©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

„Abhandlung des Natrongewässer-Symposiums Tihany—Szeged—Szarvas“ (29. 9.—4. 10. 1969)
Nr. 4

Die Dynamik der chemischen und optischen Veränderungen in ungarischen Natrongewässern

Von Zs. Dvihally-Tamás, Ung. Donauforschungsstation, Alsógöd

Mit 4 Abbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Juni 1970 durch w. M. W. Kühnelt)

Mit der biologischen Untersuchung der in Ungarn vorhandenen Natrongewässer wurde bereits Ende des vorigen Jahrhunderts begonnen. Die ersten, sich auf die Natrongewässer Ungarns beziehenden chemischen Angaben, die verstreut in biologischen Arbeiten angetroffen werden können, sind hauptsächlich wegen der Ungenauigkeit der analytischen Methoden unbrauchbar.

Unabhängig von den systematischen Untersuchungen haben die ersten selbständig durchgeführten hydrochemischen Arbeiten eher eine praktische Beziehung: Riegler 1923, Genersich 1930, Straub 1936.

Kol (1930) ergänzte die Ergebnisse ihrer an Natrongewässern unternommenen systematischen algologischen Forschungsarbeit mit hydrochemischen Hinweisen. Maucha (1949) hat sich im Zuge der auf chemischer Grundlage erfolgten Klassifizierung der Seen auch mit der chemischen Zusammensetzung der Natrongewässer eingehend befaßt und reihte die ungarischen Natrongewässer in die α-Limno- und α-Limnohalin-Gruppen und sonderte diese, der Form des Sterndiagramms entsprechend, scharf von den Gewässern anderen Typs ab. Von seinen Mitarbeitern führte Woynárovich (1941) die Gruppierung der Binnengewässer aufgrund der relativen Menge der Anionen durch, Varga (1926, 1929, 1931) studierte die Lebewelt des Neusiedler Sees und im Zusammenhang damit die saisonmäßige Änderung der chemischen Verhältnisse,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sodann untersuchte Donászy (1951, 1953) die hydrochemische Dynamik des Velencer Sees und die hydrochemischen Verhältnisse des Szelider Sees.

Eigene Untersuchungen fanden mehrere Jahre hindurch im Donau-Theiß-Zwischenstromland, an dem Abschnitt zwischen Kiskunfélegyháza und Szeged statt. Hierbei wurde die saisonmäßige und tageszeitliche chemische Dynamik der teils ständigen, teils periodischen Natrongewässer verfolgt (Dvihally 1958, 1960, 1961).

Die hydrographischen Eigenschaften der Natrongewässer Ungarns beruhen zum Teil auf den Bodenverhältnissen, zum Teil auf dem eigenartigen Klima des Alföld. Die Jahresmenge des Niederschlages beträgt im Alföld — in recht ungleichmäßiger Verteilung — 500—600 mm. Es kommt häufig zu 2- bis 4wöchigen Sommerdürren, weshalb die Natrongewässer stark astatisch sind. Im allgemeinen übertrifft ihre Tiefe nicht 1—2 m. Zufolge der im Verhältnis zur Wassermenge oft sehr großen Fläche ist das Maß der Verdunstung beträchtlich, also auch die Größe der Seen sehr veränderlich. Auch die Temperaturverhältnisse der seichten Seen sind labil, sie erwärmen sich im Sommer bis auf den Grund, im Winter hingegen frieren sie völlig ein. Auch während des Tages kann im Wasser der Seen eine große Temperaturschwankung verzeichnet werden.

Die Instabilität der physiographischen Eigenschaften kommt auch in den chemischen Verhältnissen der Natrongewässer zum Ausdruck: Chemische Veränderungen sowohl in der Menge der gelösten Salze wie auch in der Proportion der Ionen zueinander können lokal und saisonmäßig beobachtet werden. Auch in der aktuellen chemischen Zusammensetzung der nahe beisammenliegenden, ja in direkter oder dynamischer Verbindung stehenden Natrongewässer zeigt sich diese Veränderlichkeit.

