bei allen Aufgußversuchen im Laboratorium ist zu berücksichtigen, daß Temperaturverhältnisse und Chemismus den Verhältnissen im Tümpel nie wirklich entsprechen dürften. Die Veränderung dieser Faktoren unter den Versuchsbedingungen dürfte mitbestimmend sein für das Fehlen der Chrysomonaden *Uroglena* und *Dinobryon* und für das zahlreiche Auftreten von *Cryptomonas* in den durchgeführten Versuchen. Bei den Laboratoriumsversuchen von KRAMPNER (1928) traten nach vorübergehendem Erscheinen der Winterformen gleich die Sommerformen auf.

PRINGSHEIM (1959) weist darauf hin, daß die bloße Zugabe von Wasser zur trockenen Erde nicht genügt, um die Zygoten oder Zysten mancher Algen zur Entwicklung zu bringen. Es fehlen noch die Nahrungsstoffe, deren Knappwerden am

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

natürlichen Standort — oft nach einer Massenentwicklung der Art — wohl die Encystierung bewirkt.

Wenn auch das Austrocknen der Tümpel zunächst eine Anreicherung von Nährstoffen bedingen mag, so können doch Massenvermehrungen von Organismen schnell die Vorräte an bestimmten Stoffen aufbrauchen, die für sie lebensnotwendige Minimumfaktoren darstellen.

Die bekannte Tatsache, daß manche Organismen des Phytoplanktons in mineralischen Nährlösungen nicht gedeihen, mag im Fehlen solcher spezifischer Minimumfaktoren begründet sein. So schlugen mir alle Versuche fehl, *Cryptomonas erosa* in mineralischen Kulturlösungen zu halten, auch nach Zugabe organischer Substanzen in Form von Eipulver und Strohabkochungen. In Aufgußversuchen mit getrocknetem Tümpelboden gedieh die Art dagegen prächtig.

Nach einer vorübergehenden Regenperiode im Sommer 1959, die jedoch nicht ausreichte, die ausgetrockneten Tümpel wieder zu füllen, sondern nur den Tümpelboden durchnäßte, wurden frisch mit Regenwasser aufgeschwemmte Bodenproben aus Tümpeluntergrund auf Organismen untersucht. Es fanden sich: *Zygnema*, Desmidiaceen, Diatomeen, kleine Flagellaten, Difflugien, Ciliaten *(Colpoda)* und Nematoden.

III. Anpassungsformen an das Leben in temporären Tümpeln

a) Dauerstadien

Wie bereits erwähnt wurde, sind viele Bewohner temporärer Tümpel in der Lage, Dauerstadien zu bilden, in denen sie die Austrocknung ihres Wohngewässers überdauern können. Diese Dauerformen können ohne Schaden durch den Wind oder durch andere Organismen in andere Gewässer getragen werden, dienen also nicht nur der Überwindung ungünstiger Lebensumstände, sondern oft auch der Verbreitung der Art.

Im Folgenden sind einige Beobachtungen über das Auftreten von Dauerformen während meiner Untersuchungen und einige Hinweise auf die Befunde anderer Beobachter zusammengestellt.

Bei der Chrysomonade *Uroglena volvox* wurde im Mai 1960 in T. 4 die Cystenbildung beobachtet. Die Art hat gerade ein Maximum ihrer Entwicklung erreicht. Die glatte kugelige Cyste entsprach der Beschreibung von Zacharias (s. Abb. 17).

Im gleichen Monat wurde in T. 2, wo *Dinobryon sertularia* zu dieser Zeit in Menge zu finden war, die Cystenbildung auch bei dieser Art beobachtet (s. Abb. 18).

Auch bei *Peridinium cinctum* konnte die Encystierung beobachtet werden. Eine Woche, nachdem die Peridineen in Kulturschälchen angereichert worden waren, bildeten sie innerhalb ihrer Panzer die Cyste aus. Diese enthielt stets einen oder zwei Tropfen rotes Öl, wohl als Reservestoff (Abb. 21).

Bei den *Conjugales* stellen die Zygoten Dauerstadien dar. Von der Desmidiacee *Closterium intermedium*, die zu dieser Zeit in T. 5 relativ zahlreich zu finden war, wurde dort im Juli 1960 die Zygote beobachtet (s. Abb. 23).

Bei allen beobachteten Zygnemalen wurden in beiden Untersuchungsjahren Konjugationsstadien gefunden. (Dennoch ließ sich die *Spirogyra*-Art nicht eindeutig be-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

stimmen; sie gehört zur Conjugata-Gruppe.) 1959 konjugierten die Algen anscheinend etwas früher als im folgenden Jahr. Soweit die Umweltfaktoren zur Zeit der Cystenbildung oder Konjugation festgestellt wurden, sind sie in der Zusammenstellung der „Milieuspektren" zu finden. Es fiel auf, daß die Konjugation der verschiedenen Arten im gleichen Tümpel manchmal in kurzem Zeitabstand hintereinander oder gleichzeitig erfolgte (10. — 21. 4. 59; 27. 5. — 10. 6. 60 in T. 3).

Nach wenigen Beobachtungen ist es natürlich nicht möglich, etwas über die Faktoren auszusagen, die die Konjugation auslösen. Die Angaben in der Literatur sind

Abb. 17 Cyste von *Uroglena volvox* (Durchmesser 12 μ)

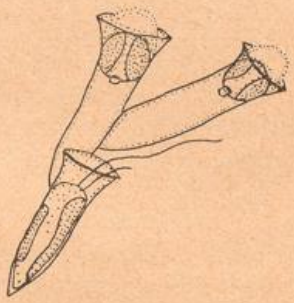


Abb. 18 Cysten bei *Dinobryon sertularia* (Durchmesser 15 μ)

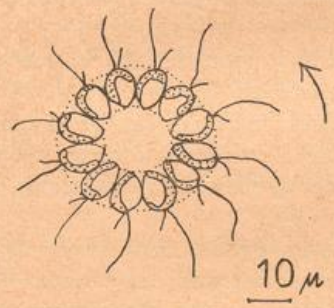


Abb. 19 *Cyclonexis annularis*

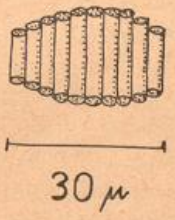


Abb. 20 cf. „*Cyanarcus*"

Abb. 21 Cyste von *Peridinium cinctum* (mit 2 Öltropfen)

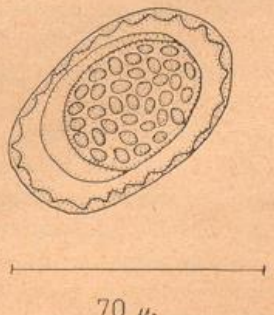


Abb. 22 Cyste von *Vorticella margaritata* f. *chlorelligera*

zum Teil widersprechend. Nach KLEBS (1896) spielt der Lichtfaktor bei der Konjugation die Hauptrolle. — Nach BENECKE (1908) führt die Senkung der Stickstoffzufuhr die Konjugation herbei. Die Senkung der Stickstoffzufuhr ist aber wohl eine Folge der Massenvermehrung der Algen. In den vor mir untersuchten Tümpeln trat die Konjugation stets nach einer Massenentwicklung der betr. *Zygnemales* ein. Einen Zusammenhang mit dem pH-Wert, den CZURDA (1933) als entscheidenden Faktor für die Auslösung der Konjugation angibt, konnte ich anhand meiner wenigen Beobachtungen nicht feststellen.

Auch vegetative Dauerformen von Zygnemalen sind bekannt. So gehen bei *Zygnema leiospermum* die gewöhnlichen Fäden in eine Ruheform mit an Stärkekörnern und an fettem Öl reichen und öfter mit braungefärbten Membranen versehenen Zellen über (SCHRÖDER 1886—88). Derartige vegetative Dauerstadien konnte ich in den untersuchten Tümpeln nicht feststellen.

Bei „keimenden" Dauerstadien, die im Juli 1960 beobachtet wurden, handelte es sich vermutlich um „keimende" Zygoten von *Spirogyra*. Eine eindeutige Bestätigung dieser Vermutung war nicht möglich, da die keimenden Dauerformen in Kultur leider bald eingingen.

Die Ruhestadien der Algen sinken auf den Grund des Gewässers. Das „Keimen" hängt nach den Untersuchungen von LIND (1940) außer von Temperatur und O_2-Gehalt besonders von den chemischen Reaktionen an der Schlammoberfläche ab, zumal vom Gleichgewicht zwischen der Freisetzung von NH_4^+ durch Mikroorganismen und der NH_4^+-Adsorption durch Schlammpartikel unter Freiwerden austauschbarer Stoffe.

Im Anschluß an das zahlreiche Auftreten von Chlamydomonaden im Winter wurden — besonders in T. 5 — im folgenden Frühjahr zahlreiche Gloeocysten gefunden.

In einem Anflugversuch mit nährstoffarmem Wasser trat als einzige Art eine Chlamydomonade auf. Es handelt sich um eine Form, die *Chlamydomonas simplex* nahesteht (vgl. PASCHER 1927). Nach Anreicherung der Probe im Laboratorium kam es zur Kopulation und Zygotenbildung (Temperatur 15° C).

Bei einem anderen Anflugversuch wurde in der Probe fast ausschließlich *Haematococcus pluvialis* gefunden, der sich nach Anreicherung encystierte. Nach DROOP (1955) wird die Encystierung durch die Hemmung des Wachstums („the stationary state of the culture") bewirkt (Abb. 24). Aus grünen, runden oder ovalen Gebilden, die zunächst an die Ruhestadien von Algen erinnerten, schlüpften Vorticellen. Es handelte sich hierbei um die Cysten einer Form von *Vorticella margaritata*, die Zoochlorellen enthält (f. *chlorelligera*) (Abb. 22).

Nach v. BRAND (1923) wird die Encystierung bei Vorticellen durch eintretenden Mangel an Nahrung und Sauerstoff bedingt. Anreicherung von Stoffwechselprodukten im Wasser soll eine geringere Rolle spielen. Das Ausschlüpfen der Vorticellen werde durch die Zunahme des O_2-Gehaltes im Wasser hervorgerufen, ferner durch das Wegfallen chemischer Hemmfaktoren.

Bei der von mir beobachteten Form dürfte wegen der Anwesenheit der assimilierenden Zoochlorellen der O_2-Gehalt des Wassers weniger von Bedeutung sein. Doch erfolgte die Encystierung bei Verdunklung der Kulturen.

Die Dauereier des Rotators *Epiphanes brachionus* fanden sich im April. Zu dieser Zeit hatten die Weibchen eine besonders große Zahl erreicht und auch Männchen waren in den Proben zu finden (4. — 13. 4. 60). Einmal wurde auch die Kopulation

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

beobachtet. Soweit es bei der Schnelligkeit des Vorganges festzustellen war, wurde der Penis anscheinend nicht in die Kloake eingeführt, sondern gelangte nach Durchstoßen der Körperwand direkt in die Leibeshöhle.

