

80. *M. platyphylla* var. *subsquarrosa* Schiff.  
Ahnatal !, Ittertäl !.

f. Jubuloideae.

81. *Frullania dilatata* var. *anomala* Corbière.  
Auf Buchenrinde bei Gieselwerder (Reinhardswald) !.
82. *Cololejeunia calcarea* (Lib) Spruce.  
An Kalkfelsen: Meileregge bei Nuttlar G.

III. Anthocerotales.

83. *A. crispulus* (Montagne) Douin.  
Meist zusammen mit *A. laevis* und *A. punctatus* auf lehmig-sandigen Äckern. Rasenallee beim Jägerhaus !, bei Hausen !, Eisberg !, bei Hess. Lichtenau auf gemähtem Kleefeld !.

— x —

Der Rote See bei Witzenhausen a. d. Werra,  
ein natürliches Kolloidgewässer.

Von

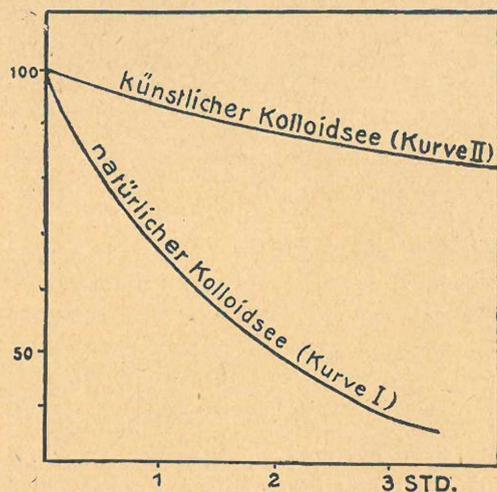
PROF. DR. E. WEDEKIND.

Etwas unterhalb der Kuppe des Bilsteins, der höchsten Erhebung des Kaufunger Waldes (640 m), liegt auf dem Wege nach Witzenhausen an der Werra ein kleiner See, der schon vor einer Reihe von Jahren dadurch entstanden ist, daß ein in den Wegekarten als Hässelbühl bezeichneter Basaltsteinbruch durch unerwartet aus der Tiefe kommendes Quellwasser ersoffen ist. Dieser See überrascht den Wanderer durch seine merkwürdige rote Farbe, welche von den grauweißen bis gelbweißen steilen Felswänden eigenartig absticht, und deren Farbenton am besten vielleicht mit demjenigen einer Tomatensauce verglichen werden kann. Nähere Untersuchungen über die Tiefenverhältnisse sowie über den Ursprung des roten Wassers sind von geologischer Seite in Aussicht genommen; hier sei nur erwähnt, daß die Tiefe nicht unerheblich ist, indem vorläufige Lotungen an einzelnen Stellen zu Tiefen bis zu fast 7 m führten.

Vom chemischen Standpunkt aus bietet dieser „rote See“ deswegen besonderes Interesse, weil hier eine natürliche kolloidale Lösung vorliegt. Schon die ersten im Laboratorium geprüften Proben ließen hierüber keinen Zweifel: das Wasser geht durch gewöhnliches Filtrierpapier glatt hindurch, es zeigt die charakteristische Schlierenbildung in ausgeprägter Weise, in sehr starker Verdünnung noch das Tyndall-Phänomen und die Erscheinung der Wanderung im elektrischen Potentialgefälle, und zwar wandern die kolloid gelösten Teilchen zur Anode; letztere sind also negativ

geladen. Die Beständigkeit ist relativ groß; erst allmählich setzen sich die Teilchen ab, ohne daß aber die oberen Schichten vollständig entfärbt würden. Besonders bemerkenswert ist, daß Elektrolyte, die gewöhnlich zum Koagulieren kolloidaler Lösungen benutzt werden, wie Chlorammonium, Mineralsäuren usw. nicht fällend wirken, selbst beim Kochen nicht. Die Koagulation erfolgt aber — je nach den Versuchsbedingungen mehr oder weniger schnell — durch Zusatz von alkalisch reagierenden Flüssigkeiten, wie Natronlauge, Ammoniak usw.