Laut Seetypologie nach Maucha gehören die sich im Donau-Theiß-Zwischenstromland befindlichen Natronsalzgewässer und Natrongewässer zu den Gewässern vom α-Limno-Typ, die kein freies Kohlendioxid enthalten. Maucha unterscheidet innerhalb des α-Limno-Typs mehrere Untertypen, den im Wasser dominierenden (zumindest in einer Menge von 30 Äquivalentprozenten vorkommenden) Kationen und Anionen entsprechend. Demnach unterscheiden wir unter den ungarischen Natrongewässern die Gewässer mit Na^{+}-HCO_3^{-}-Gehalt (z. B. Harkaer See); mit Mg^{++}-HCO_3^{-}-Gehalt (z. B. der Belső-tó von Tihany); mit Na^{+}-Mg^{++}-HCO_3^{-}-Gehalt (z. B. der Velencer See) und Na^{+}-Mg^{++}-SO_4^{--} enthaltende

Gewässer (z. B. der Neusiedler See)[1]. Der Untertyp des Szelider Sees mit seinem Na^+-HCO_3^--Cl^--Gehalt ist bereits ein Übergang zwischen dem α-Limno- und α-Limnohalin-Typ.

Die Natrongewässer ohne CO_3-Ionen können freies CO_2 enthalten. Diese sind die Gewässer vom β-Limno-Typ. Die Natrongewässer des Gebietes jenseits der Theiß und die Fischteiche der Hortobágy gehören im allgemeinen zu dieser Gruppe. Naturgemäß ist eine straffe Kategorisierung nicht zweckmäßig, da es ja vorkommen kann, daß das Wasser irgendeines Sees infolge des CO_2-Verbrauches bzw. dessen Produktion gelegentlich entweder in den α- oder in den β-Limno-Typ gereiht werden kann.

Der Elektrolytgehalt der Natronsalz- und Natrongewässer besteht daher überwiegend aus Na-, Mg-, CO_3- und HCO_3-Ionen. Die Summe der Äquivalentprozente von CO_3^{--} und HCO_3^- ist im allgemeinen größer als die Äquivalentprozente von Na^+. Die Differenz rührt gewöhnlich von dem Mg^{++}-Gehalt her. Es sind uns viele solche Natrongewässer aus dem Donau-Theiß-Zwischenstromland bekannt, deren Mg^{++}-Gehalt die in ihnen vorhandene Na^+-Menge übertrifft. Demgegenüber kommt es auch vor, daß in den lang andauernden Trockenheitsperioden von den Kationen der im großen Maße konzentrierten Natronsalzgewässer nur mehr das Na^+ (mit einem Na^+-Gehalt von 100 Äquivalentprozenten) in gelöster Form erhalten bleibt. — In den Natrongewässern der Gebiete jenseits der Theiß ist neben Na^+ nicht Mg^{++}, sondern Ca^{++} das Hauptkation.

Die Na^+-Menge kann auch in absolutem Sinne zur Zeit der Sommerdürre mit 7000 lmg-Maximum bedeutend sein, was der Größenordnung nach dem Na^+-Gehalt des Meerwassers nahekommt. Während sich jedoch der Na^+-Gehalt des Meeres an Cl^- bindet und eben deshalb neutral ist, hydrolisiert das in Natronsalzgewässern vorhandene Na_2CO_3 alkalisch. In den Natronsalzgewässern mit CO_3^{--}-Gehalt liegt der p_H-Wert stets über 8,4, jedoch sind in den Gewässern des Donau-Theiß-Zwischenstromgebietes auch p_H-Werte von 10—11 nicht selten. Der p_H-Wert wechselt mit dem CO_3-Gehalt parallel, man kann demnach daraus auf die Intensität der im Wasser vor sich gehenden Assimilations- und Dissimilationsprozesse schließen.

Die Natronsalzgewässer enthalten wenig Ca^{++}-Ionen, zur Zeit der Konzentrierung der Seegewässer im Sommer fällt der Ca^{++}-Wert sogar bis zur Grenze der Nachweisbarkeit. Diese Gewässer können auch theoretisch nur in geringer Menge, maximal

[1]) siehe Arbeit NEUHUBER in diesem Band!

