Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1922)

Artikel: Der Einfluss der Aare in den Bielersee : ein Versuch zur Ermittlung seiner Ausdehnung und Bedeutung für die Hydrologie und Biologie des Sees

Autor: Louis, Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319294

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Paul Louis.

Der Einfluss der Aare in den Bielersee.

Ein Versuch zur Ermittlung seiner Ausdehnung und Bedeutung für die Hydrologie und Biologie des Sees.

VORBERICHT.

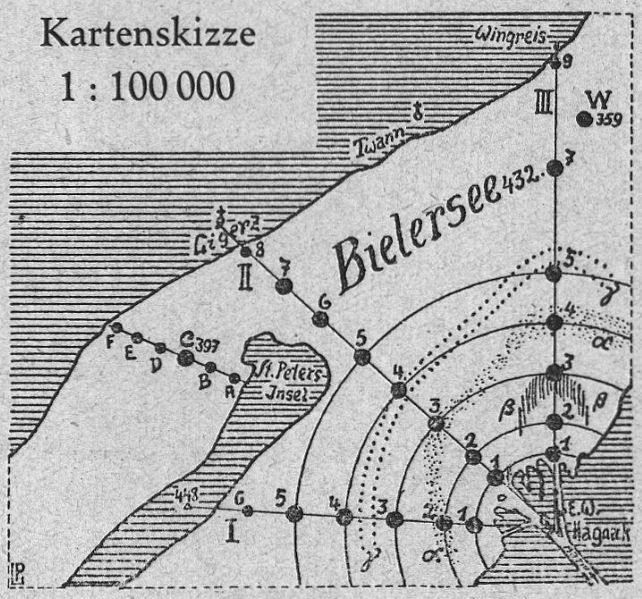
Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung einer durch Herrn Prof. Dr. Th. Studer ausgesetzten Preisaufgabe der philosophischen Fakultät II der Universität Bern auf 1. Oktober 1920 und ist eine Erweiterung meiner damals mit dem ersten Preis bedachten Lösung. Zu besonderem Dank für weitere wertvolle Anregungen bin ich ausser meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Th. Studer auch Herrn Prof. Dr. F. Baumann verpflichtet. Herr Privatdozent Dr. G. Steiner stellte mir in zuvorkommender Weise seine Bibliothek zur Verfügung und Herrn Dr. G. Surbeck, eidg. Fischereiinspektor, verdanke ich meine Ausführungen über die Fischfauna (Kap. V). Beiden sei hier mein aufrichtigster Dank ausgesprochen.

EINLEITUNG.

Plan und Hilfsmittel.

Es war Mitte März des Jahres 1920, als ich mich, endgültig zu dieser Untersuchung entschlossen, zum ersten Male mit ausführlichem Programm an den Bielersee begab. Die planmässigen Vorarbeiten bestanden in der Hauptsache in der Festlegung der auf der vorstehenden Kartenskizze Fig. I (nach der topographischen Karte 1 : 25 000, Blätter 134 bis 137) eingezeichneten Profile und Punkte, sowie in der Herstellung von Kartenskizzen, Seepro-

Kartenskizze
1 : 100 000



filen etc. Die Hilfsmittel, die mir zur Verfügung standen — meist mein privates Eigentum — waren:

ein Ruderboot (älteres Fischerboot),
ein Haspel mit Zählvorrichtung und 100 m Kabel (von Friedinger, Luzern),
ein Tiefseethermometer mit Fallgewicht, Eigentum des zool. Instituts Bern (Friedinger),
ein Planktonnetz mit 2 dm^2 Oeffnung, als Schliessnetz verwendbar,
eine Auslösevorrichtung für Schliessnetze (Friedinger),
eine Secchi-Scheibe,
ein Bodenschöpfer (Friedinger),
ein Winkelprisma (Friedinger) zum Einvisieren in eine Gerade zwischen zwei Punkten;
ferner die nötige Anzahl Glaswaren.

Zur Festlegung meines Standortes auf dem See bediente ich mich folgender einfacher Methode:

Mit Hilfe des Winkelprismas bewegte ich mich in der Profillinie vorwärts und suchte nun durch Loten die nach der Karte festgelegte Tiefe auf. Zur Kontrolle benutzte ich noch eine, die Profillinie unter möglichst grossem spitzen Winkel schneidende Hilfslinie, wenn möglich über zwei in derselben Richtung von blossem Auge oder mit dem Feldstecher gut sichtbare Punkte (Bäume, Häuser, Waldeinschnitte etc. am Horizont). Nach der Karte der Deltavermessung von W. Stumpf (Lit. 1) konnten die zu suchenden Tiefen für die wichtigen Punkte I 1—4, II 1—5 und III 1—4 auf Bruchteile von einem Meter genau bestimmt werden. Jedenfalls hielt ich diese Methode als für meine Zwecke genügend genau. Dazu hat sie gegenüber anderen Methoden mit Kompass etc. den praktisch unschätzbaren Vorteil der bei einiger Ortskenntnis raschen Anwendbarkeit und der relativ bedeutenden Unabhängigkeit von den Bewegungen des Bootes, was beim Arbeiten mit einem leichten, dem leichtesten Wind und Wellengang gleich nachgebenden Ruderboot sehr schwer ins Gewicht fällt.

Wie die Kartenskizze (Fig. I) zeigt, liegen ausser den zwei in der Karte selbst eingezeichneten Punkten C_{397} und W_{359} alle Stationen auf den drei Profilen, die vom Ostende des Stauwehrs nach der kleinen Insel 448, nach der Kirche von Ligerz (498) und nach der Villa Engelberg bei Wingreis gelegt sind. Dabei liegen Punkte 1 700 m, 2 1000 m, 3 1500 m usw. vom Wehr ent-

fernt. Im Frühjahr 1921 wurde zur Ergänzung noch ein durch C_{397} gelegtes Vergleichsprofil mit den Stationen A, B, C_{397}, D, E und F in Horizontalabständen von je 250 m aufgenommen.

Diese Stationen wurden nun nach Bedürfnis und Möglichkeit aufgesucht, um Temperaturen und Durchsichtigkeit (Transparenz) zu messen und Plankton- und Grundproben zu entnehmen. Dabei wurde danach getrachtet, ein und dasselbe Profil möglichst am gleichen Halbtage oder Tage fertig zu befahren. Die Leichtigkeit des Bootes und das vorwiegende Fehlen fremder Hilfe machten mich stark vom Wetter und besonders vom Wind abhängig.

I. Der See.

Geologie und Hydrographie.

Der Bielersee gehört zur Gruppe der jurassischen Randseen und ist, wie alle grössern Schweizerseen, ein tektonischer Erosionssee (Lit. 5, p. 117). Das Seebecken liegt auf Molasse, hauptsächlich unterer Süsswassermolasse (Aquitanien, Delémontien, sog. «untere Knauermolasse», Lit. 3, p. 112) und gelegentlich darüber liegendem Diluvium, Grundmoränen der Rhonevergletscherung, interglazialen Flussablagerungen und Süsswasserbildungen und reicht mit seinem NW-Rande an die auftauchende innerste Falte des Juragebirges, Malm- und Kreidekalke. Tektonisch ist es vorgebildet durch die beiden parallelen, pliozän-alt-glazial entstandenen Täler beidseitig des Höhenzuges Jolimont-St. Petersinsel-Büttenberg (Lit. 3, Tafel XV) und begrenzt durch den Molasserücken Grossholz-Jensberg im SE, den des Jolimont im SW, den Abhang der innersten Jurafalte (Tessenberg) im NW und die zwischenliegenden diluvialen und alluvialen Aufschüttungen.

Jene Längsteilung durch den Rücken der St. Petersinsel in die zwei erwähnten altglazialen Täler, die sich jetzt morphologisch gegen NE an der tiefsten Stelle des Sees (von Twann an abwärts) wieder vereinigen, gibt dem See sein charakteristisches Gepräge. Diese morphologische Eigenart ist für das Auge noch verschärft worden durch die mit der Juragewässerkorrektion (1878) (Lit. 8 u. 9, p. 47) erfolgte Tieferlegung des Seespiegels um durchschnittlich 2 m (maximal 5 m), wodurch auch das Stück des Molassezuges zwischen Insel und Jolimont, der Heidenweg, wenigstens für die Zeit zwischen den Hochwassern, trockengelegt wurde.

Ueber die Verhältnisse im See vor der Juragewässerkorrektion ist mir wenig Positives bekannt. Sein Einzugsgebiet war das der

Orbe-Zihl (Neuenburgersee), der Broye (Murtensee) und der Schüss (La Suze) und betrug ca. 3000 km² (3057 km³) (Lit. 4 u. 9, Taf. II, p. 38), enthielt also weder Gletscher- noch Wildbäche. Infolgedessen stellte der See den ungestörten Typus eines temperierten Sees (nach Forel) dar (Lit. 2). Die Niveauschwankungen und Strömungen waren gering, die Thermik im ganzen Gebiet normal, d. h. mit aufrechter Sommer- und verkehrter Winterschichtung und mit Umkehrung (vorübergehender Aufhebung) der Schichtung im Frühling und Herbst. Der See galt als sehr fischreich; jedoch über die weitern biologischen Verhältnisse kann begreiflicherweise aus der Zeit vor 1878 nichts bekannt sein, wenn man an das jugendliche Alter der Süsswasser-Biologie denkt. Doch ist, wie wir sehen werden, auch der Einfluss der Juragewässerkorrektion nicht von so grundlegender Bedeutung und schweren Folgen gewesen, dass nicht noch gewisse Teile des Sees, wie die Neuenstadter- und Vinelzer-Bucht, einigermassen ihren ursprünglichen Charakter beibehalten hätten.

Wie schon erwähnt, wurde durch die Juragewässerkorrektion (J. G. K.) der Seespiegel um 2,15 m im Mittel tiefer gelegt, so dass die Meereshöhe jetzt durchschnittlich 432,10 m beträgt — der frühere Mittelwasserstand betrug nach Lit. 9, p. 47 ca. 434,25 m (in den Extremen 435,73 und 433,42 m). — Dadurch wurden dem See, je nach Wasserstand, rund 2–3 km² Fläche genommen, das Delta gar nicht mitgerechnet.

So beträgt jetzt die Fläche 39,4 km² (ehemals 42,2 km²) bei einer mittleren Tiefe von 28 m, was einem Volumen von rund 1,1 km³ (1,103 km³) entspricht (Lit. 5 u. 9, p. 38). Die grösste Tiefe, 75 m, hat der See im untern, schmalen Teil zwischen Tüscherz und Lattrigen (Pt. 358), von wo aus der Grund nach NE ziemlich rasch und nach SW allmählich durch die beiden Mulden beiderseits des Inselrückens ansteigt, wovon die südliche, breitere Vinelzermulde noch etwa 50 m die nördliche, längere, nur noch 35 m tief ist. Die Gesamtlänge beträgt 15 km und seine grösste Breite 4 km. Die Ufer sind meist flach und nur am Nordrand zwischen Ligerz und Alfermee steiler abfallend.

In diesen See ist nun durch die J. G. K. die Aare geleitet worden mit ihrem 5100 km² grossen Einzugsgebiet, wovon 300 km² auf Gletscher und Firne fallen (Lit. 5, p. 115). Zugleich erhielt er auch im Nidau-Büren-Kanal einen entsprechenden Abfluss mit Schleuse. Dadurch wurde der Bielersee zum Regulator dieses, wie

alle Gebirgswasser launischen Flusses. Wie aus der Tabelle p. 47, Lit. 9, hervorgeht, beträgt die Senkung zwischen den Hochwassern weniger — und zwar vor Errichtung der Schleusen in Nidau rund 1 m weniger — als zwischen den Niederwassern. Das bedingt eine Vergrösserung der Schwankungsamplitude von 2,31 m auf 2,68 m (3,39 vor Errichtung der Schleusen) für Extreme, im Mittel sogar von 1,21 m auf 1,76 m (2,05 m), also um rund einen halben Meter. Da nun der Neuenburgersee nur ca. 35 cm höher liegt (ca. 432,45 m) und seine Amplitude nur 1,50 m im Mittel beträgt, und wenn man ferner bedenkt, dass bei der Verschiedenheit ihrer Einzugsgebiete ihre Hochwasserperioden nicht zusammenfallen, so ist die Tatsache nicht mehr auffällig, dass gelegentlich (s. unten p. 14) das Wasser des Neuenstadter-Beckens durch den Zielkanal aufwärts in den Neuenburgersee fliesst.

