

# Chemische Untersuchungen schweizerischer Gewässer mit Rücksicht auf deren Fauna

von

**W. Weith.**

---

## I.

Die Anregung zu nachstehenden Untersuchungen gaben amtliche Expertisen über den Einfluss, welchen Fabrikabfallstoffe, die in öffentliche Gewässer gelangen, auf deren Thierleben resp. Fischgehalt ausüben. Es stellte sich dabei heraus, dass die schädlichen Substanzen in zwei Klassen zu theilen sind: in solche die direkt dem animalischen Leben nachtheilig sind, und in solche die insofern schädlichen Einfluss ausüben, als sie dem Wasser Stoffe entziehen, die zum Leben seiner Bewohner unbedingt nothwendig sind. In die zweite Kategorie gehören z. B. gewisse Abfälle von Gerbereien und Färbereien, welche, nach angestellten Versuchen, die Eigenschaft haben, relativ sehr grosse Wassermengen des aufgelösten Sauerstoffs vollkommen zu berauben; ebenso vielleicht Seifenabfälle, die, unter Bildung sich unlöslich abscheidender Kalkseife, den im Wasser gelösten kohlensauren Kalk aus demselben entfernen <sup>1)</sup>. — Die vorliegende Literatur über die Biologie der Fische enthält aber, abgesehen von der erkannten Bedeutung des gelösten Sauerstoffs, keine oder nur sehr spärliche Angaben über die Rolle, welche die normalen chemischen Bestandtheile des Wassers in Bezug auf das Fischleben spielen, obgleich im

---

<sup>1)</sup> Die Seifenabfälle, welche durch die Seidenfärbereien in den Zürichsee gelangen, entziehen täglich über 2 Millionen Litern Seewasser den Kalkgehalt vollständig.

Allgemeinen häufig hervorgehoben wird, wie sehr die Beschaffenheit des Wassers von Einfluss auf das Gedeihen der Fische sei <sup>1)</sup>. So betont z. B. C. Vogt <sup>2)</sup>, dass die Qualität des angewandten Wassers einen sehr fühlbaren Einfluss auch auf die Entwicklung der Fischeier ausübe. Ich unternahm desshalb, aufgemuntert durch den eidgen. Commissär für die internationale Fischereiausstellung in Berlin, Herrn Nationalrath Dr. Sulzer, die Bestimmung einiger der wichtigsten chemischen Bestandtheile der bedeutendsten schweizerischen Gewässer, während von anderer Seite gleichzeitig Untersuchungen über deren Fauna angestellt wurden. Obgleich meine Versuche, der Kürze der zugemessenen Zeit und der Ungunst des Winters wegen noch durchaus nicht abgeschlossen sind, erlaube ich mir dennoch die bisher erhaltenen Resultate zur Kenntniss zu bringen.

In erster Linie richtete ich mein Hauptaugenmerk auf den im Wasser vorkommenden kohlen-sauren Kalk <sup>3)</sup>, und zwar einerseits, weil er bekanntlich Hauptbestandtheil des im Wasser Gelösten ist (so enthält 1 Liter Zürichseewasser

---

<sup>1)</sup> Vgl. u. A. Brehm Bd. 5. S. 458.

<sup>2)</sup> Histoire naturelle des poissons d'eau douce par L. Agassiz (Embryologie des Salmones par C. Vogt). Neuchâtel 1842. S. 16.

<sup>3)</sup> Statt des Ausdrucks „kohlen-saurer Kalk“ sollte richtiger die Bezeichnung „Carbonate“ gebraucht werden; meine Bestimmungen beziehen sich, streng genommen, nur auf diese, resp. die chemisch gebundene Kohlensäure. Aber da die neben dem kohlen-sauren Kalke vorkommende kohlen-saure Magnesia in ihrer Quantität, wenigstens bezüglich der schweizerischen Gewässer, sehr zurücktritt, sie zudem für die folgenden Betrachtungen als dem kohlen-sauren Kalke gleichwerthig gesetzt werden kann, sei mir hier und in der Folge der Gebrauch des geläufigeren Ausdrucks „kohlen-saurer Kalk“ oder „Kalk“ schlechtweg gestattet.

0,139 Grm. festen Rückstand und darin 0,120 Grm. Carbonate), andererseits weil er in Bezug auf das Leben der Wasserthiere von Wichtigkeit zu sein scheint.

Für die Bedeutung des Kalkes als Nahrungsmittel — Aufbau des Knochengerüsts — haben allerdings jene Bestimmungen nur untergeordnetes Interesse, denn so viel Kalk, als zur Bildung des Skelets erforderlich ist, finden Fische auch in sehr kalkarmen Gewässern, dagegen werden in einem fast kalkfreien Wasser, wie z. B. in den Gottthardseen, mit nur 0,00030 p. Ct. Kalkgehalt, Fische dauern kaum leben können.

Aber die Kalkbestimmungen sind deshalb wichtig, weil der Kalkgehalt eines Gewässers einen Maasstab abgibt für die in demselben gelöste Kohlensäure<sup>1)</sup>, deren direkte Bestimmung weit umständlicher, zeitraubender und sogar weniger genau ist. Je mehr Kohlensäure ein Gewässer enthält, um so mehr Kalk wird es in Lösung halten, um so reicher an doppelt kohlensaurem Kalk wird es sein; denn an dem zu lösenden Kalk wird es nur in seltenen Ausnahmefällen fehlen. So fand ich in dem Bodenschlamm des kalkärmsten Schweizersees, des Lago maggiore, sehr merkliche Mengen von kohlensaurem Kalk; hier fehlt also nur das Lösungsmittel, um das Wasser zu einem kalkreicheren zu machen — es gebriecht an Kohlensäure. Nun ist aber zweifellos der Kohlensäuregehalt eines Gewässers von grösstem Einfluss auf dessen Flora und Fauna. Durch zahlreiche Versuche<sup>2)</sup> ist nachgewiesen, dass Wasserpflanzen den im Wasser gelösten doppelt kohlensauren Kalk zersetzen;

1) Siehe Anmerkung 1 auf Seite 29.

2) Siehe u. A. R. Ludwig u. G. Theobald, Jahresb. d. Chemie. 1852. 919. — R. Ludwig ebendasselbst, 1851. S. 864. — Schamroth das., 1851. S. 865.

sie entziehen ihm die Hälfte seiner Kohlensäure und scheiden dadurch gewöhnlichen kohlensauren Kalk unlöslich ab. Es wird dieser Wirkung der Pflanzen grossentheils die Abscheidung jener Kalkmassen zugeschrieben, welche heute mächtige Gebirge bilden. Die dem doppelt kohlensauren Kalk entzogene Kohlensäure wird von der Wasserpflanze wie von der Luftpflanze verwandt — der Kohlenstoff zum Bau ihrer Organe zurückbehalten und eine entsprechende Menge von Sauerstoff an das Wasser abgegeben. Jaquelin<sup>1)</sup> zeigte, dass die Sauerstoffproduktion der Gewässer abhängig ist einerseits von der Quantität aufgelöster doppelt kohlensaurer Salze, andererseits von der Menge von Vegetabilien und Monaden, die in demselben leben. Auch ich fand in einigen, allerdings nicht zahlreichen, Versuchen, dass die kalkreicheren Bachwasser auch die sauerstoffreicheren waren. Die auf Kosten der Kohlensäure des Bicarbonats entwickelten Pflanzen dienen den Fischen direkt, wie z. B. den Karpfen<sup>2)</sup>, oder indirekt durch Vermittlung anderer Wasserthiere zur Nahrung; den von der Pflanze aus dem doppelt kohlensauren Kalk ausgeschiedenen Sauerstoff verbrauchen die Wasserthiere zur Athmung. Dass der auf diese Weise in das Wasser gelangte Sauerstoff, neben dem aus der Atmosphäre aufgenommenen, eine nicht unwichtige Rolle spielt, kann kaum bezweifelt werden. Die Menge des von den Fischen zur Athmung verbrauchten Sauerstoffs ist weit beträchtlicher als man früher<sup>3)</sup> annahm. Nach Baumert<sup>4)</sup> consumirt 1 Grm. Schleie pro Stunde 0,01 Cubiccentimeter

1) Comptes rend. 53. S. 672 und Jahresber. Chemie. 1861. S. 1116.

2) Brehm, Thierleben. Bd. 5. S. 647.

3) Vgl. H. R. Schinz, Natargesch. der Fische. 1836. S. 20.

4) Ann. Ch. u. Ph. 88. 1. Jahresber. Chemie 1853. S. 593.

