

# Ueber die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farbe unserer Gewässer<sup>1</sup>.

Von Prof. Dr. C. B. Klunzinger.

Früher lehrte man, dass das reine Wasser im allgemeinen farblos sei, „wasserklar“ oder glashell, „hyalin“, wie reines Glas oder Diamant, das Blau des Meeres oder eines Sees, wie des Genfer und Gardasees, aber komme vom einfallenden und reflektierten Blau des Himmels: eine Anschauung, die von vornherein abzuweisen ist, da im letzteren Fall die blaue Farbe im wesentlichen dieselbe bleibt, ob der Himmel blau oder mit Wolken bedeckt ist und höchstens der Ton sich ändert.

## Untersuchung der Wasserfarbe durch lange Röhren.

1. Der erste, der eine befriedigende Erklärung zunächst der Farbe des reinen destillierten Wassers gab, ist BUNSEN. Bei einer Reise nach Island fielen ihm die grünlichblauen, aquamarinblauen Gumpen zwischen dem Kieselsinter des Geisirs auf, er ging zu Hause dieser Erscheinung weiter nach, suchte sie zu erklären und die Deutung durch Experimente zu stützen. Die berühmte Abhandlung hierüber erschien 1847 unter einem Titel, der die Erörterung der Frage der Wasserfarbe nicht vermuten liess, „über den inneren Zusammenhang der pseudovulkanischen Erscheinungen Islands“<sup>2</sup>. Das Resultat dieser Untersuchungen BUNSEN's ist: Das chemisch reine Wasser ist nicht farblos, sondern rein blau, was aber erst dann dem Auge sichtbar wird, wenn das Licht durch eine Wasserschicht von bedeutender Dicke dringt. Zum Beweise machte er folgendes Experiment:

<sup>1</sup> Diese Abhandlung ist eine weitere Ausführung eines Vortrags, den ich am 12. Oktober 1899 in unserem Verein hielt (siehe den kurzen Sitzungsbericht in diesen Jahreshften 1900, S. XXXVII). Meine Untersuchungen über einige einheimische Gewässer, über den „Feuersee“ in Stuttgart und den „Blautopf“ bei Blaubeuren werden sich als besondere Abhandlungen später anschliessen.

<sup>2</sup> Bunsen in den Annalen der Chemie und Pharmazie von Wöhler und Liebig 1847, Bd. 62, S. 44–45.

„Wenn man in eine ca. 2 Zoll weite, 2 m lange, inwendig mit Kienruss und Wachs (zur Verhinderung der inneren Reflexion der Glasröhrenwand und der Störung durch seitliche Strahlen) geschwärzte Glasröhre, deren unteres, mit einem Kork verschlossenes Ende  $\frac{1}{2}$  Zoll weit von der Wachsbedeckung freigelassen ist, einige weisse Porzellanstückchen wirft, die mit chemisch reinem (frisch destilliertem) Wasser gefüllte Röhre vertikal in eine weisse Porzellanschale stellt, und die Porzellanstückchen, die mithin nur durch weisses Licht von unten beleuchtet sind, durch die 2 m lange Wassersäule hindurch betrachtet, so zeigt das ursprünglich weisse Objekt unter diesen Umständen eine rein blaue Farbe, welche in dem Masse an Intensität abnimmt, als man die Wassersäule verkürzt, so dass die Farbennuance zuletzt zu schwach wird, um noch wahrgenommen werden zu können. Dieselbe blaue Färbung giebt sich sogleich zu erkennen, wenn man das weisse Objekt durch die Wassersäule hindurch von der Sonne bescheinen lässt und dasselbe am Boden der Röhre durch eine in dem schwarzen Überzug befindliche Öffnung betrachtet.“

2. W. SPRING in Lüttich<sup>1</sup> beschäftigte sich seit 1883 eingehend mit der Frage der Wasserfarbe. Er modifizierte die BUNSEN'sche Versuchsröhre etwas, nahm eine Glasröhre von 5 m Länge und 4 cm innerem Durchmesser, schloss sie an beiden Enden durch Plan-  
gläser ab, und setzte noch eine kurze Röhre seitlich an zum Einfüllen des Wassers und eine entsprechende am anderen Ende zum Heraus(bzw. Herein-)lassen der Luft. Um das seitliche Licht auszuschliessen, umhüllte er die Röhre mit einer schwarzen Scheide. Die Röhre wurde, wie die von BUNSEN, senkrecht gehalten, vom Fenster des Laboratoriums aus. Daneben wurde noch eine andere Röhre gesetzt, zum Vergleiche mit verschiedenen Flüssigkeiten.

3. F. A. FOREL behandelt in seiner grossen Monographie über den Genfer See 1895<sup>2</sup>, der eine Reihe von Einzelabhandlungen seit 1870 vorausgingen<sup>3</sup>, dieselbe Frage kritisch und experimentell in eingehender Weise. Statt Glas nimmt er eine undurchsichtige Röhre aus Metall, Zinkblech, 6 m lang, 3 cm im Durchmesser, wie bei der SPRING'schen an beiden Enden durch durchsichtige Glasscheiben verschlossen und mit Ansatzröhren zum Einfüllen und Ablassen des Wassers. Er betrachtet durch diese Röhre eine weisse, wohl beleuchtete Fläche.

4. Ich selbst nehme zu meinen Versuchen eine ähnliche Röhre aus Eisen und innen und aussen verzinkt<sup>4</sup>, von  $3\frac{1}{2}$ —3,8 cm

<sup>1</sup> Spring, *Bullet. Acad. royale de Belgique*. Bruxelles 1883 und 1886.

<sup>2</sup> F. A. Forel, *Le Léman*, 2. tome. 1895.

<sup>3</sup> Forel in *Bull. soc. vaud. Lausanne* 1870 ff.

<sup>4</sup> Nur zur Untersuchung von Metalle stark angreifenden Flüssigkeiten wird man sich einer Glasröhre bedienen müssen.

innerem Durchmesser, so wie man sie in jedem Wasserleitungsgeschäft haben kann. Statt einer langen Röhre nehme ich aber deren zwei (oder auch drei, jede von 2 m Länge), und setze sie durch Verschraubungen aus Messing zusammen, wodurch die Handhabung und Aufbewahrung sehr erleichtert und der Transport ermöglicht wird. Die beiden Enden sind durch anschraubbare, farblose Plangläser verschliessbar, und darüber mit je einer kleinen, senkrecht auf der Hauptröhre angelöteten Ansatzröhre, die mit einem Schraubendeckel verschliessbar ist, zum Ein- und Ausfüllen der Flüssigkeit versehen. Ich stelle die Röhre immer horizontal, da eine vertikale Haltung viel Umstände macht und nicht überall durchführbar ist, schaue durch die mit Wasser gefüllte Röhre wie durch einen Tunnel gegen das andere Ende, das gegen das Fenster bzw. im Freien gegen den Himmel gerichtet ist, aber mit Vorhaltung einer Milchglasscheibe oder auch eines weissen Vorhanges zur Erhaltung eines weissen, diffusen, nicht zu grellen Lichtes: so wird auch das Licht, das von etwa vorstehenden grünen Bäumen kommt, weiss und diffus. Durch künstliche Lichtquellen, selbst elektrisches Licht, Auerlicht und die Nernstlampe erhält man nie ein gutes, weisses, diffuses Licht, daher eine Demonstration dieser Art abends leider nicht möglich ist, wohl aber bei Tag zu jeder Zeit, je heller, desto besser. Doch direktes Sonnenlicht, durch einen Heliostaten zugeleitet, ergab eine gelbe, grelle Beleuchtung, ähnlich der bei Anwendung künstlicher Lichtquellen. Obige zwei zusammenschraubbare Röhren kosteten 27 M. (die dritte einschaltbare 11 M.), sie fassen  $4\frac{1}{2}$  l. Sie eignen sich namentlich auch für Schulen, um die Wasserfarbe zu zeigen. Die Durchschnitte innen lassen das Eisen, aus dem die verzinkte Röhre besteht, hervortreten; hier bildet sich leicht Rost; diese Stellen sollten noch verzinkt werden.

Nach WITTSTEIN<sup>1</sup> kann man die Farbe einer langen Wassersäule in natürlichen Gewässern dadurch schön zur Anschauung bringen, dass man einen Spiegel unter  $45^{\circ}$  ins Wasser taucht. Die den Spiegel von unten treffenden Lichtstrahlen werden dann als langer, unbegrenzter Streifen oder Wasserstrasse (ähnlich den Mondstrahlen im Wasser) an der Wasserfläche horizontal projiziert.

<sup>1</sup> Forel, l. c. S. 463, Anm. 2. Die angeführte Stelle von Wittstein (Poggend.'s Annalen, Bd. 45, S. 474) kann ich dort nicht finden. Das Experiment selbst hatte ich noch nicht Gelegenheit zu machen; in einem trüben Wasser sieht man nichts.

