

(Aus der k. k. zoologischen Station in Triest.)

Untersuchungen über Alkalinität in der Adria.

(Nach Material der k. k. zoologischen Station Triest und des Vereines zur Förderung der naturwissenschaftlichen Erforschung der Adria in Wien.)

Von

Dr. **H. Leder** (Triest),
Assistent an der k. k. zool. Station.

Mit einer Karte im Text.

Zu den Elementen, die der Ozeanograph als bezeichnend für eine bestimmte Wasserart anzuführen hat, gehören nebst Temperatur, Salinität, Dichte, die im Wasser enthaltenen Gasmengen, besonders die Gehalte von Sauerstoff und Kohlensäure.

Letztere ist nun, wie bekannt, nur zu ganz geringem Teil in einfach physikalischer Weise absorbiert, sondern zum größten Teil in chemischer Form gebunden. Die Art dieser Bindung weist komplizierte Verhältnisse auf und die Sachlage ist erst durch die Anwendung der modernen physikalisch-chemischen Betrachtungen geklärt worden.

Nachdem zuerst Tornøe und Dittmar sich mit dem Problem beschäftigt hatten, widmete ihm besonders Axel Hamberg eine eingehende Bearbeitung. Er wendete zuerst das Guldberg-Waagesche Wasserwirkungsgesetz an. Durch ihn wurde gezeigt, daß zwischen den Größen: Gesamtkohlensäure, freie CO_2 , Temperatur und Alkalinität eine Gleichung bestehe, die zur Berechnung experimentell nicht gefundener Größen benutzt werden kann. Von großer Wichtigkeit ist ferner eine Arbeit von Krogh, in der er auf die früheren Angaben kritisch eingeht und unter anderem auch die Ursachen für die Verschiedenheit der Alkalinität aufzudecken sucht. Eine Zusammenfassung der bis 1907 vorliegenden Daten, soweit sie für ozeano-

graphische Zwecke von Bedeutung sind, gibt zum erstenmal Krümmel im Handbuch der Ozeanographie, I. Band 1907.

Eine umfassende Neubestimmung der Absorptionskoeffizienten nahm Chas. I. I. Fox im Zentrallaboratorium in Christiania vor. Er gibt nebst Tabellen und einer Interpolationsformel auch eine Darstellung der Verhältnisse vom Standpunkt der Ionentheorie.

Schließlich hat Ruppin 1910 eine große Zahl von Alkalinitätsbestimmungen veröffentlicht, die auf einer Fahrt des Poseidon in der Ostsee und Nordsee durchgeführt wurden. Zugleich gibt er ebenfalls eine ionentheoretische Behandlung und beleuchtet außerdem das Problem vom Standpunkt der Gibbschen Phasenregel.

Wir wollen von den theoretischen Darlegungen nur so viel übernehmen, als zum klaren Verständnis des Begriffes der Alkalinität notwendig erscheint.

In destilliertem Wasser wird die CO_2 einfach nach dem Henry-Dalton'schen Gesetz absorbiert, so daß das Gleichgewicht durch Druck und Temperatur angegeben werden kann. In einer neutralen NaCl-Lösung wird sich die Absorption nach dem gleichen Gesetz richten, nur daß durch Anwesenheit des Salzes die Absorptionskoeffizienten verkleinert werden. Hierdurch tritt also zu den obigen Bestimmungsgrößen der Salzgehalt als dritte hinzu. Die auf diese Weise aufgenommenen CO_2 -Mengen sind nun immer ganz verschwindend klein, entsprechend der geringen CO_2 -Tension in der Luft (3 ^0_{1000} Atm.). Das offene Meer würde, wenn es vollständig neutral wäre, bei einem $\text{Cl} = 20 \text{ }^0_{100}$ ($\text{S} = 36.13 \text{ }^0_{100}$) höchstens $0,48 \text{ cm } 3 \text{ }^0_{100} \text{ CO}_2$ absorbieren (Ch. Fox). Kocht man aber das Seewasser, so kann man das 120fache Volumen und mehr austreiben. Dieser Überschuß an CO_2 kann mit der Atmosphäre nur dann im Gleichgewicht sein, wenn seine Tension nicht zur Geltung kommen kann, d. h. wenn er an Basen gebunden ist und da es im Seewasser selbst außer der CO_2 auch sonst noch Säuren gibt (SO_3 , Cl), so können es nur überschießende Basen sein. Dem Überschuß an CO_2 steht also auch ein Überschuß an Basen über die Säuren — unter letzteren die CO_2 nicht mitgerechnet — gegenüber und dieser Überschuß der Basen ist die Alkalinität.

Es ist hierbei zu erinnern, daß hiermit etwas ganz anderes gemeint ist, als etwa mit alkalischer Reaktion. Diese wird bedingt durch die tatsächlich vorhandene Hydroxylionenkonzentration. Während ältere Untersucher angaben, daß Seewasser alkalisch reagiere, meint neuerdings Ruppin, daß Seewasser kaum alkalisch zu nennen sei

wenigstens nicht in dem Sinne, daß eine nennenswerte OH' -Konzentration oder freie Alkalien vorhanden wären, gleichwohl ist nach ihm die Hydroxylionenkonzentration stets etwas höher als dem Neutralpunkte entspricht, wie sich ihm aus Berechnungen auf Grund der Dissoziationstheorie ergibt.

Einen quantitativen Begriff für die Alkalinität hat zum erstenmal Tornøe aufgestellt, indem er sie definierte als die Menge CO_2 in mg, die erforderlich ist, um die in 1 l Seewasser vorhandenen überschießenden Basen in normales Karbonat zu verwandeln, oder die Hälfte dessen, was nötig wäre, um sie in Bikarbonate überzuführen. Seit Pettersson die CO_2 gasometrisch mißt, also in cm^3 bei Normalbedingungen, gibt man auch die Alkalinität in $\text{cm}^3 \text{CO}_2$ an. Diese Art der Angabe hat auch Krümmel in sein Handbuch übernommen.

Fox hat dagegen Stellung genommen, indem er erklärt, daß diese Definition auf einer mißverständlichen Auffassung der zugrundeliegenden, chemischen Prozesse beruhe. Er führt entsprechend der Dissoziationstheorie, die nicht mit Karbonaten und Bikarbonaten, sondern nur mit HCO_3 -Ionen operiert, die Alkalinität an gemessen in $\text{g OH}^{\circ}/_{00}$; man braucht die Angaben in $\text{cm}^3 \text{CO}_2$ nur mit dem Faktor 1.517 zu multiplizieren, um die Alkalinität in $\text{mg OH}^{\circ}/_{00}$ zu bekommen.

Mit Recht weist aber Ruppin darauf hin, daß man auch andere Größen wie CaCO_3 als Maß für die Alkalinität einführen könnte. Da alle diese Größen untereinander einfach proportional sind und also ohne Schwierigkeit stets ineinander verwandelt werden können, erscheint es ihm als das beste, bei der herkömmlichen Messung zu bleiben. Wir haben uns diesem Vorschlag angeschlossen und auch zugleich, die Methode die Ruppin angibt, angewendet.

Zu den Independen ten für CO_2 kommt also nebst Temperatur, Druck, Salinität noch Alkalinität hinzu. Um zu zeigen, welche Wichtigkeit gerade die letztere Größe für die CO_2 -Verhältnisse im Seewasser hat, wollen wir nach Fox die Gleichgewichtsbedingung anführen. Er findet

$$\frac{(\text{CO}_2) \cdot (\text{OH}')}{(\text{HCO}_3')} = \text{konstant.}$$

Die Klammern deuten an, daß immer die jeweilige Ionenkonzentration gemeint ist. Oder wenn man die Gesamtkohlensäure in $\text{cm}^{30}/_{00} = x$; die freie CO_2 in $\text{cm}^{30}/_{00} = a$ setzt und unter y die Alkalinität versteht ($\text{OH}'^{\circ}/_{00}$), so ergibt sich die Gleichung

$$\frac{ay}{x-a} = \text{konstant.}$$

Hierin ist also die gebundene $\text{CO}_2(x-a)$, sobald die freie CO_2 konstant bleibt, eine lineare Funktion der Alkalinität.

Fox hat nun aus seinen Daten eine empirische Interpolationsformel entwickelt die zwar kompliziert ist, aber zu guten Übereinstimmungen führt. Aus ihr geht nochmals die Bedeutung der Alkalinität hervor, wir wollen sie daher noch anführen:

$$\text{CO}_2 \text{ in cm}^3_{1000} = p \cdot \alpha + y \varphi(t, p).$$

Hierin bedeutet p den jeweiligen Partialdruck, α eine Funktion von $\text{Cl}^{\circ}/_{100}$ und Temperatur: die bei einem Partialdruck von $1^{\circ}/_{1000}$ absorbierte CO_2 -Menge; y die Alkalinität und φ schließlich eine kompliziert gebaute Funktion von Temperatur und Druck. α ist von Fox tabuliert und es kann der Betrag $p \cdot \alpha$ nie 1 cm^3 übersteigen; dieser geringe Teil der Gesamt- CO_2 ist unabhängig von der Alkalinität, der ganze übrige hängt von der Alkalinität ab. Fox hat auch den zweiten Teil der Gleichung $[\varphi(t, p)]$ tabuliert, so daß man also bei gegebener Temperatur und Salinität von den Größen, Gesamtkohlensäure, freie CO_2 (CO_2 -Tension) und Alkalinität immer nur zwei bestimmen muß, die dritte hingegen rechnen kann. Alkalinitätsbestimmungen lassen sich leicht und rasch ausführen und es bleibt nur zu überlegen, was besser ist, den Gesamtkohlensäuregehalt als zweite Bestimmungsgröße zu wählen oder die Tension; erstere ist umständlich, hingegen letztere nach den Angaben von Krogh mit dessen Analysenapparat bequem auszuführen. Nach Ruppin beträgt der Fehler einer CO_2 -Bestimmung $0,1\%$, der einer Tensionbestimmung allerdings $0,3\%$. Leider standen mir die nötigen Apparate bisher nicht zur Verfügung, so daß ich also nur Angaben über die Alkalinität selbst machen kann.