Bei längerem Stehen — auch in sorgfältig gereinigten Glasgefäßen — setzten sich die Kolloidteilchen ab, zunächst die größeren Partikelchen, dann die von mittlerer Größe, während die kleinsten — die eigentlichen Ultramikronen — sich meistens monatelang schwebend erhalten, wenn man sorgfältig das Hinzutreten von Verunreinigungen verhütet. Die Sedimentationskurve hat einen Verlauf, der durch nachstehendes Diagramm <sup>1)</sup> (Kurve I) wiedergegeben wird.



#### Filterversuch.

Durch ein gewöhnliches Filter gehen vom echten Kolloidsee 31,2 % vom künstl. Kolloidsee 84,2 % der dispersen Phase

#### Halbzeit.

Die Hälfte der dispersen Phase fällt aus:  
vom natürl. Kolloidsee in 41 Std.  
vom künstl. Kolloidsee in ∞

<sup>1)</sup> Dasselbe verdanke ich zusammen mit den daneben stehenden Angaben dem freundlichen Entgegenkommen des Herrn Dr. V. v. Hahn, seinerzeit Abteilungsleiter in Plauson's Forschungsinstitut in Hamburg.

Die ultramikroskopische Untersuchung zeigt das bekannte schöne Bild leuchtender Teilchen, die in lebhafter Brown'scher Bewegung sind. Man erkennt aber, daß die Teilchen von recht verschiedener Größe sind. Bei der Berechnung der charakteristischen Größen kann man daher für die Teilchengröße (Durchmesser) nur einen Durchschnittswert angeben. Die mittlere Teilchengröße errechnet sich demnach zu ca. 575 millionstel Millimeter.

Die Anzahl der Teilchen ergibt sich zu 30 Millionen im cmm.

Hierbei ist die Dichte der festen Teilchen zu ca. 2,6 angenommen.<sup>1)</sup> Das durchschnittliche Gewicht eines Teilchens würde danach etwa  $3,3 \cdot 10^{-10}$  mg betragen. Eine besonders bemerkenswerte Tatsache ist die Feststellung, daß die eigentlichen Ultramikronen nicht wie in den meisten Fällen Kugelgestalt haben, sondern stäbchenförmig sind. Dieses Erkenntnis kann nicht durch direkte Beobachtung gewonnen werden, sondern lediglich durch das im Falle des roten Sees festzustellende physikalische Phänomen der sog. Strömungsdoppelbrechung, die bisher hauptsächlich bei dem Stäbchen-Hydrosol des Vanadinpentoxydes beobachtet worden ist. Der Kolloidsee zeigt nicht nur den hiermit in Zusammenhang stehenden Strömungsdichroismus, sondern auch die für die derartige Sole charakteristische Schlierenbildung, die dem aufmerksamen Beobachter bei der Betrachtung des roten Sees sofort auffällt.<sup>2)</sup>

Das feste Hydrosol gewinnt man am besten durch Eindampfen in einer Porzellanschale und Trocknen auf dem Wasserbade; auch durch Ausfrieren bildet sich in der Natur

<sup>1)</sup> Tatsächlich ergab sich das spec. Gewicht des lufttrockenen (also noch wasserhaltigen) Gels bei Zimmertemperatur zu 2,661. Das bei 100° getrocknete Sol hat eine Dichte von 1,892, während das bei 700° (s. u.) getrocknete Material eine Dichte von 1,801 zeigt.

