

Ueber die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farbe unserer Gewässer: Nachtrag¹.

Von Prof. Dr. Klunzinger.

In meiner vorjährigen Arbeit „Über die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farbe unserer Gewässer“ kam ich nach meinen Versuchen, die bis zur Drucklegung des Jahresheftes (Mai 1901) von mir angestellt wurden, zum Ergebnis, dass das gewöhnliche, frisch bereitete destillierte Wasser beim Durchsehen durch eine an beiden Enden mit Plangläsern geschlossene Röhre aus Zink von 4—6 m Länge, die horizontal gegen das Fenster gehalten wird, grünlich, oder bläulich mit einem starken Stich ins Grünliche, der FOREL'schen Farbenskala No. 4—5 entsprechend, erscheine.

Bei Versuch No. 11 mit klarer Lösung von doppeltkohlensaurem Kalk in destilliertem Wasser fand ich eine blaue Farbe von ca. No. 1 der Farbenskala. Als ich nun denselben Versuch später, am 23. Juni 1901, an einem anderen Orte (Rottweil) wieder machen wollte, erschien die Bikarbonatlösung nicht blau, sondern grünlich, von Farbe No. 4—5, wie das destillierte Wasser, um dann bald durch Gelb in Schwarz überzugehen, wohl wegen eines sich bildenden reichen Niederschlags infolge von Verdunstung der Kohlensäure in der nicht dicht verschliessbaren Röhre, und wohl auch durch Zersetzung der Metallteile (Zink der Röhre und Eisenteile der Schrauben für die ansetzbaren Glasplatten).

Am 12. Juli 1901 machte ich noch einen dritten Versuch im Laboratorium für allgemeine Chemie an der Technischen Hochschule in Stuttgart, wohin ich meine Röhren brachte, die ich zur Vorsicht vorher noch mit einem Wischer mit Stiel, wie eine Kanonenröhre, gut hatte reinigen lassen. Die vom Assistenten des Laboratoriums, Herrn GANSSER, bereitete Lösung von Kalciumbikarbonat, mit destilliertem Wasser verdünnt, war ganz klar und neutral. Ergebnis: Blaugrün, von No. 4 der Farbenskala bei 4 m und ebenso bei 6 m

¹ s. diese Jahreshefte 57. Jahrg. 1901, S. 321 ff.

Länge der Röhre! Vor dem äusseren Ende der Röhre war zur Erhaltung eines diffusen weissen Lichts, wie sonst, eine durchscheinende Milchglasplatte aufgestellt. Die Wand des gegenüberliegenden Hauses war allerdings etwas gelblich, es war gewöhnlicher gelblicher Sandstein. Der anwesende Vorstand, Prof. Dr. HELL, der mir bei diesem Versuch mit Rat und That beistand, stellte nun aussen vor das mit einem weissen Vorhang verhängte Fenster eine grüne Pflanze (*Plectogyne*), um den Einfluss des gelblichen Hintergrunds, der Sandsteinwand, aufzuheben, und nun erschien die Farbe des Wassers der Röhre plötzlich, in überraschender Weise, blau, von No. 1, wie bei meinem ersten Versuch No. 11!

Ich machte dann noch folgende Versuche und zwar, wie früher, im Saale der zoologischen Sammlung, im ersten Stock der Technischen Hochschule, dessen Fenster nach Westen gegen den Stadtgarten zu geht, also ohne gelblichen Hintergrund, wohl aber mit Bäumen im Garten. Ich benützte helle Nachmittagsstunden, wo die Sonne tief in den Saal hineinschien, einmal im Juli 1901 und wiederum im April 1902, wo die Bäume ohne Laub waren. Das Ergebnis war:

1. Die Röhre mit frisch destilliertem Wasser, gegen das Fenster gehalten, zeigte wiederum ein Blaugrün von No. 4—5, mit und ohne weissen Vorhang oder Milchglas, durch letzteres eher etwas heller im Ton.

2. Bei Vorstellen eines gut von der eindringenden Sonne beleuchteten, dicken, weissen Porzellantellers im Innern des Zimmers und Betrachtung der Röhre von der Fensterseite aus erhält man nicht etwa ein tieferes Blau, wie man nach dem BUNSEN'schen Versuch erwarten sollte, sondern ein sehr blasses Grün oder Bläulich, einen sehr hellen Ton.

3. Bei Vorsetzen von roten, braunen, blauen Glasscheiben erhält man genau die Farbe der betreffenden Gläser auch durch das Wasser der Röhre hindurch.