Schließlich müssen wir noch erwähnen, durch wen im besonderen die Alkalinität des Seewassers bedingt wird. Die Antwort hat schon Dittmar gegeben und seine Anschauung ist auch durch Krogh bestätigt worden. Letzterer sagt: „that the alkalinity is almost exclusively made up by carbonate of lime and magnesia or, in other words, by the divalent and not by the monovalent bases.“ Bei den gewöhnlichen Tensionsverhältnissen der CO_2 stimmen tatsächlich die auf Grund dieser Annahme gemachten Formeln mit den experimentellen Daten gut überein, was, wenn auch die einwertigen Basen wie Na ect. wesentlich an den Prozessen beteiligt wären, nicht der Fall sein könnte.

Die Bestimmung wurde, wie schon erwähnt, in der Weise vorgenommen, wie sie von Ruppin vorgeschlagen wird. Nur mußte ich, da mir vielfach die nötigen Wassermengen nicht zur Verfügung standen, mein Auskommen mit einem geringeren Volumen finden. Anstatt, wie üblich 200—250 cm³ Wasser, konnte ich nur 100 cm³ nehmen, da die Flaschen, in denen die Wasserproben für Cl-Bestimmung aufgehoben wurden, zu wenig Fassungsraum hatten. Daher nahm ich auch dort, wo mir mehr Wasser zugänglich gewesen wäre, nur 100 cm³, um die Vergleichbarkeit nicht zu stören; denn Ruppin gibt an, daß man mitunter je nach dem angewandten Volumen zu verschiedenen Resultaten kommt; freilich sind die Unterschiede sehr gering, können aber bei Vergleichen leicht stören.

Man versetzt das gemessene Wasservolumen mit einer gemessenen Menge titrierter Salzsäure. Dies geschieht in einem Erlenmeyer-Kolben aus Jenaer Resistenzglas. Man läßt nun einige Minuten kochen, bis die Kohlensäure ausgetrieben ist, und dann wieder bis auf Zimmertemperatur abkühlen. Hierauf versetzt man mit einer Kaliumjodat-(KJO₃) und Kaliumjodidlösung (KJ). Es ist wohl darauf zu achten, daß das Gefäß schon ganz abgekühlt ist, es würde sonst ein empfindlicher Verlust an dem freiwerdenden Jod eintreten. Und nun wird mit einer titrierten Natriumthiosulfatlösung das ausgeschiedene Jod bestimmt. In gleicher Weise bestimmt man sich, wieviel Natriumthiosulfatlösung der gleichen Quantität Säure in einer gleichen Menge destillierten Wassers äquivalent ist und findet durch einfache Subtraktion den Betrag der verbrauchten Säure, aus der sich die äquivalente Menge CO₂ berechnet.

Wichtig ist bei der jodometrischen Bestimmung die Kontrolle über die Natriumthiosulfatlösung, die sich in der Verdünnung von $\frac{1}{50}$ normal von Tag zu Tag änderte. Zur Titerstellung wurde eine genau eingestellte Jodlösung benutzt und auch noch die Thansche Methode. Zu KJ kommt rauchende HCl und eine gemessene Menge titrierter Kaliumbijdatlösung, die sich sehr gut hält.

Wir werden uns also im folgenden nur mit der Alkalinität allein zu beschäftigen haben, da uns Messungen über CO₂ nicht möglich waren. Um aber die Alkalinität nicht allein behandeln zu müssen, wollen wir sie stets in ihrer Beziehung zum Salzgehalt betrachten. Dieser Zusammenhang zwischen der Salinität und Alkalinität wird besonders von Krümmel in seinem Handbuch betont resp. ausgenutzt. Und tatsächlich scheint es als ob gerade in diesem Verhältnis

der Alkalinität zur Salinität resp. in den Änderungen dieses Verhältnisses das Hauptinteresse des Ozeanographen für Alkalinität einsetzt.

A. Hamberg hat an drei Proben verschiedener Konzentration Verdünnungsversuche vorgenommen, wobei die Alkalinität proportional dem Salzgehalt abnimmt. Krümmel gibt als Proportionalitätsfaktor an $K = 0.7675$, derart, daß $A = K \cdot S$. Aber diesem Faktor kann nur approximativer Wert zukommen, da einerseits die experimentelle Unterlage zu gering ist, andererseits der Zusammenhang wahrscheinlich gar nicht linearer Natur ist. Krümmel selbst gibt an, daß Ruppin bei seinen Untersuchungen über die Proben der Nord- und Ostsee mit Ausschluß der stark durch Flüsse beeinflussten Küstengebiete, zu folgender empirischer Formel gelangt sei:

$$A = 13.13 + 0.5106 S - 0.00329 S^2,$$

in der auch die zweite Potenz von S noch einen nicht zu vernachlässigenden Koeffizienten besitzt. Diese Formel hat aber für ozeanische Verhältnisse keine Gültigkeit, ebensowenig wie für die unter Einfluß der Küstenflüsse stehenden Gebiete. Daraus ist zu entnehmen, daß für die Binnenmeere immer andere Formeln gelten werden. Eine entsprechende Formel aus den derzeit zur Verfügung stehenden Werten für die Adria abzuleiten, erscheint nicht angezeigt und wir müssen uns dies für eine spätere Gelegenheit aufsparen.

Ist also auch die oben genannte, einfache lineare Beziehung nicht ganz zutreffend, so dürfte sie doch zu einer ersten Orientierung gute Dienste leisten; denn, wie wir sehen werden, lassen sich schon auf Grund der linearen Formel in der Adria einzelne Gebiete voneinander abgrenzen, in denen das Verhalten der Alkalinität verschieden ist. Da andere hydrographische Elemente und besonders auch biologische Momente eine gleichartige Unterscheidung liefern, so kann man annehmen, daß die Einteilung eine natürliche ist, daß sie in der Verteilung der hydrographisch maßgebenden Faktoren begründet ist. Wäre nun die Formel, sagen wir wesentlich falsch, so hätte sie schwerlich zu einem Bild geführt, das von dem aus den übrigen Bedingungen abzuleitenden übereingestimmt hätte. Aus dieser Übereinstimmung schließe ich also, daß höchstwahrscheinlich die Formel die Verhältnisse im wesentlichen richtig wiedergibt.

Zuerst wollen wir die Verhältnisse im Triester Golf betrachten. Wir werden es in diesem Gebiet mit Alkalinitätsverhältnissen zu tun haben, die von den für die übrige Adria geltenden ganz verschieden sind. Die zu besprechenden Proben sind alle, wo nichts anderes an-

gegeben, vor den neuen Wellenbrechern des Triester Hafens genommen und meist nach ein- bis zweitägigem Aufheben in Flaschen untersucht worden.

Als erstes bringe ich eine Probe, die von der anlässlich der Terminfahrten des österreichischen Adriaverains auf S. M. S. „Najade“ noch außerhalb des eigentlichen Golfes geschöpft wurde am 9. März 1914.

Nr.	T	S	A	A ₁	δ
122	9,43	37,84 ⁰ / ₀₀	28,86	29,04	— 0,18

Hierin bedeutet T die Temperatur, S den Salzgehalt in Promille (Chlortitrierung nach Mohr), A die gefundene Alkalinität, A₁ die zu erwartende (normale) Alkalinität nach der obengenannten Gleichung $A = 0,7675 S$, $\delta = A - A_1$. — Die Alkalinität ist also hier empfindlich unternormal. Gegen Ende des Monats steigt sie aber im Verhältnis zur Salinität an, denn wir finden vor Triest am Ende März

	T	S	A	A ₁	δ
Triest Ende III.	—	37,48 ⁰ / ₀₀	29,40	28,77	+ 0,63

Jetzt ist δ schon positiv geworden und die Alkalinität also höher als sie gemäß der Salinität sein sollte.

Diese steigende Tendenz bleibt nun im großen und ganzen das Charakteristikum der folgenden Beobachtungszeit. Eine Beobachtung aus der Mitte des April läßt sich allerdings nur bedingt verwenden, da trotz der im Wasser vorhandenen Trübung versäumt worden war, das Wasser vor dem Zusetzen der HCl zu filtrieren. Erfahrungsgemäß erhält man in solchen Fällen höhere Werte für die Alkalinität. Es bestehen offenbar die trübenden Partikelchen zum Teil aus Carbonaten in substantia und diese verbrauchen einen Teil der Salzsäure, so daß die Alkalinität zu hoch ausfällt. Berücksichtigt man dies, so kann man auch folgende Bestimmung mit verwenden:

Probe	T	S	A	A ₁	δ
Anfang April	—	37,83 ⁰ / ₀₀	31,11	29,04	+ 2,07
Ende April .		37,39 ⁰ / ₀₀	30,21	28,70	+ 1,51

Hierbei ist, wie gesagt, die Probe aus dem Anfang April unfiltriert und erfahrungsgemäß etwa um eine Einheit zu hoch, so daß der richtige Wert für δ wahrscheinlich etwas über 1 sein dürfte.