Aber auch Geschiebe hat der See zu schlucken und zwar nach den Angaben von Collet (Lit. 3, p. 429) von 1878—1913 9,204,300 m³, pro Jahr 1878—97 335,400 m³ und 1897—1913 156,000 m³ durchschnittlich und das zufolge der Ablagerungen im Brienzer- und Thunersee nur aus einem Flussgebiet von 1400 km². Sein daraus gebildetes Delta durchfliesst die Aare in zwei Hauptarmen, dem geradeaus, Richtung St. Petersinsel verlaufenden, temporär einen linken Seitenarm abgebenden Stauwehrkanal und dem künstlich angelegten und unterhaltenen Turbinenkanal, der in nördlicher Richtung (R III) verläuft. In dieser Richtung III besitzt das Delta auch seine weiteste Ausdehnung infolge der konstanten grossen Wassermasse, die durch das Werk geleitet wird. Eine genaue Karte des Deltas findet sich in Lit. 1, aufgenommen im Winter 1913—14. Seither hat es sich nicht wesentlich verändert mit Ausnahme etwa der Mündung des Stauwehrarmes, infolge der Baggertätigkeit der Kiesverwertungsgesellschaften.

Wie nun die Vergrösserung des Einzugsgebietes auf nahezu das Dreifache und die Erhöhung des absoluten Mittels der zugeführten Wassermassen von 62 m³-Sek. (Zihl ohne Aare bei Brügg) auf 231 m³-Sek. (Aare bei Büren) (Lit. 5, p. 115), also auf das 3—4-fache, den See vom Delta als Mittelpunkt aus beeinflusst, habe ich nun im Folgenden, so gut es mir in dieser kurzen Zeit möglich war, zu ergründen versucht.

II. Thermik und Optik.

Nach Alb. Heims Einteilung der Deltas (Lit. 4, p. 437) gehört dasjenige der Aare im Bielersee zu den Deltas grobgeschie-

biger Flüsse ohne subaquatische Rinne. Solche Deltarinnen sind charakteristisch für Flüsse, deren Wasser infolge tieferer Temperatur und grosser Mengen suspendierten Materials schwerer sind als das Wasser des Sees, der sie aufnimmt. Sie tauchen der Böschung des Deltas entlang sofort unter das leichtere Seewasser und setzen beidseitig ihres Stromes bei der Vermischung mit dem Seewasser allmählich zwei parallele Wälle ab, wodurch die sog. subaquatische Rinne entsteht (Lit. 2, p. 37, und Lit. 3, p. 430). Diese Tatsache ist erstmals entdeckt worden durch Ing. J. Hörnlimann bei der topogr. Aufnahme des Genfersees. Sie ist auch beim Delta des alten Rheins im Bodensee sehr stark ausgeprägt (Lit. 5, p. 80: Kartenskizze).

Wenn wir nun die Karte von W. Stumpf (Lit. 1) der Deltavermessung im Bielersee betrachten, so erkennen wir nur unregelmässig dislozierende Geschiebeablagerung, aber nichts von einer subaquatischen Rinne! Wie sollte sie auch hier entstehen, nachdem sie weder im Brienzersee, noch durch die Kander im Thunersee entstanden ist! Das Wasser der Aare ist also in der Schwere vom Seewasser kaum verschieden. Am Mangel an suspendiertem Material kann's nicht allein liegen, wir müssen uns in erster Linie die thermischen Verhältnisse ansehen.

Zu diesem Zwecke habe ich in den Monaten März bis Juni 1920 an den auf der Kartenskizze eingezeichneten Orten mit dem Tiefseethermometer «System Negretti und Zambra», sog. Kipptherm ometer, der Firma H. Friedinger, Luzern, vom zoologischen Institut in Bern Temperaturmessungen vorgenommen in Vertikalabständen von durchschnittlich 5 zu 5 Metern. Das Instrument wurde eingestellt, in die gewünschte Tiefe gelassen, dort 1—2 Minuten ruhig gehalten und dann durch das Fallgewicht das Thermometer zum Umkippen gebracht (Lit. 6, p. 44). Die gemessenen Temperaturen habe ich, mit Angabe der Daten und Tageszeiten, weil diese letzteren besonders für das Verständnis der Oberflächentemperaturschwankungen unumgänglich notwendig sind, auf den Beilagen Blatt II—V nach Profilen geordnet, graphisch dargestellt,[1]) weil nur an Hand graphischer Darstellungen aus so vielen Zahlen leicht und sicher Schlüsse gezogen werden können, da sie unser Vorstellungsvermögen enorm unterstützen. Diese Darstellungen geben uns

[1]) Die zahlenmässig zusammengestellten Temperaturentabellen befinden sich auf S. 8—18 des der Hochschulbibliothek abgelieferten maschinengeschriebenen Pflichtexemplars.

zugleich ein plastisches Bild von der Form des Seegrundes mittels der fünfmal übertieften Profilkurven. Alles Nähere ist aus der Schrift der Blätter (bes. Bl. III) selbst ersichtlich.

Betrachten wir nun das Blatt II von Ende März 1920, so fällt uns in erster Linie die gegenüber einer durchschnittlichen Seewassertemperatur von 5,0—5,5° C. um rund 2° C. höhere Temperatur des Aarewassers auf. Den Einfluss und die Verbreitung dieses relativ warmen Wassers können wir nun an Hand der Temperaturkurven auf den einzelnen Profilen leicht verfolgen. Auf dem mittleren Profil II, dem zuerst aufgenommenen vom 19. März, sehen wir deutlich eine gegen die Mündung zu durchgreifende allmähliche Zunahme der Seetemperatur. Das ist ohne Zweifel eine Folge der durch die Strömung der Aare bewirkten permanenten Durchmischung des Seewassers, wodurch schon im Winter eine gleichmässige Abkühlung dieses beeinflussten Gebietes infolge der beständigen Wärmezufuhr durch die Aare unterblieben sein musste. Bei genauerem Zusehen bemerken wir aber noch eine intensivere Erwärmung gegen die Oberfläche hin (II 1) und zwar besonders bei dem seitlich vom Ausfluss liegenden Pkt. I 1 — 3 Tage später aufgenommen! —, was auf eine, wenigstens in dieser Richtung und bei wenig Aarewasser, in erster Linie oberflächliche Ausbreitung schliessen lässt. Etwas anders verhält es sich vor dem um jene Zeit die Hauptmasse des Aarewassers führenden Turbinenkanal. Hier ist das Delta um 200 m weiter vorgerückt und Pkt. III 1 liegt gleich in seiner Mündung. Auch hier ist der Unterschied gegenüber den normalen Punkten III 5, 7, 9 und W 359 sehr augenfällig. Nur ist von einer vorwiegend oberflächlichen Ausbreitung nichts zu bemerken. Die Wassermasse ist so gross und die Strömung so stark — sie macht sich meist noch bei Pkt. III 3 fühlbar —, dass auf dieser ohnehin flachen Böschung sich weit hinaus eine fast völlige Durchmischung verfolgen lässt. Fast sage ich, weil diese Behauptung nur für eine Zone von bis zu 15—20 m Tiefe gilt. In dieser Tiefe scheint, wohl auch infolge der besondern Form des Grundes, die Mischkraft zu versiegen. — Ja, man bedient sich halt mit Vorliebe dunkler Dinge zur Erklärung von halbdunklen, und Strömungen, besonders in der Tiefe, sind nun mal dem Empiriker solch dunkle Beweismittel, die ihn gar zu leicht zum Spekulieren verleiten. Es bedürfte jedenfalls einer sehr komplizierten und kostspieligen Apparatur, um den Strömungen stereometrisch einwandfrei zu Leibe rücken zu können.

So verhalten sich also die Temperaturen dieses temperierten Sees (Forel) zur Zeit der frühjährlichen Aufhebung der Schichtung (Lit. 2, p. 110). Nun setzt allmählich zufolge Erwärmung der Atmosphäre und stärkerer Insolation mit vorrückender Jahreszeit von oben herab die normale thermische Schichtung ein. Da es nun nicht wahrscheinlich ist, dass das Aarewasser dieser Erwärmung in gleichem Masse Schritt hält, besonders nicht zur Zeit der Schneeschmelze, so dürfte sich die auf Blatt II so deutlich sichtbare thermische Beeinflussung allmählich verwischen. So sehen wir denn auf Blatt III, also schon im April, vom Einfluss eigentlich nur mehr eine Störung der thermischen Schichtung infolge unserer postulierten Strömungen, während die Temperaturunterschiede wegen der Grösse der Abszissen viel schwerer zu erkennen sind. Bei Profil II (12. April) sieht man deutlich, wie die völlige Durchmischung bei Pkt. 1 allmählich über Pkt. 2 in die normale Schichtung (Pkt. 3 und 4) übergeht. Das Profil I zeigt uns, soweit es gemessen worden ist — infolge des plötzlich aufkommenden SWW-Windes konnten bei I 3 nur noch in aller Hast vier wenig einwandfreie Temperaturen gemessen werden —, so ziemlich dasselbe vom 27. April. Am instruktivsten bleibt jedoch noch das Profil III vom 16. April. Hier bemerken wir ausser dem schon erwähnten Uebergehen in normale Schichtung bei III 5 noch ein auffälliges «Auskeilen» des wärmern Aareeinflusses gegen die Oberfläche hin, I 2 — 3 — 4. Uebrigens war diese selbe Erscheinung, wenn auch weniger augenfällig, schon auf Blatt II, Profil III festzustellen, wodurch dort wie hier die Unregelmässigkeiten der Temperaturkurven auf eine sehr naheliegende und plausiblere Ursache, die vorwiegende Oberflächenverbreitung des relativ warmen und somit leichten Aarewassers zurückgeführt werden können. Dabei bleibt die Tatsache der Durchmischung gleichwohl bestehen und zwar um so intensiver und tiefer greifend, je mehr wir uns der Mündung des Turbinenkanals nähern. Hier darf somit erst die Kurve III 5 praktisch als unbeeinflusst betrachtet werden.

Noch mehr verwischt für das Auge sind die Einzelheiten auf Blatt IV. Hier musste infolge der bedeutend höhern Temperaturen die graphische Grösse für 1° C von 5 auf 2 mm reduziert werden, um die Uebersichtlichkeit zu erhalten. Im unbeeinflussten Gebiet ist die bisher (mit Ausnahme von Profil I, Blatt III) kaum angedeutete Sprungschicht sehr markant zur Ausbildung gelangt. Was wir nun mit zunehmender Nähe des Deltas beobachten, ist

vor allem ein zunehmendes Verwischen des typischen Kurvencharakters. Die Aaretemperatur (III 1) erweist sich als gerade ebenso hoch wie die durchschnittliche Temperatur des Seewassers oberhalb der Sprungschicht während der täglichen oder besser nächtlichen Durchmischung, was natürlich ihren direkten thermischen Einfluss zunichte macht. Dafür bleibt nur noch die regionale Mischtätigkeit der Strömungen, die die strenge Schichtung beeinflusst, was graphisch eben in einer Abrundung der Temperaturprofile zum Ausdruck kommt. Dies sieht man recht deutlich bei I 2 und besonders bei II 2. Profil III ist auch hier wieder wegen seiner Lage vor der Mündung der Hauptwassermasse und der Gestalt seines Grundes scheinbar ein Spezialfall. Doch nur scheinbar, denn bei III 4 zeigt sich ja gegenüber III 5 auch schon jene Abrundung, die bei den näher der Mündung zu liegenden Stationskurven einfach infolge der geringen Tiefen nicht zur Darstellung kommen konnten. Die Sprungschicht käme ja hier gleich auf den Grund zu liegen.