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

5—6 lmg, Ca-Ionen enthalten. Von der Sommerperiode abgesehen, kommt jedoch in den Natronsalzgewässern Ca^{++} dennoch in größerer Menge als erwähnt, oft sogar in doppelter Menge vor. Die Ursache hierfür liegt vermutlich darin, daß im Wasser ein stabiles kolloidales $CaCO_3$ gegenwärtig ist. Da diese Gewässer Na_2CO_3, kolloide Kieselsäure, Bodenkolloide in Lösung enthalten, wird die Ausscheidung des $CaCO_3$ in Kristallform durch die Schutzwirkung von diesen verhindert.

Die Alkalität der Natrongewässer ist groß, sie hat bei Natronsalzgewässern mit CO_3^{--}-Gehalt im allgemeinen einen Wert zwischen 20—50 Warthagraden, in extremen Fällen konnten wir auch sogar Natronsalzgewässer von 300 Warthagraden untersuchen (100gradiges Natronsalzgewässer entspricht einer n/10 alkalischen Lösung!). Vergleichshalber soll bemerkt werden, daß die Alkalität des Balaton zwischen 7—8, die der Donau zwischen 2—3 Warthagraden liegt.

Der Cl^--Gehalt ist vor allem im Wasser der in der Nähe bewohnter Siedlungen liegenden verunreinigten Natrongewässer höher, es kommt ihm sowie auch dem SO_4^{--}-Gehalt keine besondere Dynamik und Bedeutung zu.

Einer der wichtigsten Charakterzüge der Natrongewässer ist das in großer Menge gelöste Salz. Der Gesamtsalzgehalt schwankt, von der Verdunstung abhängend, im Laufe des Jahres in hohem Grade. Die gelöste Salzmenge beträgt in den Natrongewässern des Donau-Theiß-Zwischenstromlandes im allgemeinen mehrere tausend lmg, doch fanden sich auch Gewässer mit einem gelösten Gesamtsalzgehalt von 25.000 lmg, was der Größenordnung nach dem Salzgehalt des Meerwassers nahe kommt. Vergleichshalber sei mitgeteilt, daß der gelöste Gesamtsalzgehalt des Balaton um 400 mg, der der Donau zwischen 2—300 lmg beträgt. Die Gesamtmenge des gelösten Salzes kann auch innerhalb eines Sees sogar zu demselben Zeitpunkt sehr verschiedentlich sein. Die Eindunstung kann nämlich in den verschieden tiefen Teilen des Sees eine verschiedene Verteilung der Salzkonzentration hervorrufen und zur Gliederung der Seen in horizontaler Richtung führen, insbesondere dann, wenn der Wind die Unterschiede nicht ausgleicht. Varga maß z. B. an drei Stellen des Neusiedler Sees gleichzeitig einen Gesamtsalzgehalt von 3000, 7000 und 9000 lmg.

Die Ursache der in den Natronsalzgewässern jahreszeitlich vor sich gehenden chemischen Veränderungen ist direkt und indirekt in den meteorologischen Faktoren sowie in den biologischen Vorgängen innerhalb des Seewassers gegeben. Selbst jene Seen, die das meiste Natronsalz enthalten, verlieren im

