**Vortrag, gehalten im Regenzzimmer der Universitaet, vor der mathem. Naturw. Abteilung der Philosophischen Facultaet aus Anlass des Colloquiums bei der Habilitation[[1]](#footnote-1)**

Sehr geehrter Herr Dekan, verehrte Herren Professoren,

die Aufgabe über die Flagellaten der Schweizer Seen zu berichten verlangt viel eher die Aufstell(un)g eines Programmes für erneute Untersuchungen, als die Darstellung schon gesicherter Tatsachen. Es wurde zwar in der Schweiz schon früh mit der Erforschung der einzelligen Organismen, speziell auch der Flagellaten begonnen, ich erwähne nur die grundlegende Arbeit Perty’s, die 1852 erschien. Die neueren Arbeiten über das Planctonleben unserer Seen haben ihre Hauptaufmerksamkeit anderen Organismen zugewandt, sodass wir über Periodicitaet und Formenwechsel der Flagellaten speziell der schweizerischen Seen mit Ausnahme einiger Hochgebirgsseen, nicht so gut unterrichtet sind, wie es für mein Thema wünschenswert wäre.

Listen der in unsren Seen vorkommenden Flagellaten liegen allerdings vor. Wenn wir von den litoralen Schlammbewohnern, die auch in allen Tümpeln vorkommen, absehen, so ist die Zahl der übrig bleibenden Planctonflagellaten nicht mehr gross, wenigstens was die Flagellaten s.s., d.h. diejenigen Geisselträger, die sich nur durch Teilung in 1 Richtung des Raumes vermehren. In erster Linie haben wir Vertreter der Gattung *Dinobryon* anzuführen. Diese formenreiche Gattung, deren in Gehäusen lebenden Vertreter meist zu buschförmigen Colonien vereinigt sind, ist durch ihren ganzen Bau dem freischwimmenden Leben im Plancton angepasst, wobei ihm seine beiden gelben Chromatophoren ermöglichen, sich die zum Leben & Wachstum erforderliche, oxydierbare organ. Substanz selbst zu bilden. Neben dieser Gattung tritt dann *Stylococcus*, der auch zu den *Chrysomonadinen* gehört, auf, leider wurde er allerdings erst einmal im Plancton des Genfersees durch Chodat gefunden. Weitere Verbreitung scheinen die zu kugeligen Colonien vereinigten Formen *Synura*, *Mallomonas* & *Uroglena* zu haben. Ebenso treten Euglenen in den Seen auf, so die grüne *E. viridis*, *Phacus pleuronectes* oder *Trachelomonaden*, zuweilen auch auf *Cyclops* epiphytisch das euglenaähnliche *Colacium*, aber damit ist die Liste der Flagellaten im engeren Sinne geschlossen. Nehmen wir noch die verwandten mit Geisseln versehenen einzelligen Wesen herzu, die oft auch noch mit dem Namen Flagellaten bezeichnet werden, so wa(e)ren noch einige Gattungen von *Peridineen* zu nennen, so *Peridinium tabulatum*, *Ceratium cornutum* & *hirundinella* und unter den *Volvocineen Pandorina morum*, *Eudorina elegans* & *Volvox globator*.

