Zeitschrift: Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern
Herausgeber: Geographische Gesellschaft Bern
Band: 19 (1903-1904)

Artikel: Der Oeschinensee
Autor: Groll, Max
Kapitel: Durchsichtigkeit und Farbe des Sees
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-322432

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

R. Billwiller[1]) zu 160—180 cm an; es scheint jedoch die Zunahme der Niederschlagsmenge mit der Höhe noch bedeutend rascher zu erfolgen.

Durchsichtigkeit und Farbe des Sees.

Durchsichtigkeit. Für die Messungen der Durchsichtigkeit des Seewassers benutzte ich die normale sogenannte Secchische Scheibe, ein kreisrundes, starkes Eisenblech von 15 cm Radius, welches mehrmals mit weisser Oelfarbe überstrichen war. Durch die Mitte der Scheibe lief die nass geteilte Lotschnur, während von vier Löchern am Rande Schnüre nach einem unterhalb befestigten Gewicht ausgingen, das die Scheibe schneller zum Sinken bringen sollte und sie in wagerechter Lage einstellte. Das Verschwinden der Scheibe aus dem Gesichtskreis wurde stets im Bootschatten möglichst nahe vom Wasserspiegel aus beobachtet. Ich bin mir zwar klar darüber, dass die so erlangten Sichtbarkeitsgrenzen an den verschiedenen Beobachtungstagen nicht so genau unter einander vergleichbar sind wie die Bestimmung des Eindringens des Lichtes mit Hilfe der photographischen Platte. Ein anderer Beobachter wird mit der gleichen Beobachtungsmethode etwas andere Tiefen konstatieren; ich glaube jedoch, dass die erlangten Daten immerhin als relative Werte für die Bestimmung der Jahresperiode dienen können, um so mehr als die Schwankungen der Durchsichtigkeit so grosse sind, dass persönliche Beobachtungsfehler dagegen ganz verschwinden.

Die Beobachtungen wurden in ungefähr vierwöchentlichen Zeitintervallen, gleichzeitig mit den Temperaturlotungen, angestellt; sie unterblieben nur in den Monaten der Eisbedeckung.

Die weisse Scheibe verschwand für mein Auge in folgenden Tiefen:

			m Tiefe
16.	August	1901	1,50
16.	September	1901	1,85
29.	September	1901	4,00
30.	Oktober	1901	8,90
29.	November	1901	10,00

[1]) *R. Billwiller,* Die geographische und jahreszeitliche Verteilung der Regenmengen in der Schweiz. Karte.

		m Tiefe
30. Mai	1902	1,00
13. Juli	1902	0,60
6. August	1902	1,15
21. August	1902	1,40
9. September	1902	3,00

Wie wir sehen, ist der See in der warmen Jahreszeit derartig getrübt, dass sein Wasser fast undurchsichtig ist. Ein Vergleich mit der Tabelle der Wasserstände zeigt, dass dieser Zustand in der Zeit des höchsten Wasserstandes, also des grössten Zuflusses vorherrscht. Mit Eintritt des Herbstes lassen die Zuflüsse, also auch der Schlammgehalt nach. Das Seewasser klärt sich und wird nun überraschend durchsichtig (siehe 29. XI. 1901). Mit der Eisschmelze im Frühling tritt sofort wieder eine ausserordentliche Trübung ein, welche im Juli ihr Maximum erreicht. Ich vermute, dass das Bachwasser in dieser Zeit nicht in die Tiefen sinkt, sondern in den mittleren Wasserschichten des Sees sich ausbreitet.[1]) Der Vergleich der Bach- und Seetemperaturen legt dies nahe. Schon im August beginnt dann eine geringe Klärung des Seewassers, die im September infolge verringerten Zuflusses beträchtlich wächst.

