

Einige Ergebnisse der österreichischen Adriaforschung.

Von

Ed. Brückner.¹⁾

Vortrag, gehalten den 16. Februar 1916.

Mit 4 Abbildungen.

¹⁾ Auszugsweise mitgeteilt; insbesondere sind die Ausführungen über Ebbe und Flut fortgeblieben. Von den zahlreichen Karten und Profilen, die während des Vortrages projiziert wurden, können hier nur einige wenige gegeben werden.

Die Italiener bezeichnen die Adria mit Vorliebe als ihr Meer — „il mare nostro“ — und hätten am liebsten unsere Monarchie ganz von deren Gestade verdrängt. Zur Erforschung der Adria aber haben sie, von der Zeit nach 1907 abgesehen, herzlich wenig beigetragen. Die Adriaforschung ist vielmehr von jeher in erster Reihe von österreichischer Seite betrieben worden. Von Ende der sechziger bis Ende der siebziger Jahre arbeitete eine ständige Adriakommission der Wiener kais. Akademie der Wissenschaften unter Leitung von J. Lorenz von Liburnau an der Untersuchung der Küstengewässer der nördlichen Adria, vor allem des Quarnero. In der Hochsee stellten in den Jahren 1874 bis 1901 die Österreicher J. Luksch und J. Wolf von der Marineakademie in Fiume als erste Beobachtungen an. Ihre Arbeiten sind, obwohl sie mit einer Ausnahme nur im Sommer beobachten konnten, grundlegend für unsere Kenntnis von den physikalischen Verhältnissen der Adria geworden.

Einen neuen Anstoß erhielt die Adriaforschung, als 1903 in Wien der Verein zur Förderung der naturwissenschaftlichen Erforschung der Adria gegründet wurde. Die ersten Fahrten, die der Verein

unternahm, wurden von Prof. Dr. C. I. Cori als biologischem und Dr. A. Merz als hydrographischem Beobachter viermal im Jahre mit der Motorbarkasse „Argo“ der Triester Zoologischen Station im Golf von Triest durchgeführt. Es schlossen sich 1906 bis 1910 Fahrten in den Gewässern westlich von Istrien an, bei denen Dr. G. Götzinger an Stelle von Dr. Merz trat. Sie erfolgten von 1908 an mit dem Benzinmotorschiff „Adria“ des Vereins, das durch seine Größe und seine Ausstattung mit Kojen und einem Laboratorium einen größeren Aktionsradius besitzt als die kleine, wenig seetüchtige „Argo“.

Veranlaßt durch die mit dem Auftreten des Adriavereins neu auflebende österreichische Meeresforschung, wandte man sich nun auch in Italien ozeanographischen Untersuchungen zu. Die Lagunen von Venedig wurden durchforscht und 1909 unternahmen die italienischen Hydrographen L. de Marchi und P. Magrini mit einem italienischen Kriegsschiff Fahrten in der Adria. Da stellte sich sofort das Bedürfnis heraus, die Untersuchungsmethoden auf österreichischer und italienischer Seite möglichst einheitlich zu gestalten und die Arbeitsgebiete gegen einander abzugrenzen. Zu diesem Zweck trat 1910 eine von beiden Regierungen beschickte Konferenz in Venedig zusammen, auf der ein von österreichischer Seite vorgelegtes eingehendes Programm einer Adriaforschung mit unwesentlichen Änderungen angenommen wurde. Die österreichische Regierung ernannte zur Ausführung der Beschlüsse

dieser Konferenz eine permanente österreichische Adria-kommission, bestehend aus dem Direktor der k. k. Zoologischen Station in Triest Prof. Dr. C. I. Cori, Prof. Dr. A. Grund von der Deutschen Universität in Prag, Linienschiffskapitän W. von Keßlitz vom k. u. k. Hydrographischen Amt in Pola, Direktor E. Mazelle vom k. k. Maritimen Observatorium in Triest und dem Berichterstatter als Obmann. Mit der Durchführung der Untersuchungen der Hochsee der Adria betraute die Regierung den Verein zur Förderung der naturwissenschaftlichen Erforschung der Adria in Wien, dem zu diesem Zweck die Marinesektion des k. u. k. Kriegsministeriums das kleine Kriegsschiff „Najade“ zur Verfügung stellte. Die Durchführung der Ebbe- und Flutbeobachtungen an der österreichischen Küste übernahm das k. u. k. Hydrographische Amt, die Beobachtungen an Seeleuchten das k. k. Maritime Observatorium in Triest. In Italien wurde eine entsprechende Kommission eingesetzt und die Beobachtungen ganz analog organisiert.