Sauerstoff; 1 Grm. Goldfisch in der gleichen Zeit 0,02 bis 0,035 Cubiccentimeter. Quinquaud dagegen<sup>1)</sup> fand, dass Fische auf gleiches Gewicht und gleiche Zeit bezogen durchschnittlich den achten Theil derjenigen Sauerstoffmenge verbrauchen, welche der Mensch nothwendig hat. Bous-singnault<sup>2)</sup> berechnete, dass des geringen Luftdrucks wegen das Wasser der Alpseen in einer Höhe von 6000 Fuss und darüber nur eine so geringe Sauerstoffmenge aus der Luft aufnehmen könne, dass das Leben der Fische in denselben unmöglich sei. Da nun andererseits die Thatsache feststeht, dass in der angegebenen Höhe Seen existiren, die sogar sehr fischreich sind (Engadin), so muss eine Sauerstoffquelle in dem Gewässer selbst vorhanden sein; hier ist jedenfalls die Sauerstoff producirende Thätigkeit der Wasserpflanzen von grossem Einfluss. In der That weisen die Engadiner Seen, z. B. der Silser See, streckenweise eine sehr reiche Wasserflora auf.<sup>3)</sup> Um ihre Eier abzusetzen, suchen viele laichende Fische die Nachbarschaft der Pflanzen; wahrscheinlich mit aus dem Grunde, weil dort das Wasser sauerstoffreicher ist; denn auch das sich entwickelnde Ei absorbirt Sauerstoff<sup>4)</sup> und scheidet Kohlensäure aus. In Wasserproben, die im Februar 1880 unter der Eisdecke des Zürichsees genommen worden waren, fand ich mehr gelösten Sauerstoff, als in dem gleichen Wasser, nachdem es durch Schütteln mit Luftsauerstoff vollkommen gesättigt war. Ob auch unter solchen Umständen der Sauerstoffreichthum des Wassers nicht der Thätigkeit der Wasser-

---

1) Bull. soc. chim. [2] 20. 159. Jahresber. Chemie, 1873. S. 871.

2) Graham-Otto's ausführl. Lehrb. d. Chemie. 1878. S. 182.

3) Mittheilung des Herrn Dr. Asper.

4) Brehm, Thierleben. Bd. 5. S. 461.

pflanzen zuzuschreiben ist, muss durch weitere Untersuchungen festgestellt werden.

Die Wasserthiere ziehen in letzter Instanz ihre Nahrung aus den Wasserpflanzen und nehmen zugleich von letzteren producirtem Sauerstoff auf, dafür erzeugen sie ein entsprechendes Quantum Kohlensäure, welche ihrerseits eine bestimmte Menge einfach kohlensauren Kalkes aus den Bodenbestandtheilen in Lösung überführen wird. Die letzt-erwähnte Annahme, obgleich eigentlich a priori selbstverständlich, habe ich experimentell bestätigen können.

In zwei gleich grosse, sorgfältigst gereinigte Bassins wurde gleichviel Zürichseewasser und eine gleiche Menge von ausgewaschenem kohlensaurem Kalk gebracht. — Das eine Bassin wurde sodann mit 3 circa einpfündigen Karpfen besetzt, welche vorher, um sie von etwa anhaftendem kalkreicheren Wasser zu befreien, für einige Stunden in gleiches Wasser eingesetzt worden waren. Die Thiere wurden während der Versuchszeit mit Brod gefüttert und gleichviel Brod in das fischlose Bassin gebracht. Nach 48 Stunden hatte der Gehalt an gelöstem doppelt kohlensaurem Kalk desjenigen Wassers, in welchem die Karpfen lebten, um 15 Procent (von 0,120 Grm. auf 0,138 Grm. pro Liter), nach 3 Tagen um 21,5 Procent (er war auf 0,145 Grm. pro Liter gestiegen) zugenommen, während die gelöste Kalkmenge in dem Wasser, das sich im zweiten Bassin befand, ganz genau die gleiche geblieben war.

Derselbe Kreislauf des Kohlenstoffs, von Pflanze zu Thier, von Thier zu Pflanze, der in der Atmosphäre vor sich geht, hat auch im Wasser statt, nur dass im letzteren Falle der kohlensaure Kalk mit in denselben hineingezogen wird. In einem ruhigen oder sehr langsam fliessenden Gewässer wird sich mit der Zeit ein Gleichgewichtszustand

herstellen zwischen Pflanzenleben und Thierleben <sup>1)</sup>, zwischen sich abscheidendem und sich lösendem kohlensaurem Kalk und der circulirende Kalkgehalt eines stehenden Gewässers wird, unter sonst gleichen Bedingungen, ein Symptom sein für den Pflanzen- und Thierreichthum desselben in dem gleichen Sinne, in welchem der Nationalökonomie das in einem Lande circulirende Geld ein Sympton für den Reichthum desselben ist.

Das Deficit an Kohlenstoff, das durch die fortwährende Entnahme von Thieren in den Gewässern entstehen muss, wird ausgeglichen durch die Kohlensäure, die denselben die Quellen grösstentheils in Form von doppelt kohlensaurem Kalke wieder zuführen. Die Menge derselben ist so gross, dass ihr gegenüber in den grösseren Schweizerseen die von den Wasserthieren producirte Kohlensäure sehr zurücktritt.

Eine weitere Bedeutung hat der kohlensaure Kalk der Gewässer desshalb, weil durch ihn die im Wasser vorhandene Kohlensäure länger zurückgehalten wird, als diess in reinem kalkfreiem Wasser der Fall ist. Es kommt diese Eigenschaft namentlich den relativ kleinen Kalkmengen zu, die sich in den natürlichen Gewässern vorfinden. Nach Bineau <sup>2)</sup> absorbirt Wasser, das  $\frac{1}{10000}$  oder weniger Calciumcarbonat enthält, Kohlensäure und zwar soviel als zur Bildung von doppelt kohlensaurem Salze erforderlich ist. Diese Kohlensäure gibt es selbst im luftleeren Raume nur sehr langsam ab.

Nach meinen Versuchen verliert doppelt kohlensauren Kalk enthaltendes Wasser selbst nach monatelangem Stehen

---

<sup>1)</sup> Vgl. auch: H. Goll: le saumon commun, Bull. soc. vaud. d. scienc. nat. 1878. S. 496.

<sup>2)</sup> Jahresber. Chem. 1857. S. 85.

nur einen Theil seiner Kohlensäure und damit seines Kalkes. Zürichseewasser hatte sich nach vierwöchentlichem Stehen in seinem Kalkgehalte gar nicht, in seinem Kohlensäuregehalt kaum merklich geändert; kalkreicheres Wasser (0,365 Grm. pro Liter) schied in derselben Zeit allerdings Kalk ab, enthielt indessen immerhin noch viermal soviel Carbonat, als es bei Verlust seiner ganzen Kohlensäure enthalten haben würde. Reines destillirtes Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt worden war, hatte nach 24 Stunden ruhigen Stehens bei  $12^{\circ}$  allerdings noch die Hälfte seines Volums an Gas zurückbehalten; aber nach weitem drei Tagen war in demselben durch Barytwasser keine Kohlensäure mehr nachzuweisen, ebensowenig in reinem Wasser, das 24 Stunden gestanden hatte, und in solchem, durch welches 24 Stunden lang ein Luftstrom geleitet worden war. Uebrigens ergibt sich unter Zugrundelegung des Kohlensäuregehaltes der Luft (0,04 Procent) und des Henry-Dalton'schen Gesetzes, dass 1 Liter reines Wasser bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Druck höchstens 0,0008 Grm. Kohlensäure aus der Luft aufnehmen kann. Man darf gewiss mit Bineau<sup>1)</sup> annehmen, dass der kohlen-saure Kalk derjenige Bestandtheil des Wassers ist, der wesentlich die Absorption der Kohlensäure bedingt, diese fester gebunden hält und ihre Ueberführung an die Pflanzen vermittelt<sup>1)</sup>.