Winter ihren Natronsalzcharakter, sie enthalten kein CO_3^{--}, ihr p_H-Wert und ihre Alkalität nimmt stark ab. Auch aus dem Herbst- und Winterniederschlag sowie aus der Atmosphäre gelangt CO_2 in das Seewasser, vor allem häuft sich jedoch im Wasser so viel CO_2 durch das Zurückdrängen der Assimilation und durch das Übergewicht der Dissimilation an, daß sich dadurch die CO_3^{--}-Menge im Laufe des Jahres allmählich vermindert und diese zuletzt im Winter gänzlich zu HCO_3^- umgewandelt wird. Im Laufe des Winters gelangt das Ca^{++} durch die Anhäufung des freien CO_2 aus dem am Boden der Seen abgelagerten kalkigen Sediment in das Wasser der Seen, bleibt in Lösung erhalten und kann bis auf das Zehnfache des Ca^{++}-Sommerwertes anwachsen. Während im Sommer der $CO_3^{--} + HCO_3^-$-Gehalt in den meisten Gewässern fast mit der Na^+-Menge gleichwertig ist, bindet sich im Winter ein bedeutender Teil des HCO_3^--Gehaltes an das Ca^{++} Mit dem Herannahen der optimalen Lichtverhältnisse zu Beginn des Frühjahres nimmt die Intensität der Assimilation sowie die Menge der assimilierenden Organismen zu. Es wird zuerst das freie, sodann das zum Gleichgewicht benötigte CO_2 aufgebraucht und das im Winter entstandene chemische Gleichgewicht kippt um. Mit Abnahme der CO_2-Menge scheidet sich das $CaCO_3$ allmählich aus, der Ca^{++}-Gehalt des Wassers nimmt daher ab. Nach völligem Verbrauch des freien und des zum Gleichgewicht benötigten CO_2 verwenden die Produzenten den zur Hälfte gebundenen CO_2-Vorrat des $NaHCO_3$, wodurch im Wasser des Sees das CO_3^{--} erscheint. Mit Zunahme der Assimilation und der Menge der assimilierenden Organismen steigt der CO_3^{--}-Gehalt im Laufe des Frühjahres und des Sommers ständig an, der Ca^{++}-Gehalt nimmt ab und die p_H- und Alkalitäts-Werte werden immer größer.

Infolge des Anwachsens der Lichtintensität über den optimalen Wert hinaus kommt Mitte des Sommers die Dissimilation ins Übergewicht und zu dieser Zeit läuft der ganze Prozeß in verkehrter Richtung ab. Er führt gewöhnlich nicht bis zum Verbrauch des CO_3^{--}, sondern es kommt bloß zur Verminderung der CO_3^{--}-Menge. Am Ende des Sommers und im Herbst ist wiederum ein anhaltender Anstieg wahrzunehmen, der im großen und ganzen mit den Frühjahrszuständen übereinstimmt, sodann kommen zu Beginn des Winters von neuem die Dissimilationsprozesse ins Übergewicht, die CO_3^{--}-Menge nimmt ab, verschwindet zuletzt völlig und es tritt der oben geschilderte Winterzustand ein (Abb. 1).

Allgemein gesehen ist das Natronsalzgewässer ein ziemlich schwankendes, aus vier Komponenten bestehendes chemisches System, in dem die folgenden Bestandteile zueinander im Gleich-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

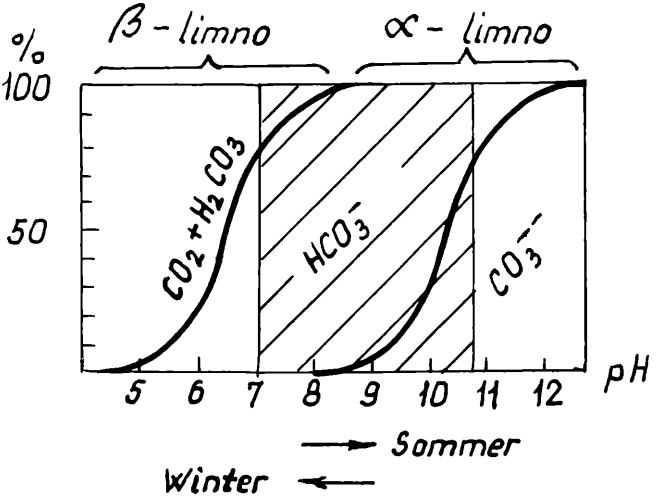

Abb. 1. Erscheinungsformen des CO_2 und deren Zusammenhang mit dem pH-Wert

gewicht stehen: Na_2CO_3, $NaHCO_3$ und Ca $(HCO_3)_2$ in dissoziiertem Zustande und $CaCO_3$ in nicht gelöster Form. Die jahreszeitliche Schwankung der CO_2-Menge ist sehr groß, die Proportion der gleichgewichtsbildenden Komponenten ist demnach im Laufe des Jahres in großem Maße Veränderungen unterworfen (Abb. 2).