Was die Salzgehalte betrifft, muß ich noch einige erklärende Worte

nachholen. Im Triester Golf sind im Winter im allgemeinen hohe Salzgehalte zu beobachten, sofern man sich nicht zu sehr der Nordostküste nähert. Das salzreiche Wasser wird durch den Küstenstrom, der entlang der istrischen Westküste nach Norden zieht, in den Golf gebracht. Im Februar kommen in der Nähe von Triest Salzgehalte von über 38‰ zur Beobachtung. Der Golf hat hier eine Tiefe von etwa 18 bis 20 m. Im Winter macht sich über dieser Tiefe nur eine geringe vertikale Variation der Salinität bemerkbar. Das wird nun mit beginnendem Frühling anders. Es pflegt sich ein großer Unterschied zwischen den oberflächlichsten Schichten und den tieferen Horizonten auszubilden, indem diese eine Salinität von 36 bis 37‰ beibehalten, jene hingegen auf 33‰ bis 35‰ herabsinken. Zugleich herrscht in der ganzen Anordnung, anfangs wenigstens, eine gewisse Labilität, so daß an manchen Tagen die Schichtung fast ganz zurücktritt und in der ganzen Wassersäule eine gleich hohe (meist auch absolut hohe) Salinität herrscht, während an anderen wiederum eine exzessive Aussüßung der Oberfläche eintreten kann. Es wird dies durch den Widerstreit zwischen istrischem Küstenstrom einerseits und Timavo und Isonzo andererseits — den wichtigsten Flüssen unseres Gebietes, — bedingt. Wenn die Frühlingshochwasser infolge der Schneeschmelze in dem nahen Alpengebiet vorbei sind, pflegt der Zustand stabiler zu werden.

Am 2. Mai fand sich folgende Situation:

	T	S	A	A ₁	δ
2. V. 1914 Oberfläche	14,4°	35,01‰	30,03	26,86	3,17
Boden . . .	—	36,26‰	30,28	27,85	2,43

Es macht sich die fortschreitende Aussüßung in den Salzgehalten bemerkbar. Die Alkalinität erfährt in ihrer absoluten Größe keine zu starke Änderung, hingegen nimmt δ rasch zu. Man erkennt noch, daß der Überschuß über die dem Salzgehalt entsprechende Alkalinität in den Oberflächenschichten größer ist als in den unteren Schichten, obgleich der absolute Betrag der Alkalinität im Boden größer ist als oben. Dies kann aber nicht etwa als Wirkung des Bodens aufgefaßt werden; eher könnte man es als Folge der größeren Lösungskraft wegen des etwas größeren Salzgehaltes erklären.

Hierbei ist es nicht unwahrscheinlich, daß die hohe Alkalinität der unteren Schichten durch andere Flüsse bedingt wird, als die sind, welche sich in der Oberfläche bemerkbar machen.

Am 28. Mai trat eine äußerst starke Aussüßung der Oberfläche ein; die Daten der Oberfläche waren:

28. V. Tiefe	S	A	A ₁	δ
Oberfläche . . .	23,86‰	28,00	18,31	9,69

Man sieht, der absolute Betrag der Alkalinität ist nunmehr deutlich gesunken, der Überschuß über den „normalen“ Betrag hingegen ist besonders hoch geworden. An solchen Tagen ist das Wasser des Golfes ganz gelbgrün gefärbt und äußerst reich an kleinsten schwebenden Partikelchen. Auf das Vorhandensein dieser dürfte auch die genannte Farbe des Wassers gemäß der Diffraktionstheorie zurückzuführen sein. Eine ähnliche Farbe ist dem Isonzo eigen und es dürfte daher richtig sein, auf ihn diese Trübung des Golfwassers zu beziehen. Dann sind seine Wasser auch gleichzeitig verantwortlich für eine plötzlich einsetzende Aussüßung. Auffällig ist hierbei nur, daß der absolute Betrag der Alkalinität nicht noch größer ist, denn die übrigen Werte sind fast alle um eine Einheit mindestens höher. Eine Wasserprobe nun, die dem Isonzo selbst entnommen wurde¹⁾, zeigte auffallenderweise eine relativ geringe Alkalinität, namentlich, wenn man bedenkt, daß das Einzugsgebiet desselben meist aus Kalkgebiet besteht. Die Alkalinität betrug nur $A = 25,88$, während der Rhein bei Köln z. B. $A = 31,6$ besitzt. Ich verfüge leider bisher noch über keine verlässliche Alkalinitätsbestimmung des Timavo. Aber ich habe Grund zur Annahme, daß sich die Alkalinität dieses Süßwasserzuflusses in höheren Beträgen als die obengenannte ausmacht, bewegt. Denn es ließ sich, wie mir Herr Prof. Cori freundlichst mitgeteilt hat, mehrfach beobachten, daß das Wasser des Timavo entlang der Nordostküste als dünne Deckschicht bis gegen Miramar-Triest vordringt, während es vom weiter westlich gelegenen Mündungsgebiet des Isonzo durch einen mehr oder weniger breiten Streifen blauen Wassers getrennt bleibt. Mit der durch den Timavo hervorgerufenen Aussüßung ist aber meist zugleich eine höhere Alkalinität verbunden. Da ich aber, wie gesagt, bisher zu wenig Tatsachen besitze, kann ich zur Lösung der aufgeworfenen Frage nichts beitragen und sie nur als Problem genauer formulieren: ob Isonzo oder Timavo eine jederzeit merklich verschiedene Alkalinität besitzen und ob es bei einer im Golfwasser festgestellten Aussüßung auf Grund der Alka-

¹⁾ Ich verdanke sie der Freundlichkeit des Herrn Prof. Dr. Waschitz-Triest.

linitätsbestimmung möglich ist, die spezielle Herkunft des Wassers anzugeben. In der Lösung derartiger Aufgaben läge ja vor allem die ozeanographische Bedeutung von Alkalinitätsbestimmungen.

Interessant sind in dieser Beziehung die Angaben von Ruppin, daß die Alkalinität an der schwedischen Küste immer kleiner ist als die an der deutschen oder russischen, was natürlich durch die entsprechenden Flüsse bestimmt wird. Zu solchen interessanten Vergleichen reicht derzeit unser Material noch nicht aus.

Verfolgen wir nun die Verhältnisse im Triester Golf weiter. Ich will am besten eine tabellarische Zusammenstellung der uns interessierenden Werte für die erste Woche des Juni geben.

Datum	Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
3. VI.	Oberfläche	—	31,87 ^{0/100}	29,15	24,46	+ 4,69
	Boden . . .	—	34,00 ^{0/100}	—	—	—
4. VI.	Oberfläche	18,1	35,59 ^{0/100}	30,97	27,31	+ 3,66
	Boden . . .	16,4	36,11 ^{0/100}	29,26	27,72	+ 1,54
8. VI.	Oberfläche	16,2	35,32 ^{0/100}	28,85	27,12	+ 1,73
	Boden . . .	15,4	36,58 ^{0/100}	29,50	28,08	+ 1,42

Wie man sieht, ist der Salzgehalt gegenüber Ende Mai wieder im Steigen. δ anfangs relativ groß geht allmählich auf geringere Werte zurück, was besagen will, daß die gelöste Karbonatmenge ungefähr den Betrag annimmt, der von der entsprechenden Salzlösung gelöst wird. Da wir aber großen Überschuß hatten, so wird die Annäherung an normale Verhältnisse wohl bewirkt werden durch das allmähliche Steigen des Salzgehaltes; es kann dieser Prozeß aber auch teilweise durch ein Ausfällen der überschüssigen Karbonate unterstützt werden. Freilich ein genauer Maßstab für die Sättigung können uns die Verhältniszahlen zum Salzgehalt nicht liefern, sie können uns nur erste Anhaltspunkte geben, um mit genaueren Methoden und präziserer Fragestellung die Untersuchung vorzunehmen. Denn für die Sättigung ist das Verhältnis von Gesamtkohlensäure und Alkalinität maßgebend; wenn bei 0° Gleichgewicht herrschen soll, muß CO₂ (gesamt): A = 2 sein (Ruppin).

Wir haben die Verhältnisse bis zum 8. Juni verfolgt und gesehen, daß sich wieder Alkalinitäten einstellten, die nicht zu sehr übernormal waren (im Verhältnis für Küstennähe) und daß auch mit dem größeren Salzgehalt eine größere Alkalinität vereinigt war. Die nächstfolgende Zeit des Juni brachte nun viele Regengüsse, Hochstand der

Flüsse und die Rückwirkung auf den Golf machte sich deutlich bemerkbar. Ich will wieder die zusammengehörigen Werte in einer Tabelle zusammenstellen.

Datum	Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
9. VI.	Oberfläche	17,1	34,49 ⁰ / ₀₀	29,15	26,47	+ 2,68
	Boden . . .	15,4	35,35 ⁰ / ₀₀	29,26	27,13	+ 2,13
15. VI.	Oberfläche	19,1	31,11 ⁰ / ₀₀	30,77	26,87	+ 6,90
	Boden . . .	19,0	32,18 ⁰ / ₀₀	30,14	24,70	+ 5,44
16. VI.	Oberfläche	19,3	30,12 ⁰ / ₀₀	31,08	23,12	+ 7,96
	Boden . . .	17,3	34,05 ⁰ / ₀₀	29,82	26,13	+ 3,69
17. VI.	Oberfläche	19,3	20,08 ⁰ / ₀₀	31,08	15,41	+ 15,67
	Boden . . .	17,4	32,47 ⁰ / ₀₀	29,71	24,92	+ 4,79
18. VI.	Oberfläche	20,5	23,68 ⁰ / ₀₀	30,87	18,18	+ 12,69
	Boden . . .	18,1	33,06 ⁰ / ₀₀	30,56	25,97	+ 4,59
20. VI.	Oberfläche	20,2	26,78 ⁰ / ₀₀	29,84	20,55	+ 9,29
	Boden . . .	17,4	33,58 ⁰ / ₀₀	29,42	25,78	+ 3,64
22. VI.	Oberfläche	22,00	28,87 ⁰ / ₀₀	29,59	22,16	+ 7,43
	Boden . . .	18,2	34,16 ⁰ / ₀₀	29,38	26,22	+ 3,16

Es ist leicht ersichtlich, daß sich die Verhältnisse am 9. Juni noch denen der vorherigen Tage anschließen; es ist zwar der Salzgehalt schon gesunken, aber die Alkalinität ist ihrem absoluten Werte am Boden größer, entsprechend dem dort vorhandenen größerem Salzgehalt; δ ist noch relativ gering. Aber an den übrigen Tagen wird die Aussüßung an der Oberfläche außerordentlich stark. Der niedrigste Salzgehalt am 17. Juni zeigt uns zugleich die größte Alkalinität. Sie ist an diesem Tage doppelt so groß als sie dem Salzgehalt entsprechend sein sollte. Von diesem Tage an wird der Salzgehalt wieder allmählich größer; die Alkalinität beginnt zu sinken. In nicht so extremen Werten bewegen sich die Werte für die Bodenschichten. Aber auch hier sind die höchsten Werte der Alkalinitäten verbunden mit den niedrigsten Salzgehalten, die in den Bodenschichten auftreten.