Aus diesem statistischen Material kann so viel mit Sicherheit geschlossen werden, dass in unsern Schweizer Seen keine Flagellaten vorkommen, die nicht schon anderswo gefunden wurden. Denn die Chodat’sche Form *Stylococcus*, die allerdings erst aus dem Genfersee bekannt geworden ist, muss möglicher Weise mit der Stein’schen *Stylochrysalis* vereinigt werden, die möglicherweise auch nur eine Geissel besitzt, wie die Chodat’sche Form. Pflanzen- od. Tiergeographische Aufschlüsse geben uns also diese Flagellaten nicht, was auch nicht besonders auffallend ist, da durch die schönen Untersuchungen von Schewiakow, die er auf einer Reise um die Welt anstellte, fast ganz bewiesen wurde, dass die Süsswasser-Flagellaten Cosmopoliten seien. Er stellte 1893 schon fest, dass nur ca. 6-7% aller bekannten Süsswasser Flagellaten in Deutschland noch nicht gefunden wurden; gegenwärtig werde der Procentsatz wohl noch niederer ausfallen. Diese weite Verbreitung verdanken sie den relativ einförmigen äusseren Bedingungen, die sie in den Süsswasserbecken vorfinden, ausserdem ihrer ausgeprägten Fähigkeit, sich äusseren Einflüssen anzupassen. So kamen z.B. einige typische Süsswasserformen in dem salzigen Binnenmeer von Torda in Ungarn vor, ohne dass sie sich morphologisch im geringsten verändert hätten. Als weitere & wichtigster Factor, der die Flagellaten zum Kosmopolitismus befähigt, ist die Eigenschaft der Einkapselung zu nennen. Bei niedriger Temperatur, Nahrungs- oder Luftmangel etc. werfen die Flagellaten die Geissel ab, nehmen eine kugelige Gestalt an & umgeben sich mit einer festen Haut, in die häufig noch Kieselsäure eingelagert wird. Diese Cysten erlauben es den Organismen, dem Austrocknen zu trotzen & so im Staub durch den Wind, oder in dem den Füssen & Federn der Vögel anhängenden Schlamme von Teich zu Teich & von See zu See, ja von Continent zu Continent getragen zu werden. Diese Tatsache erleichtert das Studium dieser Familie in grossem Maasse, da man sicher sein kann, bei lang andauernder Untersuchung eines Tümpels die meisten Flagellaten nach & nach finden zu können. Was in unseren Seen also noch nicht gefunden wurde, aber z.B. aus den Norddeutschen Gewässern bekannt ist, wird bei genauer Durchforschung wahrscheinlich auch noch festgestellt werden.

Viel interessantere Aufschlüsse als auf pflanzen- oder tiergeogr. Richtg haben wir in biologischer Hinsicht zu erwarten, da die typischen Planctonflagellaten grosse Veränderlichkeit in ihrer Form zeigen, speziell *Dinobryon* in der Gestalt der Colonien, *Mallomonas* in der Länge der Borsten etc., was zur Aufstellung einer uneinheitlichen Zahl von Arten geführt hat, die aber jedenfalls nicht haltbar sind. Bevor wir uns jedoch mit dem Saisondimorphismus befassen, muss die Tatsache hervorgehoben werden, dass die Flagellaten wie die übrigen Planctonorganismen eine deutliche Periodicitaet in ihrem Auftreten erkennen lassen. In dieser Beziehung sind besonders *Dinobryon divergens* & *Ceratium hirundinella* näher bekannt geworden. Für *Dinobryon divergens* wurde im Zürichsee in der ersten Hälfte des Mai ein Maximum beobachtet, worauf wieder ein Rückgang eintrat, um im September wieder in grösserer Menge aufzutreten, wobei allerdings neben der mehr gedrungenen Form des *D. divergens* auch die lange zierliche Art *D. elongatum* auftrat. Aehnliche Verhältnisse finden wir auch in den Gebirgsseen, wobei allerdings das Maximum im Frühling in Folge der Eisbedeckung wegfällt, aber im Hochsommer ein starkes Maximum auftritt. Auch die ausgesprochene Planctonperidinee *Ceratium hirundinella* zeigt eine auffallende Periodicitaet, wobei aber nur ein Maximum im Hochsommer zu verzeichnen ist, sowohl in den Seen der Ebene, als auch in denen des Hochgebirgs.