Die Menge der Komponenten wechselt auch im Verlauf eines Tages. Mehrere 24stündige Untersuchungen haben bewiesen, wie groß der Unterschied zwischen dem maximalen und minimalen O_2, HCO_3, CO_3-Gehalt und dem p_H-Wert in den Natronsalzgewässern ist: Wenn die Assimilationstätigkeit des im Seewasser lebenden Phytoplanktons intensiver ist als die Dissimilation und die Atmung des Zooplanktons, nimmt die Menge des O_2 zu, der HCO_3^--Gehalt vermindert sich und dadurch steigt der CO_3^{--}-Gehalt des Wassers an; im konträren Falle ist es umgekehrt. An den verschiedenartig beleuchteten Stellen der Seen laufen die biologischen Prozesse mit unterschiedlicher Intensität ab. Der O_2-Gehalt des Wassers steigt vom Ufer gegen das offene Wasser zu allmählich an, die HCO_3^--Werte wechseln dagegen in umgekehrter Richtung. In den schattigen Wasserschichten unter dem Schilf geht die O_2-Produktion bloß in den Vormittags- und Mittagsstunden vor sich. Befindet sich im Wasser ein Streifen aus Binsengras, so ist in dieser Region der Lichtmangel nicht so stark, dennoch hält der „Tag" vom Gesichtspunkt der Assimilation aus viel

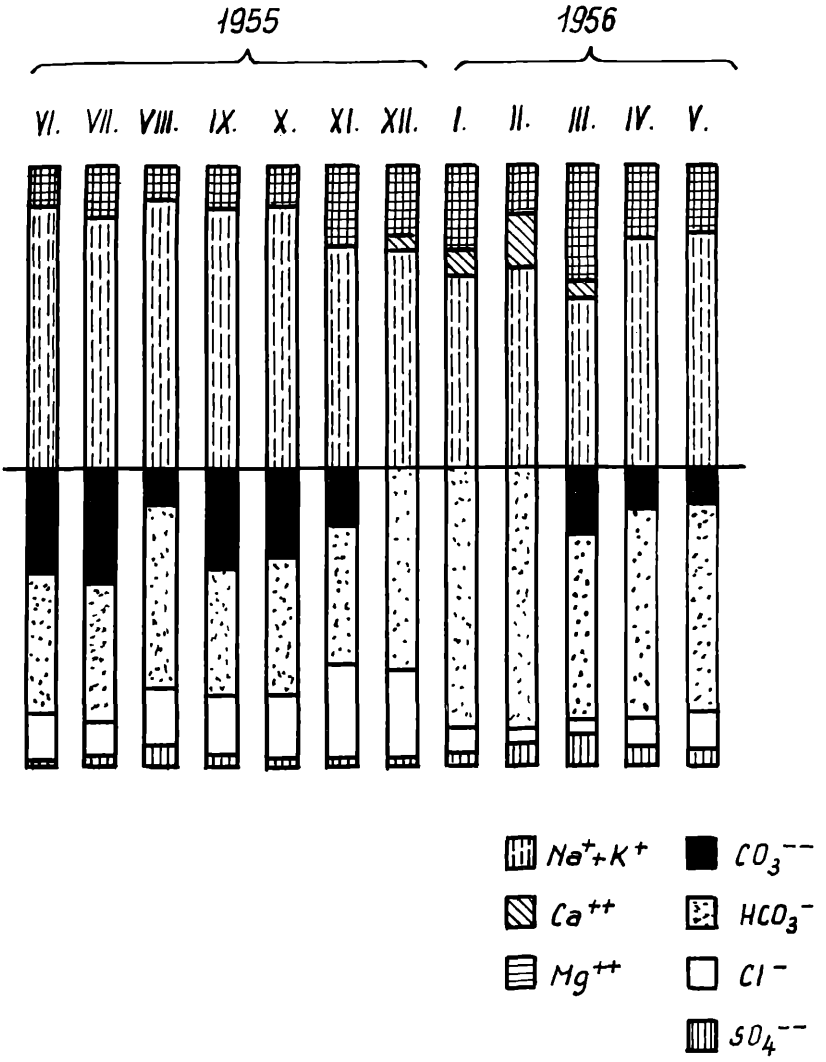

Abb. 2. Jahreszeitliche Veränderungen im Chemismus des Nagyszektó bei Kistelek

kürzer an als im Falle des freien Wassers. Mit den Veränderungen der Menge des O_2 zugleich können auch Veränderungen der CO_3^{--}-Menge und des p_H-Wertes gleicher Richtung und der HCO_3^{-}-Menge entgegengesetzter Richtung beobachtet werden. Man kann