---

In Vorstehendem habe ich mir erlaubt, die hauptsächlichsten Erwägungen zu entwickeln, die mich veranlasst haben, zunächst eine grosse Anzahl von Bestimmungen des Kalkgehaltes schweizerischer Gewässer auszuführen. Es ist

---

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung 2.



wohl überflüssig hervorzuheben, dass entfernt nicht daran gedacht werden kann, ausschliesslich aus dem Kalkgehalt eines Gewässers Schlüsse auf dessen Fischreichtum zu ziehen oder gar den Satz der Alten «*omnis calx ex vivo*» in Bezug auf das Leben im Wasser umzukehren. Es ist mir sehr wohl bekannt, wie viele und wichtige Faktoren hier mitspielen; wie sehr der Fischgehalt der Gewässer abhängig ist von physikalischen, von klimatischen Verhältnissen; welch' grossen Einfluss Raubfischerei, Industrieabfallstoffe, schädliche Thiere u. s. w. ausüben. Ein sehr kalkreicher Wildbach wird kaum Fische beherbergen, Gewässer, in welche schädliche Substanzen gelangen, werden bei grösstem Kalkgehalt fischarm sein gegenüber weit kalkärmeren, auf die derartige nachtheilige Einflüsse nicht ausgeübt werden; beim Fehlen der übrigen Nährstoffe, z. B. des assimilirbaren Stickstoffs, verliert auch der grösste Kohlensäuregehalt seine Bedeutung für das Leben im Wasser; dort, wo das Licht reicher an chemisch wirksamen Strahlen ist, in niederen Breiten in grösseren Höhen, wird die Wichtigkeit des Kalkes als Mittel zur Fixirung der Kohlensäure sehr zurücktreten, weil alsdann die Kohlensäure durch die Pflanzen rascher und leichter zersetzt wird. — Aber so viel glaube ich annehmen zu dürfen, dass unter sonst genau gleichen Verhältnissen von verschiedenen Gewässern dasjenige das reichste an Fischen sein wird, welches die grösste Menge an doppelt kohlensaurem Kalk enthält.

---

Was die bei meinen Versuchen angewandte Methode anbetrifft, so ist dieselbe sehr einfach auszuführen. Die Menge des kohlensauren Kalkes, resp. der Carbonate, wird durch Hundertstel Normalsalzsäure bestimmt (in 1 Liter

0,36 Grm. H Cl enthaltend) — als Indicator für die Endreaktion dient Alizarin. In einer Silberschale werden 100 Cubiccentimeter des zu untersuchenden Wassers mit einem Tropfen einer gesättigten alkoholischen Alizarinlösung versetzt (die Flüssigkeit nimmt dann eine schön violette Färbung an), hierauf wird zum Sieden erhitzt und aus einer Gay-Lussac'schen Bürette so lange  $\frac{1}{100}$  Normalsalzsäure einfließen gelassen, bis eben die Flüssigkeit farblos resp. hellgelb geworden. In diesem Moment ist das Carbonat vollständig zersetzt; seine Menge berechnet sich aus der Quantität der verbrauchten Säure. 1 Cubiccentimeter der Normalsäure zeigt die Anwesenheit von 0,0005 Grm. kohlen-saurem Kalk oder von 0,00022 Grm. chemisch gebundener (in Form von neutralem Carbonat vorhandener) Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ) an. Da es auch bei geringer Uebung leicht ist, den Farbenumschlag sofort zu erkennen, und man einen Fehler von höchstens 0,1 Cubiccentimeter (entsprechend 0,000022 Grm. chem. geb.  $\text{CO}_2$ ) begehen kann, so gehört diese Methode zu den genauesten und zuverlässigsten der analytischen Chemie. Eine besondere Sorgfalt ist selbstverständlich auf die Bereitung der Hundertstel Normalsalzsäure zu verwenden. Die von mir benutzten Titrirflüssigkeiten wurden stets durch gewichtsanalytische Bestimmung des Chlorgehaltes controlirt. Uebrigens ändern bei gutem Verschluss solche Lösungen selbst nach monatelangem Stehen ihren Titre durchaus nicht — so lösten z. B. 100 Cubiccentimeter einer zwei Monate alten Normalsäure siedend statt der berechneten 0,050 Grm.: — 0,0499 und 0,050 Grm. isländischen Doppelspath. In der Folge wird in der Regel das direkte Resultat der Analyse angegeben (Anzahl der Cubiccentimeter Hundertstel Normalsalzsäure, welche 100 Cubiccentimeter des betreffenden Wassers zur Neutralisation erfordern),

dann die Menge chemisch, in Form neutralen Carbonats, gebundener Kohlensäure berechnet auf 1 Liter Wasser. (Dieser Quantität ganz gleich ist die der sog. halbgebundenen Kohlensäure.) Weiter ist angeführt die Menge von Carbonat (kohlensaurer Kalk), die der gefundenen Säure entspricht; diese Zahlen werden fast sämmtlich, wenn auch wenig, zu hoch sein, da eben die Kohlensäure der natürlichen Gewässer nicht ausschliesslich an Kalk, sondern auch an andere Basen (Magnesia) gebunden ist und das Aequivalent der kohlensauren Magnesia kleiner ist als das des kohlensauren Kalks. Es sind somit die auf den Carbonatgehalt bezüglichen Zahlen nur als angenäherte Werthe zu betrachten, während die Mengenangaben der gebundenen Kohlensäure vollkommen chemisch genau sind.<sup>1)</sup>

---

Den oben entwickelten Satz, dass unter sonst gleichen Bedingungen der Kalkgehalt eines Gewässers einen Maassstab abgäbe für dessen Fischgehalt, habe ich zunächst mit den Erfahrungen, mit der Wirklichkeit verglichen, und ich möchte gleich vorausschicken, dass im Allgemeinen Theorie und Praxis in befriedigendem Einklang stehen; nur in einem Falle, bezüglich des sehr kalkarmen Lago maggiore, stimmten meine Voraussetzungen nicht in dem Maasse wie ich es erwartete mit dem Thatbestand überein. Allerdings befindet sich dieser See unter besonders günstigen klimatischen Bedingungen; schädigende Einflüsse der Industrie fehlen gänzlich, und es ergibt sich immerhin aus den Zusammenstellungen Pavesi's<sup>2)</sup>, dass derjenige See, welcher

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung 3.

<sup>2)</sup> P. Pavesi. I pesci e la pesca nel Cantone Ticino. Lugano 1871—72—73. S. 11, 14 u. 141.

am ehesten mit dem Langensee verglichen werden kann, der Luganersee, bei grösserem Kalkgehalt (s. nachfolgend) auch fischreicher ist: Auf gleiche Wasserfläche berechnet, liefert der Lago di Lugano einen um circa 20 Procent grösseren Fischertrag als der Lago maggiore.

Während es einerseits leicht ist, den Kalkgehalt eines Gewässers sehr genau zu bestimmen, hält allerdings andererseits die Feststellung, ja nur die Abschätzung des Fischgehaltes äusserst schwer. Brehm<sup>1)</sup> erklärt sogar, dass uns zur Abschätzung der Fische jeglicher Anhalt mangle. Die Schwierigkeiten dürften namentlich bei grösseren Gewässern besonders hervortreten; die consultirten Gewährsmänner, die Fischer, sind nicht gewöhnt, die Begriffe des absoluten und des relativen Fischgehaltes auseinander zu halten, die zu vergleichenden Fischmengen auf gleiche Wassermengen zurückzuführen. Daher habe ich, um meine Voraussetzungen mit den Angaben der Fischer zu vergleichen, immer Gewässer von geringer Ausdehnung gewählt, deren Fischgehalt sich leichter übersehen lässt. Das Hochplateau von San Bernardino (Canton Tessin) wird von einem starken Bach, der Moësa, durchflossen; obgleich derselbe den physikalischen Verhältnissen nach recht gut Fische beherbergen könnte, ist er vollkommen fischlos. Ein paar hundert Schritte von jenem Bache entfernt befindet sich ein kleiner See von dunkler Farbe, Laghetto genannt, der eine reichliche Vegetation von Wasserpflanzen aufweist und seines Fischreichthums wegen bekannt ist. Hundert Cubiccentimeter des Wassers der Moësa erforderten nur 6,4 Cubiccentimeter Normalssäure zur Neutralisation (entsprechend 0,032 Grm. kohlensäurem Kalk oder 0,0140 Grm. chemisch

---

<sup>1)</sup> Thierleben Bd. 5. S. 457.

gebundener Kohlensäure pro Liter); 100 Cubiccentimeter des erwähnten Seewassers dagegen hatten 20 Cubiccentimeter der Säure nöthig (= 0,100 Grm. kohlen-saurer Kalk oder 0,044 Grm. chemisch gebundene Kohlensäure). Zwei Zuflüsse der Rhone, der Trient und die Salanfe, befinden sich offenbar in ganz gleichen Verhältnissen; sie sind einen Kilometer von einander entfernt; nach übereinstimmenden Mittheilungen der Anwohner ist die Salanfe weit reicher an Fischen als der Trient. Die Analyse (October 1879) ergab, dass in einem Liter Trientwasser 0,045 Grm. kohlen-saurer Kalk (= 0,020 chem. geb. Kohlensäure), in der gleichen Menge Salanfewater dagegen 0,072 Grm. kohlen-saurer Kalk (= 0,0332 chem. geb. Kohlensäure) enthalten waren.