Ob der von den Zuflüssen mitgebrachte Schlamm als alleinige Quelle der Trübung aufzufassen ist, möchte ich bezweifeln. Aus den *Spring*schen[2]) Untersuchungen über die Durchsichtigkeit hat sich bei reinem Wasser ein Einfluss der Convectionsströmungen ergeben. *Spring* befestigte auf einem horizontalen Gerüst zwei Glasröhren von je 26 Meter Länge, welche nötigenfalls zusammengesetzt werden konnten und dann eine einzige Röhre von 52 Meter Länge darstellten. Die Röhren waren aus Einzelstücken von je 2 m zusammengestellt und durch Kautschuk-Umhüllungen verbunden. Der Durchmesser betrug 15 mm. Die grösste Schwierigkeit war die Aufstellung der Röhren in einer absolut geraden Linie; sie war nur unter Zuhilfenahme eines Fernrohres möglich und erforderte allein sechs Wochen Zeit. An den aus Metall gefertigten Enden der langen

[1]) *Heim* folgert ähnliches in *Arnet,* Die Durchsichtigkeit des Wassers etc., S. 200.

[2]) *Spring,* Sur le rôle des courants de convection calorifique dans le phénomène de l'illumination des eaux limpides naturelles, S. 100.

Röhre wurden mit Schellack Glasplatten befestigt. Sie erhielten Glasröhrchen zum Einführen des Wassers. Die ganze Röhre war aussen mit schwarzem Papier beklebt, so dass kein Seitenlicht in dieselbe dringen konnte. Als Lichtquelle konnte man sich sowohl des Tageslichtes als auch eines Auerbrenners bedienen. Der letztere befand sich in einer undurchsichtigen Hülse auf einer horizontalen Oeffnung, die durch eine Linse verschlossen wurde, so dass die Lichtstrahlen parallel zur Achse der Röhre in dieselbe eintraten. Um die Durchsichtigkeit des Wassers beurteilen zu können, wurde auf der Linse ein feines Fadenkreuz angebracht, das zwar nicht mit blossem Auge, jedoch mit dem Fernrohr durch die Beobachtungsröhre hindurch sehr scharf gesehen werden konnte. Um die Bildung von Luftblasen im zu untersuchenden Wasser zu verhindern, wurde das destillierte Wasser von unten allmählich in die Röhre eingeführt, so dass die darin enthaltene Luft Schritt für Schritt verdrängt wurde. Bei dieser Anordnung zeigte das Wasser bei einer Mächtigkeit von 26 m als Farbe ein reines, dunkles Blau. Dabei war das Fadenkreuz mit dem Fernrohr so deutlich sichtbar, als ob das Wasser nicht vorhanden gewesen wäre.

Dann wurde bei einer Temperatur der Röhre von 4° Wasser von 16° eingeführt und es zeigte sich eine fast vollkommene Undurchsichtigkeit des Wassers, die erst nach mehreren Stunden — nachdem also ein Wärmeausgleich stattgefunden hatte — wieder einer völligen Durchsichtigkeit Platz machte.[1])

Zur Kontrolle wurde die Röhre mit Wasser gleicher Temperatur gefüllt und es zeigte sich dabei keine Verringerung der Durchsichtigkeit. Obgleich also auch in diesem Falle Strömungen innerhalb der Röhre durch die Einführung des Wassers notwendigerweise entstehen mussten, so übten diese doch keinen Einfluss auf die Durchsichtigkeit aus. Das beweist, dass in einer Wasserschicht mit Wärmeausgleichströmungen (sogenannten Convectionsströmungen) die Durchsichtigkeit gestört, wenn nicht vollkommen aufgehoben wird. Wasserteilchen von verschiedener Temperatur, also auch verschiedener Dichte, bre-

---

[1]) *Spring* fand die kleinste Temperaturdifferenz zwischen Röhre und Wasserinhalt, die die Röhre von 26 m Länge vollkommen undurchsichtig zu machen imstande war, rechnerisch zu 0,57°. Bull. de l'Ac. de Bruxelles, 1896, *31*, S. 259; sowie Arch. des Sc. ph. et nat., Genève, 1896, *1*, S. 213.

chen jedes die Lichtstrahlen in einer anderen Richtung, so dass deren Weg im Wasser ausserordentlich verlängert wird. Das Wasser verhält sich dann wie ein trübes Medium, und das Licht erreicht nur schwer das Auge des Beobachters, während im anderen Falle bei Strömungen des Wassers von gleicher Temperatur die ganze Wassersäule als ein homogener, durchsichtiger Körper wirkt.