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ferner beobachten, daß die quantitativen Veränderungen des gelösten O_2 in demselben Zeitraum in jedem Falle geringer sind als die in entgegengesetzter Richtung vor sich gehenden Veränderungen der HCO_3^--Menge, das heißt, daß mit verhältnismäßig geringen O_2-Schwankungen gleichzeitig größere HCO_3^--Schwankungen einhergehen.

Schließlich seien noch kurz die optischen Eigenschaften der Natrongewässer erwähnt. Die Farbe dieser seichten Gewässer ist im typischen Fall gelblichbraun. Bei windigem Wetter werden sie bis zum Grund aufgewirbelt und trüb. Ihr gelblich braunes Farbmaterial ist dialisierbar, sie haben also ihre eigene Farbe, die nicht von den kolloiden Teilchen, von Lehm, Phytoplankton oder Detritus, sondern von organischen Säuren und von den aus dem Boden aufgelösten molekulär verteilten Farbstoffen herrührt.

Im Gegensatz zum reinen Wasser, dem Wasser der Ozeane und der oligotropen Seen lassen die Natrongewässer am wenigsten das blaue Licht durch, die Durchlässigkeit der sonstigen Farben nimmt mit dem Anwachsen ihrer Wellenlängen zu (Abb. 3). Gegen die tieferen Schichten der Natrongewässer zu dominieren immer mehr die Strahlen von langer Wellenlänge und in etwa 20—30 cm Wassertiefe bedeutet „Licht" fast ausschließlich den orangefarbenen und roten Farbbereich, das heißt, es wird bereits

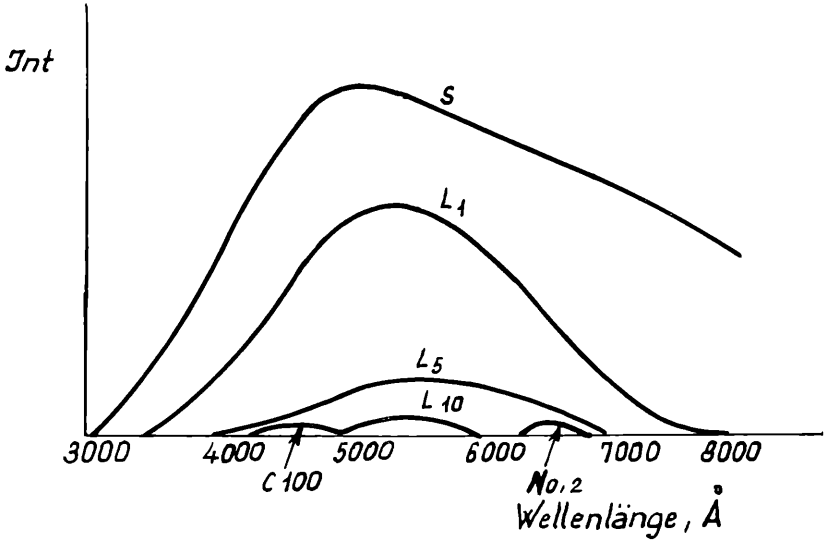

Abb. 3. Die Lichtverteilung in verschiedenen Gewässertypen

fast ausschließlich innerhalb dieses Bereiches Energie geliefert (Abb. 4). Trotz der im Vergleich zu den reinen Gewässern sehr starken Lichtabsorption der Natrongewässer sind dennoch die Lichtverhältnisse vom Gesichtspunkt der biologischen Produktion günstig, da sie im größten Maße von den Strahlen des für die Assimilation im allgemeinen aktivsten Lichtbereiches durchdrungen werden. Trophiegrad und große Produktion der Natrongewässer können zum Teil auf diese Weise erklärt werden.