Gelegentlich eines Aufenthaltes in Churwalden (im August 1879) habe ich sämtliche Gewässer des Thales analysirt; die fischreichsten erwiesen sich auch als die kalkreichsten; so enthielt der Fischweiher von Churwalden 0,197, dessen Zufluss sogar 0,211, der See auf der Lenzerhaide 0,151 Grm. kohlen-sauren Kalk <sup>1)</sup>, während alle andern zum Theil fischarme, zum Theil fischlose Gewässer weit weniger kalkhaltig waren.

Das Wasser, über welches die zürcherische Fischzucht-anstalt, in Meilen am Zürichsee, verfügt, zeichnet sich durch seinen grossen Kalkgehalt aus. Es wurden am 18. Nov. 1870 Wasserproben vom Einlauf, aus dem mittleren Fischweiher und vom Abfluss entnommen. Die Analyse ergab:

	Verbr. Normals.	Chem. geb. Kohlens. Kalk.	
	pro 100 cc.	pro Liter.	
Einlauf	49,6	0,1091	0,248 Grm.
Fischweiher	50,6	0,1113	0,253 »
Ablauf	51,4	0,1130	0,257 »

<sup>1)</sup> Bezüglich 0,08668; 0,09284 u. 0,06644 Grm. chem. gebundene Kohlensäure.

Die Thatsache, dass das Wasser beim Durchgang durch die stark bevölkerte Fischzuchtanstalt an Kalk zunimmt, steht im vollkommenen Einklange mit der eben angeführten Beobachtung, nach welcher die von Fischen ausgeathmete Kohlensäure kohlensauren Kalk in Lösung bringt.

Von einem Freunde der Fischerei, Herrn Forstmeister Meister, erhielt ich Wasserproben aus dem Sihlthal (5. Dec. 1879). Das Wasser des Krebsbach, der als sehr forellenreich und sehr geeignet zur Fischzucht bezeichnet wurde, war stark kalkhaltig (kohlensaurer Kalk: 0,2130 resp. 0,0937 chemisch gebundene Kohlensäure pro Liter); die Sihl selbst, ärmer an Fischen, enthielt auch weniger Kalk (0,1780 Grm.  $\text{Ca CO}_3$  resp. 0,07832 chemisch gebundene  $\text{CO}_2$ ). Durch die Güte desselben Herren wurden mir Wasserproben aus der fischreichen Glatt und der Fischzuchtanstalt Glattfelden zu Theil (9. Dec. 1879). Beide Gewässer erwiesen sich als zu den kalkreichen gehörig; das erstere enthielt pro Liter 0,2225 Grm. kohlensauren Kalk (1,0979 chem. geb.  $\text{CO}_2$ ), das letztere sogar 0,2580 Grm. (0,1135 Grm. chem. geb.  $\text{CO}_2$ ). — Als eines der fischreichsten Flösschen bezeichnete mir Herr Meister die Surb (Wehenthal, Nebenfluss der Aare) und in keinem Gewässer des Kantons Zürich habe ich einen grössern Kalkgehalt gefunden als gerade in diesem (0,3095 Grm. pro Liter resp. 0,1362 Grm. chem. gebundene Kohlensäure).

Uebrigens scheinen auch die Praktiker auf rein empirischem Wege zu der Ueberzeugung gelangt zu sein, dass ein kalkreiches Wasser dem Gedeihen der Fische günstig sei. So finde ich unter Anderm unter den Antworten auf den Fragebogen des deutschen Fischereivereins ad 5): «Der Fluss ist für Fische günstig, da derselbe reines Quell-

wasser, sog. hartes Wasser führt»<sup>1)</sup>. Hartes Wasser aber ist kalkreiches Wasser.

Soviel glaube ich durch Vorstehendes nachgewiesen zu haben, dass jedenfalls der Kalkgehalt der Gewässer mit zu den Faktoren gehört, die auf das Gedeihen der Fische Einfluss haben; wie weit sich dieser Einfluss erstreckt, muss durch zahlreichere Beobachtungen noch festgestellt werden. Wenn solche bisher nicht in dem wünschbaren Umfange ausgeführt worden sind, so ist der Grund mit in der Umständlichkeit der chemischen Methoden zu suchen.

Das eben geschilderte Verfahren wird auch unter den Händen des Nichtchemikers brauchbare Resultate liefern — es kann dasselbe zudem noch, allerdings auf Kosten der schliesslich nicht gerade nothwendigen Genauigkeit, bedeutend vereinfacht werden. Es wäre sehr wünschenswerth, wenn der nächste Fragebogen des um die Ergründung der Geheimnisse des Fischlebens so hochverdienten deutschen Fischereivereins auch Auskunft über den Kalkgehalt der Gewässer verlangen würde.

---

In Bezug auf die Untersuchung des Wassers der schweizerischen Seen drängte sich in erster Linie die Frage auf, ob die Zusammensetzung eines Seewassers an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten die gleiche sei. Von dem Wasser der Flüsse weiss man, dass es nach Jahreszeit u. s. w. in seinem Gehalt an gelösten Stoffen schwankend ist; über das Wasser der Seen dagegen liegen

---

<sup>1)</sup> Die thurg. Fischfauna von E. Kollbrunner. Frauenfeld 1879

in dieser Beziehung, meines Wissens, keinerlei Angaben vor. Die Lösung der Frage war von Wichtigkeit, denn bei wechselnder Zusammensetzung der Gewässer kann nur durch häufig wiederholte, über lange Zeiträume sich erstreckende Untersuchungen ein richtiges Bild von der chemischen Beschaffenheit des betreffenden Wassers gewonnen werden. Die nachstehend beschriebenen Versuche zeigen, dass das Wasser der Schweizerseen eine constante Zusammensetzung besitzt. Des Vergleichs halber habe ich gleichzeitig die gut gefassten Homburger Mineralquellen der Untersuchung unterworfen und es hat sich herausgestellt, dass die Zusammensetzung unsrer Seewässer nicht mehr und nicht weniger variirt als die jener Mineralwässer, welche allgemein als constant zusammengesetzt angesehen werden. In einigen Fällen konnte ich meine Resultate mit früher gewonnenen vergleichen und ich hatte die Freude constatiren zu können, dass das Zürichseewasser im Jahre 1857 genau den gleichen Carbonatgehalt zeigte wie im Jahre 1880, dass die Menge chemisch gebundener Kohlensäure im Wasser des Genfersees seit mehr als einem Vierteljahrhundert sich nicht verändert hatte. Als normales Seewasser wurde dasjenige Wasser genommen, das der Abfluss des Sees führt, da dasselbe jedenfalls eine möglichst vollkommene Mischung der verschiedenen Wasserschichten darstellt; dass aber auch letztere keinen wesentlichen Unterschied in der Zusammensetzung zeigen, ergibt sich wohl am besten aus der Thatsache, dass Wasserproben von der Oberfläche und aus der Tiefe entnommen mit absolut den gleichen Resultaten untersucht wurden wie die Wässer jener Abflüsse. Als Beleg führe ich von vielen gleichwerthigen folgende Daten an:



## Zürichsee.

Datum der Wasserentnahme. 1879.	O r t.	100 Cc. Wasser erfordern Cc. $\frac{1}{100}$ Normal-Salzsäure
1) Juli 16.	Enge . . . . .	24,1.
2) Aug. 2.	Rapperswyl . . . . .	24,0.
3) Sept. 19.	Zürich, Limmat . . . . .	23,2.
4) Nov. 2.	Bei Herrliberg 70' Tiefe . . . . .	23,4.
5) Nov. 2.	Bei Herrliberg 130' Tiefe . . . . .	23,5.
6) Nov. 4.	Zürich . . . . .	23,5.
7) Dec. 12.	» . . . . .	24,8.
8) Dec. 13.	» Tonhalle . . . . .	24,9.
9) Dec. 27.	» Limmat . . . . .	24,0.
1880.		
10) Jan. 22.	» » . . . . .	24,0.
11) Jan. 24.	» » . . . . .	24,1.
12) Jan. 30.	» » . . . . .	24,6.
13) Febr. 5.	» » . . . . .	24,6.
14) Febr. 8.	» » . . . . .	24,8.
15) Febr. 20.	» » . . . . .	24,2.
16) März 2.	» » . . . . .	24,1.
17) März 12.	» » . . . . .	24,0.