Bei *Keratella valga* wurden zu verschiedenen Jahreszeiten Dauereier gefunden. Nach den Beobachtungen von MURRAY (1911) kann diese Art polyzyklisch sein.

Bei *Daphnia pulex* kam es im Juni 1960 in T. 7 zu einer Massenentwicklung und zur Bildung von Dauereiern. Den äußeren Ursachen der Dauereibildung bei *Daphnia* galten zahlreiche Untersuchungen, deren Ergebnisse von SCHEITHAUER (1961) eingehend diskutiert wurden. SCHEITHAUER beobachtete, „daß das Einsetzen der Bisexualität der Daphnien ein Ausdruck optimaler Bedingungen für die Population ist". Sie beobachtete. daß Männcheneier nur in kräftigen Populationen gebildet werden.

Die Kopulation und Bildung von Dauereiern bei *Chydorus sphaericus* wurde von Ende Juni bis Ende August wiederholt beobachtet. Anpassungen von Libellenlarven an das Austrocknen ihrer Gewässer wurden von PORTMANN (1921) festgestellt. So kann z. B. die Larve von *Libellula depressa* im Bodenschlamm ihres Tümpels dessen Austrocknung überdauern. Dieser Trockenschlaf kann 6 Wochen und länger dauern. Die Larven von *Somatochlora flavomaculata* kommen nach SCHIEMENZ (1953) auch in zeitweilig trockenliegenden Tümpeln vor, da sie 4 Wochen Austrocknung ohne Schaden überstehen können.

Nach WESENBERG-LUND (1943) können die Eier von *Lestes dryas* auch trocken überwintern. Sie vertragen dann sogar Temperaturen von —15° C ohne Schaden. — Andere Libellen sind nicht so gut an das Leben in periodischen Gewässern angepaßt. Im Juni 1959 beobachtete ich in T. 5 die Eiablage von *Pyrrhosoma nymphula*. Bald darauf trocknete der Tümpel aus. Erst im November füllte er sich wieder mit Wasser. Libellenlarven wurden in der folgenden Zeit nicht beobachtet.

Auch die Imagines mancher Käfer überdauern die Trockenperiode eingegraben im Tümpelboden (FERNANDO 1955). Während der langen Trockenperiode 1959 fand ich die Art *Agabus bipustulatus* eingegraben in dem feuchten Boden von T. 4.

Untersuchungen über die Resistenz wasserbewohnender Mollusken wurden von KOLPAKOV (1929) und CRIDLAND (1957) durchgeführt. PATZER (1927) beobachtete eine begrenzte Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknung bei der Leberegelschnecke *Lymnaea* (= *Galba) truncatula*. Kurzzeitige Austrocknung der Wasserstellen gefährdet die Schnecke nicht. Gras spendet den ausgetrockneten Tümpeln genügend Schatten, so daß sich die Feuchtigkeit im Boden halten kann. In einem besonders trockenen Jahr können allerdings die Schnecken durch das Austrocknen ihrer Wasserlachen alle vernichtet werden.

Bei Aufgußversuchen mit frischem Tümpelboden fand ich die Erbsenmuschel *(Pisidium* cf. *obtusale)* (s. Tab. 17b).

Sogar Unken können manchmal den Winter im Schlamm ausgetrockneter Tümpel überdauern (MERTENS 1947).

b) Andere Anpassungsformen

Nicht alle Bewohner temporärer Tümpel können Dauerformen bilden. Organismen, die hierzu nicht in der Lage sind, sich aber durch eine starke Vermehrungsquote auszeichnen, können ebenfalls das Leben unter den extremen Bedingungen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

dieser Biotope meistern. Parthenogenese und die Bildung von Subitaneiern stellen eine Anpassung in dieser Richtung dar.

Mückenlarven können sich wegen ihrer kurzen Entwicklungsdauer in temporären Gewässern oft in Massen entwickeln. Die Gesamtentwicklung vom Ei bis zur Imago dauert nicht länger als 2—3 Wochen (Wesenberg-Lund 1943). Häufig sind die Mückenlarven in temporären Gewässern weniger von Feinden bedroht. Chodorowski stellte dort auch eine schnellere Entwicklung der Mückenlarven *(Aedes)* fest.

Australische Libellen (*Anax, Hemicordulia, Diplacodes* sp.) können sich wegen ihrer kurzen Entwicklungsdauer auch in vorübergehend austrocknenden Gewässern entwickeln. Von der Eiablage bis zum Schlüpfen der Imago vergehen knapp 5 Monate (Hodgkin u. Watson 1958).

Wegen der sehr schnellen Entwicklung ihrer Larven sind auch manche Amphibien in der Lage, in periodischen Gewässern ihre Metamorphose zu vollenden. Dies trifft im Kottenforst für die Bergunken *(Bombina variegata)* zu, die dort charakteristische Bewohner der temporären Wegtümpel sind.

Auf die charakteristische Vegetation der untersuchten Gewässer wurde bereits hingewiesen (S. 60). Besonders typisch sind:
Ranunculus flammula, Peplis portula, Polygonum hydropiper und *Callitriche verna*, die alle zu amphibischem Leben befähigt sind. — *Callitriche verna* hat ihr Optimum zwar in ausdauernden Gewässern, „verträgt aber sowohl zeitweilige Austrocknung ihrer Standorte als auch starke Überschwemmungen" (Hild 1960). Daher ist sie an das Leben in den periodischen Wegtümpeln des Waldes bestens angepaßt, und es ist wohl berechtigt, sie hier als besonders typische Form zu erwähnen.

D. ZUSAMMENSTELLUNG DER ÖKOLOGISCHEN BEFUNDE FÜR VERSCHIEDENE ORGANISMEN

Die folgenden Angaben sollen wiedergeben, innerhalb welcher chemischen Bereiche die betreffenden Organismen von mir angetroffen wurden, unter welchen Bedingungen Massenauftreten, Sexualvorgänge und dergleichen beobachtet wurden. Da in den Tabellen nur eigene Befunde verwertet wurden, reichen die Daten natürlich nicht aus, um vollkommene Milieuspektren bieten zu können oder gar eindeutige Kausalzusammenhänge zu beweisen.

Es sind die Bereiche angegeben, in denen die Organismen gefunden wurden. In Klammern sind die Verhältnisse bei Massenvermehrung angegeben. Die Monate sind mit römischen Ziffern bezeichnet.

Phytoplankton

Mallomonas spec.

Die beobachtete Form stand am meisten *Mallomonas acaroides* Perty nahe, wurde aber im Gegensatz zu dieser Art, die nach allgemeiner Ansicht eine Sommerform ist, vorwiegend im Winterhalbjahr beobachtet (vgl. Huber-Pestalozzi). X, XII, III bis Mitte V.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Temp.	2°—9° C		
pH	5,5— 6,7	(5,5— 6,1)	
SBV	0,2— 0,6	(0,2— 0,5)	ml HCl
Ca	3,2—12,8	(3,2— 7,2)	mg/l
O_2	3,3— 8,9	(4,9— 5,8)	„
CO_2	12,3—40,8	(12,7—40,8)	„
NH_4	0 — 0,5	(0,1— 0,5)	„
Fe	0,1— 4,4	(0,4— 4,0)	„
Keimzahl	150—2500	(150—1250)	/ml

Synura uvella Ehrenberg

Nach Huber-Pestalozzi (1941) verschwindet diese Form mit dem Auftreten des Sommerplanktons (Grün- und Blaualgen). Nach Akehurst (1931) wird sie durch ein „Diatomeentoxin" gehemmt und erscheint dort, wo Diatomeen nicht zahlreich sind, auch im Sommer. Während meiner Untersuchungen wurde *Synura uvella*, die vielfach als kälteliebend gilt (Wang 1928), auch im Sommer gefunden (vgl. Tab. 9, 10a und 11a). Auch Bethge (1952—1953) beobachtete, daß *Synura* unabhängig von der Jahreszeit auftritt, „wenn auch in wechselnder Menge und ohne daß irgendeine Gesetzmäßigkeit festzustellen ist". Er beobachtete die Maxima meist im Frühjahr und im Herbst. — Beziehungen zum O_2-Gehalt erschienen mir weniger deutlich, im Gegensatz zu den Beobachtungen von Wang, der die Maxima der Art stets bei hohem O_2-Gehalt feststellte. — Nach Liebmann kommt die Art zu allen Jahreszeiten vor und ist typisch für die β-mesosaprobe Zone. XI—V (IV), VI—VIII, X

Temp.	1°—18° C		
pH	5,2— 7,1	(5,9 — 7,1)	
SBV	0,3— 1,8	(0,4 — 1,8)	ml HCl
Ca	3,2—25,6	(6,4 —25,6)	mg/l
O_2	2,0—10,8	(2,0 — 8,7)	„
CO_2	8,4—84,9	(8,8 —73,6)	„
NH_4	0 — 2,2	(0,25— 2,0)	„
Fe	0,1—12,0	(0,1 —12,0)	„
Keimzahl	33—13 500	(60—13 500)	/ml

Anthophysa vegetans Stein

Nach Liebmann (1951) häufig in stark verunreinigten Gewässern (α-mesosaprobe Leitform). Nach Bick u. Scholtyseck (1960) hohe NH_4-Verträglichkeit. Typische Fe-Leitform. III

Temp.	2°—10° C	
pH	6,2 — 6,6	
SBV	0,5 — 1,0	ml HCl
Ca	8,8 —16,0	mg/l
O_2	8,9	„
CO_2	10,64	„
NH_4	0,5	„
Fe	4,0 —13,0	„
Keimzahl	500—3300	/ml

Uroglena volvox Ehrenberg

Nach Liebmann β-mesosaprob. Nach Wang (1928) trat *Uroglena* stets bei hohem O_2-Gehalt auf. Als optimalen pH-Bereich für Chrysomonaden gibt er pH 6,2—6,9 an, Rao (1953) pH 5,1—6,9. I—V (IV), VI—VIII

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Temp.	1°—17° C		
pH	5,8— 7,2	(6,4— 7,0)	
SBV	0,3— 1,2	(0,4— 1,2)	ml HCl
Ca	4,8—19,2	(12,0)	mg/l
O_2	3,1—10,8	(4,5—10,8)	„
CO_2	8,4—30,8	(9,0—28,1)	„
NH_4	0,1— 2,0	(0,1— 0,7)	„
Fe	0,1—15,0		„
Keimzahl	55—13 500	(55—2900)	/ml

Die von mir beobachtete Cyste (s. Abb. 17) entspricht im wesentlichen der Beschreibung von Zacharias (s. Huber-Pestalozzi 1941). Sie wurde im Mai 1960 gefunden bei:

Temp.	14° C	
pH	6,7	
O_2	5,6	mg/l
CO_2	16,9	„
NH_4	1,0	„
Keimzahl	500	/ml

Dinobryon sertularia Ehrenberg

Nach Huber-Pestalozzi (1941) ist diese Art relativ euryök. Wang (1928) bezeichnet sie als psychrophil (kälteliebend). Die Maxima ihres Auftretens beobachtete er stets bei hohem O_2-Gehalt des Wassers. XII—I, III—V, VI—VII