Hierbei erkennt man aber, daß die Maxima und Minima für Oberfläche und Boden nicht zusammenfallen. Diesen Umstand möchte ich zu einer kleinen Bemerkung benutzen. Wenn der Gang der Alkalinität oben und unten durch dieselben Prozesse bewirkt wird, so müßte die Variation der entsprechenden Werte oben und unten so verlaufen, daß sich in den Maximal- und Minimal- oder sonst wich-

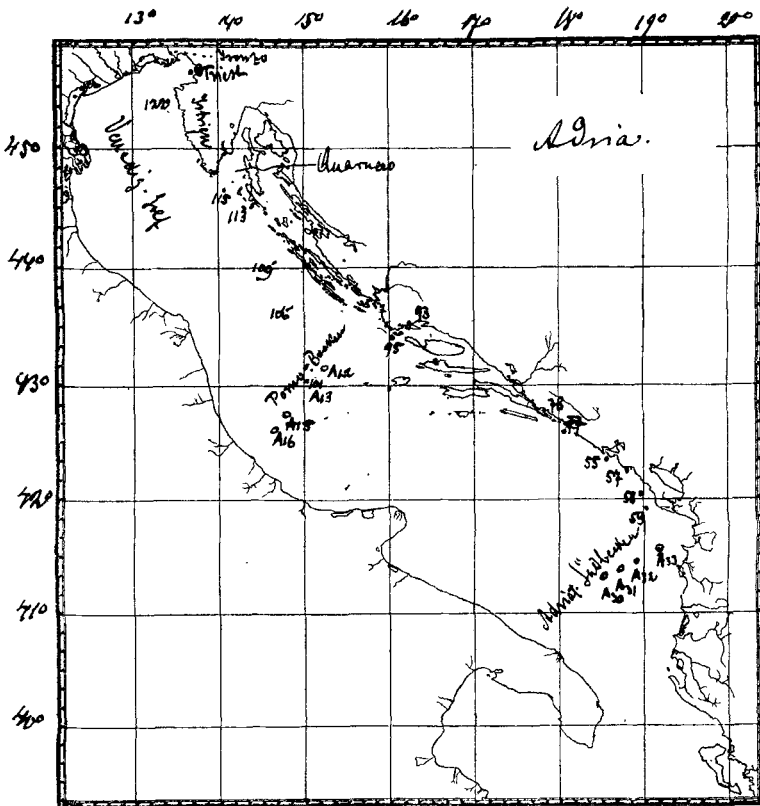
tigen Punkten zeitliche Koinzidenz ergibt. Tritt eine Phasenverschiebung auf, so könnte man an eine Verspätung denken, die in den Schichten sich zeigen müßte, die den unmittelbaren Ursachen ferner liegen und erst mittelbar getroffen werden. Für die oberflächliche Aussüßung und Alkalinitätssteigerung sind nun für unser Untersuchungsgebiet die Flüsse der Nordostküste (besonders Timavo-Isonzo) maßgebend. Wir sehen nun die Alkalinität an der Oberfläche vom 8. bis 16. (17.) ansteigen und dann wieder abfallen, während in den Bodenschichten am 15. ein Maximum auftritt, um in den nächsten zwei Tagen abzusinken, worauf neuerdings ein maximaler Anstieg erfolgt, der am 19. Juni folgende Werte zeitigte, die mir zuerst ganz unwahrscheinlich vorkamen:

19. VI.	Oberfläche	—	26,33 $\frac{0}{100}$	30,45	20,21	+ 10,24
	Boden . . .	18,3°	33,10 $\frac{0}{100}$	32,14	25,41	+ 6,73

Hier ist der Wert am Boden sogar größer als an der Oberfläche. Die nächsten Tage bringen ein rasches Absinken. Da der Verlauf also in den tieferen Horizonten ein ganz anderer ist als an der Oberfläche, so werden wir auch wohl an andere Ursachen denken müssen. Ich meine nicht qualitativ verschiedene Ursachen, etwa Wirkung des Bodens oder ähnliches, sondern wieder Flüsse; aber nicht die oben genannten, sondern wie ich glaube, handelt es sich um Einfluß der istrischen Westküste. Wir sagten schon früher, daß Isonzo und Timavo besonders nach Regenperioden relativ viel Wasser bringen und das von ihnen ausgesüßte Wasser bedeckt bis an die istrische Küste den Golf. Andererseits führt der aufsteigende Küstenstrom salzreicheres Wasser, das entlang der Küste gleichfalls eine Aussüßung erfahren wird, aber natürlich nicht so stark, wie es die erstgenannten Flüsse bewirken. Daher wird das Wasser des istrischen Stromes untertauchen. Da die istrischen Küstenflüsse und Quellen bezüglich der Wasserführung anderen Bedingungen unterworfen sind als Isonzo und Timavo, so wird der im überwiegenden Maße durch die Flußwirkung bedingte Gang der Alkalinität im Triester Golf mitunter zwischen Oberfläche und Boden sehr verschieden ausfallen. Und umgekehrt wird man aus diesen Verschiedenheiten des Ganges (nicht einer nur einmaligen Untersuchung) der Alkalinität auf verschiedene Herkunft des Wassers schließen können.

Die ozeanographischen Verhältnisse, namentlich die der Zirkulation,

sind im Triester Golf sehr kompliziert, da gleichzeitig eine Summe von Faktoren gestaltend auf sie eingreifen, andererseits aber sich die Konstellation dieser Faktoren je nach der Jahreszeit ändert. Diese Zirkulationsverhältnisse sind aber für die Erkenntnis der biologischen Verhältnisse besonders des Planktons geradezu von ausschlaggebender Bedeutung, und daher wird man nach jedem Mittel greifen, das hier weiter helfen kann. Der Salzgehaltsverminderung — Aussüßung —



läßt sich nicht entnehmen, durch wen sie verursacht wurde, O_2 -Bestimmungen haben im Küstengebiet wegen der Störungen durch biologische Prozesse keine ozeanographische Bedeutung; vielleicht können hier gerade Alkalinitätsbestimmungen ergänzend eingreifen, wie wir es oben versucht haben.

Man wird hier naturgemäß eine Auskunft über die Alkalinität der istrischen Küstenwasser verlangen. Bevor ich die spärlichen Daten,

die ich hierüber besitze, mitteile, wird es besser sein, noch die Erscheinungen im Golf selbst weiter zu verfolgen und zu einem vorläufigen Abschluß zu bringen.

Am 22. Juni waren die Salzgehalte wohl schon in langsamen Steigen; die absoluten Beträge der Alkalinitäten im Fallen; die δ aber waren immer noch bedeutend. Da trat ein kleiner Wetterumschlag ein. Es fiel eine schwache Bora ein, ein Wind der im Golf aus Nordost bläst und im Sommer meist nur geringe Intensitäten erreicht. Gemäß seiner Richtung drängt dieser Wind das Oberflächenwasser aus dem Golf hinaus und es pflegt auf dem Wege der Kompensation ein Wasserersatz im Golfe einzutreten. Daß sich tatsächlich ein Umschwung der Verhältnisse vollzog, wird man sofort aus folgenden Daten entnehmen:

Datum	Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
26. VI.	Oberfläche	—	35,25 ^{0/100}	29,32	27,05	+ 2,27
	Boden . . .	—	36,27 ^{0/100}	28,44	27,84	+ 0,60
27. VI.	Oberfläche	19,3	35,30 ^{0/100}	29,20	27,09	+ 2,11
	Boden . . .	19	36,27 ^{0/100}	28,99	27,84	+ 1,15

Wir finden bedeutend erhöhte Salzgehalte; dies deutet darauf, daß tatsächlich neues Wasser in den Golf gebracht worden ist. An der Oberfläche ist es, wenn auch nur gering mit Küstenwasser gemischt, daher auch δ nicht unbedeutend. Am Boden hingegen ist am 26. die Alkalinität ziemlich entsprechend dem Salzgehalt, was darauf hindeutet, daß es einer direkten Küstenwirkung in letzter Zeit nicht ausgesetzt war. Denn ein Wasser, das in Küstennähe ausgesüßt wurde und dessen Alkalinität stark übernormal geworden ist, kann, ins offene Meer verschleppt, seine Salinität mehr oder weniger lange unverändert beibehalten, wird sich aber bezüglich der gelösten Karbonate ins Gleichgewicht setzen und die dem Salzgehalt entsprechenden Werte annehmen. Solches „normales“ Wasser finden wir aber plötzlich nach der Bora in den tieferen Horizonten. Woher kann es gekommen sein? Wohl nur aus den offenen Teilen des Venediger Golfes. Zu ähnlichen Schlüssen, bezüglich des Einflusses der Bora, sind wir schon gelegentlich anderer Untersuchungen auf Grund von biologischen Tatsachen gekommen. Am nächsten Tag, an dem die Bora schon nachgelassen hatte, scheint dieser Zirkulationsprozeß nicht mehr so durchgreifend gewesen zu sein; denn wir finden

schon das δ auch am Boden im Zunehmen, was man vielleicht so deuten kann, daß der Überschuß der oberen Schichten sich langsam auf die ganze Wassersäule zu verteilen beginnt, und tatsächlich fängt der absolute Betrag der Oberfläche an etwas zu sinken, der der Bodenschichten aber zu steigen.