Die Erforschung der Hochsee der Adria sollte durch Abfahren von 8 senkrecht zur Längsrichtung des Meeres gelegten Profilen durchgeführt werden, von denen das nördlichste von Venedig nach Rovigno verlief und das südlichste die Straße von Otranto querte. Diese Fahrten sollten viermal jährlich entsprechend den vier Jahreszeiten zu bestimmten Terminen als „Terminfahrten“ erfolgen. Vier Profile wurden Österreich, vier Italien zugewiesen. Die Fahrten be-

gannen im Februar 1911 und wurden im März 1914 abgeschlossen. Es wurden vom Adriaverein im ganzen 12 Fahrten mit einer durchschnittlichen Dauer von je $2\frac{1}{2}$ bis 3 Wochen ausgeführt und ebensoviele von italienischer Seite. An den österreichischen Fahrten beteiligten sich von den Mitgliedern der österreichischen Adriakommission Prof. Dr. C. I. Cori, Prof. Dr. A. Grund und Linienschiffskapitän W. von Keßlitz an allen oder fast allen Fahrten, während der Berichterstatter nur an zwei Fahrten teilnehmen konnte. Außerdem machten eine Reihe von Fahrten Prof. Dr. J. Schiller als Botaniker sowie Dr. Max Kleb, Konsulent am k. k. Arbeitsministerium, als Hydrograph mit, ferner von Fahrt zu Fahrt wechselnd eine Reihe von Assistenten für Hydrographie und Biologie.

Ich möchte im nachfolgenden einige Resultate dieser Terminfahrten schildern. Ich spreche dabei nicht pro domo, sondern berichte über die Ergebnisse meines lieben Freundes Prof. Dr. Alfred Grund. Während voller 3 Jahre hat Grund die hydrographischen Arbeiten auf den „Najade“-Fahrten nicht nur geleitet, sondern unter Assistenz jüngerer Forscher selbst durchgeführt. Die Früchte dieser seiner Arbeit zu ernten verwehrte ihm ein tragisches Geschick: er erlitt im November 1914 auf dem serbischen Kriegsschauplatz den Tod fürs Vaterland. Nur vorläufige Berichte hat er über die Fahrten veröffentlicht; sie bringen jedoch schon eine Fülle von Ergebnissen. Auch hat er die Beobachtungen zum Teil bereits in zahlreichen

Karten und Profilen graphisch verarbeitet und für die Drucklegung vorbereitet. Mir fällt die Aufgabe zu, die Untersuchungen Grunds fortzusetzen und zu vollenden. Ist auch diese Arbeit bereits begonnen, so stützt sich doch der vorliegende Vortrag, soweit er die Terminfahrten betrifft, fast ganz auf die Ergebnisse Grunds, wie sie in seinen vorläufigen Berichten niedergelegt sind. Die italienischen Beobachtungen konnten nur für das Jahr 1911 benutzt werden.

Grund hat eine schöne Karte der Tiefenverhältnisse der Adria hinterlassen. Sie beruht ausschließlich auf den österreichischen Beobachtungen, da die italienischen zum größten Teil infolge einer unrichtigen Reduktion nicht einwandfrei sind.¹⁾ Eine eingehende Auslotung des Tiefenbeckens der Adria zugleich von österreichischer und italienischer Seite war für die zweite Hälfte des Jahres 1914 geplant, mußte aber des Weltkrieges wegen unterbleiben.