## Farbenskala.

Zur Vergleichung der bei solchen Versuchen in Röhren, und noch mehr bei der Untersuchung unserer Gewässer im Freien erhaltenen Farben muss man, um bestimmte Anhaltspunkte zu gewinnen, sich einer Farbenskala bedienen. FOREL hat eine solche angegeben<sup>1</sup>, und diese ist jetzt allgemein eingeführt und angenommen<sup>2</sup>. Durch Mischen zweier Urlösungen, einer blauen mit Kupfervitriol-Ammoniak und einer gelben mit neutralem chromsauren Kalium, in bestimmtem Verhältnis, so dass man z. B. die blaue Urlösung mit 100 g als No. 1 bezeichnet, dann von der 2. gelben Urlösung 2 g zu der ersten, jetzt nur 98 g fassenden Lösung setzt, dann 5 : 95 u. s. w., und diese als No. 2, 3 u. s. w. bezeichnet, erhält man ganz allmähliche Stufen von blau zu grün. ULE<sup>3</sup> hat, da viele Gewässer wegen Gehalt an Humusstoffen und bräunlichen Organismen braune Nuancen zeigen, später noch eine 3. Urlösung hinzugefügt mit brauner Farbe, so dass man eine Skala mit 24 Stufen erhält; diese 3. Urlösung besteht aus Kobaltsulfat mit Ammoniak. Bei Herstellung dieser Lösung fand ich, dass man viel mehr Ammoniak zusetzen muss, als ULE angiebt, um die entstehenden Niederschläge wieder zu lösen; auch ist die Farbe mehr braunrot als braun, und die verschiedenen Nummern bekamen nach einem Jahr alle dieselbe braungrüne Farbe, die Lösung ist also nicht haltbar. Dennoch genügt auch diese FOREL-ULE'sche Skala nicht für alle Fälle. GARBINI<sup>4</sup> hat noch tiefer blaue Nummern sich herstellen müssen, durch noch grössere Konzentration der Kupferlösung, um die tief blaue Farbe des Gardasees messen zu können. Anilinfarben eignen sich wegen ihrer Veränderlichkeit weniger zur Herstellung der Farbenskala, als die genannten mineralischen.

Die obigen Farblösungen werden nach FOREL in Cylindergläschen von 8 mm innerem Durchmesser eingefüllt<sup>5</sup>, welche gut mit

<sup>1</sup> Forel, Le Léman, II, p. 464—69.

<sup>2</sup> Krümmel in Kiel, Ergebnisse der Planktonexpedition 1893, nennt sie „Xanthometer“.

<sup>3</sup> Ule in Peterm.'s Mitteilungen 1894 und in Apstein, Süßwasserplankton 1896, S. 23.

<sup>4</sup> Garbini, Alcune notizie fisiche sulle acque del Benaco in Rivista geografica italiana. Firenze 1897.

<sup>5</sup> Man kann sie nach Forel auch käuflich fertig erhalten von M. C. S. Penfold, Fabrik physischer Instrumente in Genf, 10 Grand'Rue.



einem Kork verschlossen, oder noch besser, zugeschmolzen werden, damit nichts verdunstet, namentlich das Ammoniak. Bei der Untersuchung offener Gewässer ist alles reflektierte Licht abzuhalten, um die Oberflächenfarbe durch Spiegelung, die stets nach dem Standpunkt, nach der Beleuchtung und der Bewegung des Wassers wechselt, zu vermeiden. Nur die vertikale Wassersäule betrachtet man, am besten in seinem eigenen Schatten oder dem eines ausgespannten Schirms, von einer Barke aus oder auch von einer Höhe am Ufer, aber in nicht zu schräger Richtung. Je nachdem man nun die Gläschen gegen das Licht hält oder vom Licht abwendet, wird man zwar nicht eine andere Farbe, aber einen anderen Ton erhalten, wie auch die Wassersäule einen anderen Ton erhält, je nach der Bewölkung. GARBINI rät, die Gläschen auf einen weissen Karton anzulegen oder horizontal zur Wasserfläche zu setzen, bis die Farbe des Gläschens mit der des Wassers schwimmt. Ich habe mich gewöhnt, die Gläschen gegen das Tageslicht zu halten, zumal bei den Röhrenversuchen. Die Beurteilung wird immer etwas subjektiv sein, verschiedene Menschen werden nicht die ganz gleiche Farbe sehen, ja, auch derselbe Mensch wird meistens zwischen zwei Nummern der Skala schwanken; er wird wohl auch beeinflusst durch andere Farben, die sein Auge eben gesehen, z. B. durch das Grün der Bäume. So ist diese Methode keine völlig exakte, aber nach meinen und FOREL's Erfahrungen ist die Differenz eine geringe, auch gehört eine gewisse Übung dazu.

### Ergebnisse der Untersuchung mit der Röhre.

Nach BUNSEN l. c. ist das durch seine Röhre betrachtete chemisch reine Wasser rein blau, nach SPRING 1883 ist nur frisch und sorgfältig destilliertes Wasser himmelblau, wird aber nach ca. 70 Stunden grün, wenn auch gleich durchsichtig. Dasselbe fand SORET 1884<sup>1</sup> und FOREL (l. c. 1895).

Jetzt herrscht darüber allgemeine Übereinstimmung: die Eigenfarbe des reinen Wassers in grösseren Schichten sei blau, die Intensität, der Ton des Blau nimmt zu mit der Dicke (Höhe) der Wasserschicht, die Verschiedenheit des Blaus oder der Farbe, ob mehr blau oder grün (Nuance), mit der Reinheit des Wassers. Es ist aber nicht die chemische Reinheit nach SPRING: denn Lösungen von farblosen Stoffen, wie Chlornatrium, Kalkhydrat u. dergl. in

<sup>1</sup> Soret, Arch. soc. phys. Genève 1884.

reinem Wasser können ebenso blau sein oder sind es noch mehr, s. u. Andere Flüssigkeiten dagegen, wie Essigsäure, Alkohol, insbesondere Amylalkohol sind nach SPRING stets farblos.

Man findet indessen bei den genannten Forschern, wie BUNSEN und SPRING, keine Angaben über den Grad der blauen, bezw. grünen Farbe. Ich habe mit obiger Farbenskala in meiner Röhre diese Grade, zum Teil in Gemeinschaft mit Dr. HAUSER, Assistent am physikalischen Institut der Technischen Hochschule in Stuttgart, wiederholt gemessen und erhielt folgende Ergebnisse:

1. Eine rein blaue, himmel- oder indigoblaue Farbe konnte ich auch an dem frisch destillierten Wasser, wie ich es aus dem chemischen Institut erhielt, nie erhalten; stets war ein starker Stich ins Grünliche vorhanden. Zur Erhaltung einer rein blauen Farbe müsste man nach STAS (s. SPRING l. c. 1886, S. 853) besondere Vorsichtsmassregeln treffen, z. B. Kochen des Wassers mit mangansaurem Kali und sorgfältiges Destillieren in Platinbehältern, was mir nicht zu Gebote stand.

2. Manche Wässer, wie Leitungswasser, Schnee, Wasser aus Teichen, müssen vorher sorgfältig filtriert werden, und selbst dann noch oft ca. 24 Stunden ruhig stehen bleiben, damit sich alle Unreinigkeiten absetzen können; sonst erscheinen solche Wasser in der Röhre schwarz, undurchsichtig. Selbstverständlich muss auch die Röhre innen sorgfältig rein<sup>1</sup> gehalten werden.

3. Frisch destilliertes Wasser aus dem chemischen Laboratorium hatte Farbe No. 4—5, war also mehr grün als blau.

4. Trinkwasser vom Hofbrunnen der Technischen Hochschule, von der Koppenthalquelle gespeist, No. 4—5.

5. Destilliertes Wasser,  $\frac{1}{4}$  Jahr alt, No. 6, ein anderes No. 7, noch älteres, von ca. 1 Jahr: No. 12—13.

6. Leitungswasser, nach einiger Zeit des Fliessens, No. 10.

7. Wasser vom Blautopf in Blaubeuren, vom Boot aus im Kessel betrachtet, No. 4<sup>2</sup> (also mit Stich ins Grüne).

<sup>1</sup> Einmal erhielt ich eine rötliche Trübung, wohl durch den Rost, der sich an den Durchschnitten der sonst verzinkten Eisenröhre bildete. Bei einem Versuch mit Alkohol (Äthylalkohol) wurde das Wasser in der Röhre gelb, und bei längerem Stehen sogar tief gelbrot; das kam daher, dass ich für die Sublimatversuche, s. u., die innen blossliegenden Eisenteile mit Asphaltlack angestrichen hatte, das trotz wiederholten Abreibens mit Spirituslappen nicht ganz wegbringen war.

<sup>2</sup> Nach Forel l. c. ist die Farbe des Genfer Sees im Jahresdurchschnitt ebenfalls No. 4.

8. Dasselbe, in der mitgebrachten Röhre an Ort und Stelle frisch untersucht, No. 4.

9. Dasselbe, in einem Glaskolben aufbewahrt, nach  $\frac{1}{2}$  Jahr No. 6—7 (ein anderes No. 4).

10. Salzwasser (4 % Kochsalz in destilliertem Wasser und fast klar abgestanden) blieb undurchsichtig, was sich bei längerem Stehen in der Röhre sogar vermehrte; es zeigte sich beim Ablassen ein starker Satz, das Salz hatte offenbar das Metall angegriffen. Ich hatte eine schön blaue Farbe erwartet, wie beim Meerwasser, das im Mittelländischen Meere nach BUNSEN „dem dunklen Blau einer Indigolösung an Tiefe nicht nachsteht“. Der Versuch ist zu wiederholen bei ganz klarer Lösung und womöglich in einer Glasröhre!

11. Kalkwasser: Dieser Versuch gelang besser und ergab wichtige Thatsachen. Ich nahm eine im chemischen Laboratorium aus gelöschtem Kalk, destilliertem Wasser und aus flüssiger eingelassener Kohlensäure hergestellte gesättigte Lösung, die völlig klar war (ausser etwas Bodensatz, der nicht in die Röhre eingelassen wurde), also gelösten doppeltkohlensauren Kalk (Calcium). Die Farbe in der gefüllten Röhre zeigte sich sofort als **No. 1**, also **rein blau**: der gelöste Kalk verhält sich also nicht indifferent in Beziehung auf die Farbe, sondern verleiht dem Wasser eine blaue Farbe, wie es das destillierte Wasser kaum ergibt: die Eigenfarbe des gelösten doppeltkohlensauren Kalks ist tiefblau!

Dasselbe Wasser, nachdem es in einem Glasgefäß ca. 4 Tage gestanden hatte, erschien in der Röhre hellgelb, und in der Röhre ca. 24 Stunden belassen, gelblichgrün, und hatte, herausgelassen, einen gelblichen Niederschlag, der, mit der Flüssigkeit geschüttelt, derselben einen gelblichen Schiller, eine Art „Pseudofluorescenz“ verlieh, wie es SPRING, s. u., nennt.