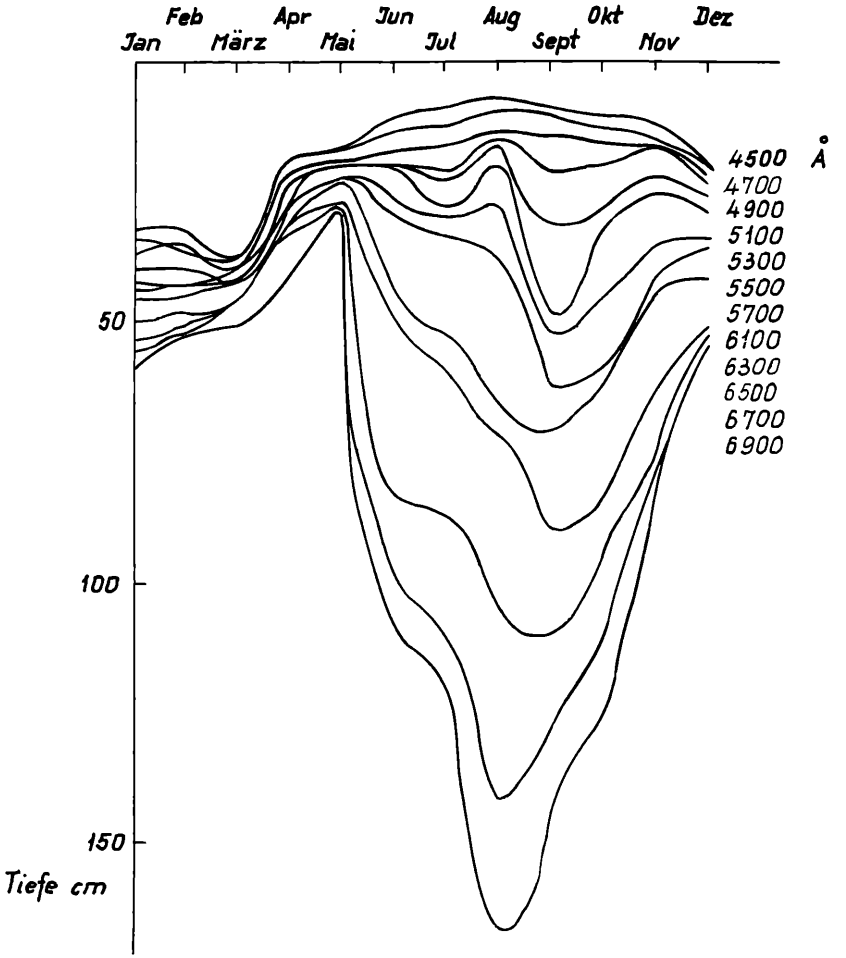

Abb. 4. Lichtverteilung im Nagyszektó bei Kistelek

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Anhang

Verzeichnis der seit 1962 erschienenen Studien an Natrongewässern Ungarns von J. MEGYERI

ANDÓ, M., 1961—1964: Geomorphologische und hydrographische Charakterisierung des Kunfehér-Sees und seiner Umgebung. Acta Geographica, V.

— 1964: Die physisch-geographische Charakterisierung des Süd-Alföld. (ung., Dissertation, Manuskript.)

— 1966: Mikroklimaverhältnisse der sodahaltigen Teiche im südlichen Teil der Großen Tiefebene. Acta Geographica, VI.

ANDÓ, M. und MUCSI, M., 1967: Klimarhythmen im Donau-Theiß-Zwischenstromland. Acta Geographica, VII.

BODROGKÖZY, GY., 1965: Ecology of the halophilic Vegetation of the Pannonicum. III. Results of the Investigation of the Solonetz of Orosháza. Acta Biologica, XI.

— 1965: Ecology of the halophilic Vegetation of the Pannonicum. IV. Investigations on the Solonetz Meadow Soils of Orosháza. Acta Biologica, XI.

— 1966: Ecology of the halophilic Vegetation of the Pannonicum. V. Results of the Investigation of the „Fehértó" of Orosháza. Acta Botanica, XII.