Deutlich gliedert sich die Adria nach ihren Tiefenverhältnissen in vier Abschnitte. Die Flachsee im

¹⁾ Bei Reduktion der Ablesungen wurde von den italienischen Forschern angenommen, daß bei treibendem Schiff der Lotdraht bis zum Meeresboden den gleichen Neigungswinkel gegen die Vertikale habe wie über Wasser, während tatsächlich dieser Winkel nach unten rasch abnimmt, der Draht sich also in der Tiefe vertikal stellt. Erst im letzten Jahr der Terminfahrten haben die italienischen Forscher diese unrichtige Reduktion aufgegeben.

Norden ist nichts anderes als eine untergetauchte Fortsetzung der Poebene und der venezianischen Ebene; sie nimmt allmählich nach Süden an Tiefe zu und erreicht erst zwischen der dalmatinischen Insel Incoronata und dem italienischen Ascoli die 100 m-Isobathe. Es folgt das schmale, quer zur Längserstreckung der Adria gestellte Pomobecken, so nach der Felsklippe Pomo an seinem Südostrand genannt, mit einer größten Tiefe von 266 m und hierauf zwischen den süddalmatinischen Inseln und dem gegenüberliegenden italienischen Festland die breite und nur in einer schmalen, von Nordwest nach Südost sich erstreckenden Rinne unter 150 m hinabsinkende Schwelle, auf der sich die Insel Pelagosa erhebt und die daher als Pelagosa-schwelle bezeichnet wird. Nur der südlichste Teil der Adria tritt uns als Tiefseebecken entgegen, das auf einer ausgedehnten Fläche Tiefen von mehr als 1000 m aufweist. Bisher wurde hier zwischen Durazzo und Bari die größte Tiefe der Adria mit 1645 m angegeben, doch mit Unrecht, wie die genauen Messungen der „Najade“ erwiesen haben, die an der fraglichen Stelle in weitem Umkreis nur Tiefen von 1000 bis 1100 m zeigten. Die größte Tiefe der Adria liegt viel weiter im Norden, südwestlich von Ragusa; hier wurden 1230 m gefunden. Gegen die Straße von Otranto hebt sich der Boden des Meeres wieder zu einer Schwelle empor, die nur eine größte Tiefe von 741 m aufweist und das Becken der Adria vom Becken des Ionischen Meeres trennt.

Salzgehalt und Temperatur der Adria stehen unter dem Einfluß zweier Momente, die ineinander greifen. Schweres salziges Wasser mit einem Salzgehalt von mehr als 38‰ strömt durch die Straße von Otranto aus dem Ionischen Meer in die Adria und zeigt sich in wechselnder Verbreitung an der Oberfläche: das ist das Hochseewasser nach Grunds Bezeichnung. An den Küsten ist dagegen das Meer durch die einmündenden, bald kaltes, bald warmes Wasser führenden Flüsse etwas ausgesüßt, so daß sein Salzgehalt unter 38‰ sinkt: das ist das Küstenwasser.

Die Verbreitung von Küsten- und Hochseewasser wechselt von Jahreszeit zu Jahreszeit je nach der Süßwasserzufuhr durch die Flüsse und ist auch in derselben Jahreszeit in verschiedenen Jahren recht verschieden. Im Winter, wenn die in die nördliche Adria mündenden Flüsse wenig Wasser führen, reicht das Hochseewasser im allgemeinen weit nach Norden, im Februar—März 1911 bis auf die Höhe der Insel Grossa und im Februar—März 1912 gar bis zur Höhe der Südspitze von Istrien. Das Küstenwasser schiebt sich im nördlichsten Teil der Adria zungenförmig von Nordwesten nach Südosten gegen die Mitte des Meeres vor und folgt vor allem in wechselnder Breite der italienischen Küste. Das Wasser an der dalmatinischen Küste weist weit größeren Salzgehalt auf.