4. Bei Vorsetzen eines grünen, dunkel- oder blaugrünen Glases erhält man dagegen ein mehr oder weniger tiefes Blau, um so tiefer, je näher man die Glasscheibe der Röhre bringt, mit No. 1—3 der Farbenskala (letzteres bei Brunnenwasser).

5. Ähnlich bei Vorsetzen eines grünen, dicken Blattes, z. B. von *Laurocerasus* oder *Ficus*, gut von der Sonne beleuchtet und durchschienen. Besonders auffallend erschien das Blau bei halbgefüllter Röhre: oben im leeren Teil durch die Luft sieht man das Blatt grün, unten im gefüllten blau. Bei Entfernung des grünen Gegen-

stands von der Röhre verlor sich das Blau mehr und mehr. Ein vorgehaltenes Blatt von *Aucupa japonica*, panachiert mit gelben Flecken, zeigte die letzteren auch durch die Röhre mit Wasser hindurch.

6. Andere Flüssigkeiten ergaben, wohl infolge von Verunreinigungen derselben, andere als die gesuchten Farben, z. B. Alkohol ein Hellgelb, Chlornatriumlösung, mit reinen Salzkristallen vom Bergwerk hergestellt, ein Rötlichgelb (nicht etwa Blau, wie das Meer), eine konzentrierte, klare Gipslösung erschien grünlich, von ca. No. 8 bis 9 der Farbenskala.

Diese Versuche zeigen, dass, abgesehen von gefärbten Beimischungen, Beleuchtung und Hintergrund von wesentlichem Einfluss auf die Farbe des im durchgelassenen Licht betrachteten Wassers sind, wobei zur Aufhebung dieses Einflusses, z. B. von grünen Bäumen, auch selbst ein weisser Vorhang oder ein weisses Milchglas nicht genügt. Es erhellt daraus auch, dass meine frühere Meinung, Kalciumbikarbonatlösung gebe an und für sich, in der Röhre betrachtet, eine blaue Färbung, unrichtig ist. Damit fällt auch die Folgerung (S. 330 meiner vorjährigen Arbeit), dass die schöne blaue Farbe vieler unserer Gewässer, wie des Blautopfs, des Achensees u. s. w., direkt von dem Kalkgehalt derselben herrühre¹, wenn nicht andere Stützen dieser Ansicht gefunden werden (s. u.). Nach obigem besteht kein Unterschied in der Farbe zwischen destilliertem und kalkhaltigem, klarem Wasser, wie schon SPRING² gefunden hat. Die verschiedenen Fär-

¹ Diese Meinung ist schon 1857 von A. Prestel ausgesprochen worden, aber nur als Vermutung (s. in den Mitteilungen der Geograph. Gesellschaft in Wien, 1857, 2. Heft S. 134), während Simony (der bekannte Alpenforscher), der seit Jahren über die Frage der Farbe der Gewässer vielfache Beobachtungen angestellt hatte, die blaue Färbung aus der Zufuhr mechanischer Bestandteile und aus dem Einfluss der Luftbildungen erklären möchte.

² s. meine vorjährige Arbeit S. 325 unten und 326 oben: „Lösungen von farblosen Stoffen, wie Kalkhydrat, Chlornatrium u. dergl., können (nach Spring) ebenso blau sein (wie destilliertes Wasser)“.

Ich ergreife diese Gelegenheit, um einem brieflich ausgesprochenen Wunsch des Herrn Prof. Spring, Akademikers in Lüttich, zu entsprechen, nämlich eine Berichtigung einer Angabe auf S. 333 meiner Arbeit über die Färbung der Gewässer zu geben. Es heisst dort: „Nach Spring findet man bei vielen solcher grünlichen Gewässer, z. B. vom Starnberger See, gar keinen Rückstand (?) bei Verdampfung.“ Es sollte heissen: Nach Wittstein (der ja die Untersuchung gemacht hat, nicht Spring) schieden solche grünlichen Gewässer, wie der Starnberger See, weder etwas Grünes noch Blaues ab. Denn freie Gewässer, die gar keinen Rückstand hinterlassen, wären allerdings ein chemisches Wunder.

bungen, die ich bei meinen Versuchen fand, rühren zum Teil von dem verschiedenen Hintergrund her, wobei insbesondere Grün das Wasser blau erscheinen lässt, was vielleicht von Absorption des Gelben im Grünen durch das Wasser herrühren mag, da Gelb und Blau zusammen Grün geben.