Die Differenzen zwischen den einzelnen Bestimmungen sind sehr klein; sie betragen im Maximum nicht mehr, auf chemisch gebundene Kohlensäure berechnet, als 3 Milligramm auf 1000 Gramm Seewasser. Ueberdiess fallen die beiden Perioden höheren Kalkgehaltes (7 u. 8, sowie 12, 13, 14) fast genau mit den beiden Perioden zusammen, während welchen der See eine Eisdecke trug, und ich glaube, dass die kleine Steigerung seines Kalkgehaltes jedenfalls zum grossen Theil auf Rechnung der Eisbildung zu setzen ist. Es erwies sich nämlich, nach angestellten Versuchen,

das Eis des Zürichsees als fast absolut chemisch rein <sup>1)</sup>: Kalk konnte darin selbst nach stärkster Concentrirung nicht nachgewiesen werden, ebensowenig selbst Spuren von Kohlensäure; 500 Grm. sorgfältig abgewaschenes Eis hinterliessen beim Eindampfen nur 0,0013 Grm. Rückstand. Unter solchen Umständen ist es natürlich, dass das nicht gefrorene Wasser entsprechend reicher an festen Bestandtheilen sein muss.

Im Jahre 1857 war der untere Zürichsee zum letzten Male zugefroren; Fr. Moldenhauer<sup>2)</sup> führte damals, Ende Januar, eine Analyse des Seewassers aus, welche pro Liter 0,05412 Grm. chemisch gebundene Kohlensäure ergab; aus der obigen Bestimmung 12 berechnet sich genau die gleiche Zahl 0,05412.

#### G e n f e r s e e.

Datum. 1879.	O r t.	100 Cc. Wasser erfordern Normalsäure
Oct. 12.	Mitte Montreux-Bouveret . . .	17,3.
» 20.	Montreux (Hafen) . . . . .	17,3.
» 20.	Schloss Chillon 200' vom Land . . .	17,2.
» 13.	Genf (Hafen) . . . . .	17,3.
» 13.	» (Rhonewasser) . . . . .	17,3.
1880.	Villeneuve 200' vom Land . . .	17,3.
März 1.	Montreux . . . . .	17,4.

Im Hafen von Villeneuve ist, wie ich mich überzeugete, das Wasser reicher an Carbonaten (22,5 Cc.  $\frac{1}{10}$  Normal-Salzsäure pro 100 Cc. = 0,0495 Grm. chem. gebundene

<sup>1)</sup> Bei dieser Gelegenheit erwähne ich, dass Eis von dem Sihlfluss durchaus nicht den gleichen Grad von Reinheit zeigte; ich fand in einer Ende December 1879 genommenen Probe pro Kilogramm 0,015 Grm. grösstentheils mechanisch suspendirten kohlen-sauren Kalk.

<sup>2)</sup> Jahresb. üb. d. Fortschr. d. Chemie. 1857. S. 724.

Kohlensäure pro Liter); aber es lässt sich diese Erscheinung zurückführen auf den nahen Einfluss der Tinière, eines starken Baches, der sehr reich an kohlensauren Salzen ist (100 Cc. seines Wassers erforderten 30,0 Cc.  $\frac{1}{100}$  Normal-Säure = 0,066 Grm. chem. geb. Kohlensäure = 0,150 Grm. kohlensauren Kalk pro Liter).

Deville <sup>1)</sup> hat im Jahre 1847 das Rhonewasser in Genf analysirt; aus den Resultaten seiner Analyse berechnet sich ein Gehalt an chemisch gebundener Kohlensäure von 0,0370 Gramm pro Liter; meine Bestimmungen ergaben 0,0380 Grm. — eine minime Differenz, die vollkommen innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler sich befindet.

## L a g o m a g g i o r e.

Datum. 1879.	O r t.	100 Cc. Wasser brauchen Normalsäure
Aug. 9.	Locarno (von dem Hafen) . . . . .	7,0.
» 9.	Locarno, Punta . . . . .	7,0.
» 12.	Arona, Scala . . . . .	7,1.
» 12.	Arona, Angera . . . . .	7,0.
» 12.	Bei Magadino (Einfluss des Tessin)	7,1.
» 12.	Bei Sesto Calende (Ausfl. d. Tessin)	7,1.
» 12.	Tessinwasser in Sesto Calende . . . . .	7,1.
Dec. 21.	Locarno — Vira . . . . .	7,9.

Das Wasser des Lago maggiore zeichnet sich durch seinen sehr geringen Gehalt an Carbonaten aus; berechnet man obige Zahlen auf kohlensauren Kalk, so ergibt sich, dass 1 Liter nicht mehr als 0,0355 davon enthält; es ist diess fast genau die gleiche Menge, welche chemisch reines kohlen-säurefreies Wasser aufzulösen vermag <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Jahresb. üb. d. Fortsch. d. Chemie. 1847 u. 1848. S. 996.

<sup>2)</sup> Siehe Anmerkung No. 4.

## Vierwaldstättersee.

Datum.	Ort.	100 Cc. Wasser brauchen Normalsäure
1879.		
Aug. 6.	Weggis . . . . .	17,3.
» 6.	Bei den Nasen . . . . .	17,4.
» 6.	Vitznau . . . . .	17,3.
» 6.	Urnersee bei Brunnen . . . . .	17,3.
» 6.	Flüelen . . . . .	17,2.
Nov. 2.	Luzern (beim Hôtel National) . . . . .	16,9.
» 2.	» Reuss . . . . .	17,0.
1880.		
Febr. 18.	» (beim Hôtel National) . . . . .	17,6.

Auch beim Vierwaldstättersee lässt sich, wie beim Genfersee, der Einfluss des einströmenden Wassers constatiren; so enthielt Seewasser, zwischen der Tellsplatte und Flüelen geschöpft und zwar aus der «Reussströmung» der Schiffer, weit weniger Carbonat, als obigen Zahlen entspricht (100 Cc. sättigten nur 15 Cc.  $\frac{1}{100}$  Normal-Salzsäure = 0,033 chem. geb. Kohlensäure pro Liter; die Reuss bei ihrer Mündung in Flüelen führt Wasser, welches pro 100 Cc. nur 8,4 Cc. Normalsäure erfordert, entsprechend 0,0185 Grm. chem. geb. Kohlensäure pro Liter).

Es sei noch erwähnt, dass alle von mir untersuchten Schweizerseen dieselbe Constanz in Bezug auf ihren Carbonatgehalt zeigten. Die Zusammensetzung des Bodenseewassers, ob es bei Constanz (16. Nov. 1879 23,0 Cc. Säure pro 100 Cc. Wasser), bei Lindau (15. Dec. 1879 23,9 Cc. pro 100) oder bei Romanshorn (5. Jan. 1880 23,2 Cc. pro 100) geschöpft worden war, war die gleiche. Das Wasser des Walensees, des Zugersees, des Thunersees verhielt sich, von verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten bezogen, immer in der gleichen Weise.

Was aber von dem festen Hauptbestandtheil des Wassers — den Carbonaten — gilt, darf gewiss unbedenklich auf die übrigen im Wasser gelösten Stoffe übertragen und der Satz aufgestellt werden: «die Zusammensetzung des Wassers der grösseren Schweizerseen ist eine constante; sie ist im Grossen und Ganzen unabhängig von Zeit und Ort. — Diese Thatsache dürfte auch für das Fischeleben einige Bedeutung haben; denn die Fauna wird sich offenbar in einem ganz andern Sinne entwickeln, wenn sich die Thiere in einem jahraus, jahrein chemisch sich möglichst gleichbleibenden Medium befinden, als wenn sie auf ein solches angewiesen sind, das, wie das Wasser der Flüsse, empfindlichen Schwankungen unterworfen ist.

Die constante Zusammensetzung des Wassers unserer Seen ist übrigens sehr leicht begreiflich; es wirken verschiedene Ursachen mit, um sie herzustellen; einerseits wird die Wechselwirkung zwischen den Processen des pflanzlichen und thierischen Lebens möglichst einen Gleichgewichtszustand herbeizuführen suchen, andererseits aber spielt besonders die geringe Beweglichkeit des Wassers der Schweizerseen hier eine hervorragende Rolle. Es ist bekannt, dass das Wasser in unseren Seen sich nur sehr langsam bewegt, so braucht z. B. das Wasser der Linth, um von deren Einmündung in den Zürichsee bis nach Zürich zu gelangen, nach den Berechnungen des Herrn Kantonsingenieur Wethli<sup>1)</sup> durchschnittlich über ein Jahr, es wird somit, wenn auch Flusswasser von, je nach der Jahreszeit, verschiedener

---

<sup>1)</sup> Privatmittheilung. — Der Ablauf des gesammten Wasserquantums des Zürichsees würde bei der beobachteten durchschnittlichen Ausflussmenge von 88<sup>m</sup> pro Secunde circa 515 Tage in Anspruch nehmen.