Überblicken wir im Zusammenhange den Gang der Alkalinität während der Beobachtungszeit, so läßt sich sagen, daß im Winter entsprechend den hohen Salzgehalten die Alkalinitäten ebenfalls hohe Werte erreichen, sich hierbei aber in normalen Grenzen halten, d. i. die δ haben einen kleinen, mitunter sogar negativen Wert. Im Frühling und Sommer erreicht die Alkalinität mitunter noch höhere Werte, stets aber ist sie um relativ hohe Beträge übernormal, die δ also groß. Hierbei gewinnen die δ zu gewissen Zeiten exzessive Größe — es sind das die Momente, in denen durch Regengüsse oder ohne solche auf Grund von Zirkulationsstörungen ausgesüßte Wassermassen an den Beobachtungsort gebracht werden. Die δ nehmen nach erfolgter „Überschwemmung“ wieder kleinere Werte an, d. h. es suchen sich die gelösten Komponenten dem Gleichgewichtszustand zu nähern, bis wieder eine neue Störung das Spiel sich wiederholen läßt.

Dieser mehr oder weniger in kurzen Perioden erfolgende Ablauf der Erscheinungen, wird sich in analogen Erscheinungen auf biologischem Gebiete wiederholen.

Meine Untersuchungen über den Golf endigen hier. Doch wird man sagen können, daß im Herbst, sobald die Wirkung der Flüsse zurücktritt, und im Golf wieder salzreiches adriatisches Wasser sich festsetzt, auch die Alkalinität wieder ihre normalen Beträge annehmen wird.

Ich habe nun noch die Daten mitzuteilen, die ich von einigen Süßwassereinflüssen selbst gewonnen habe. Bezüglich des Isonzo habe ich schon hervorgehoben, daß eine einmalige Probeentnahme einen relativ geringen Wert ergab. Ob die Alkalinität stets so gering ist oder ob es sich nur um einen Zufall handelt, der vielleicht durch die Stelle, an der die Probe entnommen wurde, verursacht wurde, muß ich noch dahingestellt sein lassen.

Der Tagliamento¹⁾ bringt unmittelbar bei seiner Ausmündung eine merkbare Erhöhung hervor.

¹⁾ Die Probe verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn K. Cori jun.

Tagliamento-Mündung am 28. VI.

S	A	A ₁	δ
23,96 ⁰ / ₀₀	31,39	18,39	+ 13,00
23,28 ⁰ / ₀₀	32,25	17,87	+ 14,38
—	32,67	—	—

Je geringer der Salzgehalt, je weniger das Flußwasser mit Seewasser vermischt ist, desto größer ist die gefundene Alkalinität, worin sich deutlich die dem Flusse eigene Alkalinität ausprägt.

Schließlich will ich noch Angaben über einige istrische Fließchen machen.

Bei Capodistria mündet ein kleiner Bach, der aus dem dortigen Flyschgebiet heraus ins Meer zieht. Wir finden:

S	A	A ₁	δ
31,98 ⁰ / ₀₀	33,84	24,55	+ 9,29
32,03 ⁰ / ₀₀	30,32	24,58	+ 5,79
Hafen	29,47	—	—

Während der Probenentnahme war gerade Flutzeit und dementsprechend Salzwasser bis weit in den Bach hinauf gedrungen.

Ein anderes Küstenfließchen, die Dragogna bei Pirano, zeigt einen sehr hohen Alkalinitätsgehalt. In einer Probe, in der sich noch kein Seewasser befand, da Chloride nur in Spuren vorkamen, erwies sich die Alkalinität als $A = 62,63$ (am 20. Juni).

Einen ähnlich hohen Wert zeigten Quellen im Canal di Leme. Das Quellwasser, das den Seitenwänden des Kanales etwa in der Höhe der Wasserlinie entspringt, breitet sich namentlich zur Ebbezeit auf der Oberfläche aus. In der Nähe einer solchen Quelle ergab sich:

Datum	Tiefe	S	A	A ₁	δ
31. VI.	Oberfläche	3,64 ⁰ / ₀₀	60,53	—	—
	3,5 m . . .	37,9 ⁰ / ₀₀	31,68	29,07	2,59

Neben diesen Quellen gibt es auch solche, die stets unter dem Wasserspiegel ausmünden, also submarin sind. An einem Punkte,

der sich offenbar unter dem Einfluß einer solchen submarinen Quelle befand, stellten sich folgende Werte ein:

Datum	Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
17. IV. 14	Oberfläche	12°	36,91 ⁰ / ₀₀	32,18	28,33	+ 3,85
	Boden . . .	13,1°	35,28 ⁰ / ₀₀	33,34	27,08	+ 6,26

Hier verrät sich die unterseeische Quelle durch die Umkehrung der Salzgehalte, denn am Boden findet sich ein geringerer Wert als an der Oberfläche. Die Quellen müssen aber zugleich als „warm“ bezeichnet werden, denn durch sie wird die Temperatur der Bodenschichten erhöht. Gleichartige Erfahrungen hat schon G. Götzinger auf den Adriafahrten machen können.

Diese wenigen Beispiele mögen immerhin zeigen, wie auch durch die relativ kleinen Wasseradern des istrischen Gebietes die Küstenwasser eine erhebliche Steigerung der Alkalinität erfahren können.

Die Alkalinitäten der übrigen Adria.

Um nun zu untersuchen, welche Werte die Alkalinität im offenen Meer und weiter südlich gelegenen Punkten der Adria besitzt, habe ich eine Reihe von Proben untersucht, die zum Zwecke der Chlortitrierung während der Terminfahrten des österreichischen Adria-vereins auf S. M. S. Najade im Februar-März 1914 von Herrn Prof. Dr. A. Grund gesammelt worden waren. Sie befanden sich in farbigen Gläsern, die gegenüber dem Seewasser eine größere Resistenz besitzen, waren aber zur Zeit der Untersuchung schon etwa drei Monate lang aufbewahrt gewesen. Da sie nicht durch Sublimat oder sonstwie sterilisiert waren, kann durch biologische Prozesse Kohlensäure entwickelt worden sein und sich hierdurch der ursprüngliche Charakter der Probe geändert haben. Die Angabe des Ortes der Probe, der Temperatur und des Salzgehaltes, verdanke ich dem Entgegenkommen des Herrn Prof. Grund, dem ich auch an dieser Stelle bestens danke.

Ich führe die Proben unter den Nummern der jeweiligen Najadestationen an und verweise diesbezüglich auf die Karte.

Punkt 101 ganz in der offenen See im Pomobecken gelegen, zeigte am 7. März 1914.

Nr. 101	T	S	A	A ₁	δ
$\varphi = 43^{\circ} 12,9'$ $\lambda = 15^{\circ} 7,8'$	13,8°	38,51 ‰	28,86	29,56	— 0,70

Wir begegnen hier einer Alkalinität, die unternormal ist; das δ hat also einen negativen Wert, während wir es bisher fast ausschließlich nur mit positiven δ zu tun hatten. Bewegen wir uns jetzt in gerader Richtung gegen den Quarnero, so finden wir in 106 und 109 wohl etwas höhere Werte, aber δ immer noch negativ.

Nr.	Ort	T	S	A	A ₁	δ
106	$\varphi = 43^{\circ} 40,0'$ $\lambda = 14^{\circ} 58,1'$	13,49°	38,55 ‰	29,32	29,59	— 0,27
109	$\varphi = 44^{\circ} 2,6'$ $\lambda = 14^{\circ} 44,3'$	13,42°	38,53 ‰	29,32	29,57	— 0,25

Rücken wir nun noch näher an das Land, wie in 113 und 115, so wird der Überschuß noch beträchtlicher und wir können in diesen beiden Punkten sicherlich schon von der Wirkung des Landes reden.

Nr.	Ort	T	S	A	A ₁	δ
113	$\varphi = 44^{\circ} 33,0'$ $\lambda = 14^{\circ} 24,3'$	12,68°	38,53 ‰	30,12	29,98	+ 0,14
115	$\varphi = 44^{\circ} 39,5'$ $\lambda = 14^{\circ} 3,6'$	10,42°	38,40 ‰	29,97	29,47	+ 0,50

Bewegen wir uns von Punkt 101 nicht nach Norden sondern mehr in östlicher Richtung, so bleiben die Verhältnisse so wie sie waren, also unternormale Alkalinität, selbst in einem Punkte, der schon bedenklich nahe der Küste liegt, wie Nr. 95; gleichwohl dieselben Werte wie in 101.

Nr.	Ort	T	S	A	A ₁	δ
95	$\varphi = 43^{\circ} 22,8'$ $\lambda = 16^{\circ} 1,3'$	14,39°	30,51 ‰	28,96	29,56	— 0,70

Doch schon hinter den Inseln, in den Kanälen zwischen diesen und dem Festland, steigt die Alkalinität trotz des Herabsinkens der

Salinität, worin sich die Wirkung des Landwassers ausprägt. Punkt 93 mag dies veranschaulichen.