Die Sichtbarmachung der beeinflussten Zone mittels Temperaturkurven wird, wie wir gesehen haben, mit fortschreitender warmer Jahreszeit immer schwieriger und ich habe deshalb auf weitere Messungen während des Sommers verzichtet. Wie leicht ersichtlich, wäre die kalte Jahreszeit besonders geeignet zu solchen thermischen Untersuchungen. Mein diesbezüglicher Plan kam jedoch aus praktischen Gründen nicht, d. h. erst am Ende des übrigens sehr lauen und niederschlagsarmen Winters zur Ausführung.

Im März 1921 nahm ich meine Messungen wieder auf, um indessen bald einzusehen, wie vorsichtig es war, schon ein Jahr früher angefangen zu haben. Der bedenkliche Wassermangel machte sich, wie überall, so auch hier sehr unerwünscht bemerkbar: Alles Aarewasser musste für das Elektrizitätswerk gestaut werden, so dass nur der Turbinenkanal Wasser führte und das zudem nicht einmal in normaler Menge. Dies alles zeigt sich deutlich genug in den auf Blatt V zusammengestellten Resultaten. Das Profil II hätte mir als ebenso unbeeinflusst («kein Zufluss!») die Aufnahme des Hilfsprofils durch C_{397} ersparen können, weshalb ich mir denn auch Profil I schenken durfte. Profil III zeigt ungefähr dasselbe Bild wie ein Jahr früher, nur mit bedeutend geringerer Ausdehnung des Einflusses, wie zu erwarten war.

Eine genaue Abgrenzung des Einflusses lässt sich schon deshalb nicht geben, weil die beiden Gebiete natürlicherweise ganz

allmählich ineinander übergehen. Ausserdem besteht die Möglichkeit der mit den Jahreszeiten und den klimatischen und meteorologischen Verhältnissen wechselnden Ausdehnung des Einflusses, wie sie durch den vergangenen Winter auf Blatt V zur Wirklichkeit wurde. Dazu kommt nun noch, last not least, die oben (Seite 10) festgestellte Tatsache, dass die Ausdehnung in verschiedenen Tiefen ungleich gross ist, dass sie von unten nach oben zunimmt und gegen die Oberfläche zu ihr Maximum erreicht, wobei ihre Feststellung dann infolge der Insolation in der obersten Schicht verunmöglicht wird. Sehen wir von alledem ab und suchen wir nach einer ungefähren Grenze des Einflusses, gestützt auf seine maximale Ausdehnung während des Sommers 1920 (März bis Juni), so können wir ohne grosse Schwierigkeit und Vergewaltigung der Tatsachen folgendes festhalten:

Auf Profil I, Richtung kleine Insel, reicht der Einfluss der Aare nachweisbar bis I 2 (1000 m), aber wohl kaum mehr als 100—300 m darüber hinaus, sagen wir 1200 m weit, als äusserte Grenze sicher nachweisbaren Einflusses gedacht.

Auf Profil II, Richtung Ligerz, dürfte diese selbe Grenze etwa 200—300 m weiter entfernt liegen, da wir z. B. bei II 3 auf Blatt II (und auch auf Bl. IV) uns des Gefühls sichtlicher, wenn auch sehr geringer Beeinflussung kaum erwehren können; setzen wir immerhin 1400 m, oder vielleicht besser die Zone von 1400—1500 m.

Auf Profil III endlich, Richtung Wingreis (Engelberg) verschiebt sich die Grenze der maximalen Beeinflussung (Oberfläche) noch um ein Bedeutendes weiter hinaus, da wir gerechterweise den Punkt III 4 auf keinem der drei Blätter völlig von jedem Einfluss freisprechen dürfen; wir werden auch hier mit 2000 m die äusserste mögliche Grenze kaum erreicht haben. Man hat sich wohl überhaupt ausserhalb dieser vom Takt diktierten Grenzen eine vielleicht 300 m breite Zone des sich verlierenden Einflusses zu denken. Bei dieser Aufstellung habe ich begreiflicherweise die Resultate vom März 1921 (Blatt V) als Ausnahmefälle nicht mitberücksichtigt.

Auf der Kartenskizze ist die Grenzzone der Temperaturen für 1920 durch die punktierte Zone αα, diejenige für den März 1921 durch die gestrichelte ββ angedeutet.

Viel schwieriger noch wäre die jeweilige Begrenzung des Einflusses in den verschiedenen tieferen Schichten, wobei zudem noch im März (Blatt II) nahe dem Grund die Eigenwärme des Bodens zu berücksichtigen wäre. Jedenfalls nimmt der thermische Einfluss

der Aare von den gesteckten Grenzen deltawärts sukzessive an Intensität und Tiefe der Ausdehnung (soweit es die Gesamttiefe gestattet) zu — oder umgekehrt, das Mischungsverhältnis ändert sich zuungunsten des Seewassers stetig bis zu dessen vollständigem Verschwinden in den beiden Mündungen. Dabei keilt das Aarewasser oben seewärts aus, während das Seewasser als Gegenkeil darunter «sich schiebt», um dem Grunde entlang deltawärts auszukeilen, was vermutlich schon ausserhalb I 1 und II 1 und vor III 2 (in jener Mulde) geschieht.

So gut uns doch eigentlich noch die Temperaturen einen Einblick in die fraglichen Verhältnisse gestatten, so schlecht steht es um meine Durchsichtigkeitsbestimmungen. Das ist nicht allein eine Folge der Primitivität der Methode und ihrer vielen Fehlerquellen, sondern hauptsächlich noch eine Folge der vollständigen Abhängigkeit vom Wind. Ich habe mir von vornherein aus diesen Gründen von ihren Resultaten nicht viel versprochen und ihre Bestimmung nur bei Gelegenheit (Windstille) neben den Temperaturmessungen ausgeführt. Da der leichteste Wellengang eine auch nur halbwegs brauchbare Bestimmung der Transparenz verunmöglicht und solche Winde selbst bei allgemeiner Windstille in gewissen Gebieten — besonders bei den Mündungen und auf dem seichten Rücken NE von der St. Petersinsel, also in Richtung II — nie ganz fehlen, so ist mir die Zusammenstellung zusammenhängender Profile bei weitem nicht immer gelungen. Zur Bestimmung der Durchsichtigkeit bediente ich mich einer weiss emaillierten Eisenplatte von 30 cm Durchmesser (Fabrikat Friedinger) und eines alten Regenschirmes. Die erhaltenen Zahlen bilden die Summen aus der Tiefe, in der die Scheibe verschwindet, und der Tiefe, in der sie beim Herausziehen wieder sichtbar wird. Diese Doppelablesung wurde mehrmals (meist dreimal) wiederholt und dann die grösste Summe notiert.

Auf Blatt VI habe ich die brauchbaren Resultate nach Profilen und zeitlich gesondert zusammengestellt. Die so erhaltenen Profile decken sich also nach Stationen mit den entsprechenden auf den Blättern II—V und VIII. Auf Profil I verhalten sich die Messungen vom 22. März auffallend sinngemäss und entsprechen ganz nach Wunsch dem Profil I auf Blatt II. Aber schon am 11. Juni lässt die Diskutierbarkeit bedenklich zu wünschen übrig. Auf Profil II verhält sich der 21. Juni, und vielleicht auch der unvollständige 28. Mai, ähnlich wie oben der 22. März, wenn auch infolge der fort-

geschrittenen Jahreszeit weniger ausgeprägt. Bekanntlich nimmt die Transparenz gegen den Sommer hin ab, um durch den Herbst hindurch wieder zuzunehmen und im Winter ihre Maxima zu erreichen. Die Sommerminima, die oft sehr plötzlich mit Gewitterhochwassern (s. unten) auftauchen, werden hauptsächlich durch die Menge des suspendierten Materials hervorgerufen. Damit hängt auch die scharfe Begrenzbarkeit der Durchsichtigkeit zusammen, indem die Scheibe schon bei geringer Tiefe fast plötzlich verschwindet, wie ein Gegenstand im Nebel (vergl. Lit. 2 und 10). Im Winter ist Abgrenzung oft sehr schwer, wenn in ziemlicher Tiefe die Scheibe ganz unmerklich verschwindet und man oft zwischen Zahlen, die bis 3 dm auseinander liegen, hin und her schwankt. So geschah mir im März 1921, und deshalb möchte ich den Differenzen vom 11. März auf Profil II gar kein grosses Gewicht beilegen.

Etwas «vernünftiger» und beredter sind glücklicherweise dann wieder die Profile III. Sie schliessen sich ohne Zweifel in der Deutung leicht an diejenigen der entsprechenden Temperaturprofile III auf Blatt II—V an. Ueberall ist bis III 4 noch ein deutlicher Einfluss erkennbar, wenn auch im Juni schon sehr zweifelhaft. Denn die Fehlerquellen sind so gross, dass Differenzen von 0,2 m überhaupt nicht beweiskräftig mehr sind. Ebenso annähernd entspricht der 11. März 1921 dem Profil III auf Blatt V, indem sich auch hier der Aareeinfluss nur bei III 2 fühlbar macht.

Auf Blatt VI rechts oben habe ich in zeitlicher Reihenfolge die mir zur Verfügung stehenden Transparenzen der Punkte C_{397} und O (zwischen C und II 7 vor Ligerz, unfixiert) zusammengestellt. Infolge der Lückenhaftigkeit der Serie — die zeitliche Nebeneinanderstellung erfolgte erst sekundär — konnte keine Kurve angezogen werden, wenn auch immerhin eine Andeutung von Sommerminimum und Wintermaximum zu erkennen ist. Als Beispiel für die starke Abhängigkeit der Durchsichtigkeit von äussern Einflüssen möchte ich nur noch folgendes erwähnen: Am 27. Mai fand ich nach einem starken Regen in den Alpen bei immer noch zunehmendem Hochwasserstand (Pegel 432,84 m) morgens 8 Uhr bei Pkt. C_{397} eine Transparenz von nur 2,7 m (Blatt VI und IV [Temp.]); die Seeoberfläche war ganz bedeckt mit Pflanzenresten, das Wasser schmutziggrün, wozu sich an der Oberfläche eine starke Strömung (40—50 m in 5 Minuten) Richtung Zihlkanal (-Neuenburgersee) fühlbar machte. Am 9. Juni war im selben Gebiet die Transparenz schon wieder 6,5 m (Pegel 432,56 m).

III. Das Verhalten des Planktons.

Aus dem Vorangehenden bereits Schlüsse zu ziehen betreffend das Verhalten des Planktons dürfte entschieden als gewagt gelten. Als wirklich bekannt können doch nur die thermischen Verhältnisse angesehen werden, die thermische Schichtung und ihre Beeinflussung durch die Aare. Ein Uneingeweihter müsste allein daraus geradezu paradox schliessen. Eine ungleich grössere Rolle spielen hier zweifellos die chemischen und optischen Verhältnisse und da uns diese nicht oder doch zum Teil nur sehr mangelhaft bekannt sind, so bleibt uns nichts anderes übrig, als rein empirisch das Verhalten des Planktons zu untersuchen.

Nun sind aber die Schwierigkeiten quantitativer Planktonuntersuchungen genügend bekannt, um vorauszusehen, dass es sich bei dieser zeitlich so eng begrenzten und doch so allgemeinen Untersuchung nur um einige herausgegriffene Beispiele handeln kann. Dabei ist die Zählung des Planktons, auch wenn sie nur relativ richtige Resultate zeitigen soll, so zeitraubend, dass es mir nicht möglich war, mehr als zwei Drittel des gefischten Materials durchzuzählen.