Zusammensetzung in das Seebecken einströmt, genügend Zeit und Gelegenheit zur Herstellung einer immer gleichartigen Mischung gegeben sein.

Nachstehende Tabelle gibt eine Uebersicht über den Carbonatgehalt des Wassers der wichtigsten Schweizerseen (**a** bedeutet die Anzahl Cubiccentimeter Hundertstel Normal-salzsäure, welche 100 Cc. des betreffenden Wassers zur Neutralisation erforderten; **b** die daraus berechnete Menge chemisch gebundener Kohlensäure pro Liter; **c** den [approximativen] Gehalt an kohlensaurem Kalk pro Liter).

	a	b	c
Lago maggiore . . . . .	7,1	0,01562	0,0355
Brienersee . . . . .	13,6	0,02992	0,0680
Genfersee . . . . .	17,3	0,03806	0,0865
Vierwaldstättersee . . . . .	17,3	0,03806	0,0865
Thunersee . . . . .	18,0	0,03960	0,0900
Walensee . . . . .	19,0	0,04180	0,0950
Luganersee . . . . .	21,4	0,04708	0,1070
Bodensee . . . . .	23,7	0,05214	0,1185
Zürichsee . . . . .	24,0	0,05280	0,1200
Zugersee . . . . .	24,5	0,05390	0,1225
Neuenburgersee . . . . .	26,2	0,05764	0,1310
Bielersee . . . . .	33,3	0,07326	0,1665
Murtensee . . . . .	44,8	0,09856	0,2240
<hr/>			
Aegerisee . . . . .	24,0	0,05280	0,1200
Caumasee (bei Flims) . . . . .	22,1	0,04860	0,1105
Arosasee (oberer) . . . . .	22,3	0,04906	0,1115
Heidesee (Lenzerheide) . . . . .	29,4	0,06468	0,1470
Laghetto bei San Bernardino . . . . .	20,0	0,04400	0,1000
Lago oscuro (St. Gotthard) . . . . .	0,6	—	—
See beim Hospiz » . . . . .	0,1	—	—
Silsersee (Engadin) . . . . .	6,9	0,01518	0,0345
Silvaplanersee » . . . . .	8,7	0,01914	0,0435

Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass das Wasser des Genfersees genau den gleichen Kohlensäuregehalt besitzt wie das des Vierwaldstättersees; ein Vergleich der beiderseitigen Faunen dürfte insofern Interesse bieten, als hier ein wahrscheinlich Verschiedenheiten bedingender Faktor, der Carbonatgehalt des Wassers, ausgeschlossen ist, und die Bedeutung der übrigen Faktoren, Klima u. s. w., in um so grösserer Reinheit hervortreten würde.

Weiter sieht man, dass sich Zürichsee, Zugersee, Bodensee, Aegerisee in Bezug auf die Zusammensetzung sehr nahe stehen, nach den Versicherungen von Fischereikundigen sollen die genannten Seen auch in Bezug auf Qualität und Quantität der Fauna nahe verwandt sein. Der kalkreiche Murtenersee soll sich durch seinen Fischreichtum besonders auszeichnen.

---

Wie oben bereits erwähnt ist das Wasser der Flüsse, im Gegensatze zu dem Wasser unserer Seen, in Bezug auf die Menge der darin gelösten Stoffe wechselnd zusammengesetzt. Diese Thatsache ist seit langer Zeit bekannt. So fand Peligot<sup>1)</sup>, dass die Gesammtmenge der festen Bestandtheile des von der gleichen Lokalität stammenden Seineswassers von 0,150 bis 0,363 Grm. pro Liter variirt. Poggiale<sup>2)</sup> constatirte, dass das Wasser desselben Flusses Schwankungen in seinem Gehalt an gelösten Stoffen zeigt, die sich zwischen den Grenzen von 0,190 bis 0,277 Grm. pro Liter bewegen; im Sommer erwies sich das Seineswasser reicher an festen Bestandtheilen als im Winter. J. A. Wanklyn<sup>3)</sup> hat das

---

<sup>1)</sup> Jahresb. Chemie. 1855. S. 831.

<sup>2)</sup> Ebendasselbst. S. 832.

<sup>3)</sup> Jahresb. 1875. S. 1286 u. Chemical News 32, 207.

Wasser des Nil während eines Jahres periodischen Untersuchungen unterworfen und ebenfalls auffallende Schwankungen im Gehalt an festen Bestandtheilen nachgewiesen; im Maximum (Mai) fand er 0,314, im Minimum (December) 0,129 Grm. fester Stoffe in einem Liter Nilwasser. Auch das Wasser der Schweizerflüsse fand ich, je nach der Jahreszeit, in seinem Gehalte an kohlensaurem Kalk (chemisch gebundener Kohlensäure) schwankend; allerdings nach den bisherigen Versuchen im umgekehrten Sinne wie das Wasser der eben citirten Flüsse; es stellte sich heraus, dass der Kalkgehalt im Winter grösser ist als im Sommer. Als Beispiele führe ich nur an:

	Datum.	Cc. Normalsäure pro 100 Cc. Wasser.	Gramm chem. geb. Kohlensäure pro Liter.
Vereinigter Rhein bei Reichenau	1879. Aug. 14.	12,1	0,02662
"    "    "    "	Aug. 30.	12,2	0,02684
"    "    "    "	Nov. 14.	19,6	0,04312
Rhein bei Chur . . . . .	1879. Aug. 16.	12,4	0,02728
"    "    "    . . . . .	1880. Jan. 2.	21,6	0,04752
Sihl (Enge, oberh. Papierfabrik)	1879. Juli 15.	28,0	0,0616
"    "    "    "	Nov. 1.	33,5	0,0737
"    "    "    "	Dec. 10.	47,6	0,1047
Rhone bei Massonger . . . . .	1879. Oct. 8.	13,6	0,02992
"    "    "    . . . . .	1880. Febr. 9.	20,6	0,04532

Die Schwankungen des Flusswassers im Gehalt an gelösten Stoffen werden auf verschiedene Ursachen zurückgeführt; für die Schweizerflüsse kommt wohl in erster Linie das durch den Frost bedingte Versiegen der aus den



höheren Gebirgsregionen stammenden Zuflüsse in Betracht. Das Wasser der letzteren ist in der Regel sehr kalkarm, oder gar, wie das Gletscherwasser, so gut wie völlig kalkfrei — es wird dasselbe somit im Sommer verdünnend auf das, tieferen Regionen entsprungene, kalkreichere Quellwasser wirken müssen.

Ueberdiess liefern die Analysen von Wasserproben, die an verschiedenen Stellen des Laufes eines Flusses entnommen sind, verschiedene Resultate; dass Zuflüsse sehr modificirend auf die Menge der gelösten Bestandtheile wirken, versteht sich von selbst; zudem wird durch etwaigen Verlust an Kohlensäure sich auch die Menge des gelösten Kalkes vermindern müssen.

Ein Verschwinden der Kohlensäure aus dem Wasser wird eintreten bei einer im Vergleich zur Fauna sehr stark entwickelten Flora — vielleicht zum Theil auch durch Verdunstung, obgleich die Bedeutung des letzteren Vorganges, nach den Beobachtungen von R. Ludwig<sup>1)</sup> und unter Berücksichtigung der relativ kleinen, in unseren Flusswässern vorhandenen Kalkcarbonatmengen, nicht sehr hoch angeschlagen werden darf. Nach zahlreichen eigenen Versuchen, die ich mit dem Wasser vegetationsloser Bäche des Churwaldener Thales anstellte und über die an einem anderen Orte berichtet werden soll, änderte sich der Kalk- und Kohlensäuregehalt derselben auch nach längerem und raschem Laufe nicht in irgend nachweisbarer Weise. In einem, allerdings nicht normalen, Falle habe ich einen sehr kleinen, jedenfalls durch Kohlensäureverdunstung bewirkten Kalkverlust eines Flusswassers zu constatiren. Es war diess gelegentlich der Untersuchung des Wassers der Salanfe,

---

<sup>1)</sup> Jahresber. v. d. Fortschr. d. Chemie. 1851. S. 864.

vor und nachdem sie den Sturz der Pissevache gemacht hatte.