Bei der Erörterung nach meinem am 12. Oktober 1899 gehaltenen Vortrag über die Ursachen der Farben unserer Gewässer (s. diese Jahreshefte 1900, Sitzungsberichte S. XXXIX), bemerkte Herr Dr. HESSE in Feuerbach, „das Grundwasser in Feuerbach sei farblos und enthalte viel schwefelsauren Kalk; würde der Kalk durch Natron beseitigt, so zeige es dann eine blaue Farbe.“ Neuerdings erfuhr ich nun, dass eine ähnliche Erscheinung in der Fabrik von P. HARTMANN in Heidenheim beobachtet wurde, worüber mir Herr Kommerzienrat HARTMANN selbst nähere Auskunft gab. „Es befindet sich dort ein grosses Wasserreservoir von ca. 3 m Wassertiefe, worin zu Fabrikzwecken chemisch mittels Ätzkalk und Natron entkalktes Quellwasser angesammelt wird. Dieses Wasser zeigt, besonders bei hellem Wetter, eine blaue Farbe, die sich an der Decke des Lokals wiederspiegelt. Das Quellwasser selbst ist nicht blau.“¹

Nun stehen sich zwei Thatsachen gegenüber und scheinbar in Widerspruch: einerseits stark kalkhaltige Gewässer, wie der Blautopf oder der Brenzursprung in Königsbronn, andererseits künstlich entkalkte Gewässer zeigen, beide jedoch nur in grösseren Schichten, eine blaue Farbe, blauer als das gewöhnliche destillierte Wasser. Beide könnten vielleicht erklärt werden durch den Einfluss äusserst feiner suspendierter Teilchen, wie sie ja nötig sind, um eine „optische Leere“ zu verhindern. Es könnten die feinsten Kalkteilchen, welche sich durch Freiwerden von Kohlensäure in offenen kalkreichen Quelltöpfen oder freien kalkreichen Seen, wie Garda- und Genfer See, bilden, die ursprünglich blaue Wasserfarbe noch vermehren, vielleicht durch „multiple Reflexion“, ähnlich wie bei Tritten im Schnee (s. S. 332 meiner vorjährigen Arbeit). SPRING schreibt diesen Teilchen in ihrem „pseudo-kolloidalen“ Zustande allerdings mehr die grünliche Farbe vieler Gewässer zu (S. 333 meiner Arbeit).

Andererseits dürfte auch künstlich entkalktes Wasser, wie P. HARTMANN richtig vermutet, immer noch, trotz sorgfältigster Filtration, feinste Kalkteilchen suspendiert enthalten, und so derselbe Zustand eintreten, wie im kohlensäurereichen Kalkwasser.

¹ Ob nur wegen nicht genügender Tiefe?

So wäre denn dem Kalk sein aus geographischen Gründen anzunehmender Einfluss auf die blaue Färbung der Gewässer, wie sie der kalk- und kohlenensäurereiche Blautopf, der Genfer und Gardasee zeigen, gerettet. Die Beweise müssten aber erst induktiv durch weitere Experimente geliefert werden, welche eine schöne Aufgabe für Physiker und Chemiker von Fach wären. Ich schliesse meine Versuche nach dieser physikalischen Richtung nun ab, da sie nicht meines Faches sind und immer weitere Rätsel und Probleme bieten¹. Mögen sie wenigstens als mehr oder weniger schätzbare Material betrachtet werden.

Ich hätte nun noch einiges Praktische zur Untersuchung der Farbe des Wassers nachzutragen:

1. Um alle Reflexion von oben und von der Seite und zugleich eine Störung durch die bewegte Oberfläche auszuschliessen, kann man zur Beurteilung der Wasserfarbe eine Art Trichter aus Metall oder Holz von ca. 1 m Länge nehmen, den man ins Wasser taucht und durch den man von oben hineinsieht, einen sogen. „Fischgucker“, wie ihn die Fischer gebrauchen, um Fische am Grunde zu sehen.