Temp.	2°—17° C		
pH	5,5— 7,0	(6,0— 7,0)	
SBV	0,2— 1,0	(0,3— 0,5)	ml HCl
Ca	3,2—24,4	(6,4— 7,2)	mg/l
O_2	3,3—11,0	(3,3—11,0)	„
CO_2	9,0—40,8	(10,6—18,5)	„
NH_4	0 — 0,5		„
Fe	0,1—13,0	(0,4—13,0)	„
Keimzahl	150—7000	(250—6400)	/ml

Die Cysten (Abb. 18) wurden gefunden bei:

Temp.	13° C	
pH	6,9	
O_2	8,5	mg/l
CO_2	12,3	„
NH_4	0,5	„
Fe	0,4	„
Keimzahl	1000	/ml

Cyclonexis annularis Stokes

Diese seltene Form wurde im Frühjahr 1960 in T. 4 gefunden. Die von mir beobachteten Kolonien entsprechen der Beschreibung von Huzel (s. Huber-Pestalozzi 1941) (vgl. Abb. 19). Nach Fott (1959) „überall in Torfgewässern verbreitet, doch wird sie wegen ihrer außerordentlichen Zartheit vielfach übersehen". II—III

Temp.	2°—13° C	
pH	6,1— 6,5	
SBV	0,6— 0,8	ml HCl
Ca	11,2—16,3	mg/l
O_2	3,8— 8,0	„

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

CO_2	15,4—53,3	„
NH_4	1,2— 2,0	„
Fe	1,0—12,0	„
Keimzahl	60—95	/ml

Cryptomonas erosa Ehrenberg

Nach Liebmann typisch für die α-mesosaprobe Zone. Nach Huber-Pestalozzi stark eurytherm und eurytroph. Regelmäßig in den Aufgußversuchen, aber nie in mineralischen Nährlösungen gedeihend (wahrscheinlich von organischen Verbindungen abhängig). Bethge (1952) beobachtete, daß die Art unabhängig von der Jahreszeit auftritt, ohne daß irgendeine Gesetzmäßigkeit festgestellt werden kann. — Von mir zu jeder Jahreszeit gefunden.

Temp.	1°—26° C		
pH	4,8— 7,4	(4,8— 6,9)	
SBV	0,3— 1,8	(0,3— 0,7)	ml HCl
Ca	3,2—20,8	(7,2—19,2)	mg/l
O_2	2,6— 9,7	(2,6— 8,9)	„
CO_2	11,1—56,7	(12,7—40,2)	„
NH_4	0 — 2,0		„
Fe	0,3—17,0	(0,2— 4,4)	„
Keimzahl	80—6400	(600—2500)	/ml

Euglena viridis Ehrenberg

Nach Liebmann bevorzugt die Art organisch verunreinigte Gewässer und ist wegen ihrer Fähigkeit, das Eintrocknen gut zu vertragen, auch in periodischen Gewässern zu finden (vielleicht sogar bevorzugt). Die Art ist eurytherm (Huber-Pestalozzi). Von mir zu jeder Jahreszeit gefunden.

Temp.	2°—20°		
pH	5,3— 7,2	(5,8— 7,2)	
SBV	0,2— 1,2	(0,3— 1,0)	ml HCl
Ca	3,2—24,0	(11,2—24,0)	mg/l
O_2	3,3—10,8	(3,3— 8,7)	„
CO_2	7,9—56,7	(8,3—23,3)	„
NH_4	0 — 1,0	(0 — 0,75)	„
Fe	0,1—40,0	(0,2—13,0)	„
Keimzahl	500—10 400		/ml

Euglena acus Ehrenberg

Relativ häufig in T. 5 gefunden (vgl. Tab. 11a) II—IV, VI—VIII

Temp.	2°—17° C		
pH	6,0— 6,9	(6,2)	
SBV	0,3— 0,4	(0,4)	ml HCl
Ca	4,8—16,0	(16,0)	mg/l
O_2	3,1— 6,7		„
CO_2	9,0—33,8		„
NH_4	0,1— 0,7	(0,5)	„
Fe	0,2—23,0	(13,0)	„
Keimzahl	550—6400	(3300)	/ml

Trachelomonas volvocina Ehrenberg

Eisenleitform (Dorff 1934, Liebmann, Uspenskij 1927). Vielleicht mixotroph? (vgl. S. 86). Zu jeder Jahreszeit gefunden, größere Mengen aber vorwiegend im

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Sommer (vgl. Abb. 16). Direkte Beziehungen zur Höhe des Fe-Gehaltes sind nicht eindeutig festzustellen.

Temp.	1°—20° C		
pH	5,5— 7,1		
SBV	0,2— 1,4	(0,2— 0,8)	ml HCl
Ca	3,2—24,1	(4,8—16,8)	mg/l
O_2	3,0—10,8		„
CO_2	7,9—56,7	(8,3—56,7)	„
NH_4	0 — 1,0	(0 — 0,75)	„
Fe	0,1—23,0	(0,1—23,0)	„
Keimzahl	140—33 000	/ml	

Trachelomonas pulcherrima Roll

Wohl ebenfalls Eisenleitform. — Diese Form trat in der Zeit von II—VIII sporadisch auf.

Temp.	2°—20° C		
pH	5,5— 7,0	(6,15)	
SBV	0,2— 1,8	(0,6)	ml HCl
Ca	6,4—12,8	(8,8)	mg/l
O_2	3,3— 6,4	(5,2)	„
CO_2	9,0—33,8	(19,8)	„
NH_4	0 — 0,75	(0,75)	„
Fe	0,2—23,0	(4,0)	„
Keimzahl	350—4400	/ml	

Trachelomonas hispida (Perty) Stein em. Defl.

Typische Eisenleitform (Dorff 1934, Liebmann, Uspenskij 1927). Nach Liebmann nicht auf die Anwesenheit organischer Stoffe angewiesen. Von mir zu allen Jahreszeiten gefunden.

Temp.	1°—17° C		
pH	5,5— 7,0	(6,5— 7,0)	
SBV	0,2— 1,8	(1,0— 1,8)	ml HCl
Ca	3,2—36,1	(20,1—25,6)	mg/l
O_2	**2,6—10,2**	**(3,3— 8,7)**	„
CO_2	8,4—72,3	(10,9—72,3)	„
NH_4	0 — 2,0	(0,1— 2,0)	„
Fe	0,1—13,0	(2,0—13,0)	„
Keimzahl	90—10 600	(90—2200)	/ml

Gymnodinium veris Lindemann

Diese typische Winterform braucht nach Huber-Pestalozzi einen pH-Bereich von pH: 7,1—7,8 und ziemlich viel Calcium. — Damit stimmen meine Befunde nicht überein. IX bis Mitte IV

Temp.	1°—0° C		
pH	5,5— 6,7	(5,7— 6,4)	
SBV	0,2— 1,8	(0,3— 0,6)	ml HCl
Ca	3,2—12,8	(3,2—12,0)	mg/l
O_2	3,3— 8,9	(4,9— 8,4)	„
CO_2	6,7—40,8	(14,2—40,8)	„
NH_4	0 — 0,75	(0 — 0,5)	„
Fe	0,1— 4,4	(1,4— 4,0)	„
Keimzahl	50—7000	(50—6400	)/ml

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Peridinium cinctum (Müller) Ehrenberg

Euryöke Art (Huber-Pestalozzi) (Abb. 21).
Mitte IV—X

Temp.	von 8° C an aufwärts (nach Wang eurytherm!)		
pH	5,5— 7,1	(5,5— 7,1)	
SBV	0,2— 1,2		ml HCl
Ca	3,2—20,8	(7,2—16,1)	mg/l
O_2	2,6—11,0	(3,0—10,8)	„
CO_2	7,9—35,2	(8,3—31,7)	„
NH_4	0 — 0,75	(0 — 0,5)	„
Fe	0,1—23,0		„
Keimzahl	80—33 000	(138—33 000)	/ml

Gonium pectorale Müller

Nach Liebmann α-mesosaprob. Nach Droop (1953) besonders häufig in den „peat-pools" (Torftümpeln). Nach Wang „benötigt" die Art viel O_2. Nach Pringsheim (1959) benötigt diese Art außer den Vitaminen B_1 und B_{12} Azetat und wahrscheinlich auch Aminosäuren.

Von mir in der Zeit von XI—V beobachtet.

Temp.		
pH	5,5— 6,9	
SBV	0,2— 1,4	ml HCl
Ca	3,2—36,1	mg/l
O_2	4,3— 8,9	„
CO_2	12,8—40,8	„
NH_4	0,1— 0,8	„
Fe	0,1— 8,0	„
Keimzahl	800—7000	/ml

Pandorina morum Bory

Nach Liebmann β-mesosaprob. Ich beobachtete Formen, die morphologisch zwischen *Pandorina* und *Eudorina* stehen. Derartige Formen beschreibt auch Bock (1952). — Kulturversuche von Pringsheim (1959) ergaben, daß diese Art ähnliche Nahrungsansprüche stellt wie *Gonium pectorale* (s. dort). — Ich beobachtete *Pandorina morum* in der Zeit von III—X. Massenentwicklung im Sommer 1959 (V—VII). Vgl. Tab. 4a.

Temp.	von 5° C an aufwärts		
pH	6,0— 7,1	(6,5—6,9)	
SBV	0,3— 1,2		ml HCl
Ca	4,0—36,1		mg/l
O_2	2,6—10,8	(9,5)	„
CO_2	7,9—24,5	(12,5)	„
NH_4	0 — 1,0	(0,8)	„
Fe	0,1—13,0	(0,4)	„
Keimzahl	33—10 200	(1300)	/ml

Eudorina elegans Ehrenberg

Nach Liebmann β-mesosaprob. Wang fand die Form nur im Bereich von pH: 6,75—6,9. — Bethge (1952) beobachtete die Hauptentwicklung von *Eudorina elegans* in den Monaten nach der Eisschmelze. — Nach Pringsheim (1959) benötigt

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

diese Art Vitamin B_1 und B_{12} und wird „zumeist durch kleine Gaben von Azetat oder Aminosäuren gefördert". IV—V, VII—X.

Temp.	von 9° C an aufwärts	
pH	6,5—6,7	
SBV	0,8	ml HCl
Ca	12,0	mg/l
O_2	4,8— 6,8	„
CO_2	8,4—11,3	„
NH_4	0,5	„
Fe	0,3— 6,0	„
Keimzahl	200—800	/ml

Gloeocysten
wurden ab April gefunden, sobald die Chlamydomonaden seltener wurden.