Datum.		Cc. $\frac{1}{100}$ Normalsäure pro 100 Cc. Wasser.
1879.		
Oct. 2.	Salanfewater oberhalb der Pissevache	14,8
» 2.	» unterhalb » »	14,2

Es entsprechen diese Zahlen einem Verlust an kohlen-saurem Kalke von 0,0030 Grm. pro Liter, offenbar eine Folge der gewaltsamen Verstäubung.

Nach dem Vorstehenden gewinnen chemische Unter-suchungen von Flusswässern nur dann grösseres Interesse, wenn sie sich beziehen auf zahlreiche Proben, welche zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Orten genom-men werden; solche Untersuchungen aber erfordern einen sehr bedeutenden Zeitaufwand. Wenn ich in nachstehender Tabelle eine Anzahl von Carbonatbestimmungen einiger schweizerischer Flusswässer mittheile, so geschieht diess, weil manche der Daten unter sich vergleichbar sind und zudem späteren Untersuchungen als vielleicht nicht uninter-essante Vergleichsmomente dienen können. Unter **a** ist aufgeführt der Fluss, unter **b** der Ort, unter **c** das Datum der Entnahme des Wassers; die Zahlen unter **d** geben die Anzahl von Cubiccentimetern Hundertstel Normalsäure an, welche 100 Cubiccentimeter des betreffenden Wassers zur Neutralisation bedürfen, diejenigen unter **e** die daraus sich berechnende Menge an chemisch gebundener Kohlensäure, ausgedrückt in Grammen pro Liter Wasser; endlich die Zahlen unter **f** stellen den (approximativen) Gehalt an kohlen-saurem Kalk ( $\text{Ca CO}_3$ ) dar, ausgedrückt in der glei-chen Weise.

a	b	c	d	e	f
Rhein . . .	oberhalb Chur	Aug. 30. 1880.	12,4	0,0278	0,0620
" . . .	"	Jan. 2. 1879,	21,6	0,04752	0,1080
" . . .	Reichenau . . .	Aug. 14.	12,1	0,02662	0,0605
" . . .	" . . .	Nov. 14.	19,6	0,04312	0,0980
Vorderrhein	" . . .	Nov. 14.	18,4	0,04048	0,0920
Hinterrhein	" . . .	Nov. 14.	21,8	0,04796	0,1090
Plessur . . .	Chur . . . . .	Aug. 30.	22,5	0,04950	0,1125
Rabiusa . . .	Churwalden . . .	Sept. 8.	20,2	0,04444	0,1010
" . . .	Passugg . . .	Sept. 12. 1880.	27,0	0,05940	0,1350
Albula . . .	Bergün . . . . .	Jan. 4. 1879.	17,2	0,03784	0,0860
Tessin . . .	Magadino . . . . .	Aug. 10.	8,2	0,01804	0,0410
Maggia . . .	Mündung . . . . .	Aug. 9.	3,8	0,00836	0,0190
" . . .	" . . . . .	Dec. 25.	4,0	0,00880	0,0200
Verzaska . . .	" . . . . .	Aug. 10.	0,9	0,00198	0,0045
Moësa . . .	St. Bernhardin	Aug. 12.	6,4	0,01408	0,0320
Reuss . . .	Flüelen . . . . .	Aug. 7.	8,4	0,01848	0,0420
" . . .	Lucendro . . . . .	Aug. 8.	0,6	0,00132	0,0030
Rhône . . .	St. Maurice . . . . .	Oct. 9.	13,5	0,02970	0,0675
" . . .	Massonger . . . . .	Oct. 8.	13,6	0,02992	0,0680
" . . .	Bouveret . . . . .	Oct. 12.	14,5	0,03190	0,0725
La Tinière . . .	Villeneuve . . . . .	Oct. 20.	30,0	0,06600	0,1500
Avençon . . .	Bex . . . . .	Oct. 13.	23,2	0,05104	0,1160
Salanfe . . .	Vernayaz . . . . .	Oct. 17.	14,2	0,03124	0,0710
Trient . . .	" . . . . .	Oct. 17.	9,1	0,02002	0,0455
Linth . . .	Wesen . . . . .	Sept. 17.	18,8	0,04136	0,0940
Sihl . . .	Adlisweil . . . . .	Nov. 4.	33,5	0,07370	0,1675
" . . .	Sihlwald . . . . .	Dec. 5.	35,6	0,07832	0,1780
" . . .	Enge . . . . .	Dec. 10.	47,6	0,10472	0,2380
Glatt . . .	Glattfelden . . . . .	Dec. 9.	44,5	0,09790	0,2225
Surb . . .	Schöfflisdorf . . . . .	Dec. 29.	61,9	0,13618	0,3095

Vorläufig möchte ich es unterlassen, aus den vorliegenden Zahlen weitere Schlüsse zu ziehen; sie besitzen einen nur relativen Werth, weil eben die Flüsse, vor ihrem Einlauf in die Seen, je nach der Jahreszeit, in ihren

gelösten festen Bestandtheilen schwanken. Aber darauf erlaube ich mir hinzuweisen, dass jene Flüsse auch periodisch von Fischen besucht werden. Nach Tschudi<sup>1)</sup> halten sich Forellen während des Winters in Massen in der Rhone und in ihren Seitenbächen auf und ziehen im März nach dem Genfersee zurück, in welchem sie den Sommer zubringen. Brehm<sup>2)</sup> fügt bei, dass man die Ursache dieser Aenderung der Lebensweise noch nicht habe erforschen können.

Dieses gleichzeitige Wechseln der Flüsse im Gehalt an chemischen Bestandtheilen<sup>3)</sup> wie im Gehalt an Fischen regt unwillkürlich zum Ziehen einer Parallele an.

### Anmerkungen.

1) Allerdings darf nicht angenommen werden, dass der Kalkgehalt der Gewässer ihrem Kohlensäuregehalt genau direkt proportional sei, obgleich nach Bineau (l. c.) bei relativ kleinen Kalkmengen, und nur solche kommen ja hier in Betracht, nahezu Proportionalität eintritt. Bei dieser Gelegenheit will ich nicht unerwähnt lassen, dass die Menge der sogenannten ganz freien Kohlensäure, die sich in dem Wasser der schweizerischen Seen vorfindet, sehr gering ist im Vergleich zu derjenigen, die mit kohlensaurem Kalk zu Bicarbonat verbunden ist. So enthält das Zürichseewasser nach den Analysen von Wislicenus und Meister (1866 und 1867) im Liter 0,91—1,85 Cubikcentimeter freier Kohlensäure, entsprechend (im Mittel) 0,0025 Grm., während die Totalmenge der Kohlensäure nach den gleichen Untersuchungen im Mittel 0,1094 Grm. beträgt. Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass die Quantität der sogenannten freien Kohlensäure (0,0025 Grm. pro Liter) weniger als den zwanzigsten Theil beträgt von der Menge der halbgebundenen, als Bicarbonat vorhandenen, von den Pflanzen assimilirbaren Kohlensäure (0,0532 Grm. pro Liter). Die Resultate meiner Versuche führen fast genau zur gleichen Menge an halbgebundener Kohlensäure im Zürichseewasser (0,0528 Grm. pro Liter). Ein ähnliches Mengenverhältniss

<sup>1)</sup> S. Brehm, Thierleben. 5. Bd. S. 698.

<sup>2)</sup> Ibid.

<sup>3)</sup> Vgl. S. 24.

beider Formen der Kohlensäure weisen auch manche Flusswasser auf. C. Merz fand z. B. im Wasser des Mains bei Offenbach auf 0,06095 Grm. halbgebundene nur 0,00125 freie Kohlensäure (Jahresber. Chemie 1866 S. 987). Bei der kleinen Menge freier Kohlensäure, die sich im See- oder Flusswasser vorfindet, kommt für die Ernährung der Wasserpflanzen und damit indirekt der Wasserthiere so gut wie ausschliesslich die mit dem kohlensauren Kalk verbundene (sogen. halbgebundene) Kohlensäure in Betracht. Ganz analog scheint es sich, nach neueren Untersuchungen von Jacobsen und Tornøe, auch bezüglich der im Meerwasser vorhandenen Kohlensäure zu verhalten. (Jacobsen, Ueber die Luft des Meerwassers. Ann. der Chemie. Bd. 167 S. 33. Tornøe, Ber. der deutsch. chem. Ges. Bd. 12 [1879] S. 1473 u. 2018). Nach meinen Versuchen erforderten am 25. März 1880 100 Cc. Mittelmeerwasser, aus dem Golfe von Ajaccio, ca. 25 Cc.  $\frac{1}{100}$  Normalsalzsäure zur Neutralisation, entsprechend 0,055 Gr. chemisch gebundener Kohlensäure pro Liter.