Den Einfluss der Convectionsströmungen im Wasser auf dessen Durchsichtigkeit darf man demnach jedenfalls nicht vernachlässigen. Immerhin ist bemerkenswert, dass die Durchsichtigkeit im Oeschinensee dann am kleinsten[1]) ist, wenn der See Zuflüsse, also auch Schlammtrübung erhält. Das weist darauf hin, dass der jährliche Gang der Durchsichtigkeit vorwiegend die Folge des wechselnden Schlammgehaltes ist. In den Monaten des mangelnden Wasserzuflusses wird das Wasser in hohem Grade durchsichtig. Am 29. November 1901 ist das beobachtete Maximum der Durchsichtigkeit erreicht: erst in einer Tiefe von 10 m verschwindet die weisse Scheibe. Da zu dieser Zeit die Bäche vollständig gefroren waren, so ist wiederum nur der Schluss möglich, dass das Bachwasser die Ursache der Trübung des Sees war und dieselbe mit Hilfe des hineingebrachten Schlammes verursachte. Ein weiterer Beweis dafür ist auch die rasch eintretende, ausserordentlich starke Trübung des Seewassers im Frühjahr in der Zeit der Schneeschmelze. Die Durchsichtigkeit ist am geringsten (60 cm) im Juli während der grössten Abschmelzung der Gletscher.

Farbe. Mit den Durchsichtigkeitsänderungen gehen Aenderungen der Wasserfarbe parallel. Zugleich mit jeder Messung der Durchsichtigkeit wurde die Farbe des Seewassers mit der *Forel*schen Farbenskala festgestellt. Es ergaben sich dabei folgende Resultate:

Forelsche Skala vom Blau aus gezählt:

15.	IX.	1901	Nr. 4—5	grün
16.	IX.	1901	» 5	↑
29.	X.	1901	» 3	↓
29.	XI.	1901	» 2	blau

[1]) Siehe Fig. 4 S. 23.

30. V. 1902	Nr. 5	grün
13. VII. 1902	» 4—5	↓
6. VIII. 1902	» 4—5	
21. VIII. 1902	» 5	
9. IX. 1902	» 4—5	

Während der warmen Zeit besitzt der See eine schöne grüne Farbe, die jedoch mit Beginn des Herbstes in ein immer reineres Blau übergeht. Der Unterschied, der in etwa drei Monaten dabei Platz greift, ist geradezu frappant.

Wie schon oben bei der Diskussion der Springschen Untersuchungen erwähnt wurde, ist die Eigenfarbe des chemisch reinen Wassers dunkelblau. Da wir bereits bei der Untersuchung der Durchsichtigkeit konstatiert haben, dass die Klärung des Seewassers mit Beginn des Herbstes einsetzt, so liegt es nahe, diese auch zur Erklärung der Farbänderung herbeizuziehen. So lange die Bäche fliessen, und zwar besonders zur Zeit der stärksten Gletscherabschmelzung, gelangen suspendierte Schlammpartikelchen in den See; sie trüben ihn und verändern seine reine blaue Farbe in Dunkelgrün. Wie kommt das zustande?

Es gibt zwei Ursachen, welche die grüne Eigenfarbe eines Sees erklären können.

Bunsen war bekanntlich der erste, der die blaue Farbe des Wassers experimentell nachwies.[1]) Durch besonders sorgfältige und feine Untersuchungen stellte neuerdings *Spring* fest, dass Wasser, wenn chemisch absolut rein, im durchfallenden Licht blau erscheint. Der Grund hierfür liegt darin, dass das Wasser eine auswählende (selektive) Absorption auf die Lichtstrahlen ausübt, indem es die kurzwelligen, d. i. blauen Strahlen weit weniger beim Durchgang absorbiert als die langwelligen. Die blauen Strahlen dominieren daher um so mehr, je länger der Weg ist, den das Licht im Wasser zurückgelegt hat.