FERENCZ, M., 1965: Beiträge zum Zoobenthos des Weißen-Teiches („Fehértó") bei Kardoskut. Acta Biologica. XI.

— 1967: Beiträge zu Zoobenthos-Untersuchungen des Kunfehértó. Acta Biologica, XIII.

KISS, I., 1959: Die Mikrovegetation des Fehértó von Kardoskut-Pusztaközpont. (ung. mit deutscher Zf.) Szegedi Pedagógiai Főiskola Évkönyve.

— 1963: Untersuchungen über Wasseraufbrüche auf den Sodaböden in der Umgebung von Orosháza mit besonderer Rücksicht auf die Änderungen des Bodenzustandes und der Pflanzenwelt. (ung. mit deutscher Zf.) Szegedi Tanarképző Főiskola Tudományos Közleményei.

— 1968: Untersuchungen von Bodenflächen mit Wasseraufbrüchen an den Szik-Gebieten des Süd-Alföld mit besonderer Rücksicht auf die Massenproduktionserscheinungen der Mikrovegetation. (ung. mit deutscher Zf.) Szegedi Tanárképző Főiskola Tudományos Közleményei.

MAREK, N. et al., 1965: Untersuchungen über Probleme der Algenzüchtung. Szeged.

MARIÁN, M., 1966: The Herpetofauna of the Fehértó (Lake Fehér) near Kardoskut, Hungary. Vertebrata Hungarica, VIII.

— 1968: Die Amphibien- und Reptilienfaunen des Kunfehértó (Kunfehérsodaseen) in Ungarn. Vertebrata Hungarica, X.

MIHÁLTZ, I. und MUCSI, M., 1964: Hydrogeologie des Kunfehértó bei Kiskunhalas. (ung. mit deutscher Zf.) Hidrológiai Közlöny, 44.

MEGYERI, J., 1963: Vergleichende hydrofaunistische Untersuchungen an zwei Natrongewässern. Acta Biologica, IX.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

MOLNÁR, B. und MUCSI, M., 1966: Die hydrogeologischen Verhältnisse des Fehértó bei Kardoskut. (ung. mit deutscher Zf.) Hidrológiai Közlöny, 46.

MUCSI, M., 1965: Die geologischen Verhältnisse des Petőfi-Sees bei Soltvadkert. (ung. mit deutscher Zf.) Földtani Közlöny, 95.

STERBETZ, I., 1965: The bird fauna of the Fehértó of Kardoskut. (ung. mit englischer Zf.) Vertebrata Hungarica, VII.

— 1966: Date to the mammalian and fish faunas of the Kardoskut reservation. (ung. mit englischer Zf.) Vertebrata Hungarica, VIII.

— 1967: First results of the preservation of the Fehérto of Kardoskut. (ung. mit englischer Zf.) Állattani Közlemények, LIV.

— 1968: Studium über die Umgebung der im Kardoskuter Naturschutzgebiet lebenden Wildenten. (ung. mit deutscher Zf.) Aquila, LXXV.

— 1968: Der Zug der Zwerggans auf der ungarischen Pußta. „Ardea", 56.

UHERKOVICH, G., 1965: Beiträge zur Kenntnis der Algenvegetation der Natron- bzw. Soda-(szik-)Gewässer Ungarns. I. Über die Algen des Fehér-Teiches bei Kunfehértó. Acta Botanica, XI.

— 1967: Beiträge zur Algenflora der Natron-(szik-)Gewässer Ungarns. I. Euglenophyten aus dem Teich Őszeszék. Acta Biologica, 13.

— 1969: Beiträge zur Kenntnis der Algenvegetation der Natron- bzw. Soda-(szik-)Gewässer Ungarns. II. Über die Algen des Teiches Őszeszék. Hydrobiologia, 33.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1971

Band/Volume: 179_5-10

Autor(en)/Author(s): Dvihally-Tamás

Artikel/Article: "Abhandlung des Natrongewässer-Symposiums Tihany-Szeged-Szarvas" (29. 9. - 4. 10. 1969). Nr 4. Die Dynamik der chemischen und optischen Veränderungen in ungarischen Natrongewässern. 193-203