Temp.	über 13° C	
pH	6,2— 7,0	
O_2	6,5— 8,5	mg/l
CO_2	12,3—24,5	„
NH_4	0,4— 0,5	„
Fe	0,4— 2,8	„
Keimzahl	80—100	/ml

Desmidiaceen und andere Algen

Closterium intermedium Ralfs (Abb. 23) IV—X, XII

Temp.	über 8° C	
pH	5,0— 7,2	(in Aufgußversuchen Massen bei pH 5,0)
SBV	0,2— 0,6	ml HCl
Ca	4,0—12,0	mg/l
O_2	4,1—10,7	„
CO_2	10,6—40,2	„
NH_4	0 — 0,8	„
Fe	0,1— 7,0	„
Keimzahl	170—33 000	/ml

Zygotenbildung bei:

Temp.	16° C	
pH	6,0	
O_2	4,1	mg/l
CO_2	10,6	„
NH_4	0,3	„
Fe	0,2	„
Keimzahl	1700	/ml

Closterium leibleinii Kuetzing

Nach Liebmann β-mesosaprob und sehr widerstandsfähig gegen einen hohen Eisengehalt. — Meine eigenen Befunde reichen nicht aus, um ähnliche Schlüsse zu ermöglichen.

III—X (größere Mengen: VI—VIII)

Temp.	ab 7° C aufwärts		
pH	6,1— 7,4	(6,9)	
SBV	0,4— 0,6		ml HCl
Ca	3,2— 8,0		mg/l

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

O_2	3,6— 7,2	(7,0)	„
CO_2	13,5—25,1	(14,8)	„
NH_4	0,2— 0,5	(0,2)	„
Fe	0,1— 5,2	(2,2)	„
Keimzahl	400—8900	(370)	/ml

Closterium kuetzingii Brebisson

III—IX (größere Mengen ab VI)

Temp.	oberhalb 5° C	
pH	5,8— 6,9	
SBV	0,4 ml HCl	
Ca	8,0	mg/l
O_2	3,9— 8,8	„
CO_2	7,9—25,0	„
NH_4	0,2— 0,5	„
Fe	0,1— 4,8	„
Keimzahl	800—7400	/ml

Pleurotaenium coronatum (Breb.) Rabenhorst

VII—X

Temp.	ab 8° C aufwärts	
pH	6,1— 9,6	
SBV	0,4— 0,6	ml HCl
Ca	3,2— 8,1	mg/l
O_2	3,9— 7,6	„
CO_2	10,7—25,0	„
NH_4	0,1— 0,4	„
Fe	0,1— 4,8	„
Keimzahl	370—10 600	/ml

Pleurotaenium trabecula (Ehrb.) Naeg.

V—VII

Temp.	oberhalb 13° C	
pH	5,0— 6,6	
SBV	0,5	ml HCl
Ca	7,2	mg/l
O_2	3,0— 8,0	„
CO_2	10,6—25,5	„
NH_4	0,3— 0,8	„
Fe	0,2— 8,0	„
Keimzahl	170—33 000	/ml

Micrasterias denticulata Brebisson

Nach Liebmann sind alle Arten dieser Gattung typisch oligosaprob. IV—X (größere Mengen ab Juni)

Temp.	oberhalb 6° C	
pH	5,2— 6,7	
SBV	0,2— 0,5	ml HCl
Ca	4,8—20,8	mg/l
O_2	4,1—10,8	„
CO_2	10,6—56,7	„
NH_4	0,2— 0,8	„
Fe	0,1—23,0	„
Keimzahl	520—33 000	/ml

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Hyalotheca dissiliens (Smith) Brebisson

II—X (größere Mengen im Sommer)

Temp.	über 5° C
pH	5,6— 7,1
SBV	0,2— 0,8 ml HCl
Ca	3,2—20,8 mg/l
O_2	3,0—10,8 „
CO_2	7,9—56,7 „
NH_4	0 — 0,8 „
Fe	0,1—23,0 „
Keimzahl	140—11 300 /ml

Mougeotia viridis (Kuetz.) Wittr.

I, III—X

Temp.	über 2° C
pH	5,4— 7,2
SBV	0,2— 1,2 ml HCl
Ca	4,0—20,8 mg/l
O_2	3,3—11,0 „
CO_2	7,9—56,7 „
NH_4	0 — 0,8 „
Fe	0,1—23,0 „
Keimzahl	50—33 000 /ml

Konjugation bei:

Temp.	6°—13° C
pH	5,8— 7,2
SBV	0,5 ml HCl
Ca	7,2 mg/l
O_2	5,3— 7,6 „
CO_2	17,1—18,8 „
NH_4	0 — 0,5 „
Fe	0,3— 0,8 „
Keimzahl	270—3000 /ml

Zygnema leiospermum de Bary

IV—X

Temp.	über 5° C
pH	5,5— 7,1
SBV	0,2— 0,8 ml HCl
Ca	3,2—20,8 mg/l
O_2	4,3—11,3 „
CO_2	7,9—35,2 „
NH_4	0 — 0,5 „
Fe	0,1—23,0 „
Keimzahl	80—8400 /ml

Konjugation bei:

Temp.	12° C
pH	6,8
O_2	4,3 mg/l
CO_2	9,7 „
NH_4	0,2 „
Keimzahl	1300 /ml

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Spirogyra spec. (Conjugata-Gruppe)

II—X (größere Mengen ab April)

Temp.	über 8° C	
pH	5,5— 7,1	
SBV	0,2— 0,8	ml HCl
Ca	3,2—20,8	mg/l
O_2	2,6—11,0	„
CO_2	7,9—56,7	„
NH_4	0 — 0,8	„
Fe	0,1— 8,0	„
Keimzahl	33—12 250	/ml

Konjugation bei:

Temp.	8°—12° C	
pH	6,0— 6,8	
SBV	0,3	ml HCl
Ca	12,0	mg/l
O_2	4,3— 6,5	„
CO_2	9,7—14,6	„
NH_4	0 — 0,2	„
Fe	0,4— 1,1	„
Keimzahl	900—1300	/ml

„Keimende" Dauerstadien:

Temp.	über 13° C	
pH	6,4	
O_2	4,1— 7,1	mg/l
CO_2	14,3—17,2	„
NH_4	0,2— 0,4	„
Fe	0 — 0,8	„
Keimzahl	550—8700	/ml

Selenastrum gracile Reinsch

Häufig in T. 5 (s. Tab. 3a und 11a)

XI—VI

Temp.	2°—18° C		
pH	5,0— 6,7	(5,0— 6,3)	
SBV	0,3— 0,6	(0,3— 0,4)	ml HCl
Ca	6,4—12,8	(7,2— 8,8)	mg/l
O_2	3,3—11,0	(5,7— 6,0)	„
CO_2	10,6—37,0	(18,5—19,7)	„
NH_4	0 — 0,5		„
Fe	0,1— 4,4	(1,4)	„
Keimzahl	120—7000	(6400)	/ml

Ulothrix subtilissima Rabenh.

XI—V

Temp.	1°—15° C		
pH	5,0— 7,1	(5,3)	
SBV	0,3— 1,8		ml HCl
Ca	6,2—12,8		mg/l
O_2	3,3— 8,9		„
CO_2	12,7—40,2		„

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

NH_4	0,4— 0,8	„
Fe	0,1— 4,4	„
Keimzahl	200—6400	(200) /ml

Schwärmer bei:

Temp.	2° C
pH	6,4
SBV	0,6 ml HCl
Ca	12,0 mg/l
O_2	7,5 „
CO_2	40,2 „
NH_4	0,5 „
Fe	4,4 „
Keimzahl	2500 /ml

Draparnaldia glomerata (Vauch.) Ag.

Nach Liebmann oligosaprob und im Frühjahr besonders häufig. Nach Klotter (1957) hat diese Art „eine beträchtliche ökologische Spannweite, kommt in saurem und schwach alkalischem Wasser vor, bevorzugt etwas erhöhten Eisengehalt". — In den von mir untersuchten Tümpeln erschien die Art als typische Frühjahrsform.

III—V (Maximum im IV)

Temp.	ab 5° C — etwa 15° C
pH	5,5— 6,7
SBV	0,2— 0,4 ml HCl
Ca	6,4— 7,2 mg/l
O_2	3,3—11,3 „
CO_2	10,6—24,5 „
NH_4	0,2— 0,4 „
Fe	0,1— 2,8 „
Keimzahl	80—1300 /ml

„Cyanarcus"

Die beobachtete Form ist wahrscheinlich nicht mit der von Pascher (vgl. Huber-Pestalozzi) beschriebenen identisch. Sie trat im Winterhalbjahr im Plankton auf, besonders zahlreich nach Niederschlägen. XI, I, IV (vgl. Abb. 20)

Temp.	4°—8°
pH	5,5— 6,1
SBV	0,2— 0,6 ml HCl
Ca	6,4—12,8 mg/l
O_2	6,2— 8,9 „
CO_2	13,6—37,0 „
NH_4	0,2— 1,0 „
Fe	0,9— 4,4 „
Keimzahl	2200—2500 /ml

Ciliata

Bursaria truncatella O. F. M.

Nach Kahl (1935) ist die Verbreitung dieser Art ganz regellos. Sie fand sich im Kottenforst von IV bis Anfang V bei:

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Temp.	7°—13° C	
pH	6,3— 6,9	
SBV	0,4— 0,8	ml HCl
Ca	14,4—17,6	mg/l
O_2	5,4— 8,7	„
CO_2	7,9—17,5	„
NH_4	0,2— 0,8	„
Fe	0,4—13,0	„
Keimzahl	500—3100	/ml

Halteria grandinella O. F. M.

Nach Liebmann β-mesosaprob. Nach Bick (1957) jedoch viel zu eurytop, um als exakte Leitform zu dienen. Zu allen Jahreszeiten gefunden.

pH	5,6— 7,0	(6,4— 6,9)	
SBV	0,2— 1,2	(1,2)	ml HCl
Ca	5,6—17,6	(12,8)	mg/l
O_2	2,6— 9,7	(8,5— 9,7)	„
CO_2	7,2—40,8	(8,4—12,3)	„
NH_4	0,0— 2,0	(0,2— 2,0)	„
Fe	0,1—20,0	(0,2— 1,6)	„
Keimzahl	33—10 000	(33—2250)	/ml

Rotatoria

Epiphanes senta O. F. M.

Nach Voigt (1957) „auch in zeitweilig austrocknenden Gewässern, die durch Stallabflüsse verunreinigt werden". — Bick und Scholtyseck (1960) fanden die Art in Abwasserteichen (besonders häufig im Frühjahr) und geben ein vorläufiges Milieuspektrum. Sie fanden, daß *Euglena viridis* dort einen wesentlichen Nahrungsfaktor darstellte. — Einmal konnte ich beobachten, daß *Epiphanes senta Trachelomonas volvocina* fraß. IV—V

Temp.	7°—13° C	(13° C)	
pH	6,2— 7,0	(6,9)	
SBV	0,4— 0,8		ml HCl
Ca	4,8—14,4		mg/l
O_2	2,6— 9,4	(8,5)	„
CO_2	9,0—20,6	(12,3)	„
NH_4	0,1— 0,8	(0,5)	„
Fe	0,1— 3,0	(0,4)	„
Keimzahl	114—3040	(1000)	/ml

Epiphanes brachionus Ehrenberg

In den untersuchten Tümpeln typische Frühjahrsform. — 1960 auch im Juli bis August gefunden (zusammen mit dem zweiten Auftreten der Chrysomonaden, s. Tab. 12). IV—V, VI—VIII (Maximum im VII)

Temp.	ab 8° C aufwärts		
pH	6,3— 7,1	(6,6— 6,7)	
SBV	0,5— 0,8		ml HCl
Ca	7,2—20,8		mg/l
O_2	2,6— 9,4	(7,1— 8,7)	„
CO_2	8,3—20,6	(10,9)	„

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

NH_4	0,2— 0,8	(0,2— 0,5)	„
Fe	0,2—13,0	(1,0—13,0)	„
Keimzahl	700—5000	(1000—1600)	/ml

Kopulation (4. 4. 60) bei:

Temp.	9° C	
pH	6,9	
SBV	1,4	ml HCl
Ca	20,0	mg/l
O_2	6,0	„
CO_2	14,6	„
NH_4	0,8	„
Fe	2,0	„
Keimzahl	800	/ml

Brachionus urceolaris O. F. M.