Im Sommer ist das Hochseewasser stark nach Süden zurückgedrängt. Es reichte im August—September 1911 nur bis zur Pelagosaschwelle, während

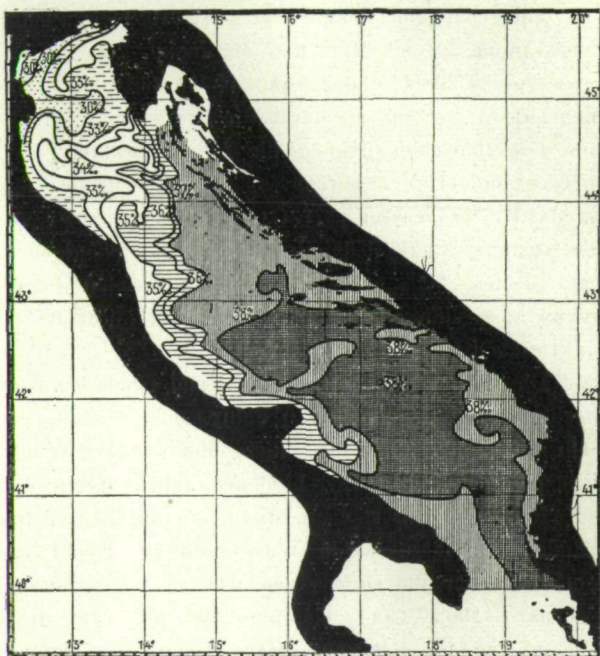


Fig. 1. Salzgehalt an der Oberfläche der Adria
im August-September 1911.

Nach den Beobachtungen des österreichischen Expeditionsschiffes „Najade“
und des italienischen Expeditionsschiff „Ciklope“, dargestellt von A. Grund.
Das Hochseewasser (Salzgehalt über 38‰) ist dunkel schraffiert.

die ganze Flachsee im Norden einschließlich des Pomo-
beckens und des nordwestlichen Teiles der Pelagosa-
schwelle selbst an der Oberfläche Küstenwasser (Fig. 1)
zeigte. Im Sommer 1913 dagegen, der kühl war und

nur eine geringe Schneeschmelze in den Alpen und daher geringe Süßwasserzufuhr zum Golf von Venedig brachte, reichte das Hochseewasser bis zur Südspitze von Istrien.

Das stark ausgesüßte Küstenwasser bildet im nördlichen Teil der Adria nur eine Deckschicht an der Oberfläche, unter der in geringer, doch wechselnder Tiefe salzigeres Wasser auftritt. In schwacher Entwicklung erscheint Küstenwasser ebenfalls als Deckschicht entwickelt auch an der albanischen Küste, hervorgerufen durch die hier mündenden albanischen Flüsse.

Die beiden Profile Fig. 2 veranschaulichen die vertikale Verbreitung des Salzgehaltes in der Mittelachse der Adria. Man erkennt, wie in der Tiefe schweres salziges Wasser mit einem Salzgehalt über 38.6‰ aus dem Ionischen Meer über die Schwelle von Otranto in die Adria eindringt. In den größten Tiefen selbst zeigt sich wieder etwas weniger salziges Wasser. Dieses schwere salzige Wasser entstammt fraglos der in der entsprechenden Tiefe im Mittelmeer nachgewiesenen und von Schott ausführlich beschriebenen Mittelmeerwasserschicht, unter der auch im Mittelmeer sich etwas weniger salziges Wasser, die größten Tiefen erfüllend, findet. Das Eindringen dieses salzreichen Mittelmeerwassers vollzieht sich vor allem in der Osthälfte der Adria. Hier preßt sich in der Tiefe geradezu ein von Süden kommender salziger Strom an die albanische Wandung des Tiefseebeckens an.

Im Winter ist die Adria in ihrer Längsachse, abgesehen vom Golf von Venedig, ganz von Hochseewasser (Salzgehalt über 38 ‰) eingenommen. Im

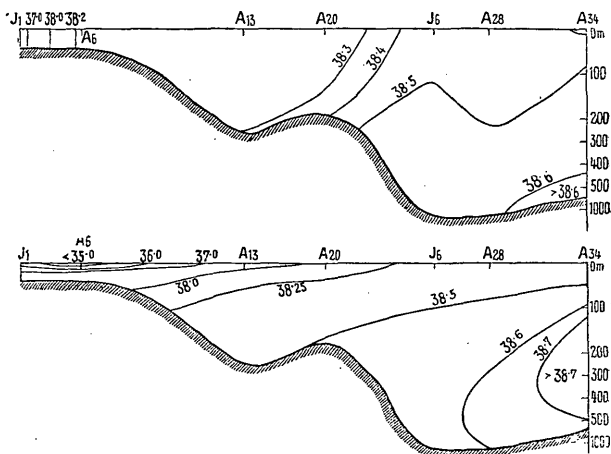


Fig. 2. Vertikale Verteilung des Salzgehalts in der Längsachse der Adria: a) im Februar-März b) im August-September 1912, dargestellt auf Grund der Beobachtungen S. M. S. „Najade“.