12. Gipslösung blieb dunkel; sie war wohl noch nicht genügend abgestanden. Dieser Versuch muss noch wiederholt werden.

13. Torflösung: eine zum Aufstecken von Insekten bestimmte alte Torfplatte wurde in Ermangelung frischen Torfs zerrieben und mit Wasser angesetzt. Letzteres wurde aber davon nicht gefärbt. Auch dieser Versuch ist zu wiederholen.

Noch nicht befriedigend erklärt ist das Grünlichwerden der anfangs blauen Färbung des destillierten Wassers schon nach 4—6 Tagen Stehens, auch in verschlossenen Glasgefäßen. SPRING (l. c. 1883 und 1886) stellt die Hypothese auf, diese Änderung der Farbe rühre von lebenden Organismen her, die anfangs als Keime

mehr in flüchtigem Zustande sich befinden, und so lange sei das Wasser blau; später organisieren sie sich weiter, und dann werde das Wasser grün. Das können doch wohl nur Bakterien sein, die in jedem gewöhnlichen, nicht hermetisch verschlossenen und nicht sterilisierten Wasser sich bilden. Näher untersucht und dargestellt hat sie SPRING aber nicht. Zum Beweis setzt er dem destillierten Wasser 0,001 Sublimat zu, um die Organismen und deren Keime zu töten; das Wasser sei dann blau geblieben, und abgestandenes, grün gewordenes Wasser sei wieder mehr blau geworden. Ich fand bei meinen Untersuchungen mit der Röhre folgendes:

Destilliertes Wasser, das frisch No. 4—5 zeigte, bekam, mit Sublimat in oben angegebener Menge versetzt, nach 6 Tagen No. 5 bis 7, s. o., Blautopfwasser vom vorigen Jahr, das Farbe No. 6 bekommen hatte, blieb auch nach 6 Tagen Sublimatwirkung so, wurde nicht blauer. Auch mit stärkerer Sublimatlösung von 1% blieb älteres destilliertes Wasser, das No. 7—8<sup>0</sup> zeigte, nach ca. 6 Tagen völlig gleich. Formalinzusatz dürfte dasselbe ergeben. Den Hauptbeweis gegen die Richtigkeit dieser SPRING'schen Hypothese scheint mir aber der Blautopf zu liefern. Er ist ein offenes Wasser, in dem Enten und Gänse u. s. w. herumschwimmen; das Wasser ist sehr bakterienreich: ich fand 200—300 Keime in 1 cbcm Wasser, also weit über die konventionelle Grenze (150—200 Keime) des trinkbaren Wassers hinaus, und doch ist das Blautopfwasser recht blau, wenn auch mit Stich ins Grünliche, s. o. Auch müsste man, wenn die SPRING'sche Hypothese richtig wäre, eine immer höhere Skalanummer von blau zu grün erhalten, je bakterienreicher das Wasser wäre. Die zifferngemässe Feststellung dieses Verhältnisses wäre dann eine Aufgabe für einen Bakteriologen, und die Röhre könnte als „Wassergütemesser“ hygienisch verwendet werden<sup>1</sup>. Meine obigen Erfahrungen sprechen aber nicht dafür. Ein weiterer Grund gegen diese Hypothese ist, dass destilliertes Wasser geradezu ein Gift für die Bakterien ist. Andererseits giebt es bis jetzt keine andere Erklärung für das rasche Grünlichwerden des destillierten Wassers; nach längerer Zeit bilden sich allerdings darin häufig Algen, die deutlich erkennbar und artlich nachweisbar sind (*Scenedesmus*), besonders bei Einwirkung des Tageslichts; solche liessen sich aber in obigen Wassern nicht nachweisen.

---

<sup>1</sup> In dieser Hoffnung liess ich sie für die hygienische Sammlung unserer Technischen Hochschule anfertigen.



## Die Farbe des Wassers in offenen Gewässern.

### a) Blaue Gewässer.

Schwierig ist, die Frage nach den Ursachen der Abweichungen von der ursprünglich blauen Farbe in unseren offenen Gewässern zu lösen, welche meist grün oder braun und selbst schwarz erscheinen. Schon die Erklärung der blauen Farbe derselben ist nicht so einfach, als die der Wasserfarbe in der Röhre, wo man eine einfache Absorptionserscheinung des von dem Lichtstrahl durchleuchteten Wassers hat: alle Farben des Spektrums werden absorbiert, ausser dem Blau, das bei der Durchsicht allein in unser Auge dringt. Der Versuch mit der Röhre entspricht nicht ganz den Verhältnissen eines offenen Gewässers: einmal treten hier auch seitliche Lichtstrahlen ein, die man beim Röhrenversuch vermeidet, und zweitens sieht man hier von oben herab gegen einen dunklen Hintergrund, denn blau erscheint ein Wasser fast immer nur dann, wenn das Wasser tief ist, so tief, dass der Boden nicht mehr erleuchtet ist. Sieht man letzteren, so verbindet sich die Wasser- mit der Bodenfarbe, die z. B. gelb ist, und die Stelle erscheint dann grün: so erkennt der Schiffer schon von weitem eine für ihn gefährliche seichte Stelle, eine Klippe u. dergl., auch wenn sie nicht vorragt, im Meere. Dieses Heraufleuchten der blauen Farbe einer Wassersäule in das sie von oben betrachtende Auge wird (von SPRING<sup>1</sup>, FOREL, l. c. u. a.) durch in jedem offenen Wasser vorhandene kleinste Körperchen erklärt, also Wasserstäubchen, entsprechend den Sonnenstäubchen, die stets in der Luft schweben und die man leicht nachweisen kann, und ebenso auch im Wasser. Eliminiert man die Sonnenstäubchen, z. B. durch Verbrennen oder Durchleiten der Luft durch Baumwolle, also durch Filtrieren, so sieht man die betreffende Stelle, auch wenn man sie beleuchtet, schwarz, es entsteht nach TYNDALL<sup>2</sup> hier eine „optische Leere“. Im Wasser wäre die Elimination der Wasserstäubchen wohl durch Filtration durch Baumwolle, welche ja die feinsten Bakterienkeime zurückhält, oder durch ein Gipsfilter erreichbar. Diese Wasserstäubchen sieht man, weil sie das von oben und von den Seiten einfallende Licht zum Auge reflektieren, blau aber sieht man sie in einem reinen Wasser oder im Meer, weil das Licht, das sie trifft, vorher durch Absorption der übrigen Farben blau geworden ist, um so intensiver blau, je grösser die Wassersäule

<sup>1</sup> Spring, Bullet. Acad. Belg. 1886, p. 814—822.

<sup>2</sup> Tyndall, Fragm. scientif. 1877, traduction.

ist, welche das Licht durchlaufen hat, ehe es zu den Stäubchen gelangt. Jedes Stäubchen spielt hier die Rolle eines winzigen Spiegelchens, oder die eines Porzellanstückchens im obigen BUNSEN'schen Versuch<sup>1</sup>.

So wäre nach BUNSEN, SPRING und FOREL die blaue Farbe vieler unserer natürlichen Gewässer verständlich: sie sei die Eigenfarbe des reinen Wassers, bei genügender Klarheit und Tiefe, oder auch, nach SPRING, eines farblose Salze gelöst enthaltenen Wassers, wie z. B. beim Meerwasser. Doch sagt schon BUNSEN (l. c.): „Klarheit und Tiefe sind die ersten, doch nicht die einzigen Bedingungen des Hervortretens ihrer natürlichen Farbe; wo jene fehlen, fehlt auch diese.“ Diese Erklärung genügt nicht, ist es ja schon nach obigen Versuchen kaum möglich, destilliertes Wasser blau zu bekommen. Vielmehr schreibe ich jetzt, gestützt auf meine Versuche<sup>2</sup> mit dem Kalkwasser in der Röhre, die so auffallende blaue Farbe vieler offener Gewässer, besonders von Seen, wie Genfer, Gardasee, des Blautopfs und vieler ähnlicher Gewässer an der Schwäbischen Alb, des Achensees, blauen Gumpens bei der Zugspitze u. s. w., dem als doppeltkohlensäuren Kalk gelösten Kalkgehalt dieser Gewässer zu, welche blaue Farbe hervortritt, sobald sie eine gewisse Tiefe haben und mit der Tiefe intensiver wird. Der Kalk muss aber durch die Kohlensäure vollständig gelöst und so das kalkhaltige Wasser völlig klar sein, wie dies z. B. beim Gardasee zutrifft, der verhältnismässig reicher an Kohlensäure ist, als der weniger blaue Genfer See, wie GARBINI<sup>3</sup> 1897 berechnet. Der Gardasee hat nach GARBINI eine so tiefblaue Farbe, dass sie sogar unter No. 1 der FOREL'schen Skala liegt, s. o., während der Genfer See im Mittel No. 4 giebt.

Ebenso wird die Farbe des Meeres nicht bloss auf der reinen blauen Wasserfarbe beruhen, sondern auf der Eigenfarbe einer entsprechenden Salzlösung: zur Stütze müssen Röhrenversuche, wie die oben von mir gemachten, die vorderhand nicht gelungen sind, dienen. Doch dürfte anzunehmen sein, dass die Farbe verschiedener Meere hauptsächlich dem verschiedenen Salzgehalt zuzuschreiben sei.

---

<sup>1</sup> Die Stäubchen selbst haben keinen Einfluss auf die Farbe, wie neuerdings Spring (contra Abegg) dargethan hat: Spring, Über den einheitlichen Ursprung der blauen Wasserfarbe, im N. Jahrb. f. Min. etc. 1899, II, S. 99.

<sup>2</sup> Herr Medizinalrat Hedinger in Stuttgart hat mir die Anregung dazu gegeben.

<sup>3</sup> Garbini, l. c. S. 6.