Meine Methode war folgende: Mit meinem, durch eine Auslösevorrichtung (Friedinger) als Schliessnetz verwendbaren Planktonnetz, dessen Oeffnung 2 dm^2 beträgt, machte ich an den gewünschten Stationen Stufenfänge von gewöhnlich (je nach der Tiefe) 10 zu 10 Metern, so dass immer ein bestimmtes Quantum Wasser, in unserem konkreten Falle 200 Liter, abgefischt wurde. Die Fänge wurden in markierte Fläschchen entleert, dabei das Netz jeweils dreimal gut durchgespült und zu Hause sofort mit einem bestimmten Quantum Formol (40% Formaldehyd) versetzt, sodass die Konservierungsflüssigkeit 4—5%ig wurde. Diese Flaschen wurden etikettiert und zur Untersuchung nach Bern mitgebracht. Die Untersuchung bestand nun im Zählen ihrer wichtigsten Formen und zwar wurde nach Gattungen und wo möglich sogar nach Arten gezählt. Erst wurde dem auszentrifugierten und gut durchschüttelten Fang, je nach seiner Reichhaltigkeit, auf einmal ein bestimmter Prozentsatz (10—25%) entnommen und dieser auf einer Zählplatte bei ca. 90facher Vergrösserung sukzessive vollständig nach allen typischen Formen durchgezählt. Vom übrigen, also vom gesamten Fang, zählte ich, bei 60facher Vergrösserung, nur noch die Kruster und grosse und gut kenntliche Rotatorien, sofern diese nicht zu zahlreich auftraten.

Während der Zeit meiner Untersuchungen, also während des Sommers 1920, bildeten folgende Formen die Hauptbestandteile des Planktons:

Ausnahmslos in allen Fängen machten die Diatomeen nach Zahl wie Masse den integrierenden Bestandteil aus. Die Hauptvertreter sind hier stets:

Fragilaria crotonensis var. prolongata und media,
Tabellaria fenestrata und T. flocculosa,
Asterionella gracillima,
Diatoma tenue var. elongatum,

und zwar herrscht im Frühjahr, bis Mai-Juni etwa, Diatoma vor, um dann bald stark zurückzutreten. Den Sommer über dominiert Fragilaria, welche besonders gegen Herbst in allen Grössen zwischen var. prolongata und var. media zu finden ist. Daneben ist Tabellaria fenestrata stark vertreten, während Asterionella und besonders T. flocculosa mehr zurücktreten. Von den übrigen Kielselalgen sind häufig vertreten:

Synedra Schroeteri u. a.,
Stephanodiscus astraea,
Melosira islandica-helvetica,
Cyclotella in verschiedenen Spezies,

ferner nicht selten Rhizosolenia longiseta (!) und vereinzelt, aber ziemlich konstant, viele weitere Gattungen: Cymatopleura (C. solea), Cymbella, Navicula, Surirella, Gyrosigma, Amphora, Eunotia u. a.

Während die Diatomeen im Winter fast das gesamte Phytoplankton ausmachen, treten in der wärmeren Jahreszeit neben Chlorophyceen, Conjugaten und Schizophyceen (bes. Clathotrix aeruginosa) hauptsächlich die Flagellaten hervor, und zwar in Dinobryon einerseits und den Peridineen (Dinoflagellaten) andrerseits.

Von Dinobryon (Eudinobryon), das vorwiegend die Oberflächenschichten bevölkert und zwar bisweilen in Seeblüten-ähnlicher Massenentwicklung, habe ich die verschiedensten Formen und Uebergänge beobachtet. Vorzüglich waren es

Dinobryon sertularia,
D. divergens und D. cylindricum,

die in allen Variationen nebeneinander sich vorfanden, sowie D. stipitatum und D. soziale besonders in Uebergängen und Zwischenformen.

Von andern Chrysomonadinen sind besonders auffallend vertreten

Uroglena volvox,

sowie die Gattung Mallomonas, vermutlich als

Mallomonas helvetica Pascher zu M. alpina gehörig (vergl. Pascher: Süsswasserflora Heft 2, p. 36).

Neben Dinobryon bilden die Peridineen einen weitern Hauptbestandteil des Phytoplanktons:

Ceratium hirundinella in zahlreichen Varianten (bes. Carinthiacum-, Austriacum-, Scotticum- und sogar nahezu Robustum-Formen) war jederzeit — März bis Oktober — vertreten, mit besonderer Häufigkeit im Hoch- und Spätsommer. Die Gattung Peridinium ist vertreten durch P. cinctum (P. tabulatum?),

P. Willei und

P. Westii,

neben denen noch verschiedene kleinere Peridineen vorkommen, z. B. Gymnodinium helveticum, Glenodinium, Gonyaulax.

An Zooplankton stellen die Kruster und die Rädertiere das Hauptkontingent. Unter den Protozoen sind aufzuführen:

Difflugia hydrostatica, spärlich,

Acanthocystis (A. lemani) im Sommer und Herbst 1919 sehr häufig, im Untersuchungsjahr nur vereinzelt und nicht sicher bestimmt.

Ciliata:

Tintinidium fluviatile,

Codonella lacustris,

Coleps amphacanthus, hirtus,

Dileptus gigas u. a. m.

als aktive Planktonten spärlich bis ziemlich häufig, ferner

Vorticella (V. nebulifera) auf Diatomeen,

Epistylis, oft (März 1920) massenhaft auf Copepoden,

beide als passive Planktonten, ebenso eine unbestimmte Suctorie auf Fragilariabändern.

Bedeutend wichtiger sind indessen die Rädertiere, von denen einige geradezu dem Plankton das Gepräge geben:

Synchaete pectinata, nicht sehr häufig, aber regelmässig,

Synchaete tremola, dominierend gegen Ende April-Mai 1920 (vergl. Blatt VII).

Asplanchna priodonta, an Zahl spärlich, aber regelmässig und durch seine Grösse auffallend,

Triarthra longiseta, spärlich, häufiger im April und Mai,

Polygarthra platyptera, durchwegs häufig, besonders im Sommer und Herbst,

Anuraea cochlearis, durchgehend häufig und in vielen Varietäten nebeneinander (var. macracantha, irregularis, irreg.-connectens, robusta, hispida u. a. m.),

Notholca foliacea, häufig als Kaltwasserform und wird im April-Mai restlos abgelöst durch

Notholca longispina, häufig, typische Sommerform.

Spärlicher, oder nur im Sommer und dann oft häufig, treten auf:

Pleosoma truncatum,
Rattulus, besonders R. capucinus,
Diurella porcellus, D. stylata,
Colurella etc.

Seltener, oft nur vereinzelt angetroffen wurden:

Conochilus unicornis, Synchaete stylata, S. longipes, Anapus, Pompholyx, Polychaetus subquadratus, Triarthra terminalis, Anuraea aculeata, Notholca striata, Pedalion mirum u. a. m.

Von den Krustern sind als typische Planktonten die Cladoceren und die Copepoden vertreten.

Cladocera:

Sida crystallina var. limnetica, wurde nur einmal im April gefunden und scheint also zum mindesten selten zu sein,

Diaphanosoma brachyurum, tritt besonders im Spätsommer und Herbst häufiger auf. — Die Gattung

Daphne vertritt die Formengruppe der D. pulex-longispina und zwar nach meiner Bestimmung ausschliesslich in den Formen der

Var. cucullata, die, in der Regel normal (forma apicata), im Sommer und gegen den Herbst helmtragend sein können. Im Frühjahr noch spärlich, nimmt die Art im Sommer stetig an Häufigkeit und Formenreichtum zu, ohne aber je zu dominieren (1920!).

Bosmina longirostris var. cornuta und
var. pellucida

war vom Mai an der zahlenmässig dominierende Kruster, wobei die beiden angeführten Varietäten nicht als strenge Formen, sondern als Grenzformen der häufigsten Uebergänge zu betrachten sind. Viel seltener tritt neben dieser kleinen Art die grosse

Bosmina coregoni auf, die mir hier in die Nähe von B. cor.-Stingelini und B. cor.-longispina zu gehören scheint. Von

Bythotrephes longimanus wurde nur einmal (29. März) ein Weibchen gefangen. Häufiger fand sich dagegen besonders vom Juni hinweg Leptodora Kindtii in allen Grössen bis zu 12 mm Länge.

Copepoda:

Diaptomus gracilis, durchwegs, aber nie besonders häufig,
Cyclops strenuus, stetig, aber spärlich,
Cyclops Leuckarti, häufiger, besonders im Sommer und Herbst. Andere Copepoden konnten nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Nauplien und Jugendstadien jederzeit, besonders im Frühjahr verhältnismässig hervortretend.

Diese Liste erhebt nicht den geringsten Anspruch auf Vollständigkeit, sondern will nur die wichtigsten Vertreter und ihr Verhalten während des Sommers 1920 (März bis Oktober) in grossen Zügen kennzeichnen.

Mit verwertbarem Erfolg gezählt wurden nur die Kruster, Rädertiere, Dinobryon und Peridineen. Dagegen musste ich die quantitative Berücksichtigung der Diatomeen bleiben lassen, deren auffallendstes Verhalten schon oben erwähnt wurde.

Die gefundenen Zahlen wurden auf 100 cm^3 Wasser als Einheit umgerechnet und auf den Blättern VII und VIII wiederum graphisch dargestellt. So instruktiv und übersichtlich diese Darstellungen auch sein mögen, so wollen sie doch mit grösster Vorsicht bewertet werden; denn hier haben wir es nicht nur mit physikalischen Grössen, sondern mit Lebewesen, mit mehr oder minder selbständigen Organismen zu tun. Hier spielen zweifellos noch Faktoren mit, die sich unserer Kenntnis noch entziehen, ganz abgesehen von den Fehlerquellen der Arbeitsmethode. Wir tun deshalb gut daran, nicht allzusehr in die Einzelheiten zu gehen, sondern die Resultate mehr summarisch zu betrachten.

Auf Blatt VII fällt schon auf den ersten Blick das sehr zu bedauernde Fehlen von Station II 4 auf. Doch werden wir wohl kaum den Tatsachen Gewalt antun, wenn wir schon den Pkt. 3, mit Hinblick auf Pkt. 7 und dann Profil III, als kaum mehr beeinflusst betrachten. Zum Pkt. C_{397}, als dem zuerst gezählten, möchte ich von vornherein ein grosses Fragezeichen machen. — So sehen wir denn bei II 1 und abnehmend noch bei 2 einen ziemlich deutlichen Einfluss, besonders auf die Kruster und Dinobryon, während sich Rädertiere und Ceratium als etwas widerstands-

fähiger erweisen, indem sie schon bei 2 ihre maximale Entwicklung erreichen. Die vertikale Hauptentwicklung liegt ausgesprochen zwischen 10 und 0 m Tiefe — nach gleichzeitigen Horizontalfängen oberhalb 5 m — und nur Ceratium bevölkert noch die tiefern Schichten. Der Einfluss auf das Zooplankton deckt sich also auch hier mit den bereits gefundenen Resultaten. Noch instruktiver ist Profil III, einen Monat später aufgenommen. Hier macht sich der Aareeinfluss ganz unzweideutig über III 2 und 3 hinaus bemerkbar. Allgemein haben die Rädertiere, besonders die Synchaeten (Synchaete tremola) enorm, zugenommen, während die Kruster eher zurückgingen. Dinobryon ist auch hier fast ausschliesslich Oberflächenform. Die Maximalentwicklung des Planktons ist auch jetzt noch bei 5 m Tiefe und darüber zu finden. Bei III 4 dürfte so ziemlich der Normalzustand wieder hergestellt sein und somit ist auch dieser Befund sehr wohl mit den frühern zu vergleichen. Die biologischen Verhältnisse und ihre Veränderungen decken sich also leidlich mit den physikalischen. Nur dürfen wir dieses Uebereinstimmen nicht direkt mit der Thermik in Beziehung bringen, weil das der relativ hohen Aaretemperatur zufolge absurd wäre. Wir haben die Temperaturmessungen lediglich als Mittel zum Zweck der Feststellung der Ausdehnung des Aareeinflusses benützt, aber das wirksame Prinzip kann die Thermik nur in sehr untergeordnet kleinem Masse sein. Die Störung der Schichtung geschieht durch die Strömungen und wird infolge der zu geringen Temperaturunterschiede durch diese kaum mehr verstärkt. Das, was nun aber diese Strömungen Fremdartiges bringen, ist das Aarewasser selbst mit seinen fremden chemischen Eigenschaften und seinem suspendierten Material. Sobald nun niemand mehr an der Fremdartigkeit des Flusswassers für das Seewasser und seine Biologie zweifelt, was wohl der Fall sein dürfte, können für uns konsequentermassen alle weitern Fragen nach dem Wie? und Inwiefern? etc. irrelevant sein. Wir haben uns mit der Ermittlung der Ausdehnung des Einflusses zu befassen und mit Begründungen nur insofern zu fechten, als sie mit den Untersuchungen unmittelbar verknüpft sind. Da es mir aus rein äussern Gründen unmöglich war, chemische Untersuchungen an Wasserproben auszuführen, mir also das nötige Tatsachenmaterial fehlt, so sind weitere problematische Diskussionen völlig unnütz.