Die Zahlen geben den Salzgehalt in ‰ an. Die Buchstaben J1, A6, A13 usw. bezeichnen die Lage der Beobachtungsstationen. Im Bodenprofil (schraffiert) treten die Flachsee, das Pomobecken, die Pelagosaschwelle und das Tiefseebecken deutlich hervor. Der vertikale Maßstab ist von 200 m Tiefe abwärts stark verkürzt.

Sommer reicht die relativ süße Deckschicht, an Mächtigkeit abnehmend, weit nach Süden, bis zur Pelagosaschwelle. Selbst am Boden der Flachsee ist im Sommer eine Aussüßung zu beobachten: der Salzgehalt

beträgt erheblich unter $38^{\circ}/_{00}$. Die während der 3 Jahre 1911—1914 fortgesetzten Beobachtungen lehren, daß die vertikale Verteilung des Salzgehalts in der Adria sich nicht nur von Jahreszeit zu Jahreszeit ändert, sondern auch in der gleichen Jahreszeit von Jahr zu Jahr recht verschieden ist.

Mit großer Sorgfalt wurden auf den Terminfahrten Temperaturbeobachtungen angestellt. Ihre Verarbeitung ergibt ein Bild von den Vorgängen der Erwärmung und der Abkühlung sowohl an der Oberfläche wie in den Tiefen der Adria.

Im Winter dringt an der Oberfläche warmes Wasser von 13 bis 14° durch die Straße von Otranto in die Adria ein; es hält sich dabei mehr in der östlichen Hälfte der Adria. Im Golf von Venedig haben dagegen die einmündenden Flüsse mit ihrem kalten Wasser die Meerestemperatur erheblich erniedrigt. Das kalte Küstenwasser folgt der italienischen Küste, sich dabei allmählich erwärmend, bis Apulien. Im Sommer drehen sich die Verhältnisse vollkommen um. Da ist das Wasser an der dalmatinischen Küste relativ kühl, an der italienischen warm. So trafen wir im August—September 1911 (siehe Fig. 3) Temperaturen über 26° im Gebiete des Küstenwassers des Po und südlich der Halbinsel Gargano, dann auch in der Westhälfte der Straße von Otranto. Der ganze Golf von Venedig wies Temperaturen über 25° auf und ein breiter Streifen wärmeren

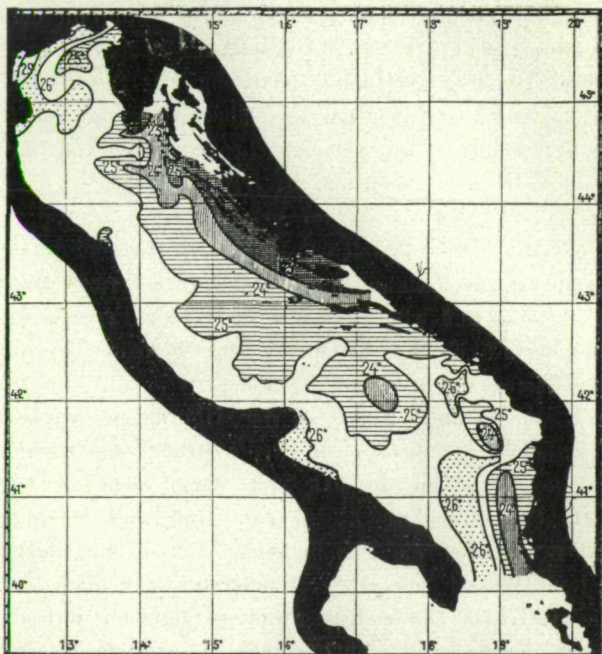


Fig. 3. Temperatur an der Oberfläche der Adria im August-September 1911.