2) Vielleicht sind vorstehende Auseinandersetzungen einer praktischen Anwendung fähig. Fischbehälter, Teiche u. s. w., die, unter sonst günstigen Verhältnissen, in kalkarmem Gebiet angelegt, von kalkarmem Wasser gespeist werden, könnten durch Einführung von Kalksteinen in ihrem Ertrag eine Steigerung erfahren. Die vorhandene oder durch Wasserthiere erzeugte Kohlensäure wird dann, länger zurückgehalten, den Wasserpflanzen zugänglicher gemacht. Die Bedingungen für die Entwicklung einer reicheren Wasserflora werden sich günstiger gestalten und mit letzterer den Fischen direkte oder indirekte Nahrung geschaffen.

3) Bei einem Eisengehalt des zu untersuchenden Wassers ist die geschilderte Methode etwas zu modifiziren. Alizarin erzeugt nämlich mit dem Eisen eine dunkelviolette Verbindung, welche von der verdünnten Säure nicht mehr farblos gelöst wird. Man verfährt alsdann zweckmässig umgekehrt wie oben angegeben, d. h. man lässt in 100 Cubikcentimeter der mit Alizarin versetzten, siedenden  $\frac{1}{100}$  Normalsäure so lange von dem zu untersuchenden Wasser aus einer Bürette einlaufen bis eben Neutralität eintritt. Letztere wird durch das Erscheinen einer violetten Färbung in der vorher farblosen Flüssigkeit leicht und sicher erkannt. Die erhaltenen Resultate sind zuverlässig; sie stimmen unter einander sehr gut überein.

4) Die Löslichkeit des kohlensauren Kalkes in reinem kohlenstoffsaurem Wasser wird sehr verschieden angegeben. Abgesehen

von älteren Bestimmungen führe ich nur an, dass Fresenius (Ann. Ch. u. Ph. 1846 Bd. 59 S. 122) in Liter 0,0943 Grm., A. W. Hofmann 0,034, Weltzien und Cruse (Jahresber. Chem. 1865 S. 171) 0,036 Grm. fanden. Manche der früheren Bestimmungen sind offenbar deshalb zu hoch ausgefallen, weil man kohlen sauren Kalk und Wasser längere Zeit mit Glas in Berührung liess und hiedurch zweifellos Bestandtheile des Glases mit in Lösung gingen. Eine neue von mir ausgeführte Löslichkeitsbestimmung ergab Zahlen, die in völligem Einklang mit den von Hofmann und Weltzien gefundenen stehen. Reiner isländischer Doppelspath wurde in Salzsäure gelöst, die Lösung mit Ammoncarbonat gefüllt und der Niederschlag sorgfältigst ausgewaschen. Dann kochte man denselben in einer Silberschale 2 bis 3 Stunden lang mit ganz reinem frisch destillirtem Wasser und liess 24 Stunden lang über Natronkalk stehen. 100 Cubikcentimeter der filtrirten Lösung brauchten a) 7,2 Cubikcentimeter, b) 7,2 Cubikcentimeter  $\frac{1}{100}$  Normalsalzsäure, entsprechend 0,0360 Grm. kohlen sauren Kalk pro Liter.

Universitätslaboratorium Zürich, 16. März 1880.

### Nachträge.

Zu Seite 137. Für solche Fische, welche ihre Nahrung vorzugsweise oder doch zum Theil nicht aus dem Wasser, sondern z. B. aus der Luft beziehen, wird natürlich der Gehalt des Wassers an direkten und indirekten Nährstoffen und somit auch an doppelt kohlen saurem Kalk von geringerer Bedeutung sein. Es gilt diess besonders für die Bachforelle, welche bekanntlich eine besondere Vorliebe für Insekten hat — dieselben sogar im Fluge erhascht. Daher ist es auch ganz erklärlich, dass während einerseits kalkreiche Gewässer sich durch ihren Reichthum an Forellen auszeichnen (siehe S. 142), andererseits auch relativ kalkarme Flüsse und Bäche wegen ihres Gehaltes an Forellen berühmt sind. So wurden mir die beiden corsischen Flüsse Gravona und Prunelli, welche in den Golf von Ajaccio münden, als besonders forellenreich bezeichnet; die Analyse (29. März 1880) ergab:

	100 Cc. brauchen $\frac{1}{100}$ Norm. Säure	1 Liter enthält chem. gebundene Kohlensäure
Gravona (unterste Brücke)	3,6	0,00792
Prunelli (Mühle Ottavi)	3,7	0,00814

Beide Flüsse durchströmen ausschliesslich granitisches Gebiet; ihr Gehalt an Carbonat entspricht fast genau dem der Maggia (S. 155). — Der obere Weilbach im Taunus, bekannt wegen seiner zahlreichen Forellen, ist ebenfalls sehr arm an gelösten Stoffen. Eine ihm am 17. April 1880 entnommene Wasserprobe (100 cc.) erforderte nur 2,5 cc.  $\frac{1}{100}$  Norm. Säure zur Neutralisation, entsprechend 0,0055 grm. chem. gebund. Kohlensäure pro Liter. Es ist bemerkenswerth, dass in den eben erwähnten Gewässern nur Forellen in grösserer Zahl vorkommen, während, glaubwürdigen Angaben nach, andere Fische entweder ganz fehlen oder nur sehr vereinzelt sich zeigen. Ueberdiess hebt bereits v. Siebold<sup>1)</sup> hervor, «dass in den kleinen nahrungsarmen Gebirgsbächen die Bachforelle kaum das Gewicht von 1—1 $\frac{1}{2}$  Pfund erreicht, während sie in Seen und Teichen sogar ein Gewicht von 15—20 Pfund annehmen kann».

Zu Seite 145. Zürichsee. (Fortsetzung).

	Datum der Wasserentnahme 1880	Ort	100 Cc. Wasser erfordern Cc. $\frac{1}{100}$ Norm. Säure
18)	April 2z.	Limmat	24,1
19)	» 26.	»	24,1
20)	Mai 3.	»	24,2
21)	» 11.	»	24,3
22)	» 19.	»	24,3
23)	» 29.	»	24,6
24)	Juni 10.	»	24,7

<sup>1)</sup> Die Süsswasserfische von Mitteleuropa Leipzig 1863, S. 322.

Zu Seite 152.

	Datum.	Cc. Normalsäure pro 100 Cc. 1880. Wasser.	Gramm chem. geb. Kohlensäure pro Liter.
Vereinigter Rhein bei Reichenau	April 12.	26,0	0,0572

Zu Seite 158. Anmerkung 1). Genauere Bestimmungen der Alkalinität des Meerwassers ergaben für Proben: aus dem Golf von Ajaccio, 6. April (I.); 15. Mai (II.); nahe der Insel Sainte-Marguerite bei Cannes Mai 1880 (III.) auf je 100 cc. eine Quantität von

I.	II.	III.
25,5	25,6	25,5

Cubiccentimetern  $\frac{1}{100}$  Normal Salzsäure, entsprechend 0,0561 gm. chemisch gebundener Kohlensäure pro Liter. Das Meerwasser reagirt entschieden alkalisch, färbt Alizarinlösung intensiv violett; die Endreaktion bei der Titration von Meerwasser ist indessen nicht so scharf wie bei derjenigen des sog. Süßwassers, ihr Erkennen fordert daher mehr Uebung. — Tornoë\*) hat, gelegentlich der norwegischen Nordpolexpedition, in einem Liter Meerwasser 0,0514 bis 0,0554 gm. neutral (chemisch) gebundener Kohlensäure gefunden, Zahlen, die in Berücksichtigung des überhaupt grösseren Salzgehaltes des Mittelmeeres, sehr gut mit den von mir gefundenen übereinstimmen; während diess bezüglich früherer, unter einander sehr abweichender Angaben nicht der Fall ist. So fand Viertelner im Wasser des adriatischen Meeres 0,315 gm. kohlensauren Kalk, entsprechend — unter Vernachlässigung anderer Carbonate — mindestens 0,138 gm. chemisch (neutral) gebundener Kohlensäure pro Liter. Ich zweifle sehr, ob letztere Zahl nicht zu hoch ist. —

---

\*) Ber. der d. chem. Ges. 1879. S. 2018.