© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

SCHROEDER, H.: Ueber die selektiv-permeable Hülle des Weizenkorns. (Flora, N. F. II. S. 186—208. 1911.)

SCHUMACHER, W.: Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze. (Leipzig u. Heidelberg, C. F. WINTERsche Verlagsbuchhandlung. 1861.)

SCHULEMANN, W.: Die vitale Färbung mit sauren Farbstoffen in ihrer Bedeutung für Anatomie, Pathologie und Pharmakologie. (Biochem Zeitschr. LXXX. S. 1—142. 1917.)

SHULL, CH. A.: Semipermeability of seed coats. (The botanical Gazette. LVI. S. 169—199. 1913.)

TJEBBES: Keimproeven met mikrobietinzaad. (Inaug. Diss. Amsterdam 1912. Zitiert nach SHULL.

---

24. R. Kolkwitz: Über die Schwefelbakterien-Flora des Solgrabens von Artern.

(Eingegangen am 16. April 1918.)

Der Solgraben von Artern ist mit seinen Uferpartien bekanntlich eine klassische Stätte für das Studium der Halophyten im deutschen Binnenlande. Die Vegetationsbestände des Ufers sind auf kleinem Raum in typischer Weise gegliedert und zeigen enge Beziehungen der Halophyten zu dem verschieden hohen Salzgehalt des Bodens, während die etwas entfernteren oder höher gelegenen Partien mehr und mehr salzarm werden und normale Wiesen- und Ackervegetation aufweisen. Das Wasser des Solgrabens enthält dagegen entsprechend seiner ziemlich konstanten Beschaffenheit und, selbst zu den verschiedenen Jahreszeiten, auch fast gleichmäßigen Temperatur, in seinem ganzen Laufe eine verhältnismäßig gleichförmige, naturgemäß marine Flora, bezüglich deren näherer Zusammensetzung auf die Liste von SCHORLER (1) in DRUDE's Hercynischem Florenbezirk sowie auf die Arbeit von LUTZE (1) verwiesen sei.

Das Wasser des Solgrabens hatte am 4. Juli 1915 nach THUMM, KOLKWITZ und SCHIEMENZ (1) folgende Zusammensetzung:

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Chemische Analyse der Quelle des Solgrabens von Artern.

Temp. 12,8° C.	NH_3: nicht nachweisbar.
Reaktion: alkalisch	K_2O: 2045 mg pro 1
Abdampfrückstand: 43 580 mg pro 1	Na_2O: 15 426 „ „ 1
	CaO: 2 004 „ „ 1
Cl: 22 400 mg pro 1	MgO: 52 „ „ 1
SO_3: 3142 „ „ 1	Gesamthärte: 273,2 D. G.
N_2O_5: schwache Reaktion	Bleibende Härte: 255 D. G.
N_2O_3: nicht nachweisbar	Spez. Gew. bei 15° C.: 1,031.

Es besitzt also einen um etwa 1 % höheren Gesamtsalzgehalt als das Meerwasser (Atlantischer Ozean 3,5 % Salze) und ist im Vergleich zu diesem reicher an Kalk und ärmer an Magnesia. Sein Gehalt an Sulfaten ist ziemlich beträchtlich. Entsprechend der sehr geringen Menge an organischen Substanzen erscheint es im Quellkessel über einer ca. 1,5 m tief versenkten weißen Scheibe grünlichblau.

In diesem Quellkessel, der auf dem Arterner Friedhof liegt, sprudeln mit dem Wasser in gewissen Zeitabständen gelbbraune Flöckchen von Eisenoxydhydrat bis zu einer Größe von etwa 10 mm empor, die sich im weiteren Verlauf des Grabens stellenweise ablagern. Er führt ungefähr 70 l/sec. Wasser, hat eine Länge von reichlich 1 km, eine Breite von durchschnittlich 2 m und eine Tiefe von etwa 0,5 m.

Im oberen, verhältnismäßig schnell strömenden Teile des in ungefähr nord-südlicher Richtung strömenden Solgrabens besteht die Vegetation hauptsächlich aus *Enteromorpha intestinalis* und etwas *Vaucheria*, beide meist bedeckt und zeitweise überwuchert von braunen marinen Kieselalgen, hauptsächlich *Melosira nummuloides* und *Achnanthes brevipes*, die zum Teil in Form von Flocken grabenabwärts treiben. Im mittleren und unteren, frei belichteten Teile besteht die Vegetation, außer nach starkem Räumen, aus meist zahlreichen, im Durchschnitt gegen 1 m langen flutenden grünen Büschen von *Ruppia rostellata*, die gleichfalls oft dicht mit braunen Flocken von Kieselalgen, untermischt mit feinen, verfangenen Fäden von *Enteromorpha*, bedeckt zu sein pflegen.