Das Mittelmeer mit 37 % Salzgehalt zeigt nach FOREL (l. c. S. 472) No. 2 und 3, das Atlantische Meer bei Brasilien nach KRÜMMEL<sup>1</sup> No. 1, während sein Salzgehalt allerdings nur auf 35—36,5 % angegeben wird. Auch die Nordsee mit 32 % Salzgehalt ist noch ziemlich blau, während die Ostsee mit 4,9 % Salzgehalt kaum mehr blau genannt werden kann.

BUNSEN führt weiterhin noch (l. c. S. 47) die blaue Farbe des Eises an, wie es sich besonders in Spalten und Gewölben an Gletschern, vom lichtesten bis zum tiefsten Blau darstellt (oft auch schon in Eiskellern und Eisfabriken), sobald es rein und durchsichtig ist, frei von Luftblasen und fremden Einmengungen, und in grossen Massen sich zeigt. Nach FOREL ist auch der Rhônefall bei Genf blau. (Wasser in grösseren Schichten.) BUNSEN ist endlich noch geneigt, auch das Blau des Himmels wegen des Gehalts der Luft an Wasserdunst hiernach zu erklären. Doch ist das eine schwierige Frage für sich, die besonders TYNDALL zu lösen versuchte.

#### b) Nicht blaue Gewässer.

Dazu gehören die meisten unserer offenen natürlichen Gewässer. Am gewöhnlichsten ist grün. Einen Stich ins Grüne hat ja auch schon gewöhnliches destilliertes, und noch mehr älteres, ferner Brunnen- und Leitungswasser, auch das Wasser des Genfer Sees, des Blautopfs u. s. w., s. o. Anderemal ist die Farbe mehr braun oder schwärzlich.

In manchen Fällen liegt die Ursache der Abweichung von blau unzweifelhaft und nachweisbar in kleineren Organismen, welche in grösseren Mengen im Wasser leben, abgesehen von den oben erwähnten Bakterien. Diese biologischen Ursachen werden unten näher besprochen werden. Wenn keine solche zu finden sind, dann sind es

#### aa) Ursachen physikalischer oder chemischer Art.

Änderungen der Wasserfarbe rein physikalischer Art sind: die rein weisse Farbe des Schaumes, auf Wellenkämmen und an Wasserfällen, die des Schnees, mancher Gletscher mit vielen Rissen, auf inniger Vermengung mit Luft beruhend; sodann die mancherlei Reflexerscheinungen, wie sie an grossen Wasserflächen sich zeigen und Gegenstand des Studiums der Maler sind<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Krümmel, Die Ergebnisse der Planktonexpedition, 1893. S. 468.

<sup>2</sup> Forel hat denselben ein eigenes Kapitel gewidmet, S. 487—504.

oder die Refraktionen<sup>1</sup> an den Berührungsflächen der Luft und des Wassers, endlich die schon erwähnten Färbungen in Untiefen, an Klippen und in der Ufergegend der Seen und des Meeres, welche auf Mischung der zum Auge dringenden Bodenfarbe mit der betreffenden Wasserfarbe beruhen und im Meere meist hellgrün erscheinen, wie die sogen. Grüne Grotte bei Capri, während die berühmte Blaue Grotte daselbst mit ihrem magischen, alle Gegenstände wie mit bengalischem Licht übergießenden Blau auf Reflex beruht, wie schon BUNSEN fand: das Tageslicht dringt hier durch die enge Eingangsöffnung in das bis 100 Fuss (nach andern 15 m) tiefe Wasser hinab, wird hier blau und so wieder an die weissen Wände der Grotte zurückgeworfen.

Eine eigentümliche physikalische Erscheinung ist das blaue Leuchten eines Wassers auch bei geringer Tiefe, erklärbar durch multiple Reflexion von der Seite her: so manche Gebirgsflüsse, wie der Tessin, die Blau bei Ulm (?), Blauerscheinen eines Ruders im Wasser, eines Tritts im Schnee (SPRING l. c. 1886, S. 841).

Die Farbe stark trüber Gewässer rührt, abgesehen von Organismen, von der Beimischung ungelöster, nicht allzu kleiner Teilchen von Gesteinsarten: Thon, Sand u. dergl. her, was bei Hochwasser in Flüssen besonders auffallend ist<sup>2</sup>.

Eine rein chemische Ursache liegt vor, wo das Wasser chemische Stoffe gelöst enthält, welche dasselbe direkt färben, wie Eisen- und Kupfersalze, Anilinfarben, welche aber in freien Gewässern selten in solcher Menge auftreten, dass sie färbend wirken. Man sieht solche hauptsächlich an Abwassern von Fabriken.

Die Ansichten über die Abweichungen von blau bei offenen Gewässern gehen hauptsächlich nach zwei Richtungen auseinander. Nach der einen, die hauptsächlich W. SPRING in Lüttich vertritt, liegt die Ursache in äusserst feinen, suspendierten, wolkenartigen Niederschlägen, nach der andern, von WITTSTEIN und FOREL, sind es gelöste, färbende Stoffe, besonders Humussäuren. Manche, wie SORET<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Forel l. c. S. 514—561.

<sup>2</sup> Nach einer Zusammenstellung von Beobachtungen über die Farbe der „schönen blauen Donau“ im Jahre 1898 in den Mitteil. der k. k. geograph. Gesellsch. in Wien durch den Landesgerichtsrat Bruskey angestellt, zeigte sich die Donau bei und unterhalb Wien bei hohem Wasserstand: an 11 Tagen braun, an 59 schmutzig grün, an 46 lehmig gelb, an 45 hellgrün; bei niederem Wasserstand war sie an 69 Tagen stahlgrün, an 25 grasgrün, an 46 smaragdgrün, an 64 dunkelgrün.

<sup>3</sup> Soret, Sur la couleur de l'eau, Arch. soc. phys. Genève, XI, 1884.



ziehen zur Erklärung eine Polarisation der vom Wasser reflektierten Lichtstrahlen herbei oder eine „selektive Diffusion oder Absorption“.

1. Nach SPRING l. c. 1883 und 1886 findet man bei vielen solcher grünlicher Gewässer, z. B. vom Starnberger See, gar keinen Rückstand (?) bei Verdampfung, die Ursache der Färbung könne also hier nicht in gelösten Salzen, wie von Eisen, liegen. Dagegen zeigen sie dann stets eine mehr oder weniger starke, meist sehr schwache Trübung durch wolkenartige, äusserst feine Teilchen oder Niederschläge, die so fein sind, dass sie stets schwebend bleiben, nicht am Boden sich setzen, und von keinem unserer Filter zurückgehalten werden, also nahe dem Zustand der Lösung sind, einem Zustand, den er pseudo-kolloidal nennt (oder Pseudofluorescenz). Diesen Zustand kann fein zerriebener Kalk oder Thon oder Alaun annehmen, oder auch ein Niederschlag von Kalk, Kieselsäure u. dergl. im status nascens, z. B. bei Entweichen von überschüssiger Kohlensäure in einem kalkhaltigen Wasser. Man kann sich eine solche Wolke auch künstlich machen durch Zusatz einer äusserst geringen Menge solcher Stoffe zu Wasser, nach dem Vorgang von TYNDALL, welcher bei seinen Untersuchungen über die Farbe des Himmels in gasförmig gemachten Substanzen, wie Jodamylum, bei Hineinwerfen von starkem Licht schön blaue Wolken erzeugte. So kann man nach SPRING im Laboratorium in obiger Versuchsröhre (vergl. auch meinen Röhrenversuch No. 11 mit dem gelblichen schimmernden Niederschlag!) alle Grade von blauem, gelbem und grünem Wasser erhalten, je nach der Verdünnung der Wolke mit Wasser: im höchsten Grad der Verdünnung, wo man fast nur reines Wasser hat, erscheint das Wasser blau, bei sehr starker Wolke, wo das Licht in grösserer Schicht nicht mehr durchgeht, erscheint es schwarz. Die verschiedene chemische Zusammensetzung dieser Stoffe, ob Kalk oder Thon u. s. w., wenn sie nur farblos sind, hat keinen Einfluss auf diese Art der Färbung des Wassers (?). Das Grün entsteht durch Vermischung der ursprünglich blauen Wasserfarbe mit dem Gelb oder Gelbrot der Wolke, wenn sie zusammen von der Wassersäule zum Auge reflektiert werden. SPRING glaubte früher (1883), die mehr oder weniger grüne Farbe von Rhein, Rhône, Bodensee u. s. w. auf den Kohlensäuregehalt zurückführen zu können: die Kohlensäure halte den Kalk in Lösung, dann sei das Wasser mehr blau; je weniger freie Kohlensäure, desto stärker der Niederschlag, desto grösser die Trübung und die grüne Farbe; daher nehme auch die

grüne Farbe gegen das Ufer hin zu. In seinen neueren Abhandlungen scheint SPRING davon abgegangen zu sein. Durch photometrische Untersuchung fand er dann noch ein bestimmtes Verhältnis von Färbung und Helligkeit (Grad der Lichtentsendung) eines Gewässers: je blauer, desto weniger leuchtend. Ganz klare Gewässer können nach Ansicht des Verfassers ihre grüne Farbe aber nicht solchen kolloiden Niederschlägen verdanken; auch sind die sogen. „Wasserstäubchen“, s. o., von diesen Niederschlägen zu unterscheiden.