Wenn nicht unnütz, so doch zum mindesten sehr schwierig erscheint mir die Diskussion von Blatt VIII. Was uns auf Blatt VII

ohne weiteres in die Augen springt, das sucht man hier so ziemlich umsonst. Trotzdem die Zählmethode genau dieselbe geblieben ist, glaubt man den Tatsachen Gewalt antun zu müssen, um sie im Sinne von Blatt VII betrachten zu können. Es besteht aber von vornherein ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den Fängen vom März und April und denjenigen vom Juni und dieser liegt in der starken Zunahme des Gesamtplanktons: Einzig die Copepoden haben nicht wesentlich zugenommen, alle übrigen Komponenten zeigen eine zahlenmässige Vermehrung auf das durchschnittlich Zehnfache, abgesehen von den Synchaeten, die nach ihrem Maximum Ende April wieder stark zurückgegangen sind, und von Dinobryon. Wir stehen also offenbar hier vor der Tatsache, dass die Beeinflussung des Planktons durch einströmendes Flusswasser in ein stehendes Gewässer nicht nur von den dadurch entstehenden physikalischen (und chemischen) Veränderungen, sondern relativ auch von der quantitativen Entwicklung des Planktons selbst abhängig ist. Die Beeinflussung ist um so leichter möglich und stärker, je weniger das Plankton entwickelt ist, ich möchte fast sagen, je weniger «gesättigt» oder je «verdünnter» die Plankton-«Lösung» ist. Dieses «Ungesättigtsein» ermöglicht den Organismen besser das «Vermeiden» der beeinflussten Zone, während bei Zunahme der Konzentration eine Art zwangsmässige Uebervölkerung stattfinden würde. Dabei bedingt den Unterschied der beiden Biocönosen Fluss und See lediglich das Vorhandensein des Hauptfaktors: Strömung (Bewegung) bei der einen und sein grundsätzliches Fehlen bei der andern, während die übrigen Unterschiede nach biologischer Bedeutung mehr zurücktreten, d. h. nicht gross genug sind, um dem Plankton in seiner Vollentwicklung hemmend entgegenzuwirken. Nur so kann ich mir die auf Blatt VIII offenbare Tatsache erklären, dass trotz Gleichbleibens der zugeführten Wassermassen und daher auch der thermisch festgestellten Ausdehnung des Einflusses, diese nicht auch, wie auf Blatt VIII, im Gesamtbild des Planktons zum Ausdruck kommt.

Auf Profil II (Blatt VIII) ist es direkt unmöglich, auf eine einheitliche Deutung des Verhaltens auch nur einer Komponente oder Komponentengruppe abzustellen. Begreiflich bleibt dies immerhin, wenn wir bedenken, dass der nach dem oben Ausgeführten einzig noch praktisch wirksame Faktor, die Strömung, hier vor dem breiten und flachen Stauwehrkanal bei II 1 überhaupt kaum mehr bemerkbar ist. Auf Profil III, wo die Strömung oberflächlich bei III 2 stets

und nicht selten noch bei III 3 sich fühlbar macht, ist auch bei einzelnen Planktonten ein Zurückbleiben auf den ersten zwei Stationen zu beobachten — so bei den Daphniden, bei Diaptomus und bei den Rädertieren insgesamt, wie auch in geringem Masse beim Plankton als Gesamteindruck. Mehr aus dieser Darstellung herauslesen zu wollen, halte ich für gewagte Spekulation.

Die in den Proben mitgefangenen suspendierten Geschiebe (feiner bis feinster Sand), sowie das Tripton (treibende tote organische Substanz, wie Pflanzen- und Tierreste, Holzpartikel und Coniferenpollen etc., vergl.: Julius Wilhelmi, Plankton und Tripton, im «Arch. f. Hydrobiologie und Pflanzenkunde», Bd. XI, 1916) habe ich bei den Zählungen schätzungsweise, durch gegenseitigen Vergleich, mitnotiert und die angewandten Bezeichnungen, von «fehlend», «sehr spärlich» bis «reichlich», grobschematisch auf den Blättern VII und VIII zu unterst jeder Rubrik angedeutet. Daraus ist immerhin ein allmähliches Absinken und Spärlichwerden der Suspensionen mit fortschreitender Entfernung vom Delta ersichtlich, wobei naturgemäss das leichtere Tripton länger schwebend bleibt.

IV. Beschaffenheit des Seegrundes.

Es ist mit Sicherheit zu erwarten, dass uns auch der Boden des Sees Anhaltspunkte in Fülle geben kann über die Grösse und Ausdehnung des Aareeinflusses. Als solche Kriterien sind zu betrachten die Korngrösse und die chemische Zusammensetzung der Sedimente mit Berücksichtigung ihres petrographisch-mineralogischen Charakters, sowie das Verhalten der Grundlebewelt. Allein das letztere wäre schon eine Untersuchung grösseren Masstabes für sich und liegt ausserhalb des Rahmens dieser Aufgabe. Ich musste mich deshalb so gut als möglich an die beiden ersten Punkte halten.

Schon vor der Einleitung der Aare in den Bielersee hat der See im Gebiet ihres nachmaligen Einflusses seinen tektonisch vorgebildeten Grund mit seinen Sedimenten überlagert. Diese Sedimente waren einerseits das Resultat der mechanischen Erosion der Ufer, die sich hauptsächlich in der litoralen Zone absetzten und andererseits absinkende Schwebestoffe organischer (tote Planktonten und Detritus) und anorganischer Natur, die durch die omnivore Bodenfauna teilweise zu sogenannter Gyttja (vergl. Sven Ekman, Die

Bodenfauna des Vättern 1915) umgewandelt wurde. Auf dieses so vorgebildete Gebiet ergoss nun die Aare ihre Geschiebe, die als grober Kies und Sand das Delta bilden und als feineres Geschiebe je nach Gewicht und Korngrösse mehr oder weniger weit in den Strömungen in den See hinaus verfrachtet werden.

Mit Hilfe meines Bodenschöpfers (Fabr. Friedinger). (Lit. 6, p. 124) habe ich auf den auf Blatt IX und X angegebenen Stationen Bodenproben entnommen und davon je die Oberflächenschicht in Glasflaschen zur Untersuchung aufgehoben. Die einfachste Durchmusterung ist diejenige nach der Korngrösse. Zu diesem Zwecke habe ich kleine Mengen der Proben mit etwas Wasser verdünnt und dann auf Objektträgern möglichst gleichmässig ausgestrichen und diese «Ausstrichpräparate» an der Sonne trocknen lassen. Dann wurden die so hergestellten Strichproben unter dem Mikroskop bei 60facher Vergrösserung durchmustert und je ein möglichst gleichmässiges Bild davon mittels eines Zeichenapparates abgezeichnet. Diese Zeichnungen habe ich auf Blatt IX nach den Fundorten der Proben geordnet so schematisiert zusammengestellt, dass die Körner schwarz wiedergegeben sind, während der feine Schlamm (Gyttja) durch feine Punktierung angedeutet wurde.

So einfach und oberflächlich auch diese Methode ist, so gibt sie uns doch ein übersichtliches Bild von den Korngrössen der Sedimente an den verschiedenen Punkten des durchforschten Gebietes. Selbst die Unterscheidung zwischen litoralen und fluviatilen Ablagerungen wird uns nicht schwer; den erstern Fall (mechanische, durch Wellenwirkung erzeugte und verfrachtete Erosionsgerölle in Ufernähe) haben wir ausgesprochen bei II 6 (mit merklicher Ausdehnung bis II 5), sowie an den Enden: A und F (bis E) des durch C_{397} gelegten Hilfsprofils und bei ⊙ α und ⊙ β vor uns.[1]) Durch die Flachheit des Strandes wird natürlich die Erosionskraft der Wellen, bei den starken Niveauschwankungen, sehr ausgedehnt wirksam.

Bestimmt ausschliesslich fluviatile Ablagerungen sind es dagegen, die uns in der Abnahme der Korngrösse vom Delta seewärts entgegentreten, weil hier nur das Delta selbst den (nahe genug gelegenen) Strand für Wellenerosion bildet. So sehen wir denn die Korngrösse hier, wie zu erwarten war, mit zunehmender

---

[1]) Die Punkte ⊙ α und ⊙ β liegen, direkt vor der obersten (sog. «Kalkhof»-) Ländte in Ligerz und zwar α bei 18,5 m und β bei 3,5 m Tiefe.

Entfernung von der Mündung abnehmen und zwar ganz entsprechend der bereits festgestellten Ausdehnung des beeinflussten Gebietes. In feiner Verteilung verbreiten sich Sandkörnchen sogar über das ganze untersuchte Gebiet und sogar über den ganzen See, was nach dem Seite 14 Gesagten gar nicht so erstaunlich ist.

Eine vollständige chemische Analyse der 26 Grundproben durchführen zu lassen, war mir aus finanziellen und andern Gründen nicht möglich. Ich habe mich deshalb, um wenigstens einen Anhaltspunkt zu geben, auf eine ungefähre Bestimmung des Kalkgehaltes mittels der durch Salzsäure freigemachten Kohlensäure (CO_2) beschränkt. Die Einfachheit der Analyse erlaubte, trotz der Zeitknappheit, noch eine 2—4malige Wiederholung zur Kontrolle, welche ein Student der Chemie die Liebenswürdigkeit hatte, für mich auszuführen. Meine Resultate erheben deshalb einen gewissen Anspruch auf relative Richtigkeit. Ich habe sie deswegen und der bessern Uebersicht halber auf Blatt X zusammengestellt. Nach den Untersuchungen von Weith 1880 (zir. in Lit. 7, p. 108, 109) beträgt der Gehalt des Bielerseewassers an Carbonaten 166,5 mgr pro Liter (CO_2 = 73,3 mgr), es steht somit in bezug auf Härte des Wassers an zweiter Stelle unter allen grössern Schweizerseen (1. Murtensee mit 224,0 mgr Carbonate und 98,6 mgr CO_2). Demnach wäre auch für den Grund ein bedeutender Kalkgehalt anzunehmen, der durch das wohl kalkärmere Aarewasser und -Geschiebe negativ beeinflusst wird. Das ist es nun auch, was wir aus Blatt X ersehen, wenn auch nur schwach ausgeprägt, da jedenfalls der Kalkgehaltsunterschied zwischen Fluss und See nicht besonders gross ist. Wenn wir andererseits einen, mit zunehmender Küstennähe und geringer werdender Tiefe sich vergrössernden Kalkgehalt des Bodenmaterials annehmen, wozu wir durch die geologische Lage des Sees und das Hilfsprofil durch C_{397} (bes. bei F), sowie das Verhalten von II 6 berechtigt sind, so zeigt uns Blatt X die grösste bisher gefundene Ausdehnung des beeinflussten Gebietes.[1]) Wir brauchen nur die Punkte B, C_{397}, D, E und II 7 als nicht oder sehr minimal beeinflusst zu betrachten und mit gleichtief gelegenen des beeinflussten Gebietes zu vergleichen. Das ist auch begreiflich, wenn wir bedenken, dass wir es hier mit jahrzehntelanger Sedimentation zu tun haben, während unsere frühern Resultate uns nur jeweils den momentanen Einflussbereich der Aare illustrierten. Für die Tiefenfauna ist diese ausgedehnte Sedimentation sicher von

[1]) Entsprechend ungefähr der Zone $\gamma\gamma$ auf der Kartenskizze.

grosser Bedeutung und ebenso für die Nektonten, denen diese als Nahrung dient, womit jedoch über ihre günstige oder ungünstige Wirkung nicht das Geringste gesagt ist. Für die Planktonfresser ist aber vor allem sicherlich das Verhalten des Planktons massgebend und zu diesem gehören in erster Linie die Coregonen, über deren Verhalten uns das Folgende Aufschluss geben wird.