Nach Voigt Maximum März bis Mai. β-mesosaprob (Liebmann). Vergesellschaftet mit Chrysomonaden, *Epiphanes brachionus* und *Synchaeta pectinata* (s. Tab. 12). IV—V.

Temp.	über 7° C	(Massen bei 13° C)	
pH	6,0— 7,0	(6,7)	
SBV	0,8— 1,2		ml HCl
Ca	12,0—20,8		mg/l
O_2	2,6— 9,7	(9,7)	„
CO_2	8,4—17,3	(8,4)	„
NH_4	0,3— 0,8	(0,3)	„
Fe	0,2—13,0	(1,6)	„
Keimzahl	33—3100	(33)	/ml

Keratella valga Ehrenberg

Anscheinend typisch für temporäre Gewässer verschiedener Art, so z. B. auch in den „Blutseen" der Alpen (Klausener 1908). Auch im Winter (1° C), aber in der warmen Jahreszeit zahlreicher. Meine Beobachtungen stimmen mit denen von Murray (1911) überein. Maximum von mir bei 15° C beobachtet.

XI—I, III—X (stärkere Entwicklung ab V)

pH	5,5— 7,1	(6,4— 7,0)	
SBV	0,2— 1,2	(1,2)	ml HCl
Ca	3,2—36,1	(36,1)	mg/l
O_2	3,0—10,8	(3,3— 7,5)	„
CO_2	7,9—56,7	(13,2—19,2)	„
NH_4	0 — 1,0	(0,3— 0,8)	„
Fe	0,1—23,0	(0,2— 7,0)	„
Keimzahl	138—33 000	(550—4400)	/ml

Trichocerca pusilla Jenn.

Sommerform. VI—VIII

Temp.	über 15° C		
pH	6,0— 7,0		
O_2	3,0— 8,7	(5,5— 7,6)	mg/l
CO_2	8,3—31,7	(8,3—18,1)	„

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

NH_4	0 — 0,8	(0 — 0,3)	„
Fe	0,8— 7,0	(0,9— 2,3)	„
Keimzahl	700—11 000	(700—950)	/ml

Ascomorpha ecaudis PERTY

Im Sommer beobachtet: VI—VIII

Temp.	über 13° C
pH	6,2— 6,7
O_2	3,0—10,8 mg/l
CO_2	13,7—56,6 „
NH_4	0,5— 0,8 „
Fe	2,2—17,0 „
Keimzahl	80—33 000 /ml

Polyarthra remata SKORIKOV

Vorwiegend in der warmen Jahreszeit beobachtet: IV, VIII, X

Temp.	ab 7° C
pH	5,5— 6,7
SBV	0,3— 0,8 ml HCl
Ca	4,0—12,0 mg/l
O_2	4,8— 7,8 „
CO_2	8,3—31,5 „
NH_4	0,2— 0,5 „
Fe	0,3— 0,6 „
Keimzahl	170—2000 /ml

Synchaeta pectinata EHRENBERG

Nach SPANDL (1924) im Sommer nur in s c h a t t i g e n Tümpeln, sonst auf die kalte Jahreszeit beschränkt. — Warmwasserform nach SCHREYER (1921) und RUTTNER (1929/30) (s. VOIGT 1957). Ich fand die Art stets in Gesellschaft gewisser anderer Rotatorienarten und Chrysomonaden (s. Tab. 12) in folgendem Bereich während der Monate: III—VII (Maximum im IV), VIII—X

pH	6,0— 7,1
SBV	0,3— 0,8 ml HCl
Ca	4,0—20,8 mg/l
O_2	3,0—10,8 „
CO_2	8,3—25,5 „
NH_4	0 — 0,8 „
Fe	0,3— 8,0 „
Keimzahl	33—5000 /ml

Collotheca coronetta (CUB.)

In der warmen Jahreszeit beobachtet. Dieses Rädertier fraß *Trachelomonas volvocina*. — V

Temp.	über 13° C
pH	6,0
O_2	5,4 mg/l
CO_2	22,9 „
NH_4	0,3 „
Fe	1,6 „
Keimzahl	430 /ml

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Crustacea

Daphnia pulex (DE GEER)

Nach LIEBMANN β-mesosaprob. — SCHEITHAUER (1961) widmete dieser Art eingehende Untersuchungen. III—XI

Temp.	über 5° C		
pH	5,9— 7,0	(6,0— 6,8)	
SBV	0,2— 1,2		ml HCl
Ca	4,0—36,1		mg/l
O_2	1,7—10,8	(1,7— 4,0)	„
CO_2	7,9—25,5	(8,8—25,5)	„
NH_4	0 — 0,8	(0,1— 0,8)	„
Fe	0,1—22,0	(0,1—20,0)	„
Keimzahl	33—11 350	(350—940)	/ml

Dauereier zuerst bei:

Temp.	14° C	
pH	7,0	
SBV	1,2	ml HCl
Ca	13,6	mg/l
O_2	1,6	„
CO_2	24,2	„
NH_4	1,5	„
Fe	22,0	„
Keimzahl	170	/ml

Chydorus sphaericus O. F. M.

Nach LIEBMANN β-mesosaprob. Jedoch kommt die Art in nahezu allen stehenden Gewässern vor. Ende IV—X

Temp.	über 7° C	
pH	4,8— 7,1	
SBV	0,3— 1,2	ml HCl
Ca	4,0—20,8	mg/l
O_2	3,3—11,0	„
CO_2	7,0—56,7	„
NH_4	0 — 1,0	„
Fe	0,1—23,0	„
Keimzahl	80—3300	/ml

Diaptomus castor JURINE

Von dieser Art wurden Dauereier bekannt (WOLF 1904). Sie ist ein typischer Bewohner periodisch austrocknender Gewässer (GAJL 1924 u. a. Aut.).

Temp.	über 7° C	
pH	5,5— 6,0	
SBV	0,2— 0,3	ml HCl
Ca	6,4— 7,2	mg/l
O_2	5,4— 7,6	„
CO_2	12,3—22,9	„
NH_4	0,25	„
Fe	0,3— 1,6	„
Keimzahl	1300	/ml

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Cyclops strenuus strenuus (Fischer) Kozminski

Temp.	über 2°
pH	5,5— 6,8
SBV	0,2— 1,0 ml HCl
Ca	4,0—20,8 mg/l
O_2	3,6— 9,7 „
CO_2	8,3—35,2 „
NH_4	0 — 1,0 „
Fe	0 —20,0 „
Keimzahl	100—10 600 /ml

E. DISKUSSION

Wenn in der Zusammenstellung der ökologischen Befunde für verschiedene Organismen auch deren Einordnung ins Saprobiensystem vorgenommen wurde, so hat das nicht den Zweck, die untersuchten Tümpel unter diesem Gesichtspunkt zu betrachten. Denn die Tümpel werden weder durch Fäkalien noch durch andere Stoffe in nennenswerter Weise verunreinigt.

Die Einordnung der Organismen ins Saprobiensystem soll lediglich dazu beitragen, diese ökologisch genauer zu charakterisieren.

Als oligosaprob gelten unter den im vorigen Kapitel behandelten Arten *Draparnaldia* und *Micrasterias*. Die Mehrzahl der Formen gehört der β-mesosaproben Gruppe an. Es ist bekannt, daß die Formen dieser Gruppe durchweg typische Bewohner leicht eutropher Gewässer sind. Auch die untersuchten Tümpel können dem eutrophen Gewässertyp zugeordnet werden. Bei stärkerer Eutrophierung kommt es auch zur Entwicklung β-mesosaprober Formen: *Anthophysa vegetans, Cryptomonas erosa, Euglena viridis.*

In warmen und trockenen Sommern (wie 1959) erhöht sich die Geschwindigkeit der Stoffumsetzungen in den Tümpeln, und durch die Verdunstung des Wassers kann der Nährstoffgehalt zeitweilig ansteigen. Durch die stärkere Eutrophierung verändert sich das Bild der Biocönose. — Während Charakter und Biozönose von Seen und Teichen sich allmählich im Laufe der Jahre verändern, kann diese Veränderung in temporären Tümpeln innerhalb weniger Monate vor sich gehen. „Verschiedene Gewässertypen" können so als jahreszeitliche Aspekte der Sukzession erscheinen.

Für viele temporäre Tümpel ist die stark zunehmende Eutrophierung typisch. Ein gutes Beispiel hierfür bieten die von Gelei und seinen Mitarbeitern (1954) untersuchten Tümpel auf einer ungarischen Bergwiese.

Diese Tümpel liegen auf schwach natronhaltigem, sandigem Lehmboden auf einer Viehweide. Daher werden sie auch viel stärker mit Nährstoffen angereichert (bis zum hypereutrophen Zustand!).

Die Vegetation der Umgebung besteht aus typischen Vertretern der Ruderalflora *(Matricaria, Artemisia)*. Wegen der ungeschützten Lage und der starken Sonneneinstrahlung ergeben sich Temperaturschwankungen im Bereich von 10—34° C. Der pH-Wert liegt bei 8,05. Nach 2—3 Wochen Dürre sind diese Tümpel ausgetrocknet.

Im Gegensatz zu den Verhältnissen in den Kottenforst-Tümpeln wurde das Plankton in den ungarischen Tümpeln von zahlreichen *Euglena*-Arten beherrscht. *Eudorina elegans* und *Pandorina morum* traten dort in Massen auf, ferner große Mengen von Diatomeen und „unzählige" Blaualgen *(Oscillatoria)*. In den Kottenforsttümpeln waren Blau- und Kieselalgen ziemlich spärlich vertreten. — Bei den von

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Gelei und seinen Mitarbeitern angegebenen Desmidiaceen handelt es sich durchweg um andere Arten als im Kottenforst, ebenfalls bei den Rotatorien und Ciliaten. Diese wenigen Beispiele lassen bereits die große Verschiedenheit der von Gelei untersuchten Tümpel und der temporären Tümpel des Kottenforstes erkennen.

Bei den von mir untersuchten Waldtümpeln kommt es nur selten zu einer stärkeren Eutrophierung. Dementsprechend ergibt sich eine ganz andere Zusammensetzung der Biocönose, die aber wiederum in manchen Zügen an die Biocönose gewisser perennierender Gewässer erinnern kann.