<sup>2)</sup> Die Schlierenbildung ist so stark, daß das Vorhandensein einer Ölschicht vorgetäuscht werden kann.

das feste Hydrosol, wie durch eine zufällige Beobachtung gelegentlich einer winterlichen Exkursion festgestellt werden konnte: in der Höhlung einer Eisscholle fand sich eine beträchtliche Menge eines roten Schlammes, der sich beim Schütteln mit viel Wasser zum großen Teil wieder kolloidal löste. Das Wasser des roten Sees läßt sich durch ein de Haen'sches Membranfilter ultrafiltrieren: man erhält eine absolut klare und farblose Flüssigkeit, welche auffallend wenig Elektrolyte enthält. Der bei 100° getrocknete Eindampfungsrückstand aus 1 Liter ultrafiltriertem Wasser beträgt durchschnittlich 0,1180 gr, so daß das von den kolloid gelösten Teilchen befreite Wasser 0,0118 % echt lösliche Bestandteile enthält. Dementsprechend ist die elektrische Leitfähigkeit sowohl des unveränderten Seewassers, als auch des ultrafiltrierten Wassers außerordentlich gering. Einen Anhaltspunkt hierfür gaben folgende Beobachtungen, die in einem gewöhnlichen U-Rohr von 1,5 cm Durchmesser bei einem Abstand der Platinelektroden von 14 cm und bei gewöhnlicher Temperatur angestellt wurden: bei Anlegen einer Spannung von 12 Volt gingen durch das Wasser des roten Sees 0,1 Mill.-Amp., mit 120 Volt 1,0 Mill.-Amp., während das zum Vergleich benutzte hiesige Leitungswasser bei 12 Volt 0,16 Mill.-Amp. und bei 120 Volt 1,85 Mill.-Amp. hindurchließ. Es sei bemerkt, daß das Wasser auch so gut wie geschmacklos ist. Was die Gesamtkonzentration an gelösten Bestandteilen des Seewassers anbetrifft, so wurde dieselbe nur roh durch Eindampfen bestimmter Volumina und Wägen des bei Wasserbadtemperatur getrockneten Rückstandes ermittelt. Sie ergab sich zu rund 1 %.

Was nun die Aufklärung der chemischen Natur des kolloid gelösten Anteils, welchem auch die Färbung des Wassers zu verdanken ist, betrifft, so ergab die qualitative Prüfung die Anwesenheit von Eisen, Silicium und Aluminium; Calcium und Magnesium konnte nicht nachgewiesen werden. Die quantitative Analyse bereitet zu-

nächst dadurch eine gewisse Schwierigkeit, daß das feste Hydrosol das Wasser außerordentlich hartnäckig zurückhält; es gibt das Wasser nur sehr allmählich ab. Nach einstündigem Trocknen bei 130° ist zwar schon ein Verlust von 4,67 % eingetreten und bei 209° im Vakuum tritt nach dreistündigem Trocknen Gewichtskonstanz ein, aus welcher sich ein Wassergehalt von 6,19 % berechnet, aber die Substanz ist noch immer hygroskopisch und verliert bei noch höherer Temperatur abermals Wasser. Es mußte bis auf 700° gegangen werden, um alles Wasser zu vertreiben und zu einer abermaligen Gewichtskonstanz zu gelangen. Aber selbst nach dem Trocknen bei dieser Temperatur zeigt die Substanz auf der Wage noch eine langsame, aber deutliche Gewichtszunahme: selbst beim Aufbewahren im Exsikkator tritt über Nacht eine geringe Gewichtszunahme ein, so daß die Substanz immer direkt nach erreichter Gewichtskonstanz bei 700° sofort zur Analyse gebracht werden mußte. Der durchschnittliche Wassergehalt ergab sich bei den durch direktes Eindampfen gewonnenen Proben auf diese Weise zu 10,22 %. Das durch Ultrafiltration gewonnene feste Hydrosol, welches bei 150 Grad vorgetrocknet war, zeigte nach eingetretener Gewichtskonstanz bei 700° einen Wassergehalt von 9,05 % an, während das durch Ausfrieren entstandene feste Hydrosol (der oben erwähnte auf einer Eisscholle gewonnene Schlamm) schon bei 600° konstant wurde, und einen Wassergehalt von 5,25 % hatte.