Als Grund dieser Periodicitaet innerhalb des Jahres ist in erster Linie die Temperatur zu nennen. Wenigstens fällt das Auftreten & Verschwinden von *Ceratium hirundinella* genau mit dem Steigen & Fallen der Temperatur der Seen zusammen. Etwas anders verhält sich *Dinobryon*, worauf hauptsächlich Zacharias aufmerksam gemacht hat. Diese Gattung, speziell die Art *sertularia* zeigt in den Seen der Ebene keinen so genauen Parallelismus der Entwicklung mit der Temperaturcurve. Wenn sie im Frühling ihrem ersten Maximum entgegengeht, hat das Wasser eine bedeutend tieferre Temperatur als im Beginn des Winters, wo die Menge der Chromatophoren tragenden Planctonorganismen äusserst gering ist. Es ist auch nicht zu verwundern, dass diese Organismen, die alle organischen Stoffe, welche sie zur Unterhaltung des Lebensprocesses & zum Wachstum & zur Vermehrung benötigen, mit Hilfe des Lichtes aus der im Wasser gelösten CO2 reducieren müssen, sehr viel mehr von der Intensitaet des Lichtes abhängig sind, als von der Temperatur.

Natürlich muss die Temperatur sich über ein Minimum erheben, das sich für jede einzelne Art oder Race auf einer bestimmten Höhe befindet. So ist offenbar *Dinobryon* auf eine viel tiefere Temperatur getrimmt als *Ceratium*, & so erklärt es sich, dass sich *Dinobryon* nicht mehr entwickelt, wenn wie beim Beginn des Winters, die Temperatur ziemlich hoch über dem für *Dinobryon* spezifischen Minimum steht, zugleich aber die Sonne ihren niedersten Stand hat. *Ceratium* dagegen erfordert eine höhere Temperatur zum Gedeihen, wobei es auch mit einem geringeren Quantum Licht auskommen kann, da es viel mehr Chromatophoren besitzt, als *Dinobryon*. Kein Wunder also, dass *Ceratium* später auftritt, den ganzen Sommer über vegetiert, & mit der sinkenden Temperatur wieder zurückgeht. *Ceratium* findet die relativ geringe Lichtintensitaet immer, sobald die Wassertemperatur hoch genug ist, während Dinobryon bei geringerem Anspruch auf Wärme häufig die nötige Lichtintensitaet nicht vorfindet, während die Temperatur ihr das Gedeihen erlaubt. Aus der Tatsache, dass das Maximum seiner Entwicklung nicht mit der höchsten Wassertemperatur im Hochsommer zusammenfällt, sondern dass es zwei Maxima das eine im Frühling, das andre im Spätsommer zeigt, muss man auch folgern, dass wie die untere so auch die obere Temperaturgrenze bedeutend tiefer liegt, als bei *Ceratium*, das bei den in unserem Clima höchst erreichbaren Temperaturen am besten zu gedeihen scheint, wähernd *Dinobryon* dadurch noch nicht am Leben aber doch an der Vermehrung verhindert wird.

Ueber die Periodicitaet der übrigen Flagellaten unsrer Seen ist noch nichts Genaueres bekannt.

Bei Anlass der Erwähnung von *Dinobryon divergens* mu(e)sste ich auf Heuschers Beobachtung hinweisen, der im Zürichsee beim zweiten Maximum des Spätsommers neben der gedrungenen Form des *D. divergens* die mit schlankem langgestielten Gehäuse versehene Form *D. elongatum* beobachtete. Völlig entsprechendes verzeichnete(n) die Planctologen Norddeutschlands für *D. sertularia* und *stipitatum*. Während die gedrungenere Form *sertularia*,im Herbst & im Frühling häufig ist, tritt im Sommer & im Spätsommer *D. stipitatum* immer mehr hervor. Auch die Ceratien der grösseren Seen Norddeutschlands lassen ein ähnliches Verhalten erkennen. Es treten nämlich drei & vierhörnige Formen auf & zwar in kleineren Teichen meist nur die plumpere 4 hörnige, erst etwa gegen den Herbst die schlankere dreihörnige, während in grösseren Gewässern die schlanke dreihörnige Form im Sommer vorherrscht, um später der plumperen Form zu weichen.