Der sandige Boden des Grabens ist ziemlich eben, und außer mit den bereits erwähnten Flocken von Eisenoxydhydrat mit abgesunkenen Kolonien von mariner *Melosira, Achnanthes, Synedra* usw. sowie mit Grunddiatomeen, wie *Pleurosigma angulatum* (an diesem Standort mit schwer sichtbarer Schalenstruktur), *Surirella gemma, Nitzschia closterium* u. a. m. bedeckt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

An denjenigen unter Wasser gelegenen Uferpartien, wo die Strömung ziemlich langsam ist, sowie an den unter und dicht hinter den Büschen von *Ruppia* gelegenen Teilen des Grundes, wo naturgemäß wenig Wasserwechsel herrscht, geraten die teilweise absterbenden Vegetationsmassen in Zersetzung und wandeln dabei den gelbbraunen Untergrund in schwarze, Schwefeleisen enthaltende Partien um. Diese bildeten am 7. April 1918 am Ufer mehr oder weniger lange, etwa einen Fuß breite Streifen, hinter und unter den Beständen von *Ruppia* etwa 1—3 Quadratfuß große Flecken, gegen hundert im Verlauf des Grabens. Diese schwarzen Stellen, welche in etwas geringerer Zahl von mir auch im Mai, Juli und Dezember 1915 sowie im Januar 1916 beobachtet wurden, waren mit einem mehr oder weniger zusammenhängenden weißen Schleier überzogen, der hauptsächlich aus der durch die Breite ihrer Fäden ausgezeichneten, marinen Schwefelbakterie *Beggiatoa mirabilis* Cohn bestand. Die weißen Massen wurden von dem meist etwas gallertartig zähen, schwarzen Untergrund mittels eines am Ausziehstock befestigten Bechers vorsichtig abgehoben und in weithalsige Flaschen gefüllt. In diesen konnte man dann die auf dem schwarzen Untergrund sich deutlich abzeichnenden Fäden von etwa 0,5—1 cm Länge schon mit etwa 3 bis 15 fach vergrößernden Lupen deutlich erkennen, so wie es die Zeichnung bei HINZE (2) an dem von ihm in der Kieler Bucht gesammelten Material zeigt. Die Dicke der Fäden im Solgraben betrug 30 bis 42 μ.

Zwischen den Fäden von *Beggiatoa mirabilis* fanden sich noch 4—4,5 μ dicke von *Beggiatoa alba* var. *marina* Cohn, die nach WISLOUCH (1) identisch ist mit *Beggiatoa marina* Molisch (1), ferner 22—30 μ große *Thiophysa volutans* Hinze (3), *Monas fallax* Warming (1) und dazwischen isolierte Schwefelkörnchen. *Thiophysa* beobachtete ich im Solgraben auch schon im Juli und Dezember 1915.

In der teichartigen Erweiterung im oberen Lauf des Solgrabens fand ich am 7. Juli 1915 und 14. Januar 1916 in Ufernähe auf dem Boden und zwischen Algenfladen auch r ö t l i c h e Flecken, die durch *Chromatium* gebildet wurden. In einem schwächer salzigen, stagnierenden Parallelgraben zur Sole ließen sich gleichfalls rotes *Chromatium*, ferner *Thiospirillum*, *Beggiatoa alba*, *Thiothrix*, *Thiodictyon* und *Oscillatoria chlorina* u. a. m. beobachten. Solche roten Stellen sind auch von den flachen dänischen Meeresküsten bekannt und werden in WARMING-GRAEBNER (3), S. 389, abgebildet.

Mehr vereinzelt fanden sich noch die an H_2S-haltigen Standorten (vergl. Kolkwitz (2)) beobachtete *Spirochaete plicatilis*, welche WARMING von der dänischen Küste, ZUELZER von Helgoland sowie aus dem Golf von Neapel beschreiben, und *Oscillatoria albida* Kolkwitz (3).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Beggiatoa mirabilis wird von WINOGRADSKY (1) als ein sehr seltener Organismus bezeichnet. Er wurde als *Beggiatoa* zuerst von COHN (2) im Jahre 1865 beschrieben und bald darauf auch näher studiert. Er fand ihn zur Frühlingszeit in Breslau in seinem Seewasseraquarium auf H_2S-haltigem Schlamm. Außer auf zersetztem Schlamm lebt *Beggiatoa mirabilis* auch auf faulenden Algen, abgestorbenem Seegras oder verwesenden Tierkörpern.