Nach den Beobachtungen S. M. S. „Najade“ und des italienischen Expeditionsschiffes „Ciklope“, dargestellt von A. Grund.

Wassers folgte der italienischen Küste. Dagegen war die Wassertemperatur bei den dalmatinischen Inseln unter 23° . Dazu mag der Nordostwind beigetragen haben, der gelegentlich wehte und die wärmeren Wasserschichten an der Oberfläche von der Ostküste

wegschob, die durch aufquellendes kaltes Tiefseewasser ersetzt wurden. Die Isothermen verlaufen dabei an der Oberfläche sehr kompliziert: Strömungen kälteren Wassers dringen in das Gebiet des wärmeren Wassers ein und umgekehrt. Im kalten Sommer 1912 war die Temperaturverteilung ganz anders. Die höchsten Temperaturen wurden mit nur 24° in der Hochsee der Adria angetroffen und der Golf von Venedig war verhältnismäßig kühl, mit Temperaturen zum Teil unter 22° . Der Sommer 1913 entsprach ungefähr dem Sommer 1912. Auch 1913 übte der Po offenbar durch den Grundwasserzufluß eine abkühlende Wirkung auf den Golf von Venedig aus.

Bemerkenswerte Resultate ergaben die Beobachtungen über Tiefentemperaturen. Fig. 4 gewährt einen Überblick über die Verteilung der Temperatur im Profil zwischen Cap Rodoni bei Durazzo und Brindisi am 26. Februar und am 24. August 1912. Bei weitem der größte Teil der Wassermassen besaß im Winter und im Sommer die gleiche Temperatur von 13.3 — 13.4° . Im Sommer und im Winter fand sich in der Osthälfte des Profils von 600, beziehungsweise 400 m aufwärts etwas wärmeres Wasser: es ist das aus dem Ionischen Meer eindringende Mittelmeerwasser. Im Winter lag über diesem in unmittelbarer Nachbarschaft der albanischen Küste eine etwas kältere Deckschicht als Folge des dem Meer durch die albanischen Flüsse zugeführten kalten Süßwassers. Wasser unter 13° nahm auch, bis 100—300 m herab-

reichend, im Winter den westlichen Teil des Profils ein; es entspricht dem hier aus Nordwest heranströmenden italienischen Küstenwasser. Im Sommer hatte die warme Schicht mit einer Temperatur über 20° nur die geringe Mächtigkeit von 17—18 m. Sie war bemerkenswerterweise weniger mächtig als im Norden im flachen Teil der Adria. Im Winter wie im Sommer aber lagerte in den tiefsten Tiefen des Beckens Wasser von weniger als 13° ; es erfüllte das Tiefseebecken im Februar 1912 bis etwa 800 m Tiefe; im August 1912 war es mehr auf den östlichen Teil des Tiefseebeckens beschränkt und reichte nur bis 900 m Tiefe empor.

Die vertikale Verteilung der Temperatur ist im Adriatischen Meer wesentlich anders, als wir es von unseren Seen gewohnt sind. Es zeigen sich Unregelmäßigkeiten, die sich sichtlich zu einem Teil auf Unterschiede im Salzgehalt zurückführen. Der Vorgang der Erwärmung vollzieht sich im Meer in der bekannten Weise: die erwärmte Oberflächenschicht bleibt stets oben und nur durch Wärmeleitung, deren Wirkung nicht tief reicht, vor allem aber durch Mischung infolge des Seeganges pflanzt sich die hohe Temperatur der Oberfläche in die Tiefe fort, in der Adria aber nicht tiefer als etwa 20 m. Bei der Abkühlung vom Sommer zum Herbst und gegen den Winter hin werden die an der Oberfläche abgekühlten Schichten schwerer als die unmittelbar unter ihnen liegenden und sinken daher hinab, bis sie in der Tiefe auf