So zeigt die Artenliste der Tümpel T. 3 und T. 4 eine erstaunliche Ähnlichkeit mit der Artenliste jener Teiche, die Weimann (1942) als Chrysomonadenteiche bezeichnete. Weimann selbst (1930) hat schon darauf hingewiesen, daß auch kleine Kolke und Tümpel diesem Gewässertyp angehören können. Er charakterisiert die Biocönose der Chrysomonadenteiche folgendermaßen: „Es überwiegen hier Chryso- und Cryptomonaden einerseits, Rädertiere, Bosminen und winzige Copepoden andererseits, während Massenentfaltungen von Daphnien nicht vorkommen" (Weimann 1943). Es handelt sich um mesotroph bis schwach eutrophe, windgeschützte Gewässer. Dieser Typ ist in nährstoffreichem Gelände öfters zu finden, sofern keine nennenswerte Zufuhr von Fäkalien erfolgt. Auch der von Rylov (1927) untersuchte *Cristatella*-Teich ist ein typischer Chrysomonadenweiher. Sein Phytoplankton stimmt in den wesentlichen Leitformen auffallend mit dem Phytoplankton aus T. 3 und T. 4 überein.

Das Fehlen verschiedener für die Chrysomonadenteiche charakteristischer Arten in den Tümpeln des Kottenforstes ist durch deren geringe Größe und vor allem wohl durch ihren periodischen Charakter bedingt. So werden z. B. einige Rädertiere und Crustaceen der Chrysomonadenweiher (z. B. *Keratella quadrata* und *Keratella cochlearis*, *Bosmina* spec.) in den temporären Waldtümpeln durch andere Formen vertreten *(Keratella valga, Chydorus sphaericus)*. Auch können sich dort nicht so große Planktonmengen entwickeln wie in den größeren Weihern oder Fischteichen. Doch ist die Entwicklung des Planktons auch in den kleinen Tümpeln relativ reichlich. Das Austrocknen ermöglicht die Oxydation und Mineralisation organisch gebundener Nährstoffe des Bodens. Diese werden so zur Grundlage für die Entfaltung des Phytoplanktons wie in den frischbespannten Fischteichen. Das ungeheure Tempo der Stoffumsetzungen in den Flachgewässern bedingt die Dynamik in der Entfaltung des Planktons (Weimann 1943).

Mozley (1944) hält wegen der schnellen Produktion in temporären Gewässern eine wirtschaftliche Nutzung dieser Biotope (Fischfuttergewinnung) für sinnvoll. Wurmbach (1957) weist auf die Möglichkeit hin, die sogenannten „Himmelsteiche", eine Art von temporären Gewässern, wegen ihres großen Nahrungsgehaltes wirtschaftlich zu nutzen.

Wie groß und bedeutend die Produktion temporärer Tümpel sein kann, zeigen Beobachtungen von Immelmann (1960) aus Australien. In den Trockengebieten bilden sich dort zur Regenzeit periodische Tümpel, in denen sich Euphyllopoden *(Triops australiensis)* entwickeln. In kurzer Zeit folgt eine Generation der anderen, und es entwickeln sich Massen dieser Krebse. Die Massenentwicklung der Krebse zieht eine Massenzuwanderung von Vögeln nach sich, die sich fast ausschließlich von den Krebsen ernähren. Diese Vögel (Blaureiher, Silberreiher, Sporenkiebitze und viele andere Arten) können mitunter sogar dort brüten. Dadurch werden Greifvögel angezogen „und so bildet sich an diesen kleinen vorübergehenden Wasseransamm-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

lungen eine eigene Tiergemeinschaft, die sich nach dem Austrocknen des Wassers in alle Winde zerstreut".

Euphyllopoden gehören zu den wenigen Formen, die ausschließlich in temporären Tümpeln vorkommen. Im Kottenforst sind sie durch *Chirocephalus grubei* (in T. 6) vertreten. Außer diesem Krebstier können nur wenige der von mir in den Tümpeln beobachteten Formen als typische Bewohner temporärer Tümpel bezeichnet werden: Von den Protisten eigentlich nur *Haematococcus pluvialis* mit ziemlicher Sicherheit, von den Algen wahrscheinlich die als cf. *Cyanarcus* bezeichnete Form, ferner die Leberegelschnecke *Lymnaea truncatula* und der Copepode *Diaptomus castor*. Von den höheren Pflanzen sind im Kottenforst *Ranunculus flammula, Peplis portula, Callitriche palustris* (= *verna*) und *Polygonum hydropiper* für die temporären Tümpel charakteristisch, von den Wirbeltieren die Bergunke *(Bombina variegata)*.

Ein Charakteristikum der Kottenforsttümpel ist ihr hoher Eisengehalt, der das Auftreten typischer Eisenorganismen zur Folge hat (Eisenbakterien, Trachelomonaden, *Anthophysa)*. Tümpel von schwach saurem Charakter wie T. 5 zeichnen sich durch Desmidiaceenreichtum aus.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß organische Substanzen einen bedeutenden Faktor für die Entwicklung des Phytoplanktons und damit für die gesamte Biocönose der Tümpel darstellen dürften. Mit den bisher üblichen Untersuchungsmethoden ist es nicht möglich, diese spezifischen Substanzen zu erfassen. Sobald dies möglich sein wird, dürften die Kleingewässer ein besonders dankbares Objekt für die Erforschung biocönotischer Zusammenhänge bieten.

F. ZUSAMMENFASSUNG

1. An temporären Gewässern des Bonner Kottenforstes wurden ökologische Untersuchungen durchgeführt. Während der Untersuchungszeit folgte ein besonders nasser Sommer einem extrem trockenen.
2. Zwei der untersuchten Tümpel führten in dem trockenen Sommer nur kurze Zeit Wasser und trockneten auch in dem feuchten Sommer aus (ephemere Tümpel). Die anderen Tümpel führten im trockenen Jahr einige Monate lang Wasser und trockneten im feuchten Sommer überhaupt nicht aus (periodische Tümpel).
3. Besonders charakteristisch für alle untersuchten Tümpel ist ihr hoher Eisengehalt. Besonders Tümpel 2 ist reich an Eisen. Dementsprechend finden sich zahlreiche „Eisenorganismen": Eisenbakterien, die Chrysomonade *Anthophysa vegetans*, verschiedene *Trachelomonas*-Arten.
4. Ein Tümpel (T. 5), der sich durch schwach sauren Charakter von den übrigen unterscheidet, ist besonders reich an Desmidiaceen.
5. Zwei Tümpel mit Wasserführung über einige Monate (T. 3 und T. 4) entsprechen, was die charakteristischen Leitformen betrifft, in etwa dem Typ der Chrysomonadenteiche nach Weimann. Sie unterscheiden sich von diesen durch ein qualitativ und quantitativ verarmtes Plankton. — Charakterarten sind: die Flagellaten *Synura uvella, Uroglena volvox, Dinobryon sertularia* und die Rotatorien *Epiphanes brachionus, Brachionus urceolaris* und *Synchaeta pectinata*.
6. Die ephemeren Tümpel (T. 1 und T. 2) erreichen die größte Dichte des Besatzes im Frühjahr. Dann finden sich auch dort die Charakterarten der periodischen Tümpel T. 3 und T. 4.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

7. Typisch für alle Tümpel ist die Vegetation aus *Ranunculus flammula, Polygonum hydropiper, Peplis portula* und *Callitriche verna*. Auch *Juncus tenuis* und *Juncus effusus* sind charakteristisch. *Glyceria fluitans* fand sich nur in den periodischen Tümpeln.
8. Eine deutliche Verschiedenheit in der Biocönose gegenüber temporären Tümpeln anderer Standorte ist vor allem auf die geringere Eutrophierung der untersuchten Tümpel zurückzuführen.
9. An höheren Tieren sind Unken *(Bombina variegata)* kennzeichnende Bewohner der Tümpel. Durch ihre kurze Larvenzeit sind sie an diese Biotope besonders angepaßt.
10. Den Chrysomonaden: *Synura uvella, Uroglena volvox* und *Dinobryon sertularia* folgte regelmäßig das Auftreten der Rotatorien: *Epiphanes brachionus* und *Synchaeta pectinata*. Ob es sich um Wechselbeziehungen im Sinne eines Räuber-Beuteverhältnisses handelt, konnte nicht festgestellt werden. Ein solches dürfte zwischen *Peridinium cinctum* und dem Rotator *Gastropus hyptopus* bestehen.
11. Der kälteliebende Flagellat *Gymnodinium veris* wurde in Tümpel 5 während der warmen Jahreszeit durch *Peridinium cinctum* vertreten.
12. *Trachelomonas volvocina* und *Pandorina morum* zeigten Vorliebe für organische Zerfallsprodukte.
13. *Cryptomonas erosa*, vielleicht auch die Chrysomonaden und *Peridinium cinctum*, dürften von der Anwesenheit organischer Stoffe abhängig sein, da sich ihr Auftreten oder Fehlen durch andere Faktoren kaum befriedigend erklären läßt und sie in mineralischen Nährlösungen nicht gedeihen.
14. Bei verschiedenen Arten wurde die Bildung von Dauerformen beobachtet: Zygoten bei *Zygnemales, Chlamydomonas* cf. *simplex* und der Desmidiacee *Closterium intermedium*, Dauereier bei Cladoceren und Rotatorien, Cysten bei *Peridinium cinctum* und *Haematococcus pluvialis* sowie bei Ciliaten (z. B. *Vorticella*).
15. Die Bildung der Dauerformen erfolgte zumeist dann, wenn die betreffende Art eine besonders hohe Individuenzahl erreicht hatte.
16. Käfer *(Agabus bipustulatus)* können die Trockenperiode dadurch überdauern, daß sie sich in den feuchten Tümpelboden eingraben.
17. Anflugversuche machen es wahrscheinlich, daß der Wind nur bei wenigen Arten (*Haematococcus*, Chlamydomonaden) eine Rolle bei der Verschleppung und Übertragung der Dauerformen spielt. Die Übertragung der meisten Arten in die Tümpel erfolgt wohl durch Wasserinsekten und Amphibien (Phoresie).
18. Aufgußversuche legen nahe, daß die meisten der Organismen aus den Tümpeln Trockenperioden im Tümpelboden überdauern können. Dieser erhält auch während der Trockenperiode noch genügend Feuchtigkeit. — Bei Aufgußversuchen mit frischen Bodenproben aus dem Freiland entwickelten sich zahlreiche Arten, bei länger gelagerten Bodenproben und bei Aufgußversuchen mit Waldboden nur wenige Arten (meist Ciliaten).
19. Für eine Anzahl von Organismen wurden Tabellen über das Milieu zusammengestellt, in dem sie gefunden wurden.
20. Es werden eine Liste der festgestellten Arten und Tabellen über ihre jahreszeitliche Sukzession gegeben.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

G. LITERATURVERZEICHNIS

Akehurst, S. C. (1931): Observations on pond life, with special reference to the possible causation of swarming of phytoplankton. — Journ. microsc. Soc. Ills. **51**, 237—265.