In einer jüngst erschienenen Arbeit hat nun Wesenberg-Lund darauf aufmerksam gemacht, dass bei vielen Planktonorganismen ein Wechsel zwischen plumpen Formen des Winters & schlankeren Formen des Sommers stattfindet. Besonders deutlich tritt dies bei den Bosminen an sogen(.) Wasserflöhen & bei den Rotiferen hervor. Während bei ersteren im Winter der Körper kurz & gedrungen ist & keine besonderen Anhänge zeigt, treten gegen den Sommer immer längere Formen auf, die auch durch einen höheren Kopf ausgezeichnet sind. Auch bei den Strudelwürmern ist es unverkennbar, dass die im Sommer auftretenden Formen schlanker & länger sind als die des Winters. Auch bei Infusorien sind ähnliche Tatsachen zu verzeichnen. Ueberall zeigt sich bei diesen Planctonformen das Bestreben, die Oberfläche des Körpers zu vergrössern, ohne dadurch das Gewicht wesentlich zu erhöhen, mit andern Worten: es wird eine Erhöhung der Schwebefähigkeit angestrebt. Eine ganz analoge Erscheinung wurde auch bei marinen Organismen, speziell dem *Ceratium tripos* von Herrn Prof. Schimper auf der Tiefseeexpedition beobachtet, & bei den hier besser messbaren Schwankungen immer ein Unterschied in dem spezifischen Gewicht des Wassers constatiert. Wesenberg-Lund ist nun geneigt, ganz ähnliche Verhältnisse für das Süsswasserplancton anzunehmen. Durch physikalische Untersuchungen die Richtigkeit seiner Annahmen festzustellen hat er allerdings nicht unternommen, sondern sich lediglich auf den indirecten Beweis mit Hilfe der Organismen gestützt. Aber verschiedene Erwägungen machen die Hypothese doch sehr glaubhaft.

Die Erhöhung der Schwebefähigkeit kann durch verschiedenen Mittel erzielt werden. In erster Linie sind da zu nennen, die Bildg spezifisch leichter Stoffwechselproducte, wie z.B. fetter Oele, was bei *Diatomeen*, *Copepoden* & *Daphnien* in ausgedehntem Maasse zur Anwendung kommt. In zweiter Linie werden Hohlräume mit wohl selbst producierten Gasen angefüllt, die durch ihren Auftrieb dem Organismus erlauben, an der Oberfläche des Wassers zu leben. Wir finden diese Einrichtung bei einem Rhizopoden, der *Arcella* & in ausgedehntem Maasse bei den blaugrünen Algen, den Cyanophyceen. Weitaus am auffallendsten sind jedoch die Apparate, die durch localisiertes Wachstum die äussere Erscheinung des Organismus beeinflussen. Diese Schwebevorrichtungen sind besonders bei den marinen Tier & Pflanzenformen ausgebildet & nehmen bald die Form von Fallschirmen, bald diejenige von Reusen an, welche die Reibung des Körpers mit dem Wasser erhöhen & dadurch das Schweben erleichtern. Unter diesen Organismen interessieren uns besonders die Ceratien, die durch Verlängerung oder Verkürzung ihrer Hörner, das Verhältnis zwischen dem zu tragenden Zellkörper & den tragenden Balanceapparat je nach den äusseren Einflüssen aendern können. Ob hieher auch die Pseudopodienbildung der sonst hochorganiserten *Chrysamoeba* gehört, ist wahrscheinlich, doch noch nicht sicher erwiesen.

Schliesslich ist hier auch noch die Coloniebildung zu erwähnen. Durch die enge Aneinanderlagerung einzelner Zellen entstehen Nischen & Ecken, die die Reibung mit dem Wasser beträchtlich erhöhen & demgemäss auch die Schwebefähigkeit der ganzen Colonie. Diese Entwicklung ist bei den Flagellaten sehr häufig angewandt, so z.B. bei der Rosettenartigen *Synura*, bei *Uroglena*, *Chrysosphaerella*, & endlich bei den strauchförmig zusammengesetzten Colonien der mehrfach erwähnten *Dinobryen*. Durch verschiedene Ausbildung & Aneinanderreihung der Gehäuse wird der Habitus & damit auch die Schwebefähigkeit dieser Colonien in ziemlich weiten Grenzen veraendert.