Nr.	Ort	T	S	A	A ₁	δ
93	$\varphi = 43^{\circ} 29,6'$ $\lambda = 16^{\circ} 12,1'$	12,63°	36,13‰	29,28	27,73	+ 1,55

Wir können also feststellen, daß das Pomobecken (alle Proben wurden am 7. und 8. März 1914 genommen) das Zentrum eines Gebietes war, indem sich an der Oberfläche Wasser befand, das relativ geringe Alkalinität besaß. Es scheint, daß aber auch zu anderen Zeiten und auch in der Tiefe ein derartiges Manko vorhanden ist, denn einige Proben, die ich von einer früheren Fahrt untersuchen konnte, ergaben so niedrige Werte, daß ich an einen Fehler der Untersuchung zu glauben anfang, wenn nicht auch spätere Proben ein gleichsinniges Resultat gegeben hätten; freilich, es bleibt immer noch das Bedenken, daß sich Verhältnisse schließlich in den Aufbewahrungsflaschen geändert haben können. Proben vom 28. V. 1913 ergaben aus verschiedenen Tiefen an den einzelnen Stationen des Pomobeckens folgende auffallend niedrige Werte.

Nr.	Ort	Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
A ₁₆	$42^{\circ} 38,7'$ $14^{\circ} 42,7'$	^m 75	13,07°	38,46‰	27,14	29,52	— 2,38
A ₁₅	$42^{\circ} 47,3'$ $14^{\circ} 51,0'$	223	10,53°	38,34‰	27,79	29,43	— 1,64
A ₁₃	$43^{\circ} 3,0'$ $15^{\circ} 7,3'$	5	17,58°	38,66‰	29,09	29,67	— 0,58
A ₁₂	$43^{\circ} 10,70'$ $15^{\circ} 16,0'$	40	15,35°	38,61‰	27,79	29,63	— 1,84

Hieraus erkennt man, daß die negativen δ auch westlich vom Punkte 101 gegen die italienische Küste hin zu finden sind. Es wäre nun gewiß interessant, mit Sicherheit festzustellen, durch welche Faktoren im Pomobecken dieses Verhalten bedingt wird; ob hier wirklich eine Untersättigung vorhanden ist. Hierzu müßten wir aber die gleichzeitigen Werte der Gesamt-CO₂ (oder die Tension) kennen, was leider derzeit nicht möglich ist.

Suchen wir uns nun noch über die Verhältnisse in der südlichen Adria, wo sich größere Tiefen finden, zu orientieren. Wir wollen

zuerst einige Werte geben, die sich auf die Küste beziehen. Die Beeinflussung durch das Land ist unverkennbar.

Nr.	Ort	T	S	A	A ₁	δ
78	$\left\{ \begin{array}{l} 42^{\circ} 45,8' \\ 17^{\circ} 48,5' \end{array} \right.$	13,12°	37,36 ⁰ / ₀₀	29,59	28,67	+ 0,92
77	$\left\{ \begin{array}{l} 42^{\circ} 42,5' \\ 17^{\circ} 58,15' \end{array} \right.$	13,71°	37,57 ⁰ / ₀₀	29,07	28,84	+ 0,23
55	$\left\{ \begin{array}{l} 42^{\circ} 21,6' \\ 18^{\circ} 36,5' \end{array} \right.$	13,98°	37,97 ⁰ / ₀₀	29,29	28,48	+ 0,81
57	$\left\{ \begin{array}{l} 42^{\circ} 15,7' \\ 18^{\circ} 50,7' \end{array} \right.$	13,82°	36,67 ⁰ / ₀₀	28,87	28,14	+ 0,73
58	$\left\{ \begin{array}{l} 42^{\circ} 6,0' \\ 18^{\circ} 57,0' \end{array} \right.$	13,47°	36,53 ⁰ / ₀₀	29,11	29,04	+ 0,97

Schon aber der nächste Punkt zeigt ein anderes Verhältnis. An ihm findet sich, wie der Salzgehalt zeigt, schon Hochseewasser und δ wird negativ.

Nr.	Ort	T	S	A	A ₁	δ
95	$\left\{ \begin{array}{l} 41^{\circ} 57,0' \\ 19^{\circ} 1,5' \end{array} \right.$	14,51°	38,22 ⁰ / ₀₀	28,34	29,33	- 0,99

Die nächstfolgenden Daten gehören dem südlichsten Profil an, das die Najade bei ihren Expeditionen abzufahren pflegte. Es sinkt hier die Adria zu Tiefen bis über 1000 m ab; und es wäre nun besonders interessant gewesen, gerade aus diesen Tiefen Analysen zu bekommen. Unglücklicherweise waren gerade von den tiefsten Horizonten keine Proben mehr auffindbar; andererseits hatte ich das Mißgeschick, durch eine zu spät bemerkte, fehlerhafte Versuchsanordnung eine Anzahl von Proben zu verderben.

In den Oberflächen finde ich normale oder nur ganz unbedeutend übernormale Alkalinitäten, also anders als es nach Punkt 59 zu erwarten gewesen wäre. In den mittleren Wasserschichten stellen sich häufig unternormale Alkalinitäten ein; aber auch das mit starken Unregelmäßigkeiten. Ich will als Probe z. B. A₃₀ geben; die Tiefe an der Station beträgt 1007 m ($\varphi = 41^{\circ} 22,8'$, $\lambda = 18^{\circ} 40,2'$), 1. März 1914.

Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
5 m	14,00°	38,57 ⁰ / ₀₀	29,60	29,60	0,00
50 m	13,96°	38,58 ⁰ / ₀₀	28,77	29,61	— 0,84
150 m	13,93°	38,60 ⁰ / ₀₀	29,25	29,63	— 0,38
200 m	13,79°	38,62 ⁰ / ₀₀	29,19	29,64	— 0,45
400 m	13,69°	38,66 ⁰ / ₀₀	30,80	29,67	+ 1,13
600 m	13,47°	38,64 ⁰ / ₀₀	29,62	29,66	— 0,04

In der Tiefe von 400 m ist wohl eine Störung auch in den Salzgehalten, allein die entsprechende Alkalinität mit ihrem δ springt ganz unverhältnismäßig stark aus der Reihe; vielleicht liegt hier ein Fall vor, der zeigt, daß es Störungen gibt, die sich nicht so sehr in Unregelmäßigkeiten der Salzgehalte als der Alkalinitäten äußern. Ein zweites, ähnliches Beispiel mag vielleicht aus A₃₁ hergebracht sein. A₃₁. 41° 26,0', 18° 52,6', 1. März 1914:

Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
0 m	15,11°	38,46 ⁰ / ₀₀	29,84	29,52	+ 0,32
100 m	—	38,55 ⁰ / ₀₀	29,80	29,59	— 0,29
150 m	15,05°	38,55 ⁰ / ₀₀	—	—	—
200 m	14,25°	38,49 ⁰ / ₀₀	30,46	29,54	+ 0,92
270 m	14,85°	38,78 ⁰ / ₀₀	—	—	—

Bei 200 m zeigen Temperatur, Salzgehalt Unregelmäßigkeiten und dementsprechend ist auch ein merkbarer Sprung in den Alkalinitäten vorhanden.

Schließlich wäre noch eine Wirkung des Bodens zu prüfen. Im allgemeinen konnte ich finden, daß Proben, die vom Boden stammten, etwas höhere Alkalinitäten aufwiesen als dem Salzgehalt entsprechend war; niemals waren sie unternormal. Ich führe A₃₂ an;

(φ 41° 29,5' 19° 5,0', 1. März 1914) Tiefe ca. 143 m:

Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
5 m	15,05°	38,53 ⁰ / ₀₀	29,87	29,57	+ 0,30
Boden	15,02°	38,57 ⁰ / ₀₀	30,22	29,60	+ 0,62

Ähnlich gering ist der Überschuß bei einer Probe aus größerer Tiefe, die wohl dem Boden nahe kommen dürfte, Tiefe 1200 m;

$\varphi = 41^{\circ} 50,6'$ $\lambda = 18^{\circ} 5,4'$, 27. August 1913:

Tiefe	T	S	A	A ₁	δ
500 m	13,37°	38,60‰ ₀₀	28,66	29,63	— 0,97
1000 m	—	38,57‰ ₀₀	30,13	29,60	+ 0,53
1200 m	12,62°	38,49‰ ₀₀	29,72	29,54	+ 0,18

Zusammenfassung.

Fassen wir also die bisherigen Daten für die Adria zusammen, so bekommt man etwa folgendes Bild für die regionale Verteilung der Alkalinitätswerte.

In dem nördlichsten Teile der Adria (Triester Golf) finden wir im Winter bei hoher Salinität normale oder selbst unternormale Alkalinität. Im Frühling und Sommer tritt ein Überschuß ein, der periodisch exzessive Werte erreicht, um sich dann wieder zu mildern.

Im Pomobecken ist nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in tieferen Horizonten δ negativ, also die Alkalinität zu gering. Es gilt dies natürlich nicht von den Küstenstationen, sondern nur vom offenen Meer.

Im südlichen Becken sind Alkalinitäten an der Oberfläche normal oder schwach übernormal; in tieferen Schichten tritt vielfach ein Defizit ein. In Bodenproben hingegen ist nie ein Defizit vorhanden, sondern meist übernormales Verhalten zu konstatieren als Zeichen der Bodenwirkung.

Die Verhältnisse des Pomo- und des Südbeckens dürften jahreszeitlich kaum starke Variationen zeigen, während diese gerade für die nördlichen Partien typisch sind.

Die Erhöhung der Alkalinität wird bedingt durch die den Flüssen und Quellen eigene Alkalinität. Die Beeinflussung durch den Boden erscheint diesen Momenten gegenüber gering.