2. WITTSTEIN<sup>1</sup> 1861, ebenfalls von der ursprünglich blauen Farbe des Wassers ausgehend, schreibt die vom Blau abweichende blaugrüne, grüne, gelbe und braune Färbung unserer offenen Gewässer nicht etwa aufgelösten, direkt färbenden Metalloxyden, z. B. Eisenverbindungen, zu, da diese in überaus geringer Menge im Rückstand nach dem Verdampfen sich finden, und dazu noch eine sehr geringe färbende Kraft haben. Vielmehr liege die Ursache jener Färbung in organischen Verbindungen in Form von Humusstoffen, welche durch Hilfe von Alkali sich auflösen (als ulmin- und huminsaure Salze), und dann das Wasser gelb bis braun, selbst schwarz färben, was auch schon BUNSEN (1847 l. c. S. 45) fand. Das Gelb mit dem Blau des Wassers erscheine in grösseren Schichten grün. Humusstoffe finden sich überall, nicht aber jene Alkalien. Wo letztere fehlen oder in geringer Menge, z. B. am Boden eines Gewässers sich finden, behalte das Wasser seine natürliche Farbe: mehr blau oder blaugrün; so in hartem (kalk- und magnesiareichem) Wasser, wie in den von den Kalkalpen herkommenden Gewässern, z. B. Isar; in Gewässern, deren Boden Granit u. dergl. sei und viel Alkalien enthalte, also in sogen. weichen Wassern, werde mehr Humus gelöst, und dies erteile solchen Gewässern eine gelbe, braune, selbst schwarze, und in tieferer Schicht eine grünliche Farbe: blau mit gelb = grün: so bei den Gewässern aus dem Bayrischen Wald; so verhalte sich auch die schmutzig-gelbe Fulda und die blaugrüne Werra, die dann in der Weser eine gemischte Farbe ergeben.

3. FOREL, l. c. 1895, schliesst sich im wesentlichen der WITTSTEIN'schen Ansicht an, stützt sie aber durch bessere Gründe und durch Experimente. Zunächst führt er die Thatsache, dass gewisse Gewässer, z. B. der See von Kandersteg blau, andere wie der Brienzer

---

<sup>1</sup> Wittstein in der Vierteljahresschrift für praktische Pharmazie, ed. Wittstein X. Bd. 1861, München, S. 342—365: Beobachtungen und Betrachtungen über die Farbe des Wassers.

See gelb sind, auf deren Durchsichtigkeit zurück, was auch schon die Vergleichung des Wassers im Sommer oder Winter, wo es klarer und blauer ist, bestätigt. Wenn aber die suspendierten Teilchen im Wasser die einzige Ursache der grünen Färbung wären, so müssten sie, folgert FOREL weiter, durch eine sehr vollständige Filtration, wie sie mit den neueren sogenannten CHAMBERLAND'schen Filtern aus geglühtem Porzellan, welches die feinsten Keime und Mikroben zurückhält, gemacht werden kann, doch entfernt werden, und die Farbe müsste wieder eine blaue werden. Dennoch blieb die ursprüngliche Farbe auch nach der Filtration, die FOREL vornahm, im wesentlichen dieselbe. Die Ursache der grünen Färbung muss also in im Wasser gelösten Stoffen liegen: so FOREL. Dabei seien Eisensalze auszuschliessen, weil sie in offenen Gewässern nicht sich in Lösung halten, sondern bald sich zersetzen und niederschlagen (s. dagegen unten nach SPRING); ebenso Chlorophyll, das nicht eigentlich im Wasser löslich ist. Wohl aber könnten es lösliche Huminstoffe sein (Ulmin- und Huminsäure und deren Alkalisalze). Durch Ansetzen eines Torfblocks mit filtriertem Wasser vom Genfer See in verschiedener Menge erhielt FOREL in seiner Versuchsröhre alle Farben von blau bis zu grün und gelb. Dass darin die Hauptursache der grünlichen oder braunen Färbung unserer Gewässer liege, dafür führt er noch überzeugende geographische Gründe an: Seen von blauer Farbe, wie der Genfer und Gardasee, der See von Annecy in Savoyen und insbesondere der Achensee in Tirol erhalten ihren Zufluss von Gewässern, welche entweder gar nicht durch Moorboden ziehen, wie der Achensee, oder verhältnismässig nur wenig Gelegenheit haben, aus solchen Humusstoffen auszuziehen, vielmehr meist von Gletscherbächen gespeist werden. Alle grünen oder bräunlichen Seen dagegen, wie die meisten Schweizerseen (Züricher, Bodener, Vierwaldstädter, Murten- und Neuenburger See), insbesondere auch der dem Achensee so nahe Tegernsee, werden durch Zuflüsse gespeist, die durch **Moorgegenden** gegangen sind.

4. Bei kalkreichen Gewässern, wo die Färbung hauptsächlich eine blaue ist, deren Ursache nach meiner Ansicht auf gelöstem doppelt-saurem Kalk beruht, ist der Stich ins Grüne (Genfer See, Blautopf mit No. 4 der Skala) zurückzuführen wohl teils und hauptsächlich auf gleichzeitige Lösung von Humusstoffen (nach WITTSTEIN und FOREL), teils nach SPRING auf kolloidale Trübung durch feinste Kalkniederschläge infolge von Kohlensäureverlust im offenen Wasser. Dann aber können sie nicht mehr ganz klar sein.



5. In einer neueren Arbeit 1897 geht auch SPRING<sup>1</sup> wieder näher ein in den Gehalt der Gewässer an Humusstoffen und Eisenverbindungen und findet ein eigentümliches Gleichgewichtsverhältnis zwischen beiden: unter Einwirkung des Sonnenlichts reduzieren die Humusstoffe die Eisenoxydverbindungen zu nur schwach färbenden Eisenoxydulverbindungen, während sie von dem Eisenoxyd selbst Sauerstoff aufnehmen, saurer werden und mit den vorhandenen Basen (saure?) Salze bilden, die sich langsam niederschlagen, da sie unlöslich sind. Die in Lösung gebliebenen Eisenoxydulsalze oxydieren sich aber rasch wieder durch den Sauerstoff der Luft oder des Wassers, werden zu braungelbem Eisenoxydhydrat, das als kolloidale Suspension das blaue Wasser in grösseren Schichten grünlich färbt<sup>2</sup>, aber nur vorübergehend, denn nun beginnt der obige Prozess von neuem: ein Verbrennungsprozess ähnlich dem im tierischen Körper, wo der Sauerstoffträger das Hämoglobulin ist, während es hier Humusstoffe sind. Wird die Intensität des Lichts stärker, so wird das Wasser verhältnismässig ärmer an gelben oder braunen Humus- und Eisenverbindungen, da sie rasch ausgeschieden werden; es wird daher dann mehr blau erscheinen; bei schwachem Licht werden jene braunen Stoffe vorherrschen, daher von der Sonne stark beschienene Gewässer meist blau sind, ebenso Flüsse in ihrem Unterlauf, z. B. der Nil (bei niederem Wasserstand). Gewässer mit wenig Eisen und viel Humusstoffen werden braun, selbst schwarz sein, weil jener Eliminationsprozess nur sehr langsam vor sich geht, z. B. die südamerikanischen, auch die bayrischen braunen Flüsse (WITTSTEIN s. o.), welche auch auffallend süß, d. h. arm an mineralischen Stoffen sind. Danach spielen neben Humusstoffen auch Eisenverbindungen eine wichtige Rolle bei der Farbe des Wassers.

6. In einer noch neueren Schrift 1899<sup>3</sup> schreibt SPRING dazu noch dem roten Eisenoxyd (Hämatit) die Bedeutung zu, die Ursache der völligen Farblosigkeit mancher Gewässer zu sein. Das nach obigem Prozess gebildete Eisenoxydhydrat kann, wie SPRING 1899 in einer weiteren Abhandlung „über den Ursprung der roten

---

<sup>1</sup> Spring, Über die Rolle der Eisenverbindungen und Humusstoffe bei der Färbung der Gewässer und die Ausscheidung dieser Substanzen unter dem Einfluss des Sonnenlichts. *Bullet. Acad. Belg.* 1897. t. 34 S. 578—600.

<sup>2</sup> In kleineren Gläsern wird eine Eisenvitriollösung, die kaum grünlich ist, nach einigen Tagen gelblich; so auch in seichteren Gewässern.

<sup>3</sup> Spring, Über die Ursache der Farblosigkeit klarer Gewässer. *N. Jahrb. f. Min. etc.* 1899, II. Bd.



Felsen“<sup>1</sup> gezeigt hat, unter Wasser zu rotem Eisenoxyd werden, das als kolloidale Suspension das Blau des Wassers in weiss umwandelt, d. h. farblos macht. So ist der Wettersee in Schweden (und noch einige andere dortige Seen) trotz grosser Tiefe (10 m und mehr) krystallklar, ohne alles Blau, man kann den Boden und darauf liegende Gegenstände in ihrer wahren Farbe erkennen, wenigstens stellenweise und zu gewissen Zeiten. SPRING hat das auch experimentell nachgewiesen, durch Zusatz einer Wolke von rotem Eisenoxyd zum blauen Wasser der Versuchsröhre, oder Einsenden von rötlichem Licht durch Wasser. Nur, möchte Verfasser hierbei wieder einwenden, ist solche Wasserklarheit kaum mit kolloidaler Trübung vereinbar, s. o.

#### bb) Biologische Ursachen.

Eine wichtige, wenn auch mehr lokale Ursache der Färbung unserer freien Gewässer besteht in darin lebenden Organismen, tierischer oder pflanzlicher Art, meist solchen, die auf der Grenze von Tier- und Pflanzenreich stehen: niederen Algen, Geisselwesen, Infusorien, auch Bakterien u. dergl., und manchmal auch etwas höher stehenden Tieren, wie Krustaceen. Sie gehören meist dem Plankton an, sind Schwebewesen. Die einzelnen Individuen sind meist schwach gefärbt, bei grosser Menge und Dichtigkeit können sie aber intensive Färbungen hervorbringen.

In grossen Gewässern, wie im Meer, in grossen Binnenseen kommen sie für die Färbung meist wenig in Betracht, da sie in einer grossen Wassermasse sich verteilen, und die Färbung der einzelnen nicht zur Geltung kommt. Doch können sie auch hier lokale Ansammlungen bilden, an Buchten und am Ufer, und hier sehr auffallend werden. Als „Wasserblüten“ an der Oberfläche des Wassers können sie weite Strecken färben. Fliessende Gewässer sind für die Existenz von Schwebewesen überhaupt ungünstig, und so findet man auch die gefärbten hier selten in der nötigen Menge, ausser in sehr langsam fliessenden und in „Altwässern“.