Aus all diesen Tatsachen schliesst nun Wesenberg-Lund die Tragkraft des Wassers sei im Sommer in den grossen Wasserbecken geringer als im Winter. Dies lehrt ja auch schon die Physik, wonach die grösste Dichtigkeit des Wasssers bei 4°C liegt. Wenn nun auch die Dichte des Wassers nicht ganz proportional der Temperatur ab & zunimmt, so kann das Wasser, auch wenn es sich bis zum Gefrierpunkt abkühlt, doch nicht so viel weniger dicht werden, als wenn es sich von 4° bis zu 20 oder 25° erwärmt. Diese Empfindlichkeit solchen relativ kleinen Schwankungen gegenüber kann uns allerdings auffallend erscheinen, ist aber nicht so merkwürdig, wenn man bedenkt, dass die Organismen z.B. auch chemischen Reizen gegenüber viel empfindlicher sind, als alle chem. & physiologischen Apparate. Ich erinnere nur an die Empfindlichkeit der Bacterien gegen Sauerstoff, von Schwärmsporen gegen Gifte etc.

Dies gilt aber Alles nur für die grösseren, tieferen Wasserbecken. In kleinen Pfützen & Weihern kommen oft dieselben Organismen vor wie in den Seen, aber meistens fehlen ihnen die Schwebevorrichtungen, oder dieselben sind in viel geringerem Maasse ausgebildet. Der Grund dieses Unterschiedes ist a priori nicht ersichtlich, da die nächtliche Abkühlung doch nicht so viel betragen kann, dass das Wasser gegen morgen, wo sich diese Organismen gewöhnlich teilen, so viel an Dichte verloren hätte. Viel eher muss man daran denken, dass das Wasser der kleinen Tümpel in Folge der gelösten Stoffe grössere Dichte hat, die auch durch die Erwärmung nicht so sehr vermindert werden kann, dass sich die Planctonorganismen gegen das Untersinken schützen müssten.

Jedenfalls bedarf gerade dieser Punkt der ganzen Frage noch der eingehenden Prüfung. Aber jedenfalls ist diese Art der Fragestellung sehr fruchtbar, besonders auch für die Systematik dieser nidern Organismen. Denn wenn es gelingt, nachzuweisen, dass wir es bei *Ceratium*, *Dinobryon* & dem borstenbesetzten *Mallomonaden* wirklich mit Saisondimorphismus zu tun haben, dann würde der einreissenden Species-Aufstellung endgültig ein Ende gemacht & die Systematik wieder in nutzbringendere Bahnen geleitet, wie das jetzt schon in manchen Gebieten geschehen ist. Eine Lücke besteht allerdings noch in der ganzen Beweisführung. Es wäre ja denkbar, dass alle diese mehr od. weniger ähnlichen Formen ein bestimmtes Licht & Temperaturoptimum nötig haben, & daher nur dann zu activern Leben aufwachen, wenn die Bedingungen gerade erfüllt sind. Dann hätten wir es also nicht mit einer Form zu tun, die ihre Gestalt je nach den äusseren Bedingungen veraendert, sondern mit einer ganzen Reihe von solchen, die einander an ein & demselben Standorte ablösen. Bei *Hylodaphnien* wurde allerdings bei der Häutung eine Verkürzung des Kopfschildes beobachtet. Was aber bei diesen niedern Krebsen Tatsache sein kann, lässt aber nicht so ohne Weiteres auch auf die Flagellaten schliessen.

Die grosse Schwierigkeit, die einem directen Beweis entgegensteht, liegt eben in der Kleinheit dieser Organismen, die es in den meisten Fällen nicht erlaubt, den Uebergang einer Form in eine andere nachzuweisen. Um diese Frage daher endgültig zu lösen, sollte es gelingen, diese Organismen, wenn auch nur kurze Zeit, in der Cultur am Leben zu erhalten & die Organismen durch beliebige Modification der äusseren Einflüsse zu zwingen, auf bestimmt gestellte Fragen bestimmt zu antworten.

1. Transkription: Rosmarie Honegger. Interpunktion und Unterstreichungen gemäss Manuskript; lateinische Gattungs- und Artnamen, im Manuskript durch gewellte Linien unterstrichen, wurden kursiv gesetzt. [↑](#footnote-ref-1)