Unter den Ursachen, die eine Verringerung der Alkalinität bewirken, steht in erster Linie: Defizit an Kohlensäure. Ob dieses Moment im Pomobecken die zu geringen Alkalinitäten bedingt, können wir leider wegen Mangels an CO₂-Bestimmungen nicht sagen. Aber auf einen Punkt möchte ich hier hinweisen. Auf Grund von biologischen Untersuchungen des Najadematerials bin ich zu der Anschauung gekommen, daß die Fauna des Pomobeckens bis zu einem gewissen Grade

ein in sich abgeschlossenes Ganzes bildet, und dementsprechend das Gebiet nach Nord und Süd durch querverlaufende Strömungen gleichsam abgeschlossen sein muß, mit einem Wort, daß im Pomobecken eine Art Halostase vorliege, die zyklonal umströmt wird. Vielleicht ist es nun kein Zufall, daß Krümmel in seinem Handbuch der Ozeanographie auf ein starkes Defizit im Gebiet der bekanntesten Halostase — der Sargassosee — hinweist, wie er aus zwei Proben Dittmars entnimmt. Es wäre interessant, wenn diese Analogie nicht nur eine äußerliche, sondern eine auf Gleichheit der Ursachen beruhende wäre.

Zum Schluß wollen wir noch auf die Bedeutung der Alkalinität für biologische Prozesse hinweisen. Die Abgabe der respiratorischen Kohlensäure ist abhängig nicht von der Menge der in der Umgebung der Organismen vorhandenen CO_2 , sondern lediglich von deren Tension. Der Zusammenhang zwischen der CO_2 -Menge im Seewasser und Tension ist nun derart, „daß ungeheure Änderungen des CO_2 -Gehaltes kaum merkbare Änderungen des CO_2 -Druckes nach sich ziehen“ (Winterstein). Diese für die Wasseratmung bedeutungsvolle Tatsache wird bedingt einerseits durch den großen Absorptionskoeffizienten der CO_2 , andererseits aber und nicht zum geringsten Teile, durch die Alkalinität des Seewassers, in der ja der größte Teil der CO_2 gebunden erscheint.

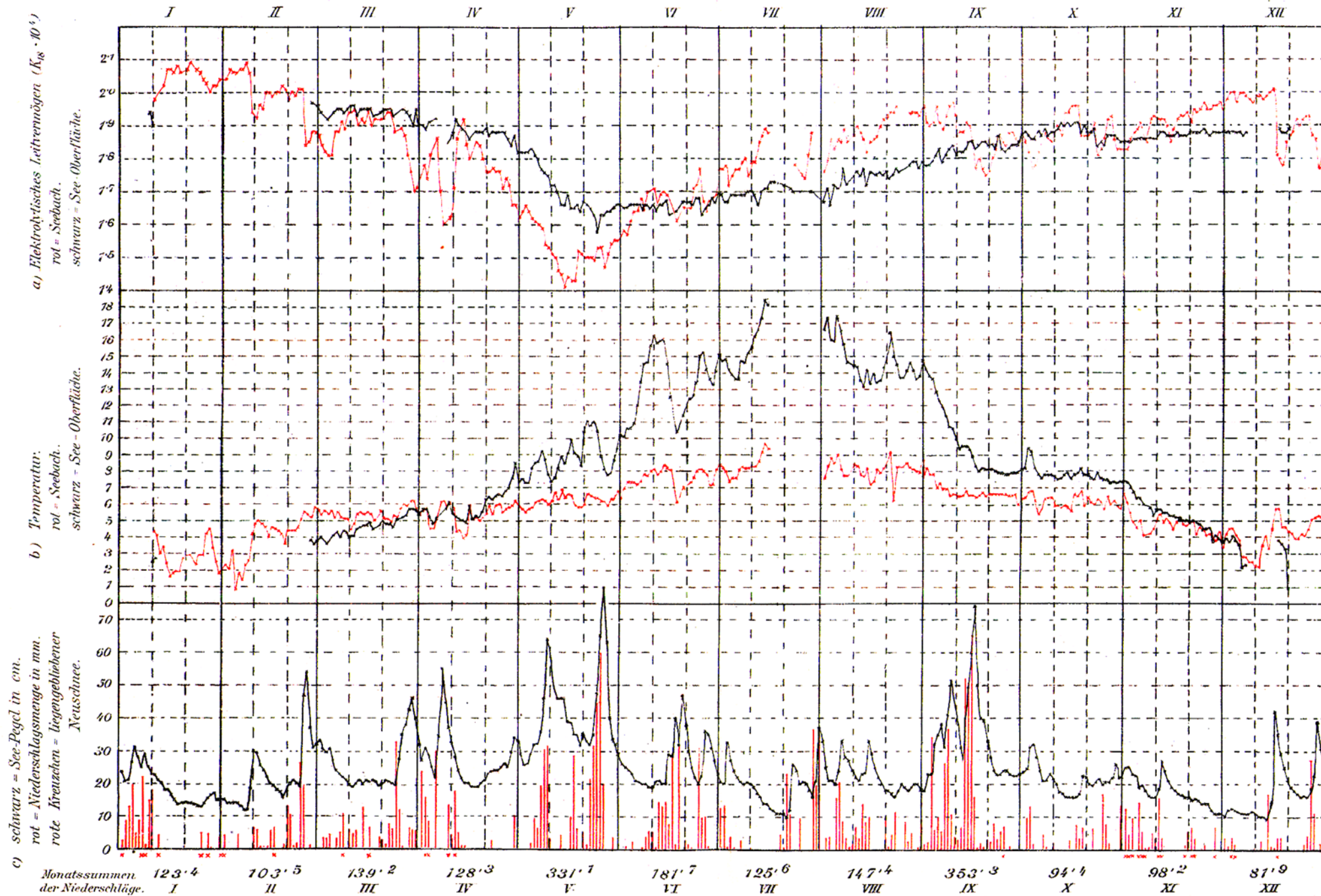
Noch ein zweites Moment kommt in Betracht. Von dem CaCO_3 -Gehalt (Alkalinität) ist in erster Linie die Hydroxylionen-Konzentration im Meerwasser abhängig. Durch I. Loeb wissen wir aber, daß geringe Änderungen dieser schon starke Änderungen im biologischen Gebiete nach sich ziehen. Vielleicht sind auf diesem Wege die manchmal rapid auftretenden Änderungen der Planktonformationen, namentlich deren Verschwinden, im Gebiete der nordadriatischen Flachsee zu erklären, wo, wie wir sahen, die Alkalinität sehr starken Variationen unterworfen ist.

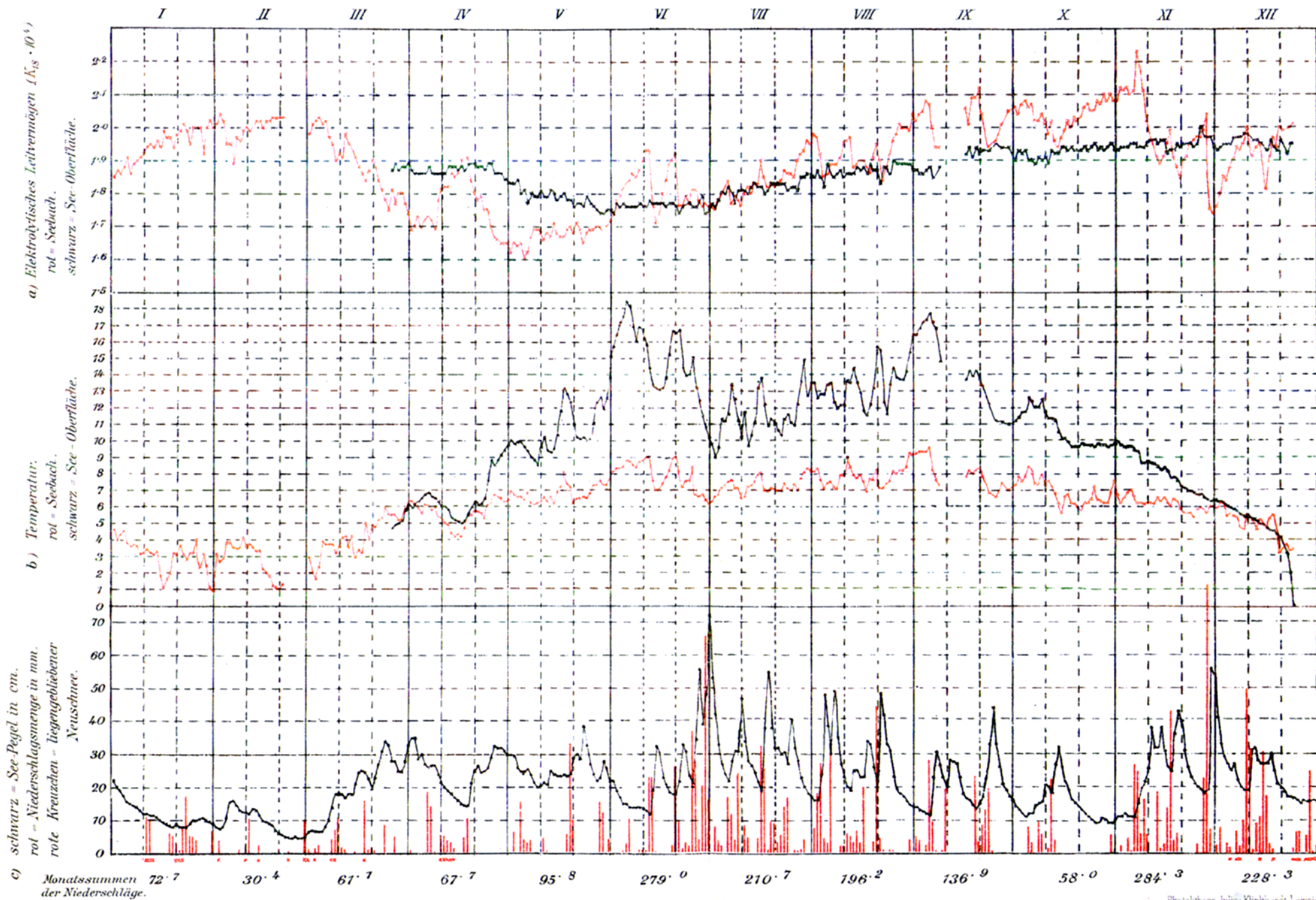
Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, dem Verein zur Förderung der naturwissenschaftlichen Erforschung der Adria in Wien für die Überlassung der Seewasserproben und Herrn Prof. A. Grund für die Mitteilung der nötigen Angaben zu danken. Zu besonderem Danke bin ich aber meinem hochverehrten Chef, Herrn Prof. Dr. C. J. Cori für vielfache Unterstützung und Anregung verbunden.