#### 1. Wasser- oder Seeblüte<sup>2</sup>.

Dies ist bekanntlich eine in stehenden, besonders grösseren und grossen Gewässern von Zeit zu Zeit, namentlich im Sommer auf-

<sup>1</sup> Spring, ebenda. 1899, I. Bd.

<sup>2</sup> Klebahn, Forschungsber. Biol. Stat. Plön, IV. 1896. Schröter, Die Schwebeflora unserer Seen. 1896. Neujaarsblatt der naturh. Ges. Zürich. Apstein, Süsswasserplankton. 1896. Klunzinger, Die Lehre von den Schwebewesen des süssten Wassers in der „Zeitschrift f. Fischerei“. 1897.

tretende Erscheinung, wobei deren Oberfläche sich mit einer meist grünlich, selten rötlich oder bräunlich gefärbten Schicht bedeckt, die sich als aus winzigen Algen, und zwar einer Art fast ausschliesslich angehörend, bestehend erweist. Vermöge ihres geringen specifischen Gewichts, durch Gasbläschen hervorgebracht, halten sich diese Algen bei ruhigem Wetter stets oben, und lassen sich dadurch auch leicht von den übrigen Planktonorganismen sondern, bezw. abschöpfen wie Rahm.

Sie gehören hauptsächlich den Blaualgen (Cyanophyceen) an, und zwar den Familien der Rivulariaceen (worunter besonders *Gloiotrichia echinulata*<sup>1</sup> sehr auffallend ist, und oft massenhaft, z. B. alljährlich im Plöner See, vorkommt), ferner der Familie der Nostocaceen (darunter 7 Arten der Gattung *Anabaena*), der Oscillariaceen (*Oscillaria rubescens* DE CAND.<sup>2</sup>) und der Chroococcaceen (besonders *Clathrocystis aeruginosa*).

Solche Seeblüten wurden auch schon im Meere beobachtet<sup>3</sup>, aber nur in der salzarmen Ostsee, am Finnischen Meerbusen, herührend von denselben Arten, die auch im süssen Wasser vorkommen: *Aphanizomenon flos aquae* (*Limnochlide* Kütz) und *Rivularia fluitans*.

Die Grünalgen (Chlorophyceen) sind mehr gleichmässig in den Gewässern verteilt, zu den nur an der Oberfläche schwebenden Arten gehört nur *Botryococcus Braunii*<sup>4</sup>, die ansehnliche grüne, braune oder rote Flocken bildet; in den norddeutschen Seen kann sie so durch massenhaftes Vorkommen eine Seeblüte bilden, in den Alpenseen ist sie zwar gemein, tritt aber hier nie als Seeblüte auf.

Eine gelbliche Seeblüte ganz anderer Art wird hervorgebracht durch Verwehen von Blütenstaub<sup>5</sup> von Koniferen (Fichten und Kiefern der Ufergegend) in einen See. Diese Art ist leicht unter dem Mikroskop zu erkennen durch die Gestalt der Pollenkörner. Verschieden von der Wasserblüte, aber auch eine gewisse Färbung der Oberfläche des Wassers machend, ist endlich die Bildung von

<sup>1</sup> P. Richter, Forschungsber. Plön. 1894.

<sup>2</sup> Ehrenberg in Poggendorf's Annalen, 18. Bd. 1830, S. 497. 1825 im Murtensee beobachtet, den See rot färbend.

<sup>3</sup> Botanischer Jahresbericht. 1878. I. Teil, S. 402.

<sup>4</sup> Schröter, l. c. 1896, fig. 91. Kirchner, Vegetation des Bodensees. 1896 (Schriften des Bodenseevereins). Klunzinger, l. c. S. 147.

<sup>5</sup> Forel, l. c. S. 485, Anm. 1. Schröter, l. c. S. 11: als Pseudoplankton bezeichnet. Klunzinger, l. c. S. 170, Anm.

Fladen oder Watten<sup>1</sup>; solche haben meist eine schmutziggrobraune Farbe, sehen oft fast wie Exkremente aus; sie bestehen fast ganz aus Kieselalgen und werden durch Gase an die Oberfläche getrieben, besonders wenn es warm ist.

## 2. Grüne Färbung.

So findet man kleinere Seen und Teiche, besonders aber Gräben, Tümpel und Pfützen nach Regen öfters gefärbt. Die färbende Ursache ist hier fast immer nur eine Art, die durch ihre rasche Vermehrung in kurzer Zeit eine meist intensive Gesamtfärbung hervorruft, und zwar durch und durch, nicht bloss an der Oberfläche. Schon EHRENBURG hat viele solche Fälle untersucht und führt 15 Arten seiner Infusionstierchen auf, welche hier in Betracht kommen. Sie gehören zum grössten Teil zu den Flagellaten und zwar zu den Phytomastigoden BÜTSCHLI, mit pflanzlicher Ernährungsweise, mit den Familien *Chryso-* und *Chlamydomonadina* und den *Volvocina*, andererseits zu der Gruppe der Euglenoiden. Es können aber auch Grünalgen (Chlorophyceen) sein, in seltenen Fällen auch Wimperinfusorien, wie *Ophridium versatile*. Im einzelnen Fall ist bald die, bald die andere Art die alleinige oder fast ausschliessliche Ursache der grünen Farbe, am häufigsten sind es folgende Arten oder Gattungen: Von Chryso- und Chlamydomonadinen: *Chlorogonium*, *Spondylomorom*, *Synura*, *Chlamydomonas*, *Polytoma*; von Volvocinen: *Volvox globator* und *minor*, *Pandorina morum*<sup>2</sup>; von Euglenoiden: *Euglena viridis*, auch *acus* und andere Arten (von mir öfters beobachtet). Von Grünalgen: *Scenedesmus* (häufig), darunter von Desmidiaceen oder Doppelalgen: *Cosmarium* (hierher *C. silesiacum*, welche den Feuersee<sup>3</sup> in Stuttgart intensiv grün färbt). Schwärm-sporen von Grünalgen könnten auch Tümpel grün färben (?). Grünlich färben, aber meist mit anderen Arten vermischt: *Dinobryon* unter den Heteromonadinen (so am Fischwassersee beim Eisenbahn-stationsgebäude in Hohenheim).

Neuerdings geht durch die Blätter eine Notiz von einem „grünen Nil“. In der „Geographischen Zeitschrift“ von HETTNER, 1898, S. 171, heisst es:

<sup>1</sup> Apstein, l. c. 1896, S. 28.

<sup>2</sup> Forel, l. c. S. 485, fand diese Art jedes Jahr im Hafen von Morges im Genfer See.

<sup>3</sup> Darüber werde ich in einer besonderen Arbeit berichten.

„Alljährlich, in der letzten Juniwoche, kann man in Kairo eine tiefgrüne Färbung des Nil beobachten. Dies kann als Zeichen dafür angesehen werden, dass der Strom seinen tiefsten Stand überwunden hat und einer neuen Schwellung entgegengeht. Dies wird durch mikroskopische Algen verursacht, die sich oberhalb Wadi Halfa in den stehenden Gewässern entwickeln, welche sich während der Nilüberschwemmung zu beiden Seiten des Ufers gebildet haben. Beginnt nun das Wasser des Stromes wieder zu steigen, und vereinigt sich infolgedessen der Strom mit diesen von Organismen durchsetzten Lachen, so gelangt jene ganze Schlammvegetation in grossen Mengen in den Fluss und treibt flussabwärts. Zunächst bleibt die grüne Masse an der Oberfläche des Wassers, das sie wie ein Rasen bedeckt; in den Katarakten aber werden sie derart durcheinandergewirbelt, dass das ganze Wasser des Flusses eine grüne Färbung annimmt. Die Menge der grünen Algen ist so gross, dass im Sommer vorigen Jahres der ganze Flusslauf von Kelabschek bis Kairo auf eine Länge von 900 km vollkommen grün gefärbt war. Nachdem die grüne Pflanzenmasse im Juni von Wadi Halfa aufgebrochen war, erreichte sie nach 14 Tagen Kairo, während das andere Ende sich dann in der Gegend von Kelabschek befindet. Nach 10—12 Tagen hat die Spitze bereits Rosette und Damiette erreicht, während das obere Ende oberhalb Sint liegt. Der „grüne Nil“ ist für seine Nachbarschaft ein Grund schwerer Verlegenheit, denn sein sonst geniessbares Wasser verbreitet dann einen wenig angenehmen Geruch, der von faulenden organischen Stoffen herrührt, die sich unter dem Einfluss der Julihitze zersetzen.“

Auffallend ist, dass keine Beobachter genannt sind, auch nicht die Namen der Algen. Von früheren Reisenden und Naturforschern finde ich diese Erscheinung, die mehr in das Kapitel der Wasserblüten zu gehören scheint, von R. HARTMANN<sup>1</sup> erwähnt (S. 89):

„Nur wenn sich beim tiefsten Nilstande, kurz vor dem Beginn der Schwellung, das Wasser in Ägypten grün färbt, einen fauligen Geruch von sich giebt, und wenn sich in ihm Algen, Konferven und Infusorien entwickeln, dann wird es für kurze Zeit ungesund und bedarf sorgfältiger Filtrierung. Zum Glück dauert dieser Zustand nur etwa 10—20 Tage lang. Zur anderen Zeit enthält das Nilwasser in Ägypten, Unter- und Mittelnubien nicht viele lebende organische Formen, als Diatomeen und Infusorien, Rhizopoden, Rädertiere und Fadenwürmer.“

Sonst ist (S. 88) der Nil jahraus jahrein lehmig trüb, welche Farbe durch unorganische Beimischung erzeugt wird<sup>2</sup>.