Behre, K. u. Wehrle, E. (1942): Welche Faktoren entscheiden über die Zusammensetzung von Algengesellschaften?. — Arch. Hydrobiol. **39**, 1—23.

Benecke, W. (1908): Über die Ursachen im Auftreten der Algen aufgrund von Versuchen über die Bedingungen der Zygotenbildung bei *Spirogyra communis*. — Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **1**.

Bertkau, Ph. (1897): Lebende *Branchipus grubei*. — Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. **48**, 54.

Bethge, H. (1952 u. 1953): Beiträge zur Kenntnis des Teichplanktons I. u. II. — Ber. dtsch. bot. Ges. — **65**, 188—197, **66**, 93—101.

Bick, H. (1957): Beiträge zur Ökologie einiger Ciliaten des Saprobiensystems. — Vom Wasser, **24**, 224—246.

— (1958): Untersuchungen an Ciliaten fallaubreicher Kleingewässer. — Arch. Hydrobiol. **54**, 506 bis 542.

Bick, H. u. Scholtyseck, E. (1960): Ökologische Untersuchungen an Abwasserteichen. — Arch. Hydrobiol. **57**, 196—216.

Bock, W. (1952): Floristisch-ökologische Untersuchungen der Algenvegetation periodischer Gewässer im südlichen Teil des Maindreiecks. — Arch. Hydrobiol. **47**, 9—74.

Boldyrewa, N. W. (1930): Die Überwinterung der Wasserorganismen im Eise. — Russ. hydrobiol. Zeitschrift. **9**.

v. Brand, Th. (1923): Die Encystierung bei *Vorticella microstoma*. — Arch. Prot. **47**, 59—100.

v. Brandt, A. (1935): Hydrographische Untersuchungen an kleinen Waldgewässern unter besonderer Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen. — **57**. Ber. westpreuß. bot. zool. Ver. 61—154.

Brauer, Fr. (1891): Das organische Leben in periodischen Wassertümpeln. — Vortr. d. Ver. z. Verbr. naturw. Kenntn. Wien **31**, 227—262.

Budde, H. (1942): Die benthale Algenflora, die Entwicklungsgeschichte der Gewässer und der Seentypen im Naturschutzgebiet „Hl. Meer". — Arch. Hydrobiol. **39**, 189—293.

Chodorowska, Wl. u. Chodorowski, A. (1958): Drobne zbiorniki Puczcy Kampinoskiej. — Ekologia Polska Ser. B, Tom IV, Zeszyt 3.

Chodorowski, A. (1958): Der Einfluß des Austrocknens temporärer Gewässer auf die Entwicklungsrate von Mückenlarven der Gattung *Aedes*. — Ekol. Polska Ser. B, Tom IV, Zeszyt 1.

— (1958): Der Einfluß des Austrocknens temporärer Gewässer in Beziehung zu Beuteinsekt und Beute. — Ekol. Polska Ser. B, Tom IV, Zeszyt 1.

Cole, G. E. (1953): Notes on copepod encystment. — Ecology **34**, 208—211.

Cridland, C. C. (1957): Ecological factors affecting the numbers of snails in temporary bodies of water. — Journ. trop. med. **60**, 287—293.

Czurda, W. (1932): *Zygnemales*, H. 9 in: Die Süßwasserflora Mitteleuropas, Jena.

— (1933): Experimentelle Analyse der kopulationsauslösenden Bedingungen bei Mikroorganismen. I. Untersuchungen an Algen. — Beih. Bot. Centralbl. **51**, Abt. A.

— (1934): Chemisch-biologische und experimentelle Untersuchungen natürlicher Wässer und ihrer Organismengesellschaften. — Deutsche Forschg. **23**, 221—229.

Doflein-Reichenow (1953): Lehrbuch der Protozoenkunde, Jena.

Dorff, M. R. (1934): Die Eisenorganismen. — Jena.

Droop, M. R. (1953): On the ecology of flagellates from some brackish and fresh water rock pools of Finland. — Acta bot. fenn. **51**, 1—52.

— (1955): Some factors governing encystment in *Haematococcus pluvialis* Flotow. — Arch. Microbiol. **21**, 267—272.

Dürigen, Br. (1897): Deutschlands Amphibien und Reptilien. Magdeburg.

Elgmark, K. (1955): A resting stage without encystment in the annual cycle of the freshwater copepod *Cyclops strenuus str.* — Ecol. **36**, 739—743.

Engelhardt, W. (1955): Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Stuttgart.

Evans, J. H. (1958): The survival of freshwater algae during dry periods.

Fernando, C. H. (1958): The colonization of small fresh water habitats by aquatic insects. Ceylon Journ. Science, Biol. Science **1**, 117—194.