Zehn Jahre später fand WARMING diese größte aller Schwefelbakterien an flachen Stellen der dänischen und norwegischen Küsten, wo der Organismus sehr verbreitet ist. Später wurde er von ENGLER (1) im Brackwasser in den Ufergegenden der Kieler Bucht und von HINZE (4) im Golf von Neapel gefunden. Die ihn meist begleitende *Thiophysa volutans* wurde von HINZE (3) ebenfalls im Mittelmeer bei Neapel, später auch von NADSON (1) in der Ostsee bei Hapsal, also an einer Stelle mit verhältnismäßig niedrigem Salzgehalt gefunden. Von MIKA (1) wird *Beggiatoa mirabilis*, allerdings mit Fragezeichen, 1880 aus den Thermen von Herkulesbad bei Mehadia in Südungarn, wo sich auch salzige Quellen (Spez. Gew. 1,001 bis 1,007, also unter 1% Na Cl). finden, angegeben. Die Mitteilungen über diesen Standort bedürfen insofern einer Nachprüfung, als die hier außerdem vorhandene Lebensgemeinschaft wenig für das Vorhandensein von *B. mirabilis* zu sprechen scheint.

Nach vorstehenden Standortsangaben ist das Auffinden von *Beggiatoa mirabilis* im Arterner Solgraben der erste binnenländische Fund in Deutschland und hier (neben der Kieler Bucht), soweit mir bekannt, die zweite Fundstelle überhaupt. Es ist anzunehmen, daß der Organismus an dem neuen Standort schon lange heimisch und bisher nur übersehen worden ist. Es empfiehlt sich, sein Vorhandensein gleich an Ort und Stelle mit schwach vergrößernden Lupen, wie eingangs angegeben, festzustellen. Er trat im April dieses Jahres besonders reichlich auf, so daß er auch ins freie Wasser gerissen wurde und demnach gleichzeitig bei Planktonfängen zur Beobachtung kam. Beim nachträglichen Durchmustern konservierter Planktonproben aus dem Jahre 1915 konnte ich ihn nicht finden.

Sehr wahrscheinlich werden weitere Studien auch das Vorkommen der sonst noch von WARMING, HINZE, NADSON, LAUTERBORN (1) u. a. beschriebenen verwandten Formen ergeben, vielleicht unter Zuhilfenahme geeigneter Rohkulturen.

In den Numburger Salzquellen [vergl. COHN (1) und THUMM, KOLKWITZ, SCHIEMENZ (1)], nordwestlich vom Kyffhäusergebirge habe ich *Beggiatoa mirabilis* bisher nicht beobachtet, wohl aber die festsitzende Gattung *Thiotrix* mit 1,5—2 μ breiten Fäden, und zwar am Ursprung der westlichen Quelle, wo

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wahrscheinlich der Schwefelwasserstoff unmittelbar aus dem Grunde mit dem Salzwasser hervortritt. Im Arterner Solgraben ist die Bildung des H_2S aber sekundär und konnte von mir durch Versuche künstlich hervorgerufen werden.