Oft sind Gewässer scheinbar dadurch grün, dass am Boden derselben sitzende oder angeheftete aber fluktuierende grüne Pflanzen

<sup>1</sup> R. Hartmann, Naturgeschichtlich-medizinische Skizze der Nilländer. Berlin 1865.

<sup>2</sup> Ebendasselbst (S. 87) findet man auch Angaben über die Farbe der Zuflüsse des Nil, welche ihren Namen von ihrer Farbe haben: „Der weisse Fluss (Bahr el abjad) ist weisslich, ähnlich der Kalkmilch, der blaue Fluss (Bahr el azrak) ist von Dezember bis Mai ziemlich klar und schön bläulichgrün, wie der Königsee, bei der Schwelle trüb lehmiggelb, der Gazellenfluss (Bahr el ghazāl) ist grünlich, bei hohem Stand lehmig trüb.“



durchscheinen, z. B. Konferven, Oscillarien oder auch höher stehende Wasserpflanzen.

### 3. Gelbliche, bräunliche, weisse und blaue Färbungen.

Eine bräunliche bis rostrote Färbung veranlasst nach meinen Beobachtungen zuweilen *Ceratium* (und *Peridinium*) unter den Dinoflagellaten; eine solche sah ich im September 1897 am Bärensee im Park bei Stuttgart.

Bläuliche Färbung durch *Stentor coeruleus* (*Infusor. ciliata*), wie eine solche wohl angegeben wird, habe ich selbst nicht beobachtet, wohl aber eine gräulich-weiße oder fast milchweiße in einem handgrossen Tümpel auf der Gänseheide bei Stuttgart, durch *Spirostomum ambiguum*.

Eine intensive Blaufärbung eines Sees, die nur mittelbar durch Organismen erzeugt wird, erwähnt F. COHN, 1877<sup>1</sup>:

„Ein 120—150 ha grosser See bei Zirke in Posen, der sonst stets klares und fliessendes Wasser hatte, bekam am 11.—15. November (dieses Jahres?) eine intensiv blaue Färbung und Trübung, so dass die Fische in den Kästen abstarben, und das Vieh das Wasser nicht trinken mochte; am Rande lag ein tiefblauer Schleim, der Geruch war widrig. Der See selbst war spangrün, der Abflussgraben ultramarinblau COHN fand als Ursache eine Nostocacee wahrscheinlich *Anabaena circinalis*. Der spangrüne Farbstoff, sogen. Phykochrom, ist ein Gemenge von grünem Chlorophyll und blauem Phykocyan. In den lebenden Zellen untrennbar verbunden, trennen sich die beiden Pigmente beim Absterben der *Anabaena*-Fäden derart, dass Chlorophyll, in Wasser unlöslich, in den Zellen zurückbleibt, das im Wasser lösliche Phykocyan dagegen nach aussen diffundiert und dem Wasser eine intensiv blaue Farbe mit lebhaft roter Fluorescenz verleiht. Beim Filtrieren des grünen Schleims läuft schön blaues Wasser durch das Filter, und beim Auftrocknen desselben auf Fliesspapier bildet sich ein blauer Rand. Diese blaue Färbung stellt das grossartigste Experiment der Darstellung von Phykocyan dar, das bis jetzt beobachtet worden ist.“

### 4. Rote Färbung.

Sie gehört unter die auffallendsten Erscheinungen, wenn auch nicht unter die häufigsten. Das Wasser sieht dann oft wie „Blut“ aus, und hat von alters her Veranlassung zu Schrecken und abergläubischen Befürchtungen gegeben, ähnlich den „Blutflecken auf Brot und Hostien“, welche durch eine Pigmentbakterie: *Micrococcus prodigiosus* hervorgerufen werden. Die älteste Nachricht von blut-

<sup>1</sup> F. Cohn, in Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft f. vaterl. Kultur im Jahre 1877, S. 147 (durch Prof. O. Kirchner mir gütigst zur Verfügung gestellt).

ähnlich gefärbtem Wasser findet sich im 2. Buch Mosis, 7. Kap.: „Alles Wasser im Strom (Nil) ward in Blut verwandelt und die Fische im Strom starben u. s. w. Das währete 7 Tage lang.“ Auch HOMER (Ilias XI. 53 und XVI. 459) spricht von „blutigem Tau und blutigen Tropfen“. EHRENBERG 1830<sup>1</sup> hat alle damals bekannten blutartigen Erscheinungen zusammengestellt und dazu seine eigenen Erfahrungen mitgeteilt. Eine Beobachtung, die er bei Siut in Oberägypten machte: ein durch eine zinnoberfarbige Alge (Konferve), *Sphaeroplea annulina* AGHARD, nach der Nilüberschwemmung sehr rot gefärbtes stehendes Wasser, könnte vielleicht zur Erklärung des blutigen Nils zur Zeit Pharao's benutzt werden. Ausserdem fand er überall am feuchten Nilufer eine sehr lebhaft, indes mehr zinnoberrote als blutrote Färbung, hervorgerufen durch eine *Vaucheria*-artige Alge, die er *Geocharis nilotica* nennt. Eine rote Färbung des ganzen Nils ist meines Wissens noch nicht wissenschaftlich beobachtet worden.

Bekannt und viel beobachtet ist die rote Färbung der Gewässer durch *Euglena*. EHRENBERG nennt sie *Eugl. sanguinea*, die er für eine andere Art hält, als die oben angeführte, die Gewässer grün färbende *Eugl. viridis* (*Enchelys* oder *Cercaria viridis* von O. FR. MÜLLER).

Aber spätere Beobachter fanden, dass die grüne Färbung unter Umständen in die rote Färbung übergeht<sup>2</sup>. Wahrscheinlich verdeckt das sich ausbreitende Rot (Hämatochrom COHN) nur das Grün, das in deutlichen Chromatophoren (bei *Euglena* körnchenartigen) sitzt, während das Hämatochrom in feinsten Körnchen über die ganze Körpermasse (Plasma) verteilt ist, und als Fettfarbstoff betrachtet wird. Es dient vielleicht als Schutzmittel gegen gewisse äussere Einflüsse. Dasselbe Pigment findet sich auch an den früher als Augen betrachteten „Stigmata“. Ich habe diese *Eugl. sanguinea* nie gefunden, sie ist immerhin eine seltenere Erscheinung. LAMPERT<sup>3</sup> fand sie in Torfgräben bei Kisslegg, Oberförster FRANK 1893 im Kürnbacher Ried bei Schussenried.

<sup>1</sup> Ehrenberg, Neue Beobachtungen über blutartige Erscheinungen in Ägypten, Arabien und Sibirien nebst einer Übersicht und Kritik der früher bekannten, in den Annalen der Physik und Chemie von Poggendorf, 18. Bd. S. 477—514.

<sup>2</sup> Bütschli, Protozoa in Bronn's Klassen u. Ordn. des Tierreichs, II. S. 716—737.

<sup>3</sup> Lampert, diese Jahreshfte 1894, Sitzungsber. S. LXXXVIII.

Andermal wurde als Ursache derselben Erscheinung eine *Astasia*, von *Euglena* hauptsächlich durch den Mangel eines Stigma unterschieden, gefunden, so schon 1829 von EHRENBURG<sup>1</sup> im östlichen Sibirien, von ihm *Astasia haematodes* benannt, später von LEMMERMANN<sup>2</sup> und ZACHARIAS<sup>3</sup> 1896 wieder beobachtet, und zwar in der Weise, dass die durch sie gebildeten hautartigen Überzüge im Sonnenschein rot, bei Eintritt der Dunkelheit oder bei düsterem Wetter grün sich färbten; im Winter verschwanden diese „Bluttierchen“.

Schon 1825 wurde im Murtensee in der Schweiz rote Färbung des Sees beobachtet, herrührend von einer *Oscillarie* (*Oscillaria rubescens* DE. CAND.<sup>4</sup>).

Auch *Haematococcus*<sup>5</sup> *lacustris* GIROD oder *pluvialis* BRONN verursacht rote und grüne Färbung des Wassers, sowie des Schnees in den Alpen und Polargegenden, rote besonders im Ruhezustand. Es ist auch wahrscheinlich dieselbe Art, welche M. JOLY 1840<sup>6</sup> als *Monas Duvalii* beschrieben und nachgewiesen hat, dass sie es ist, welche die rote Färbung der Salzkrustacee *Artemia salina* verursacht und nicht diese als solche die rote Farbe der Meersalinen, indem nur deren Darmkanal rot ist durch das verschluckte rote Protozoon, während der Körper farblos ist. Die Erscheinung findet sich in vielen salzigen Gewässern von grosser Konzentration, aber nicht im Meer und wurde schon vor LINNÉ von SCHLOSSER 1755, und seitdem vielfach beschrieben, so auch in den ägyptischen Natronseen von FELIX D'ARCET (JOLY l. c. S. 267) und von EHRENBURG (l. c. S. 491) kurz erwähnt. Mir erzählte einst K. BÄDEKER, der Herausgeber des Reisehandbuchs über Ägypten, dass er bei Suez 1875 ähnliche rote Färbung in dem salzreichen Boden daselbst beobachtet habe und fragte mich um Auskunft darüber.

<sup>1</sup> Ehrenberg, l. c. in Poggendorf's Annal. 1830, S. 506.

<sup>2</sup> Lemmermann, Resultate einer biologischen Untersuchung der Forellenteiche von Sandfort in Forschungsber. der biolog. Station in Plön. Teil V. 1897, S. 83.

<sup>3</sup> Zacharias, Ibid. VII. 1899, S. 44. Das Vorkommen von *Astasia haematodes* in deutschen Fischteichen.

<sup>4</sup> Ehrenberg, l. c. S. 494.

<sup>5</sup> Bütschli, l. c. S. 836. — Eiferth, Mikroskop. Süßwasserbewohner, 1885. S. 64, als *Chlamydococcus pluvialis*. — Blochmann, Mikroskop. Tierwelt des Süßwassers. 1895, S. 57--64.