Die blaue Farbe der Seen kann jedoch durch diese Tatsache allein noch nicht erklärt werden. Denn dieselben erscheinen ja nicht im durchfallenden, sondern im auffallenden Licht blau. Hierfür kommt noch eine zweite Tatsache in Betracht. Nach den Beobachtungen von *Soret*[2]) am Genfersee und

---

[1]) *Bunsen,* Liebigs Annalen der Chemie, 1844, *64,* S. 44.

[2]) *Soret,* Archives des Sciences phys. et nat. de Genève, 1869, *35,* 54, 1870, *37,* 129, 1870, *39,* 352.

von *Hagenbach* [1]) am Vierwaldstätter- und Zürichsee finden sich in den natürlichen Gewässern stets äusserst feine undurchsichtige Partikelchen. Diese fangen das in das Wasser eindringende Licht auf und reflektieren es, dasselbe dabei polarisierend. Dieses reflektierte Licht enthält an sich schon, weil es durch das Wasser über den Teilchen hindurchgegangen ist, weniger langwellige Strahlen als das Sonnenlicht an der Wasseroberfläche; die übriggebliebenen werden dazu noch auf dem Rückweg vom reflektierenden Teilchen zur Wasseroberfläche noch mehr geschwächt. Das Resultat ist, dass in das Auge des Beobachters an der Seeoberfläche besonders blaue Strahlen gelangen, und zwar um so ausschliesslicher, je länger der Weg der Lichtstrahlen im Wasser, d. h. je weniger das Wasser durch Schwimmpartikel verunreinigt war. Ist der Gehalt an Schlamm etwas grösser, so werden, weil die Lichtstrahlen schon aus geringeren Tiefen zurückkehren, die langwelligen Strahlen nur unvollständig absorbiert und es gelangen ausser den blauen auch viele gelbe und einige rote Strahlen ins Auge, d. h. der See erscheint grün. Ist der Schlammgehalt noch grösser, so wird der See, weil die Reflexion sich in noch geringerer Tiefe vollzieht, gelblich, schliesslich sogar milchig. *So wechselt die Farbe mit der Trübung durch Schlammpartikelchen.*

Es gibt aber noch eine zweite Ursache, die eine grüne Farbe des Sees verursachen kann. Schon in der Mitte des verflossenen Jahrhunderts hat *Ste-Claire-Deville* und später *Wittstein* dargetan, dass grünliche und gelbliche Färbungen der Gewässer durch Beimischungen von Humussäuren entstehen können. Wie *Forel* nachgewiesen, trifft dies für eine Reihe von Schweizerseen zu. Doch glaube ich nicht, dass man diese Resultate ohne weiteres auf alle grünen Seen anwenden und den Einfluss der Trübungen eines Sees auf seine Farbe überhaupt leugnen darf, wie das neuerdings *von Aufsess* in einer sehr gründlichen Untersuchung tut. [2]) Nach ihm sollen es einzig und allein Lösungen verschiedener Substanzen sein, die, dem Wasser auf irgend einem Wege zugeführt, ihm seine spezifische Farbe verleihen. [3])

---

[1]) *Hagenbach*, Archives des Sciences etc., 1870, *37*, 176—181.

[2]) Die Farbe der Seen, S. 30.

[3]) S. 59.

Kann so eine grüne Färbung durch Anwesenheit feinster suspendierter Teilchen *oder* durch Beimengung färbender Salze verursacht sein, so darf eine blaue Färbung nur bei Abwesenheit beider auftreten. Das trifft genau für das Wasser des mittleren Teiles des Ozeans zu. Dass hier Humussäuren etc., desgleichen aber auch Schlammpartikel fehlen, ist klar. Zugleich kennzeichnet auch ein sehr geringer Planktongehalt die blaue *Wüstenfarbe* des Ozeans, während mit der Annäherung an das Festland die den Schiffern wohlbekannte grüne Farbe die Nähe der Küste anzeigt. Hier wird Detritus ins Meer gebracht, die Brandung wühlt Partikelchen auf, kurz die Flachsee ist fast stets durch grünliche Verfärbung gekennzeichnet, welche man nur dem grösseren Gehalt des Wassers an Schwebeteilchen zuschreiben kann. Es ist genau dieselbe Erscheinung wie bei den Seen, die durch hineinfliessende Bäche getrübt werden. [1])