Zu diesem Zweck wurde eine etwa 250 ccm fassende Flasche bis oben mit Wasser aus dem Solgraben gefüllt unter Zugabe von bräunlichen Algenfladen aus der Uferpartie, die einen mehrere Zentimeter hohen Bodensatz bildeten. Hierauf wurde die Flasche dicht verstöpselt und im Dunkeln aufbewahrt. Nach einigen Tagen war das Wasser in seiner Gesamtheit kohlschwarz geworden, wegen der Bildung von Schwefeleisen, wie durch die üblichen Reagenzien leicht nachgewiesen werden konnte. Infolge Zersetzung der zugegebenen Algenmassen war zunächst der freie Sauerstoff des Wassers verschwunden, wobei offenbar günstige Bedingungen für die Vermehrung des marinen, streng anaeroben Sulfatzerstörers *Microspira aestuarii* van Delden (1) entstanden waren. Dieser hatte die verhältnismäßig fest an die Base gebundene Schwefelsäure angegriffen und bei gleichzeitiger Anwesenheit von organischen Substanzen zu Schwefelwasserstoff reduziert, der sich mit den eingangs erwähnten Eisenverbindungen im Verein mit durch Fäulnis produziertem zu Schwefeleisen vereinigte. Der Bodensatz in der Flasche reagierte deutlich alkalisch, war also der Bildung des Schwefeleisens günstig. Daß der Schwefelwasserstoff nicht rein durch Fäulnis der Algen entstanden war, verriet sich durch den sehr starken und dabei fast reinen Geruch nach H_2S. Außerdem ist bekannt, daß Anwesenheit von Sulfaten in zersetzlichen Flüssigkeiten die H_2S-Entwicklung steigern kann, wie z. B. bei dem Versuch von WINOGRADSKY (1) mit dem Rhizom von *Butomus*. Starke Schwefelwasserstoffbildung infolge von Sulfatreduktion im Seewasser ist nach VAN DELDEN an den flachen Küsten Hollands vielerorts und wohl überhaupt an schlammigen Meeresufern (vergl. WARMING (2)) eine häufige Erscheinung[1]). Aehnliche Verhältnisse dürften für die Bildung des Limanschlammes gelten (vergl. OMELIANSKI (1) und NADSON (2)), mit dem die etwas gallertartigen schwarzen Schlammpartien im Arterner Solgraben Aehnlichkeit haben. In organischen, fäulnisfähigen Abwässern werden Sulfate im Gegensatz dazu auffallenderweise nur sehr schwer reduziert.

Die Entstehung der schwarzen Flecke spielt sich im Solgraben von Artern offenbar in folgender Weise ab: Unter dem Schutz der Büsche von *Ruppia* oder abgesunkener Algenfladen spielt sich zu-

1) Es sei auch an den zeitweilig auffallenden Geruch des Pregels bei Königsberg erinnert.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nächst der Prozeß der Sauerstoffzehrung, bedingt durch aerobe Bakterien, ab, welche den verhältnismäßig schwachen Sauerstoffbedarf regeln, den die an der Oberfläche des Schlammes lebenden Beggiatoen und anderen Schwefelorganismen zur Oxydation des Schwefelwasserstoffes zu Schwefel und Schwefelsäure benötigen. Dieser H_2S entsteht hauptsächlich im Innern des Schlammes durch Fäulnis und Sulfatreduktion unter der Wirkung anaerober Spaltpilze und führt gleichzeitig zur Bildung von Schwefeleisen. Für seine Entstehung durch Sulfatreduktion sind Gegenwart organischer Substanzen und Fehlen von Sauerstoff unbedingt nötig, wie, abgesehen von theoretischen Betrachtungen, folgender Parallelversuch zu dem erstbeschriebenen ergibt.

Eine mit Wasser aus dem Solgraben bis obenhin gefüllte Flasche wurde mit wenig Eisenchlorid, etwas Wasser aus der der Reduktion unterworfenen Flasche, aber nicht mit Algenfladen versetzt und fest verstöpselt. Da, wie eingangs hervorgehoben, das Wasser des Arterner Solgrabens keine nennenswerten Mengen von organischen Substanzen enthält, waren in der geschlossenen Flasche im ganzen keine günstigen Bedingungen für eine lebhafte Sulfatreduktion gegeben. Es entstand demnach auch kein Geruch nach H_2S; das Wasser blieb klar, auch nach tagelangem Stehen und selbst bei nachfolgendem mehrtägigem Aufenthalt im Brutschrank bei 37° C (vergl. dazu die Arbeit von GOSLINGS (1) über die Bildung von Schwefelwasserstoff in Mineralwässern)

Literatur.

COHN, F. (1), Ueber Meeresorganismen im Binnenlande. Jahresber. der Schles. Ges. f. vaterländ. Kultur, Verhandlungen der botan. Sektion 1857, S. 32—40.

— — (2), Zwei neue Beggiatoen, Hedwigia 1865, Bd. 4, S. 81—84 mit Taf. I.

— — (3), Beiträge zur Physiologie der Phykochromaceen und Florideen Schultzes Archiv für mikroskopische Anatomie, 1867, Bd. 3, S. 53.

DELDEN, A. VAN (1), Beitrag zur Kenntnis der Sulfatreduktion durch Bakterien. Cbl. f. Bakt., II. Abt., 1904, Bd. 11, S. 81 ff.

ENGLER, A. (1), Ueber die Pilzvegetation des weißen oder toten Grundes in der Kieler Bucht. IV. Bericht der Kommission zur wissenschaftl. Unters. d. deutschen Meere in Kiel. Kiel 1883.

GOSLINGS, N. (1), Ueber schwefelwasserstoffbildende Mikroben in Mineralwässern. Cbl. f. Bakt., II. Abt., 1904, Bd. 13, S. 385—394.