V. Rückwirkung auf die Fischfauna.

Dieser letzte Punkt meiner Aufgabe hat mir von Anfang an am meisten Kopfzerbrechen verursacht. Jeder Fischer wollte etwas anderes beobachtet haben und über die Verhältnisse vor der Juragewässer-Korrektion konnte mir erst recht niemand etwas Sicheres sagen. Schliesslich wandte ich mich an den eidgenössischen Fischereiinspektor, Herrn Dr. G. Surbeck in Bern, der mir in zuvorkommender Weise folgendes mitteilte:

Vor der Einleitung der Aare wurde, nach Aussagen alter Fischer, im Bierlersee der Saibling (Salmo salvelinus L.) noch häufig und oft in grossen Exemplaren gefangen. Mit der J. G. K. trat unvermittelt ein Rückschlag ein und seither wird er nur höchst selten und zufällig mehr gefangen. Aehnlich verhielt es sich mit den Bondelles (Corregonus exiguus, Bondella). Auch sie gingen zurück — nach dem Glauben der Fischer hinauf in den Neuenburgersee (?) —, konnten jedoch nachträglich durch alljährliches Einsetzen künstlicher Brut bald wieder auf den ursprünglichen Stand gebracht werden. Doch erscheint ihre Verbreitung im See durch die Aare immer noch beeinflusst, wie das schon das Verhalten und der Zustand des Planktons (s. unten) bedingt. Sehr problematisch ist dagegen das Zurückgehen des Barsches (Perca fluviatilis), der ja auch in der Aare selbst zahlreich vorkommt. Hier spielen wohl die stark von den Niveauschwankungen (Eintreten der Hochwasserperiode) abhängigen Laichverhältnisse eine Hauptrolle. Ein solches temporäres Zurückgehen der Barsche ist übrigens auch in andern Schweizerseen beobachtet. Jetzt scheinen sie im Bielersee eher wieder zuzunehmen. Für den Hecht gilt ungefähr dasselbe wie für den Barsch. Ueber besonderes Verhalten der übrigen Fische liegen keine Beobachtungen vor.

Wie gross die Wirkung der Einleitung eines Flusses in einen See sein kann, zeigen uns sehr drastisch die Folgen des Einflusses der Kander in den Thunersee (Lit. 7, p. 86): Vor 1714 wurden

Alböcke (Renken, C. Wartmanni subsp. alpinus) im Thunersee oft geradezu in Massen gefangen (z. B. im August 1640 an einem Tage 6500, nach J. F. Wyttenbach, 1777). Dem Landvogte von Interlaken brachte der Fischfang einen jährlichen Reingewinn von 1500–2000 Pfd. ein, aber bald nach 1714 reichte der Ertrag kaum mehr hin zur Deckung der Unkosten und heute hat der Albock bei weitem nicht mehr seine frühere Bedeutung (l. c.). Auf das Fortkommen der andern Fischarten hatte das Kanderwasser einen geringeren Einfluss.

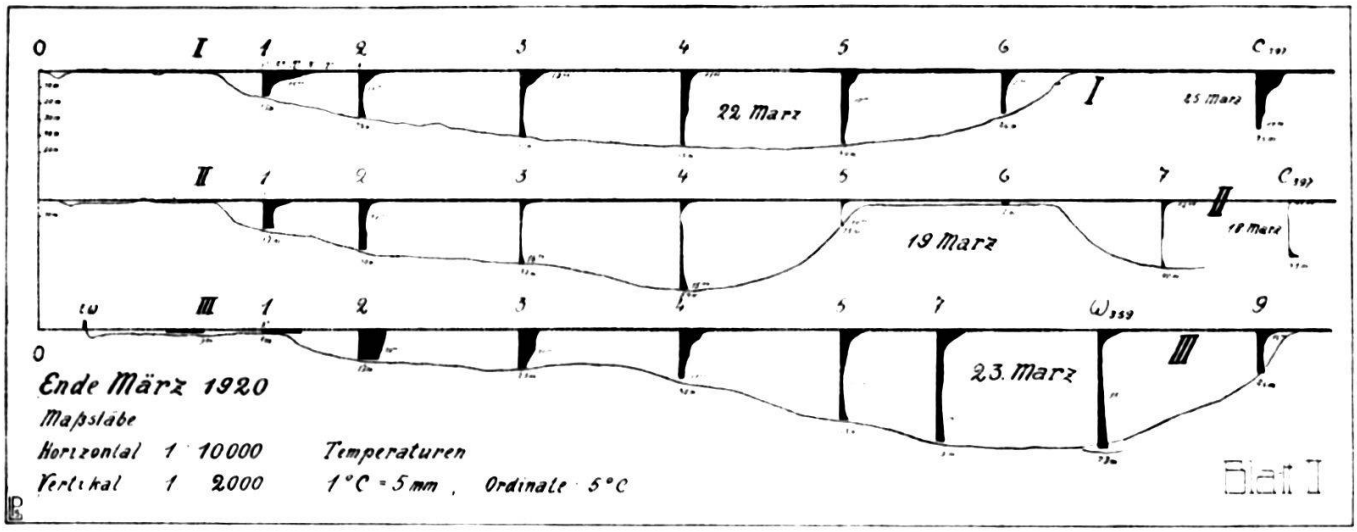
So hat also, ausser an den Saiblingen, der Fischbestand des Bielersees eigentlich keine Einbusse erlitten. Und wenn man beim Delta die beiden Bojen sieht, die das Schongebiet begrenzen, und dazu hart ausserhalb der verbotenen Zone oft auf einmal mehr Netz- und Zugschnur- («Löffeli»-) Fischer als sonst auf dem ganzen See, so erhält man eher den Eindruck, als müsse die Aaremündung ein Eldorado für die Fische sein. Sie ist es auch in gewisser Hinsicht und zu gewissen Zeiten z. B. für Brachsen und andere Cypriniden, die hier oft in grosser Menge auf Insektenlarven und besonders die ausschlüpfenden Imagines Jagd machen (und für die dadurch herbeigelockten Hechte als Räuber), nicht aber für die viel wertvolleren Edelfische, die Coregonen. Diese haben sich zweifellos infolge des schlechten Zustandes des Planktons im Bereiche der Mündungen in grössere Tiefen und Fernen zurückgezogen, wobei ich unter dem schlechten Zustand des Planktons seine auffallende Zerriebenheit verstehe, wie sie auch schon Herrn Dr. Surbeck persönlich aufgefallen ist.

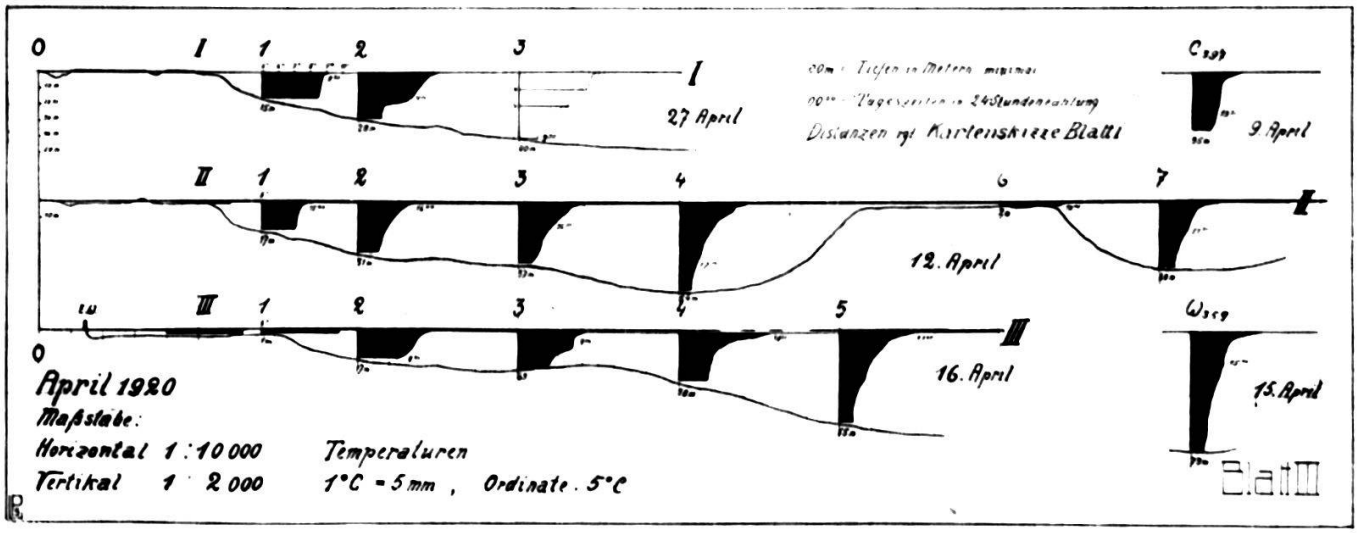
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Einfluss auf die biologischen Verhältnisse durch die Einleitung der Aare in den Bielersee besteht und nachgewiesen werden kann. Eine genauere Umschreibung der Ausdehnung des Einflusses jedoch ist nur für jeden einzelnen Faktor möglich und nur für einen bestimmten Zeitpunkt, zufolge den zeitlich sich ändernden Bedingungen. Indessen dürfte es nicht schwer sein, sich aus meinen Resultaten doch ein ungefähres Bild seiner Ausdehnung während der Zeitdauer meiner Untersuchungen zu machen.

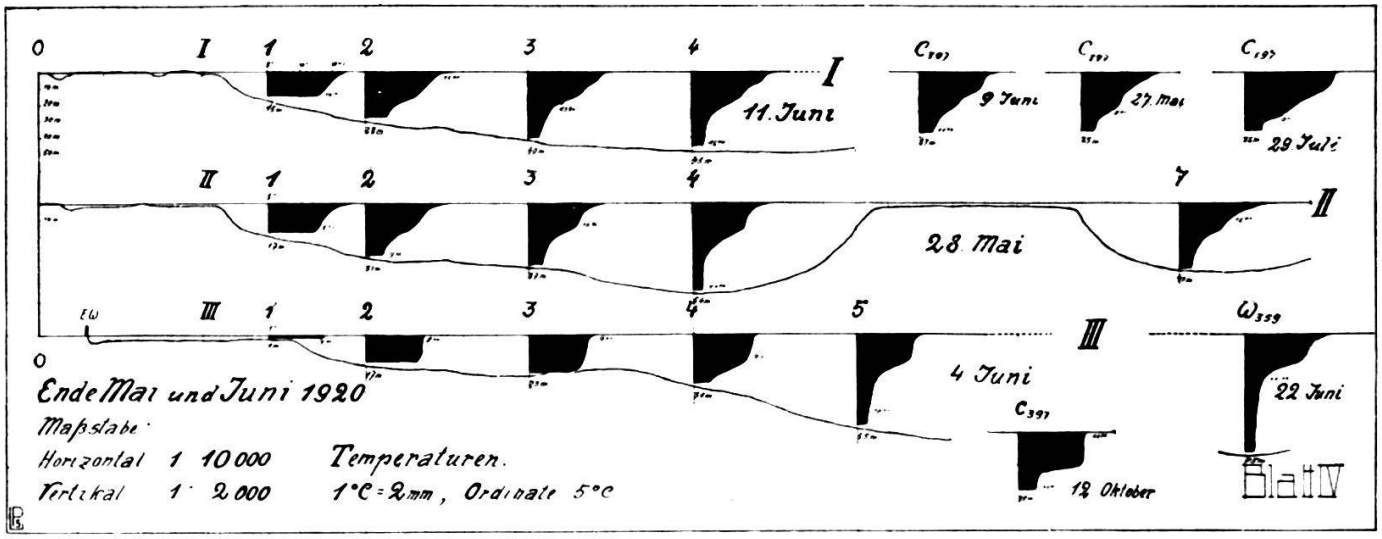
Tafelerklärung.