2. Schon 1838 empfiehlt ARAGO² für Reisende zur Untersuchung der Wasserfarbe eine Art Hohlprisma aus Spiegelglas: „eine Seite desselben wird senkrecht gestellt, die andere ist um 45° gegen diese und den Horizont geneigt, die obere Seite ist durch ein gewöhnliches weisses Planglas verschlossen, damit das hohle, mit Luft erfüllte Instrument sich nicht mit Wasser fülle. Das Ganze wird in dieser Stellung einige Centimeter tief ins Wasser getaucht. Das Licht der Wassersäule, das unterhalb der Oberfläche des Wassers horizontal verläuft, die „Schnittfarbe“ desselben bildend, trifft die senkrechte Glasplatte des Hohlprismas unter einem rechten Winkel,

¹ Es wären hierbei auch die Theorien über die blaue Farbe des Himmels herbeizuziehen. Nach Pernter (Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse in Wien, 30. Bd., 1890, S. 199—219) „ginge die blaue Farbe des Himmels aus von kleinsten trübenden Teilchen in der Luft, durch Reflexion des Lichts, wobei das kurzwellige Licht, somit das Blau, viel stärker reflektiert werde, viel grössere Intensität zeige als das langwellige Rot und Gelb. Daher erscheine das reflektierte Licht blau.“ Ähnlich könnte auch das Blau des Wassers erklärt werden. — W. Spring (Bullet. Acad. Belgique 1898, p. 504) ist dagegen der Ansicht, dass die Luft selbst blau ist. „Blau sei die Eigenfarbe der Luft, wie auch die ihrer einzelnen Bestandteile.“ So wäre auch beim Wasser Blau die Eigenfarbe.

² Arago, Über die Farbe des Meeres in Poggendorf's Annalen, 45. Bd., 1838, S. 468—474, übersetzt aus den Comptes rendus de l'Acad. d. scienc. in Paris, als „Instruktion zur wissenschaftlichen Untersuchung von Algier“.

dringt in das Prisma ein, geht in fortgesetzter Richtung durch die darin enthaltene Luft, erreicht die zweite Glasplatte und wird durch diese vertikal von unten nach oben reflektiert. Der Beobachter wird dann von oben die eigene Farbe des Wassers sehen, wie wenn er sein Auge ins Wasser hielte.“

Diese Einrichtung dient wohl vor allem dazu, bei seichem Wasser von unten kommendes Bodenlicht, welches die wahre Wasserfarbe modifizieren könnte, auszuschliessen, zugleich auch, um die Wirkung des Reflexes vom Himmel, von Wolken, Gegenständen am Ufer, wie Bäumen, sowie der unruhigen Wasseroberfläche (durch Eintauchen) zu beseitigen. Man sieht also durch Spiegelung gewissermassen eine lange horizontale Wassersäule, eine grosse Wasserschicht, die so gut ihre Eigenfarbe hat, als eine vertikale tiefe Wassersäule.

3. POGGENDORF meint nun in seiner Anmerkung am Schluss der Empfehlung von ARAGO, und wohl mit Recht, das Prisma liesse sich durch einen einfachen Glasspiegel, der unter 45° gegen den Horizont geneigt ins Wasser getaucht wird, genügend ersetzen. Er entspricht der schrägen Platte des ARAGO'schen Hohlprismas. Einen solchen Spiegel führt auch FOREL an¹, doch meint er, der Ton der so ins Auge fallenden horizontalen Wassersäule sei doch wesentlich heller, mehr mit weissem Licht gemischt, als der einer senkrechten, daher weniger richtig. Die Wirkung und der Verlauf der Strahlen sind dieselben wie beim ARAGO'schen Hohlspiegel. Man sieht indes nicht eine horizontale gefärbte Wasserstrasse, wie man nach der Schilderung von FOREL vermuten könnte, sondern eben einen Schein auf dem Spiegel von der Farbe des betreffenden Gewässers, wie ich mich überzeugt habe. Dreht man den Spiegel nach oben zu, so erhält man den Reflex vom Himmel; dreht man nach unten, so wird es dunkel; man muss also die richtige Stellung des Spiegels durch Versuch ermitteln oder eine Einrichtung treffen, die Neigung von 45° genau zu erhalten. Man wird sich aber bald darin geübt haben, den Spiegel aus freier Hand in die richtige Stellung zu bringen.

¹ In meiner vorjährigen Arbeit, S. 323, bemerkte ich in einer Anmerkung, ich habe die von Forel angeführte Stelle nicht finden können. Herr Prof. Forel teilte mir nun brieflich mit, die von ihm angeführte Stelle sei von Poggendorf (bloss mit P. unterzeichnet), nicht von Wittstein, und gehöre zu Arago's Artikel. Erst so wurde ich auf letzteren, wenig bekannten, aufmerksam.

ZOBODAT - 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: 1902

Band/Volume: [58](#)

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

Artikel/Article: [Ueber die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farbe unserer Gewässer: Nachtrag 365-370](#)