HINZE, G. (1), Ueber den Bau der Zellen von *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Ber. der deutschen Bot. Ges., 1901, Bd. 19, S. 369.

— — (2), Untersuchungen über den Bau von *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Wissensch. Meeresunters. Abt. Kiel, Neue Folge, 1902, Bd. 6, S. 187—210.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

HINZE, G., (3), *Thiophysa volutans*, ein neues Schwefelbakterium. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1903, Bd. 21, S. 309—316.

— — (4), Beiträge zur Kenntnis der farblosen Schwefelbakterien. Ber. d. deutschen Bot. Ges., 1913, Bd. 31, S. 189—202, mit Taf. IX.

KOLKWITZ, R. (1), Ueber die Krümmungen und den Membranbau bei einigen Spaltalgen. Ber. d. Deutschen Bot. Ges., Bd. 15, 1897, S. 460. Mit Taf. XXII.

— — (2) in „Wasser und Abwasser", Leipzig 1911, S. 377 (Rubners Handbuch).

— — (3), „Schizomycetes" in Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. 1909, Bd. 5, S. 137.

LAUTERBORN, R. (1), Die sapropelische Lebewelt, ein Beitrag zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer. Verh. d. naturh.-med. Ver. zu Heidelberg. N. F. 1915, S. 395—481.

LUTZE, G. (1), Die Salzflorenstätten in Nordthüringen. Mitt. d. Thür. Brt. Ver., Neue Folge, 1912, Heft 30, S. 14.

MIGULA, W., System der Bakterien. 1900, Bd. 2, S. 1042.

MIKA, K. (1), Beitrag zur Kenntnis der in den Thermen des Herkulesbades bei Mehadia vorkommenden Vegetation (Ungarisch). Magyar Növénytani Lapok, Klausenburg 1880, 4. Jahrg., Nr. 42.

MOLISCH, H. (1), Neue farblose Schwefelbakterien. Cbl. f. Bat., II. Abt., 1912, S. 55—62.

NADSON, G. A. (1), Ueber die Schwefelbakterien *Thiophysa* und *Thiosphaerella*. Zeitschr. f. Mikrobiologie, 1914, Bd. 1.

— — (2), Ueber die Schwefelwasserstoffgärung im Weißowo-Salzsee und über die Beteiligung der Mikroorganismen bei der Bildung des schwarzen Schlammes (Heilschlammes). St. Petersburg, 1903.

OMELIANSKI, W. (1), Der Kreislauf des Schwefels. Lafar's Hdb. d. techn. Mykologie, 1904—1906, Bd. 3, S. 227.

SACCARDO, P. A., Sylloge fungorum. 1889, Bd. 8, S. 936.

SCHORLER, B. (1), Liste halophiler Algen in O. DRUDE, Der hercynische Florenbezirk. Leipzig 1902, S. 393.

THUMM, KOLKWITZ, SCHIEMENZ, (1), Bericht über Untersuchungen im Bereich des Flutkanals der Unstrut. Mitt. a. d. Kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene, Berlin, 1917, Heft 22. S. 8 u. 9.

WARMING, Eug. (1), Om nogle ved Danmarks kyster levende Bakterier. Videnskabelige Meddelelser, Kopenhagen 1875.

— — (2), Bidrag til vadernes, sandenes og marskens naturhistorie. Mem. de l'acad. royale d. sc. et d. lettres de Danemark, 7. Serie. Kopenhagen 1904, S. 56.

WARMING-GRAEBNER, (3), Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin 1918, S. 388 und 389.

WINOGRADSKY, S. (1), Zur Morphologie und Physiologie der Schwefelbakterien. Leipzig 1888. Vergl. auch Bot. Ztg. 1887 u. 1888.

WISLOUCH, S. M. (1), *Spirillum Kolkwitzii nov. sp.* und einige neue Schwefelbakterien Prof. MOLISCH's. Zeitschr. f. Mikrobiologie, 1914, Bd. 1.

ZOPF, W., Die Spaltpilze. 3. Aufl., Breslau 1885.

ZUELZER, Marg. (1), Ueber *Spirochaeta plicatilis* Ehrbg. und deren Verwandschaftsbeziehungen. Arch. f. Protistenkunde, 1912, Bd. 24, S. 1—59.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: 36

Autor(en)/Author(s): Kolkwitz Richard Gustav Julius

Artikel/Article: Über die Schwefelbakterien-Flora des Solgrabens von Arten. 218-224