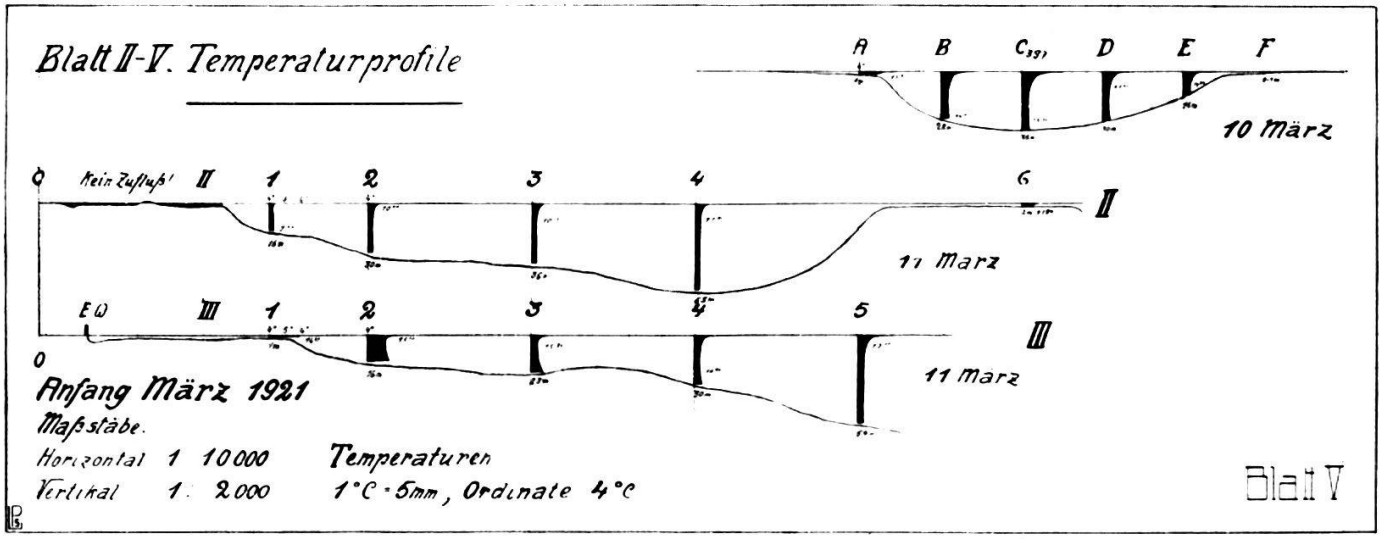
Blätter II bis VI und X sind photographische Verkleinerungen (linear 3:1) von Originalen auf Millimeterpapier; die Massstäbe sind dementsprechend umzuwerten. Blatt IX entspricht den wirklichen Verhältnissen. Auf den Blättern VII und VIII ist das Millimeterpapier mitgedruckt.

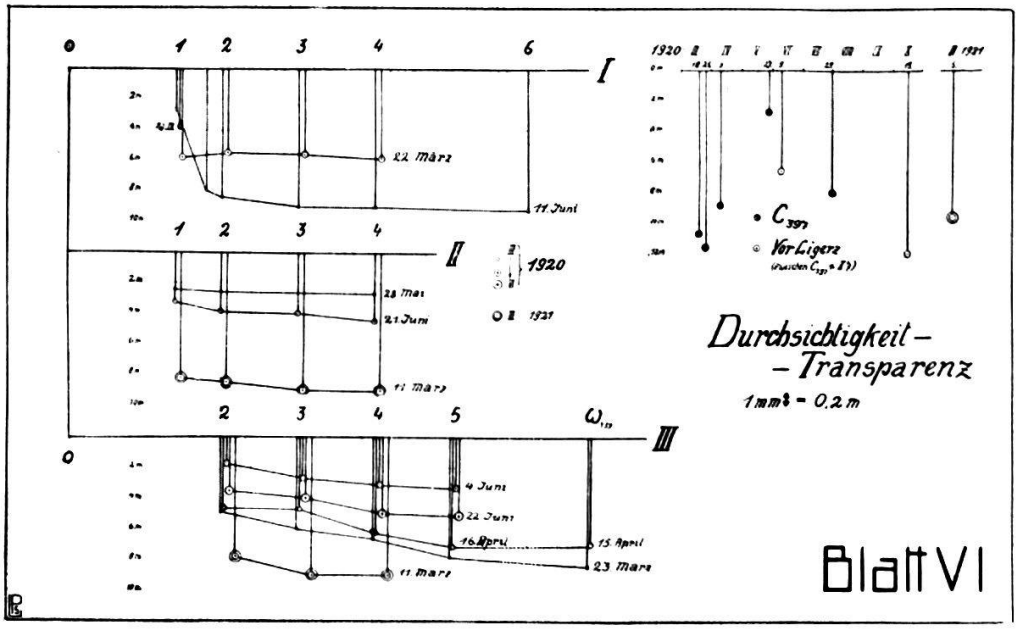
Berichtigung: Auf Blatt VI, Profil I sind die beiden Daten 22. März und 11. Juni zu vertauschen.