Im Oeschinensee verraten die Schlammpartikelchen ihre Anwesenheit durch die geringere Durchsichtigkeit während der Periode des Zuflusses, sowie durch den konstatierten Schlammabsatz im Schlammkasten. [2]) Die beobachtete Durchsichtigkeitsänderung [3]) geht parallel mit dem wechselnden Zufluss einerseits und anderseits mit deutlichen Abänderungen der Wasserfarbe vom Grün zum Blau im Herbst (abnehmender Zufluss, zunehmende Durchsichtigkeit) und vom Blau zum Grün im Frühling (zunehmender Zufluss, abnehmende Durchsichtigkeit). Wenn die Beobachtung von *Aufsess,* dass die Durchsichtigkeit nichts mit der Farbe zu tun habe, auch für den Oeschinensee zuträfe, z. B. eine Kalklösung die grüne Wasserfarbe im Sommer hervorbrächte, so wäre doch nicht einzusehen, warum diese Lösung im Winter eine andere Beschaffenheit als im Sommer haben sollte, so dass im Winter ein reines Blau als Seefarbe auftreten kann. Der Seeabfluss funktioniert Sommer wie Winter, kann also keine Konzentrationsänderungen verursachen. Wechselnde Wassertemperaturen kommen für Konzentrationsänderungen und

---

[1]) Vergl. auch Forschungsreise S. M. S. Gazelle, 2. Teil, S. 24, *Krümmel,* Geophysikalische Beobachtungen, 1893, S. 99 (Plankton-Expedition), und *Schott,* Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition, 1. Bd. 1902, S. 232.

[2]) Siehe S. 63.

[3]) Fig. 4 S. 23.

daher mittelbar für Farbänderungen auf keinen Fall in Betracht, da sich beim Vergleich der Beobachtungen vom 29. XI. 1901 und vom 30. V. 1902 das eine Mal reines Blau, das andere Mal ein Grün bei gleichen oder nahezu gleichen Wassertemperaturen ergibt. Es bleibt daher nur ein Schluss übrig: es ist die auswählende Absorption der Lichtstrahlen an im Wasser suspendierten Teilchen, welche dem Oeschinensee im Sommer seine grüne Farbe verleiht; bleiben diese Partikelchen im Herbste weg, so kommt die blaue Eigenfarbe des reinen Wassers wieder zum Vorschein.

Temperaturverhältnisse des Oeschinensees.

Temperaturmessungen. Als Ort für die anzustellenden Temperaturmessungen im See wurde eine im Kreuz zwischen gut kenntlichen Landmarken gelegene und deshalb auch stets leicht auffindbare Stelle mitten im See [1]) gewählt. Sie liegt auf der Kreuzung der Verbindungslinie, die man sich vom grossen Spalt in der Lästerfluh nach dem Hotel gezogen denkt, mit der Linie, die den grossen Stein in der Nordwestecke des Berglibachdeltas (Profilendpunkt 18) und eine markant vorspringende Felsnase des Südufers zwischen Punkt 25 und 26 verbindet. Die Tiefe beträgt dort bei normalem Wasserstande 54 m. Bei auch nur leichtem Wind trieb das Boot selbstverständlich etwas ab und musste zurückgerudert werden. Die Temperaturlotungsstelle ist immerhin auf 50 Meter in der Horizontalen innegehalten worden. Da sie im Sommer, von den frühen Morgenstunden abgesehen, nie in den Bergschatten gelangt, so kann man wohl die Temperaturen im Umkreis von 50 m als absolut konstant in einer Schichtfläche während einer Lotungsserie annehmen; demnach sind auch alle Beobachtungsreihen miteinander vergleichbar.

Die Temperaturlotungen wurden während des Arbeitsjahres in möglichst gleichen Zeitintervallen wiederholt. Da ich Anfang März 1902 nach Berlin übersiedelte, war Herr Dr. *A. de Quervain* so freundlich, die Beobachtungen vom 20. März bis zum 6. August 1902 für mich fortzuführen; eine Aufgabe, für die ich ihm um so mehr Dank schulde, als er von Neuenburg

[1]) Tiefenkarte, Tafel II.