Die so scharf getrocknete Substanz läßt sich durch Erhitzen mit konz. Schwefelsäure nur schwierig aufschließen; das Eisenoxyd geht zwar sichtbar allmählich in Lösung, und es gilt auch mitunter einen fast farblosen Rückstand von Kieselsäure festzustellen; ein vollkommener Aufschluß für die quantitative Analyse ließ sich aber nur durch Schmelzen mit einem Gemenge von trockener Pottasche und Soda ausführen, wozu aber die 20—30fache Menge dieses Gemisches und  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  stündiges Glühen im Platin-

tiegel erforderlich war. Die weitere Aufarbeitung der Schmelze erfolgte in bekannter Weise; die Kieselsäure wurde nach wiederholtem Eindampfen mit Salzsäure und Trocknen bei 150° unlöslich gemacht und ihr Prozentgehalt durch Abrauchen mit Schwefelsäure und Flußsäure ermittelt. In dem durch Eindampfen gewonnenen festen Hydrosol wurde das Eisen titrimetrisch bestimmt, während in der durch Ultrafiltration gewonnenen Substanz Eisen und Aluminium durch Kalilauge getrennt, das Ferrihydroxyd in Salzsäure gelöst und durch Ammoniak wieder gefällt wurde; das Aluminium kam im Filtrat vom Eisen in bekannter Weise zur Bestimmung.

Ich führe nur die Analysenergebnisse des durch Ultrafiltration gewonnenen festen Hydrosols an:

	I	II
Si O <sub>2</sub>	55,67 %	56,36 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,01 %	11,99 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,66 %	31,58 %
	<u>100,34 %</u>	<u>99,93 %</u>

Der auf der Eisscholle gefundene Schlamm ergab einen etwas höheren Si O<sub>2</sub> Gehalt = 62,07 %. Derselbe ist offenbar durch Kieselsäure anderer Herkunft verunreinigt und wurde deswegen nicht weiter analysiert.

Ob das vorstehend charakterisierte Hydrosol des Kolloidsees ein Eisenaluminiumsilikat oder eine Adsorptionsverbindung von Eisenhydroxyd mit Kieselsäure und Aluminiumhydroxyd darstellt, läßt sich einstweilen nicht entscheiden; diese Frage bleibt späteren Versuchen vorbehalten.

Was den im Ultrafiltrat befindlichen kristalloiden Anteil des Gelösten betrifft, so war seine Menge, wie oben angeführt, sehr gering, so daß einstweilen von einer quantitativen Analyse abgesehen werden mußte. Es besteht aus einem Gemenge von Chlornatrium und Natriumsulfat.

Calcium und Magnesium konnten auch hier nicht aufgefunden werden.

Über die Frage des Ursprungs des Kolloidsees möchte ich mich hier nicht auslassen. Leider ist mein geologischer Mitarbeiter auf diesem Gebiete, Herr Privatdozent Dr. Oertel, vor kurzem gestorben; die noch nötigen geologischen Aufklärungen müssen daher einer späteren Zeit vorbehalten bleiben. Erwähnt sei nur, daß man aus dem Gestein, das in der Nähe der vermutlichen unterirdischen Quelle ansteht, mit Hilfe der sogenannten Plauson'schen Kolloidmühle ein künstliches Kolloidgewässer herstellen kann, das in vielen, aber nicht in allen Eigenschaften mit dem Wasser des roten Sees übereinstimmt. (Vergl. Kurve II des obigen Diagrammes.)

Chemisches Institut der Forstl. Hochschule Hann.-Münden,  
im Februar 1925.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen und Berichte des Vereins für Naturkunde Kassel](#)

Jahr/Year: 1919-1925

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Wedekind E.

Artikel/Article: [Der rote See bei Witzenhausen a. d. Werra, ein natürliches Kolloidgewässer 163-169](#)