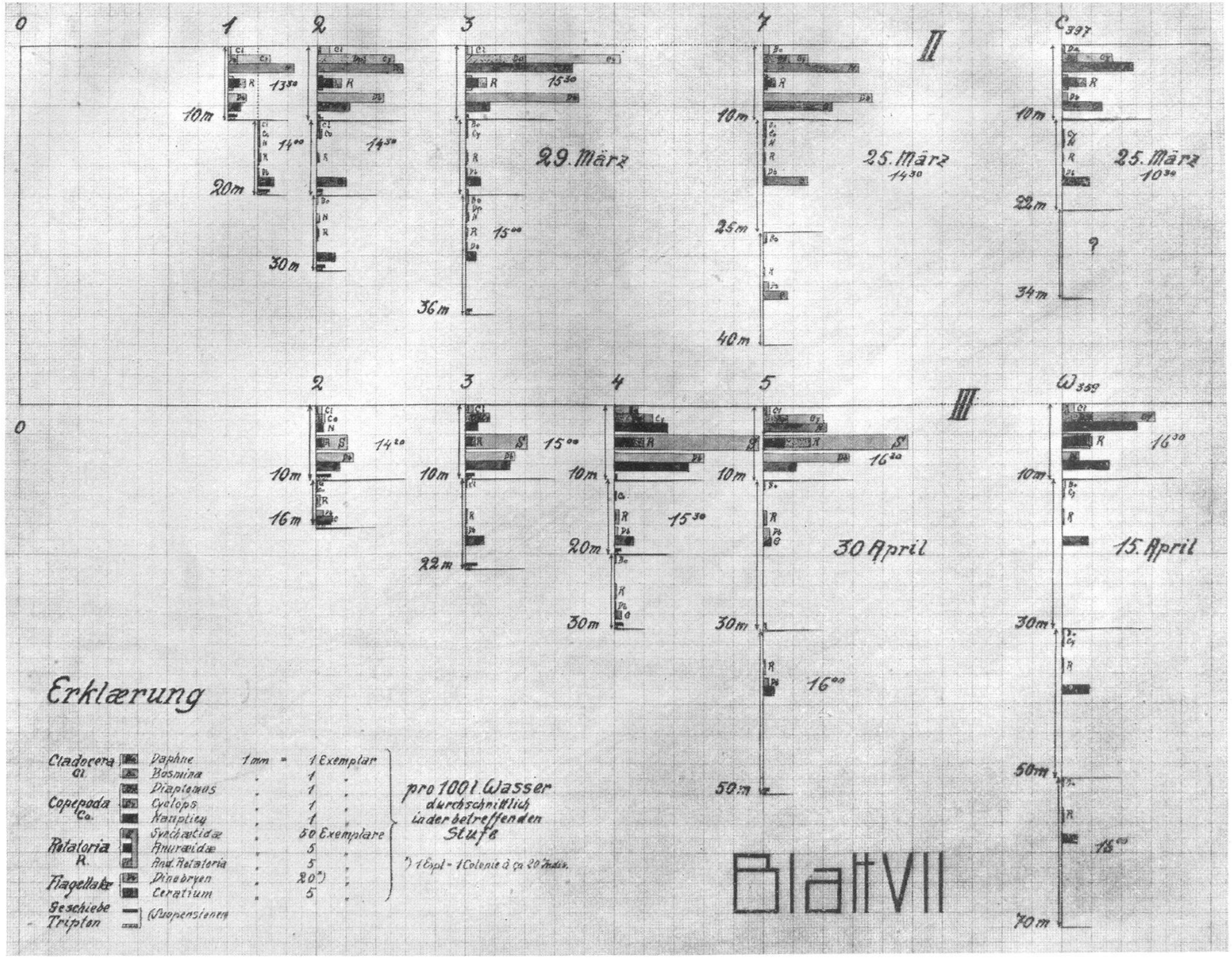


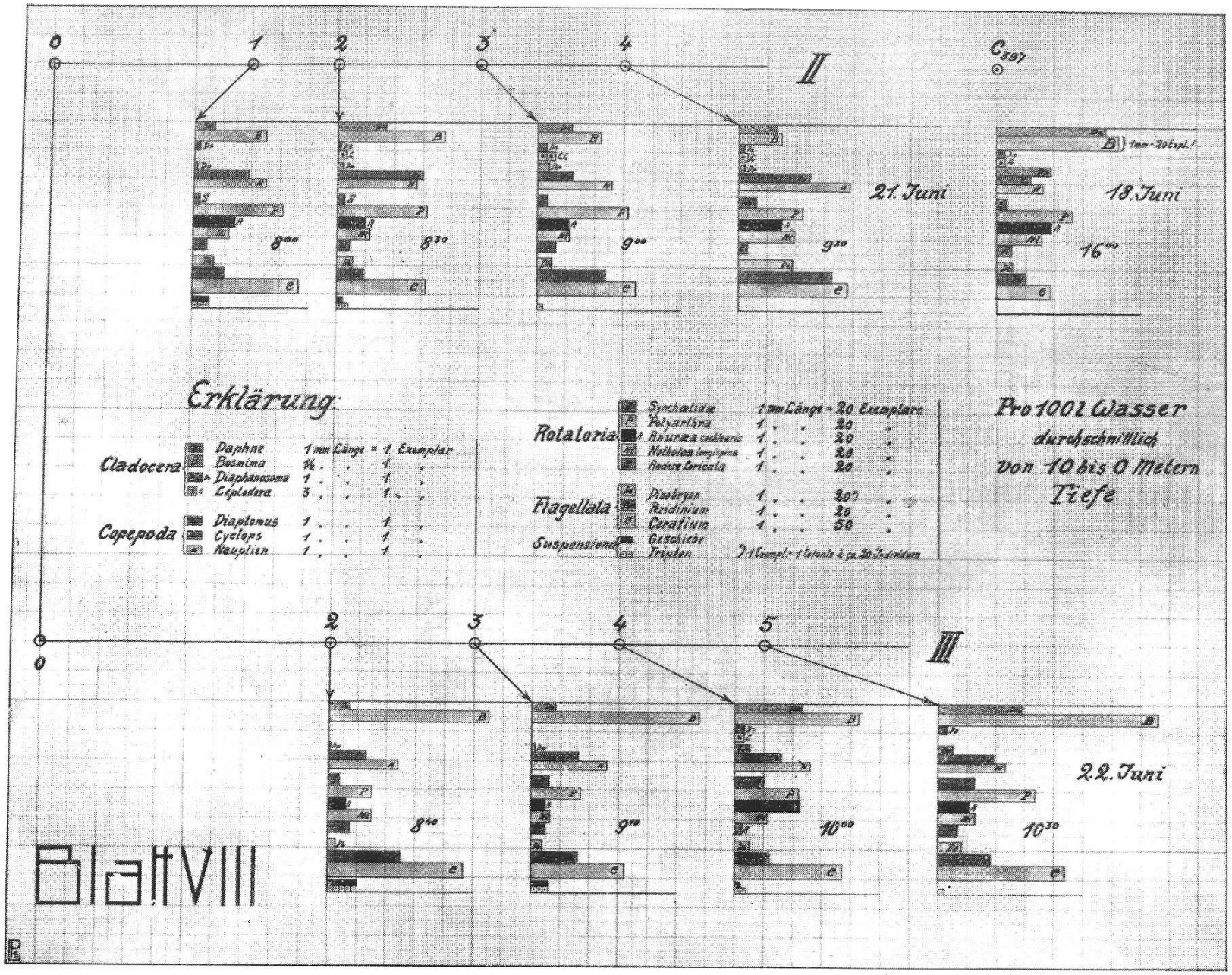


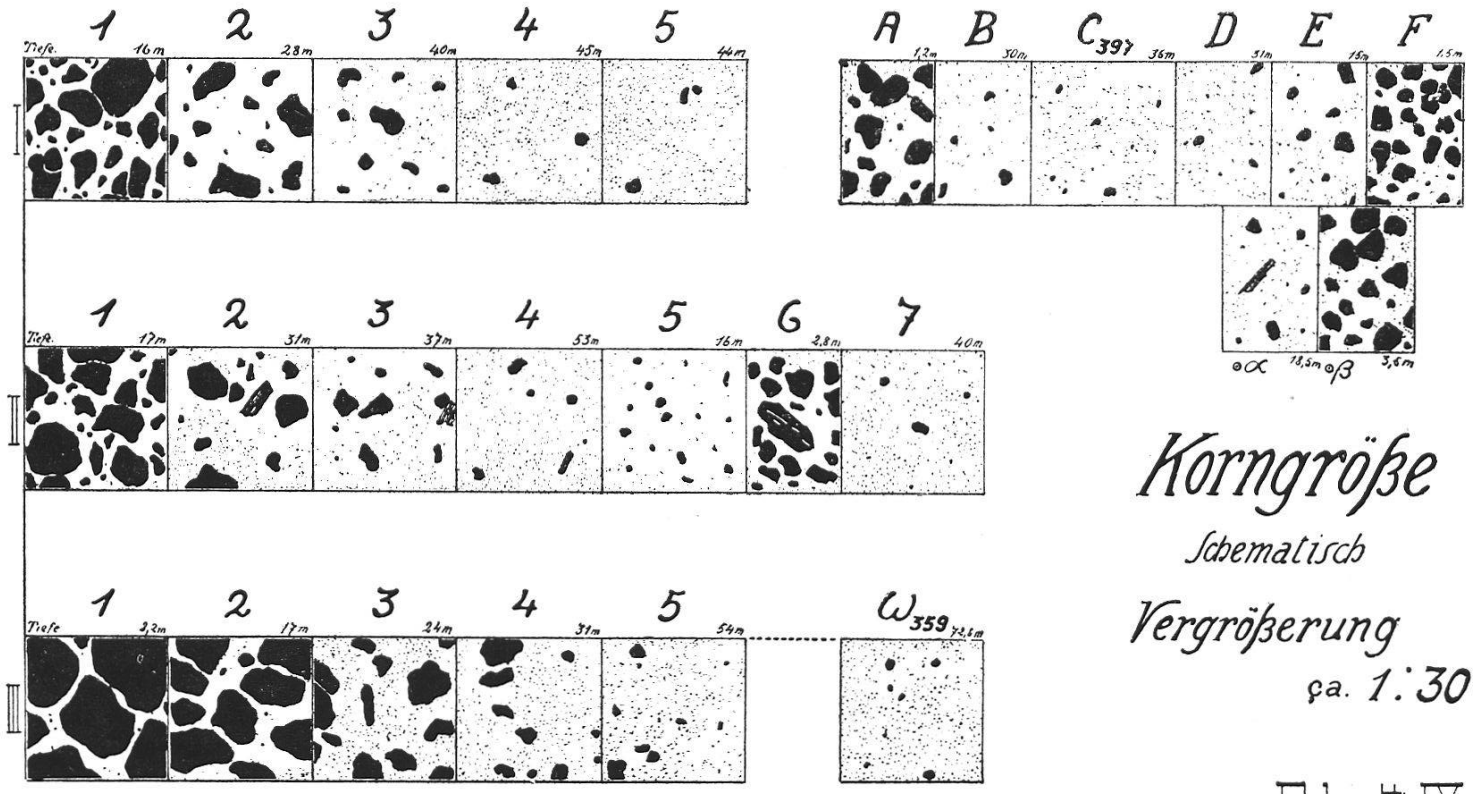

11. Juni
9 Juni
27. Mai
29 Juli
28. Mai
4 Juni
22 Juni
12 Oktober
Ende Mai und Juni 1920
Maßstäbe:
Horizontal 1 : 10000
Vertikal 1 : 2000
Temperaturen.
1°C = 2mm, Ordinate 5°C
Blatt IV


Blatt II-V. Temperaturprofile
10 März
kein Zufluß!
11 März
11 März
Anfang März 1921
Maßstäbe.
Horizontal 1 : 10000
Vertikal 1 : 2000
Temperaturen
1°C = 5mm, Ordinate 4°C
Blatt V


22 März
11 Juni
28 Mai
21 Juni
11 März
4 Juni
22 Juni
16 April
15 April
23 März
11 März
1920
1921
Durchsichtigkeit –
– Transparenz
1mm = 0.2m
Blatt VI


II
29. März
25. März
14³⁰
25. März
10³⁰
III
30 April
15. April
Erklærung
Cladocera Cl.
Daphne
Bosmina
Copepoda Co.
Diaptomus
Cyclops
Nauplien
Rotatoria R.
Synchætidæ
Anuræidæ
Ant. Rotatoria
Flagellaten
Dinobryen
Ceratium
Geschiebe
Tripton
(Suspensionen)
1 mm = 1 Exemplar
50 Exemplare
pro 100 l. Wasser durchschnittlich in der betreffenden Stufe
*) 1 Expl = 1 Colonie à ca. 20 Individ.
Blatt VII


0
1
2
3
4
II
C397
21. Juni
18. Juni
8⁰⁰
8³⁰
9⁰⁰
9³⁰
16⁰⁰
1mm = 20 Expl.!
Erklärung:
Cladocera
Daphne 1 mm Länge = 1 Exemplar
Bosmina ½ . . 1 .
Diaphanosoma 1 . . 1 .
Leptodora 3 . . 1 .
Copepoda
Diaptomus 1 . . 1 .
Cyclops 1 . . 1 .
Nauplien 1 . . 1 .
Rotatoria
Synchaetidae 1 mm Länge = 20 Exemplare
Polyarthra 1 . . 20 .
Anuraea cochlearis 1 . . 20 .
Notholca longispina 1 . . 20 .
Rotaria tardigrada 1 . . 20 .
Flagellata
Dinobryon 1 . . 20? .
Peridinium 1 . . 20 .
Ceratium 1 . . 50 .
Suspensiond
Geschiebe
Tripton
1 Exempl. = 1 Colonie à ca. 20 Individuen
Pro 100 l Wasser
durchschnittlich
von 10 bis 0 Metern
Tiefe
2
3
4
5
III
22. Juni
8⁴⁰
9⁰⁰
10⁰⁰
10³⁰
Blatt VIII



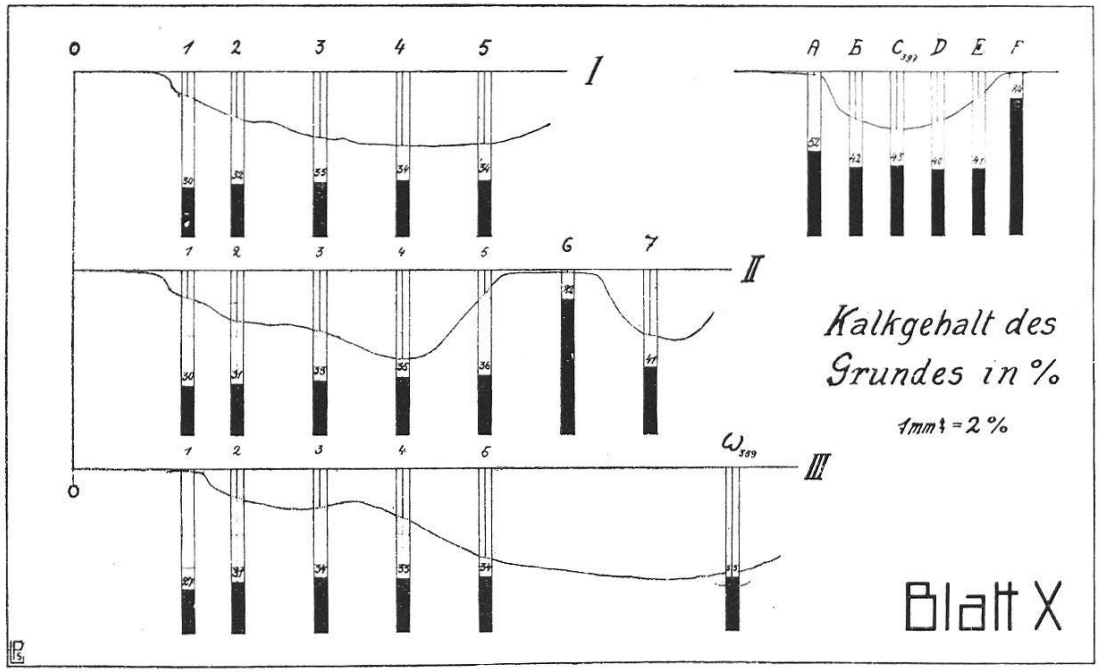
Korngröße

Schematisch

Vergrößerung

ca. 1:30

Blatt IX


0
1
2
3
4
5
I
A
Б
C
D
E
F
6
7
II
III
Kalkgehalt des
Grundes in %
1mm = 2 %
Blatt X

Zitierte Literatur.

1. Annalen der Schweiz. Landeshydrographie, II, 2: W. Stumpf: Methode der Deltavermessungen der Abt. f. Wasserwirtschaft, 1916.
2. Forel, F. A.: Handbuch der Seenkunde, 1901.
3. Heim, Alb.: Geologie der Schweiz, I, 1919.
4. Kayser, Em.: Lehrbuch der Geologie, I. Allgemeine Geologie, 1918.
5. Die Schweiz (H. Brunner), Bibliothek des geographischen Lexikons der Schweiz, 1909.
6. Steiner, G.: Untersuchungsverfahren und Hilfsmittel zur Erforschung der Lebewelt der Gewässer (Handb. f. mikrosk. Technik, 7 u. 8), 1919.
7. Heuscher, J.: Thuner- und Brienzersee, ihre biolog. und Fischereiverhältnisse. Beil. z. «Schweiz. Fischereizeitg.», Bd: III.
8. Landry, John: La correction des eaux du Jura, 1905.
9. Benteli, Alb.: Die Niveauschwankungen der 13 grössern Schweizerseen (Mitt. d. Nat. Ges. in Bern, 1899, p. 33).
10. Amberg, B.: Limnologische Untersuchungen des Vierwaldstättersees. Physikalischer Teil, I. Abt. in «Festschrift der Nat. Ges. Luzern» 1905.

Eingegangen 30. Oktober 1921.