Triest, 5. Juli 1914.

Literaturverzeichnis.

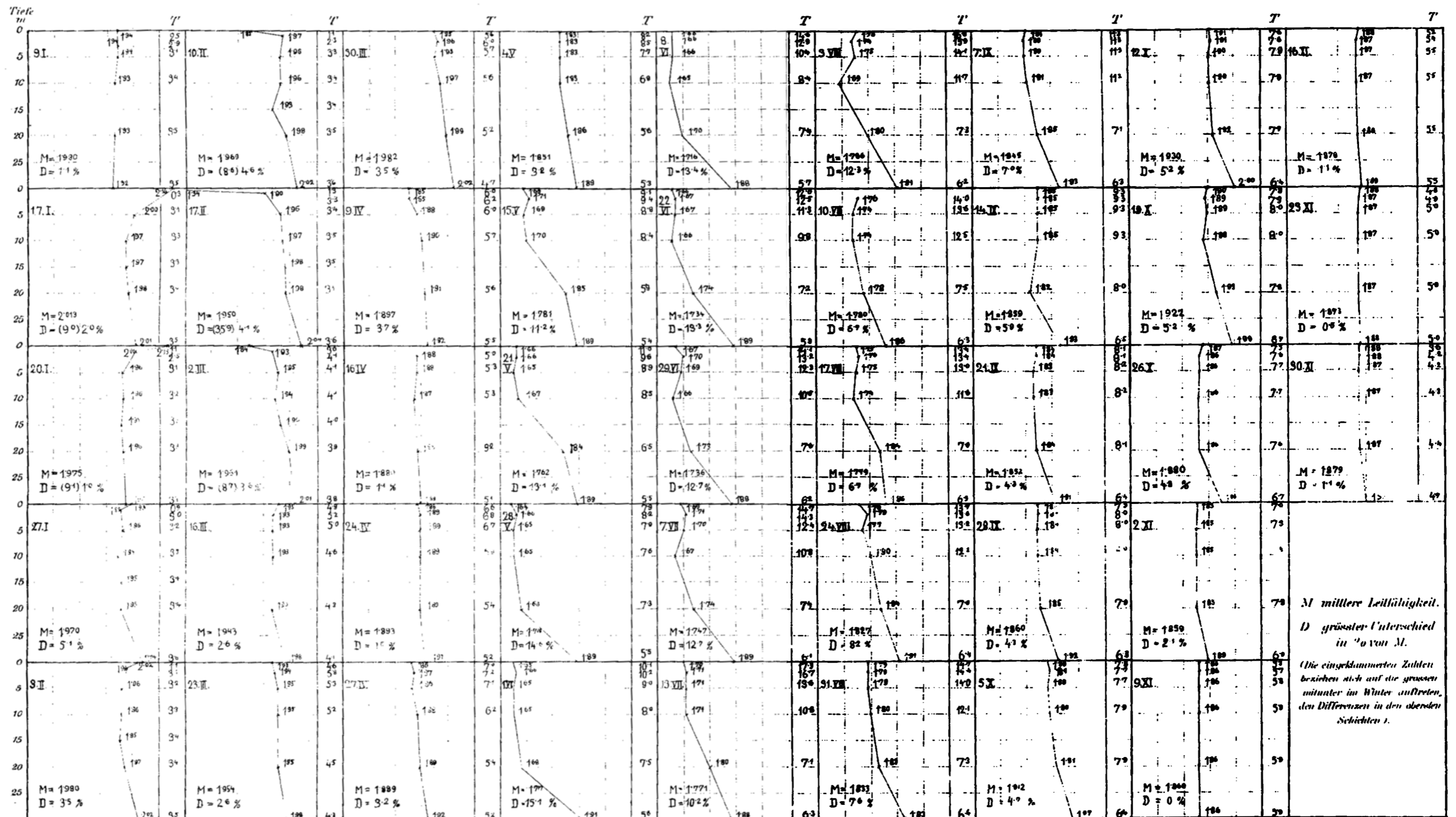
- Fox, Ch. J. J.**, On the coefficients of absorption of atmosphaeric gases dissolved in seawater. P. II. Publicat. d. circonst., No. 44, 1909.
- Götzinger, G.**, Bericht über die im Jahre 1909 ausgeführte ozeanographische Untersuchung entlang der Westküste Istriens. Jahresbericht d. Vereins z. Förderung d. naturw. Erforsch. d. Adria, 1910.
- Hamberg, A.**, Om Kolsyran i hafsvattnet. Bihang. K. Svensker Vet. Akad. Handlingar, Bd. 10, 1885. (Zit. nach Krogh.)
- Krogh, A.**, On the tension of carbonic acid in natural waters and especially in the sea. Meddelelser om Grönland, Vol. 26, 1904. (Sep.)
- Krümmel, O.**, Handbuch d. Ozeanographie, Bd. I, 1907.
- Ruppin, E.**, Die Alkalinität des Meerwassers. Wissenschaftl. Meeresuntersuch., N. F., Bd. 11, 1910, Abt. Kiel.
- Winterstein, H.**, Handbuch der vergleichenden Physiologie, Bd. I, 1912. (Physikal.-chem. Erscheinungen d. Atmung v. H. Winterstein.)





Photolithogr. Julius Klinkhardt, Leipzig.

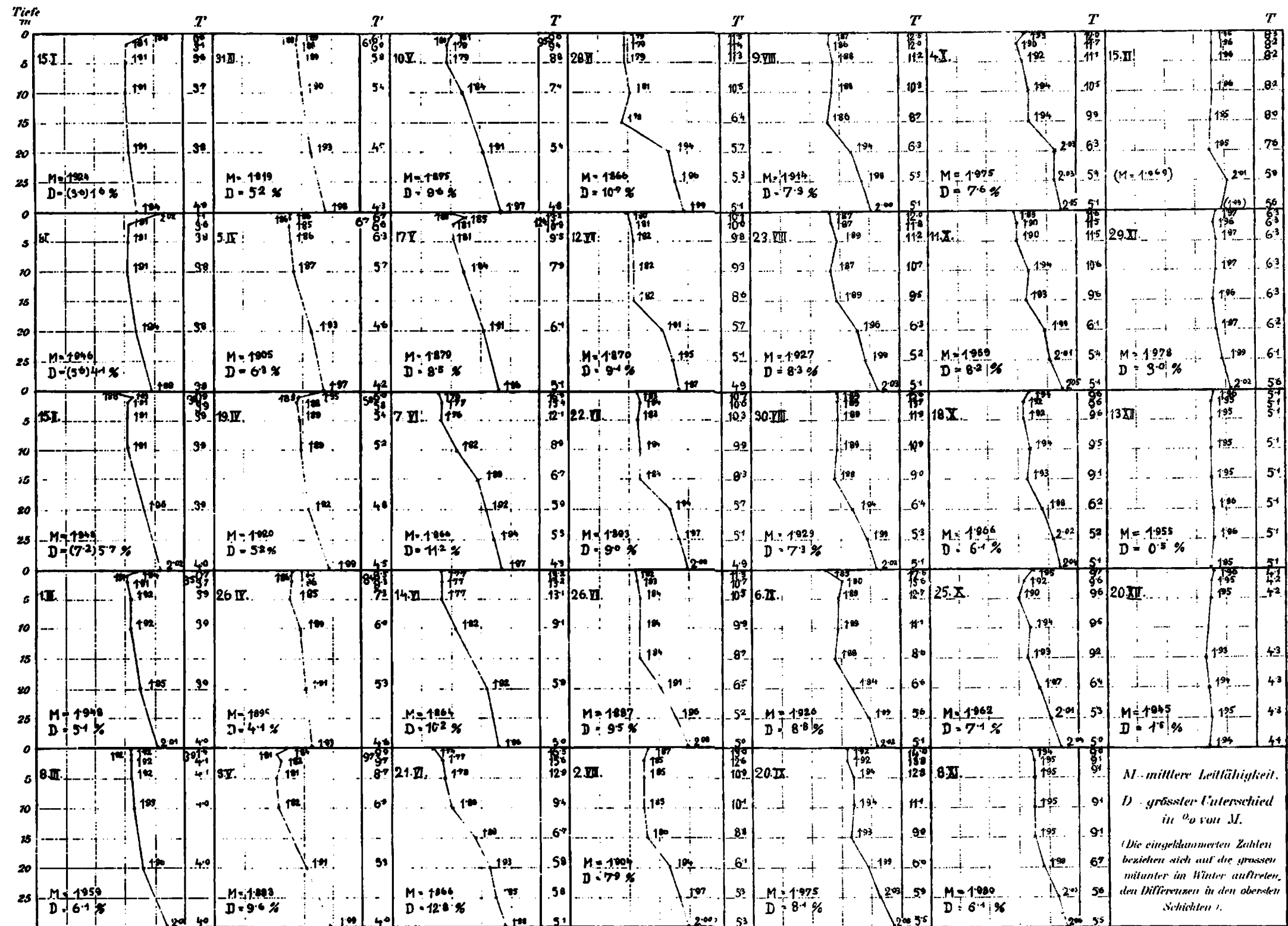
Ruttner



Ruttner

Vertikale Verteilung der elektrolytischen Leitfähigkeit und Temperatur (T) während des Jahres 1912.

Von Dr. Werner Ruttner, Leipzig.



Ruttner

Vertikale Verteilung der elektolytischen Leitfähigkeit und Temperatur (T) während des Jahres 1913.

Vedag von Dr. V. M. W. 1913-1914.