Findenegg: I. (1958): Über die Lichtansprüche plankt. Süßwasseralgen. — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, Abt. I, 151, 159—171.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Fott, B. (1959): Algenkunde. — Jena.
Gaidukov, N. (1924): Zur Ökologie der Süßwasseralgen. — Bot. Arch. **6**, 112—123.
Gajl, K. (1924): Über zwei faunistische Typen aus der Umgebung von Warschau aufgrund von Untersuchungen an *Phyllopoda* und *Copepoda*. — Bull. Acad. Pol. des Sciences et des Lettres. Class. Nat. Sér. B.
Gaussen, H. (1954): 8me Congrès International de Botanique, Paris, Sections 7 et 3, 125—130.
Gelei, J. (1950): Die Lebewesen der Kleingewässer von Fußwegen u. Straßen der Stadt Szeged. — Acta Biol. Hung. **1**, 135—146.
Gelei, J., Megyeri, J., Szabodos, M. u. Varga, L. (1954): Über die Lebensgemeinschaft einiger temporärer Tümpel auf einer Bergwiese im Börzsönygebirge (Oberungarn). — Acta Biol. (Budapest) **5**, 227—382.
Geßner, F. (1932): Schwankungen im Chemismus kleiner Gewässer in ihrer Beziehung zur Pflanzenassimilation. — Arch. Hydrobiol. **24**, 590—602.
Gieysztor, M. (1934): Limnologische Untersuchungen an einigen Kleingewässern. — Extr. d'Arch. d'Hydrobiologie et d'Ichthyologie VIII. — Suwalki.
Gislen (1948): Aerial Plankton and its conditions of life. — Biol. Reviews, **23**, 109—126.
Grese, B. S. (1929): Zur Biologie periodischer Kleingewässer. — Russ. hydrobiol. Ztg. **8**, 47—49.
Haase, L. W. (1954): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. — Weinheim.
Hall, R. E. (1961): On some aspects of the natural occurence of *Chirocephalus diaphanus* Prevost. — Hydrobiologia (Den Haag) **12**, 205—217.
Harnisch, O. (1922): Zur Kenntnis der Chironomidenfauna austrocknender Gewässer der schlesischen Ebene. — Arch. Hydrobiol. **14**, 89—96.
— (1960): *Rhizopoda*. In: Die Tierwelt Mitteleuropas. — Leipzig.
Hendricks, E. L. u. Goodwin, M. H. (1955): Observations on surface-water temperatures in limesink ponds and evaporation pans in south-western Georgia. — Ecology **33**, 385—397.
Herbst, H. V. (1951): Ökologische Untersuchungen über die Crustaceenfauna südschleswiger Kleingewässer. — Arch. Hydrobiol. **45**, 413—542.
Hesse, R. (1924): Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. — Jena.
Hild, J. (1960): Charakteristische Pflanzen im Verlandungsbereich der Krieckenbecker Seen. — Decheniana **113**, 51—71.
Hodgkin, E. P. u. Watson, J. A. L. (1958): Breeding of dragonflies in temporary waters. — Nature (London) **181**, 1015—1016.
Hoff, C. C. (1943): Seasonal changes in the ostracod fauna of temporary ponds. — Ecology **24**, 116—118.
Höll, K. (1928): Ökologie der Peridineen. — Jena.
Hortobagyi, T. (1960): Das mehrmonatige Leben von Algen eines austrocknenden Teichbettes unter erschwerten Bedingungen (im Laboratorium). — Acta biol. Acad. Sci. Hung. **10**, 299—330.
Huber-Pestalozzi, G. (ab 1938): Das Phytoplankton des Süßwassers. — Stuttgart.
Immelmann, K. (1960): Im unbekannten Australien. — Pfungstadt/Darmstadt.
Jørgenson, E. G. (1956): Growth inhibiting substances formed by *Algae*. — Physiol. Plant. **9**, 712—726.
Kaestner, A. (1960): Lehrbuch der speziellen Zoologie. I, 1. Halbbd. — Stuttgart.
Kahl, A. (1930—1935): Wimpertiere oder *Ciliata*. In Dahl: Die Tierwelt Deutschlands, Jena.
Kammerer, P. (1907): Über Schlammkulturen. — Arch. Hydrobiol. **2**, 500 ff.
Kenk, R. (1949): The animal life of temporary and permanent ponds in Southern Michigan. — Misc. Publ. Mus. of Zool., Univ. of Michigan, No. **71**.
Kertesz, G. (1956): The rotifers of the periodical waters of Farmos. — Acta zool. **2**, 339—358 Budapest.
Klausener, C. (1908): Die Blutseen der Hochalpen. — Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie. 1, 1908.
Klebs, G. (1896): Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. — Jena.
Klotter, H. E. (1957): Grünalgen (Chlorophyceen). — Stuttgart.
Kolkwitz, R. u. Marsson, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. — Ber. dt. Bot. Ges. **26a**, 1908.
— (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie **2**, 1909.
Kolpakov, E. (1929): Über einige Mollusken vorübergehender Gewässer im SO der UdSSR. — Rab. volz. biol. stancii **10**, 149—158; deutsche Zusammenfassung 159—160.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Krampner, A. (1928): Wandlungen der Kruster- u. Rotatorienfauna eines perennierenden und eines temporären Tümpels bei Tel Aviv im Verlauf eines Jahres. — Intern. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr. **19**, 281—288.
Kreuzer (1940): Limnologisch-ökologische Untersuchungen an holsteinischen Kleingewässern. — Arch. Hydrobiol. Suppl. Bd. **10**, 359—572.
Kühlmann, D. H. H. (1959): Über die Wirkung des Eises auf Organismen und das Phänomen der Aspektfolge in Infusionen. — Forsch. u. Fortschr. **33**, H. 3.
— (1960): Zur Frage der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Sauerstoff und anderen chemischen Faktoren in kleinen Gewässern. — Gerl. Beitr. zur Geophys. **69**, 294—319.
Lauche, A. (1914): Die Rotatorien der Umgebung von Bonn. — Ber. Bot. u. zool. Ver. Rhld. Westf. 1913, 52—73.
Lefèvre, M. u. Farrugian, W. (1958): Von Einfluß spontan entstehender Verwesungsprodukte tierischen und pflanzlichen Ursprungs auf die Süßwasseralgen. — Hydrobiologia (Den Haag) **10**, 49—65.
Lemmermann, E., Brunnthaler, J. u. Pascher, A. (1915): Die Süßwasserflora ... H. 5, Chlorophyceae 2. — Jena.
Levander, M. K. (1900): Zur Kenntnis des Lebens in stehenden Kleingewässern auf den Skäreninseln. — Acta Soc. Faun. Flor. Fennica. **18**, Nr. 6.
Liebmann, H. (1951): Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. — München.
Lind, E. M. (1940): Experiments with pond muds. — Journ. Ecol. **28**, 484—490.
Mertens, R. (1947): Die Lurche des Rhein-Maingebietes. — Frankfurt.
— (1928): Zur Naturgeschichte der europäischen Unken *(Bombina)*. — Ztschr. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere. **11**, 613—623.
Migula, W. (1911): Die Desmidiazeen. — Stuttgart.
Mozley, A. (1932): A biological study of a temporary pond in Western Canada. — American Naturalist **66**, 235—249.
— (1944): Temporary ponds, a neglected natural resource. — Nature **154**, 490.
Mrázek, A. (1901): Über das Vorkommen einer Süßwassernemertine (*Stichostemma graecense* Böhm.) in Böhmen mit Bemerkungen über die Biologie des Süßwassers. — Sitz. Ber. Kgl. Böhm. Ges. d. Wiss. Math. naturw. Klasse. 1900, IV.
Mückenhausen, E. u. Wortmann, H. (1954): Die Böden Nordrhein-Westfalens. — Ztschr. f. Pfl. ernährg., Düngg., Bdkde. — **67**, (112), 97—116.
Mückenhausen, E. (1950): Über gleiartige Böden im Rheinland. — Ztschr. f. Pfl. ernährg., Düngg., Bdkde. — **50**, (95), 113—134.
Müller, R. (1921): Der Eichener See. — Arch. Hydrobiol. **13**, 174—176.
Münchberg, P. (1960): Über die tierische Besiedlung von Weihwasserbecken einiger Friedhöfe im Zillertal (Tirol). — Zool. Anzeiger, **164**, 499—506.
Murray, J. (1911): The annual history of a periodic pond. — Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **4**, 300—310.
Naumann, Ei. (1930): Die Eisenorganismen. — Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. **24**, 81—96.
Pascher, A. (1927): *Volvocales = Phytomonadina*, H. 4 in: Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. — Jena.
Patzer, H. E. (1927): Beiträge zur Biologie der Leberegelschnecke *Galba (Limnaea) truncatula* Müller. — Sprengel Zoolog. Jahrb. — System., Geogr. u. Biologie der Tiere, **53**, 321—373.
Pesta, O. (1933): Beiträge zur Kenntnis der limnologischen Beschaffenheit ostalpiner Tümpelgewässer. — Arch. Hydrobiol. **25**, 68—80.
— (1939): Alpine Tümpel und ihre limnologische Kennzeichnung. — Sitz. Ber. Ak. Wiss. Wien Math. nat. Kl. I, **148**, 341—352.
— (1952): Biologische Beobachtungen an einigen Hochgebirgstümpeln der Kitzbühler Alpen (Tirol). — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, Math. nat. Kl. I, **161**, 329—342.
Pichler, W. (1939): Unsere derzeitige Kenntnis von der Thermik kleiner Gewässer. — Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **38**, 231—242.
— (1945): Zur Terminologie der Kleingewässer. — Arch. Hydrobiol. **41**, 415—420.
Portmann, A. (1921): Die Odonaten der Umgebung von Basel. — Diss. Basel, S. 98.
Pratt, R. (1948): Studies on *Chlorella vulgaris* V-Some properties of the growth inhibitor formed by *Chlorellales*. — Amer. Journ. Bot. **29**, 142—148.
Pringsheim, E. G. (1958): Über Mixotrophie bei Flagellaten. — Planta **52**, 405—430.
— E. u. O. (1959): Die Ernährung kolonienbildender *Volvocales*. — Biolog. Zentralblatt, **78**, 937—971.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Purer, E. (1939): Ecological study of vernal pools, San Diego county. — Ecology, **20**, 217—229.
Puschkarew, B. M. (1913): Über die Verbreitung der Süßwasserprotozoen durch die Luft. — Arch. Prot. **28**, 323.
Raabe, E. W. (1955): Beobachtungen über den Wasserhaushalt an Tümpeln, Wäldern und Kahlschlägen in Ostholstein. — Arch. Hydrobiol. **50**, 188—233.
Rao, C. B. (1953): On the distribution of algae in a group of six small ponds. — Journ. Ecol. **41**, 62—71 u. **43**, 291—308.
Roll, H. (1940): Holsteinische Tümpel und ihre Pflanzengesellschaften. Limnologisch-ökologische Studien. — Arch. Hydrobiol. Suppl. Bd. **10**, 573—630.
Rylov, W .M. (1927): Studien über das Teichplankton der Umgebung des Peterhofer Naturwissenschaftlichen Instituts. — Arb. d. Peterhofer naturw. Inst. Nr. **4**.
— (1935): Das Zooplankton der Binnengewässer. — Stuttgart.
Scharrer u. Fast (1951): Untersuchungen über die dem Boden durch die Niederschläge zugeführten Pflanzennährstoffe. — Ztschr. f. Pfl.ernährg., Düngg., Bdkde. — **55** (100), 97—106.
Schauß, R. (1908): Beitrag zur Kenntnis der freilebenden Copepoden und Cladoceren der Umgebung von Bonn. — Verh. nat. hist. Ver. **64**, 164—218.
Scheithauer, E. (1961): Ökologische Untersuchungen an *Daphnia magna* u. *Daphnia pulex* unter besonderer Berücksichtigung der Populationsdynamik. — Diss. Bonn.
Scheuring, L. (1920): Die Überwinterung niederer Wassertiere in vorübergehend trockengelegten Gewässern. — Allgem. Fischereizeitung, **20**.
Schiemenz, H. (1953): Die Libellen unserer Heimat. — Jena.
Schmeil-Fitschen (1957): Flora von Deutschland, 67. Aufl. — Heidelberg.
Schmidt, H. (1913): Mastigophoren und Ciliaten der Umgebung von Bonn. — Ber. bot. u. zool. Ver. Rhld. u. Westf.
Schönfeldt, V. (1913): *Bacillariales (Diatomeae).* In: Die Süßwasserflora. — Jena.
Schröder, G. (1886—1888): Über die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen. — Unters. aus d. Bot. Institut Tübingen, **2**, 1—52.
Spandl, H. (1925): Die Tierwelt vorübergehender Gewässer Mitteleuropas. — Arch. Hydrobiol. **16**, 74—132.
Stammer, H. J. (1952): Die Bedeutung der Insekten für die Besiedlung kleiner Lebensstätten. — Trans. 9. Int. Congr. Ent. **1**, 535—538.
Stirnimann, F. (1926): Faunistisch-biologische Studien an den Seen und Tümpeln des Grimselüberganges. — Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **16**, 233—271.
Stresemann, E. (1955): Exkursionsfauna von Deutschland. — Wirbeltiere (Bd. III) Berlin.
Thienemann, A. (1925): Die Binnengewässer Mitteleuropas. — Stuttgart.
— (1950): Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Stuttgart.
Uspenskij, E. E. (1927): Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. — Jena.
Voigt, M. (1957): Rotatoria. — Berlin.
Walter, H. (1958): Geographisches Taschenbuch 1958/59. Wiesbaden.
Wang, Chia Chi (1928): Ecological studies of the seasonal distribution of protozoa in a freshwater pond. — Journ. Morph. Physiol. **46**, 431—478.
Wawrik, F. (1954—1958): Hochgebirgskleingewässer im Arlberggebiet. — Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, Math. nat. Kl. I, **163**, 277—296; **164**, 367—387; **167**, 201—219.
Weimann, R. (1930): Über Plankton, Düngung und Fischerträge in niederschlesischen Karpfenteichen. — Arch. Hydrobiol. **34**, 659—693.
— (1942): Zur Gliederung und Dynamik der Flachgewässer. — Arch. Hydrobiol. **38**, 481—524..
— (1943): Einige Besonderheiten zur Limnologie der Flachgewässer. — Forschungen u. Fortschr. 19. Jahrg., 11—13.
Wesenberg-Lund, C. (1939): Biologie der Süßwassertiere. (Wirbellose Tiere.) — Wien.
— (1943): Biologie der Süßwasserinsekten. — Berlin, Wien.
Wolf, E. (1904): Dauereier und Ruhezustände bei Copepoden. — Zool. Anzeiger, **27**, 98—108.
Woodruff, L. L. (1912): Observations on the origin and sequence of the protozoan fauna of hay infusions. — Journ. exper. zool. **12**, 205.
Wurmbach, H. (1957): Lehrbuch der Zoologie Bd. 1. — Stuttgart.
— (1962): Lehrbuch der Zoologie Bd. 2. — Stuttgart.

Anschrift des Verfassers: Dr. H. Kramer, 53 Bonn, Rheinweg 75.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Abb. 23 Zygote von *Closterium intermedium*
(Durchmesser der Zygote etwa 60 μ)

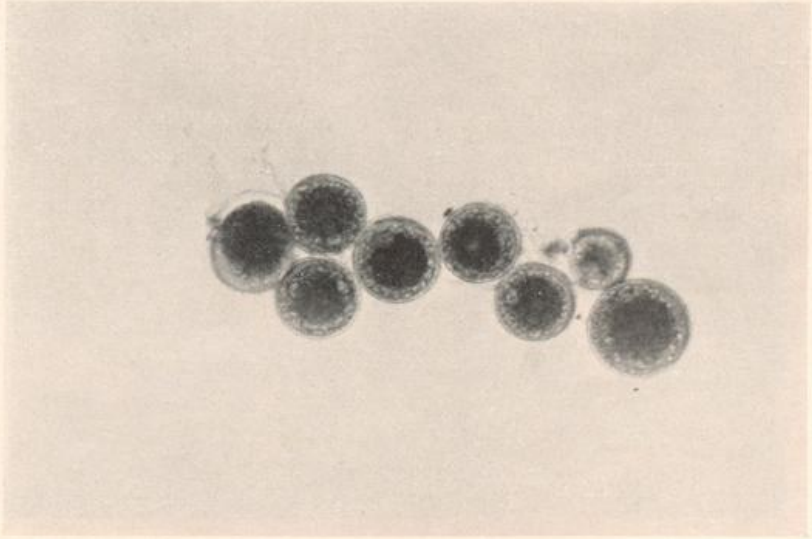


Abb. 24 Cysten von *Haematococcus pluvialis*
(Durchmesser etwa 20 μ)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Abb. 25 Tümpel 1 im Sommer (ausgetrocknet)

Abb. 26 Tümpel 1 im Winter

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Abb. 27 Tümpel 3 im Winter

Abb. 28 Tümpel 6 (*Chirocephalus*-Tümpel) im Winter

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Decheniana

Jahr/Year: 1964

Band/Volume: 117

Autor(en)/Author(s): Kramer Helmut

Artikel/Article: Ökologische Untersuchungen an temporären Tümpeln des Bonner Kottenforstes - Dissertation ("D 5") Bonn aus dem Zoologischen Institut der Universität (Direktor: Prof. Dr. R. Danneel) (Abteilung Prof. Dr. H. Wurmbach) 53-132