<sup>6</sup> M. Joly, Histoire d'un petit Crustacé (*Artemia salina*) auquel on a faussement attribué la coloration en rouge des marins salans méditerranéens, suivie de recherches sur la cause réelle de cette coloration. Annal. des scienc. natur. zool. 1840. S. 225--290, tab. 7 u. 8.

Im Meer selbst wurde von EHRENBERG (l. c. S. 504—506) 1823 bei Tor am Roten Meere eine blutige Färbung der ganzen Meeresbucht, aber nicht des hohen Meeres, beobachtet, und zwar periodisch, 4 mal im Dezember und Januar. Die Färbung rührte her von oft grünlichen, zuweilen lebhaft grünen, meist aber sehr dunkelroten Flocken, die aus in eine gallertige Scheide eingeschlossenen Bündeln von Oscillarienfäden bestanden, von EHRENBERG *Trichodesmium erythraeum* genannt. EHRENBERG glaubt, diese Erscheinung könnte vielleicht eine Erklärung geben für den rätselhaften uralten Namen des „Roten Meeres<sup>1)</sup>“. Aber jene ist doch zu selten und zu lokal, um zu einer solchen Namengebung Veranlassung geben zu können. Ich selbst habe sie während eines achtjährigen Aufenthalts bei Kosseir nie beobachtet, noch hörte ich davon. Rote Färbung des Meeres sollen weiter noch verursachen: *Chlamydomonas marina* COHN und *Protococcus atlanticus* MONT.<sup>2</sup>

Endlich ist noch eine Beobachtung über Rotfärbung eines Teichwassers durch einen bakterienartigen Mikroorganismus, eine Schwefelbakterie: *Chromatium Okenii*, anzuführen, welche neuerdings O. ZACHARIAS 1899<sup>3</sup> mitteilt:

„Nach einem Schreiben des Grafen FRITZ v. SCHWERIN fand man am 10. Januar 1897 im Parkteich von Wendisch-Wilmersdorf (bei Trebbin, Kreis Teltow) viele Fische tot unter dem Eise. Das darunter befindliche Wasser zeigte sich nach teilweiser Wegnahme der Eisdecke hellbräunlich und verbreitete einen intensiven Jauchegeruch. Am Teichrand ein hochroter Wasserstreifen; schliesslich sah die ganze vom Eis entblösste Wasserfläche aus, als hätte man viele Eimer frischen Bluts hineingeschüttet; so bis 20. Januar. Dann kam ein Schneefall und machte eine fernere Kontrolle der Wasserbeschaffenheit unmöglich. ZACHARIAS fand in dem ihm zugesandten Wasser Myriaden von Exemplaren der obengenannten Art von 0,014 mm Länge und 0,006 mm Breite, vorn mit Geisseln. Im Innern fanden sich lichtbrechende Körnchen, aus flüssigem Schwefel bestehend, ähnlich wie bei der bekannten *Beggiatoa*. Diese „Schwefelbakterien“ ernähren sich durch Aufnahme von Schwefelwasserstoff, den sie in Schwefel und weiterhin in Schwefelsäure verwandeln; sie gedeihen daher auch nur in Gewässern, in denen sich Schwefelwasserstoff entbindet: Folge der Zersetzung des massenhaft in den Teich fallenden Herbstlaubes und anderer Pflanzenreste. Diese reiche Menge von Schwefelwasserstoff, der bei der teilweisen Eisbildung nicht rasch genug entweichen konnte, hatte das Hinsterben der Fische zur Folge, nicht die zahlreiche Gegenwart des *Chromatium*.“

<sup>1</sup> Klunzinger, Bilder aus Oberägypten, der Wüste und dem Roten Meer. 1877, S. 262--263, auch der Name eines Königs Erythros wird beigezogen.

<sup>2</sup> Lennis-Frank, Synopsis der Pflanzenkunde. 1877, § 820, 15.

<sup>3</sup> O. Zacharias, Über Rotfärbung des Wassers in Fischteichen; in der Fischereizeitung von W. Dröschner-Schwerin. 2. Bd. No. 1, 1899, S. 11.



Einen anderen ähnlichen Fall von Rotfärbung durch *Beggiatoa roseo-persicina* fand schon 1886 FOREL<sup>1</sup> im lac de Bret bei Chexbres.

### 5. Das Leuchten des Meeres.

Dies gehört als Farberscheinung auch gewissermassen hierher. Ich verweise aber, da es hier zu weit führen würde, auf die ausgedehnte Litteratur hierüber. Es ist wohl am häufigsten verursacht durch Cystoflagellaten, besonders *Noctiluca*, manchmal auch durch Dinoflagellaten, wie *Ceratium* (s. BÜTSCHLI l. c. S. 1021), in anderen Fällen durch Bakterien, wie *Bacillus* oder *Bacterium phosphorescens*, aus welchem man sich eine Reinkultur mit Heringslake machen und so jederzeit künstlich ein Meerleuchten darstellen kann.

Ein Leuchten in süßen Gewässern ist bis jetzt noch nicht festgestellt, man hat als Erreger hier auch Dinoflagellaten beschuldigt (BÜTSCHLI l. c. S. 1022).

### 6. Färbung von Gewässern durch höhere Tiere (Metazoen).

Es sind meist niedere Krustaceen, welche, einzeln leicht gefärbt, bei grosser Zahl in einem Gewässer den Anschein eines gefärbten, meist roten Gewässers hervorbringen: so *Artemia salina* durch den roten Darminhalt, s. o., besonders aber *Daphnia pulex* und *Cyclops* durch seine oft roten Fetttropfen, was schon SWAMMERDAM, SCHÄFFER, LINNÉ und EHRENBURG<sup>2</sup> beobachteten.

So sah ich in einem Ablauf des Parksees im Rosenstein bei Stuttgart im September 1897 eine blutrote Färbung, nur durch *Daphnia pulex* verursacht. J. VOSSELER<sup>3</sup> fand einen Weiher gelb gefärbt durch *Diaptomus coeruleus*. Öfter fand ich auch kleine, flache, schlammige Tümpel rot durch einen Wurm mit rotem Blut: *Tubifex rivulorum*, welcher bekanntlich mit dem Vorderteil des Körpers im Schlamm in selbstgefertigten Röhren steckt, während das hintere Ende frei hervorragt und im Wasser sich badet. Wenn solche Tümpel eine gewisse Tiefe haben, sieht man nur einen roten Saum an der Grenze von Erde und Wasser, wie ich wiederholt beobachtete. Dagegen bleiben die tief blutrot gefärbten Schlammwürmer, d. h. die Larven von *Chironomus plumosus* ganz im Schlamm, und färben in ihrer Menge erst dann das Wasser, wenn man den Schlamm zerstört.

<sup>1</sup> Forel, Le Léman. II. 1895, S. 485.

<sup>2</sup> Ehrenberg l. c. 1830, S. 488.

<sup>3</sup> J. Vosseler, Die Krebsfauna unserer Gewässer, in Zacharias' Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers 1891, I, p. 352.

Im „salzigen See“ bei Halle a. d. S. fand man ganze Strecken der Uferzone scharlachrot gefärbt durch das massenhafte Vorkommen einer roten Wassermilbe (*Diplodontus despiciens* O. FR. MÜLL.).

### 7. Vegetationsfärbung.

So heisst man wohl eine meist grünliche oder grünbraune, zuweilen auch mehr gelbgrüne Färbung der Gewässer, welche durch mehrere Organismenarten zugleich bedingt sein soll<sup>1</sup>, von denen eine mehr oder weniger vorherrschen kann. Die Organismen sind mehr gleichmässig im Wasser verbreitet, nicht bloss an der Oberfläche. Das Wasser ist daher mehr oder weniger trüb, die „Sichttiefe“ (mittels Hinablassens einer weissen Scheibe oder des mitgeführten Planktonnetzes, bis man es nicht mehr sieht, ermittelt) ist gering, kaum 1—1½ m, das feine Netz filtriert schwer. Die Farbe kann Folge des in den Organismen enthaltenden Chlorophylls sein, das aber gewöhnlich modifiziert und durch andere Farbstoffe, wie Phykokyan oder, wie bei den Diatomeen, durch Diatomin verdeckt oder damit gemischt ist. Solche Verhältnisse fand ich z. B. am Loppiosee bei Riva (15. April 1897), wo eine Diatomee: *Synedra acus*, vorwiegend war. Auch die „Anlagenseen“ in Stuttgart, ein oberer und zwei untere, zeigen eine trübe, grünliche oder grünbraune Farbe, No. 19—20 meiner Skala. Es ist aber in diesen Fällen erst zu ermitteln, ob die Hauptfärbung doch auch hier von Humusstoffen herrührt, teils durch chemische Untersuchung des filtrierten Wassers, teils durch die Untersuchungsröhre. Ich fand für den rechten unteren Anlagensee ohne und selbst nach Filtration undurchsichtiges Wasser, welches erst nach 24stündigem Stehen in der Röhre etwas sich aufhellte und eine rötlichbraune Färbung ergab. Solche sogen. „Vegetationsfärbungen“ dürften also ein Gemisch von Färbung durch Organismen und durch chemische, gelöste, mineralische Stoffe, meist Humusstoffe, sein; wahrscheinlich kommt letzteren der Hauptanteil zu.

Mit dieser Schilderung ist die Zahl der Ursachen der Färbung unserer Gewässer noch lange nicht erschöpft; jeder Fall ist für sich zu untersuchen, und diese Arbeit soll nur eine gewisse Grundlage bilden für weitere Forschungen<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Lampert, Das Leben der Binnengewässer 1899, S. 510.

<sup>2</sup> Sehr erwünscht wäre Einsendung von Beobachtungen oder Funden von gefärbtem Wasser in Glasfläschchen, frisch oder mit einigen Tropfen Formol konserviert, an den Verfasser, insbesondere aus Württemberg.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Klunzinger Karl Benjamin

Artikel/Article: [Ueber die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farbe unserer Gewässer 321-346](#)