Schichten gleicher Temperatur stoßen, während die wärmeren Schichten emporsteigen. Es bildet sich so eine Schicht gleicher Temperatur, eine sogenannte homotherme Schicht aus, die immer mächtiger und mächtiger wird und schließlich den Boden des stehenden Gewässers erreichen kann. Diesen Zustand fanden wir in weiten Teilen des Adriatischen Meeres im Februar—März 1911. Er war eine Folge des sehr kalten Winters 1910/11. Im Tiefseebecken z. B. herrschte von 10 m Tiefe abwärts bis 400 m eine Temperatur von 13.0 bis 13.1° , von 500 bis 800 m Tiefe eine solche von 13.2° . Nur die oberste Schicht bis 7 m Tiefe wies Temperaturen unter 13° auf und ebenso die Bodenschicht unterhalb 800 m. Entsprechendes zeigte sich auch im Pomobecken, wo von der Oberfläche bis 150 m Tiefe eine homotherme Schicht von 11.9 — 12.0° beobachtet wurde. Nur im nördlichen flachen Teil der Adria lag an der Oberfläche kälteres Wasser über etwas wärmerem und dabei salzigerem Tiefenwasser. Im übrigen war um diese Zeit im großen und ganzen in der Adria durch Konvektion bis zu großen Tiefen hinunter die Temperatur gleichmäßig. Ganz andere Verhältnisse zeigte der Februar—März 1912. Im südlichen Becken war die Temperatur an der Oberfläche 13° oder etwas darunter, in der Tiefe von 100—1000 m dagegen erheblich über 13° ; das etwas kältere Wasser der Oberfläche schwamm also auf wärmerem, aber salzigerem Wasser der Tiefe. Von 1000 m abwärts stellten sich Tem-

peraturen unter 13° ein, wie im Winter 1911. Es hat sich in den folgenden Wintern überhaupt ganz allgemein gezeigt, daß die von uns am Ausgange des Winters 1910/11 beobachtete, fast bis zum Grunde reichende Homothermie einen Ausnahmefall darstellt. Die Regel ist, daß sich vor allem im Tiefseebecken Homothermie nicht bis zu großen Tiefen einstellt, sondern in den Tiefen wesentlich kälteres Wasser lagert, als es je im Winter an der Oberfläche des betreffenden Gebietes angetroffen wird. Dieses kältere Wasser wurde von uns besonders deutlich auch im Sommer beobachtet. So fanden sich im Pomobecken im Sommer 1911 und 1913 Temperaturen unter 11° , während im vorangegangenen Winter an der Oberfläche nur Temperaturen von $12\text{—}13^{\circ}$ beobachtet worden waren. Es kann also dieses kalte Bodenwasser des Pomobeckens wie auch das entsprechende des südlichen Tiefseebeckens nicht durch vertikale Konvektion von der Oberfläche des betreffenden Gebietes zum Boden hinabgelangt sein. Es muß sich vielmehr um Wasser handeln, das sich im flachen nördlichen Teil der Adria im Winter abgekühlt hatte und hierauf langsam, der schwachen Neigung des Meeresbodens folgend, in das Pomobecken hinabgekrochen war. Ebenso dürfte das kalte Wasser der tiefsten Schichten des Tiefseebeckens im Bereich der Pelagosaschwelle entstanden sein. Die März—Aprillfahrt 1913, die äußerer Umstände wegen nicht in den Ausgang des Winters, sondern schon in den Beginn des Frühjahrs

gelegt worden war, hat in der Verteilung der Temperatur direkt gezeigt, wie das Wasser der nördlichen Flachsee in das Pomobecken herabkriecht. Entsprechendes wurde bei der Februar—Märzfahrt 1914 beobachtet. So hat denn Grund mit voller Entschiedenheit betont, daß für die Tiefentemperatur am Boden des Pomobeckens wie der Tiefsee nicht die vertikale Konvektion, sondern die vorwiegend horizontale Advektion maßgebend ist. Die Abkühlung des Wassers an den Küsten, das dann, der Neigung des Meeresbodens folgend, in die tiefen Becken kriecht, entscheidet über die Temperatur an der Sohle dieser Becken. Damit steht der hohe Sauerstoffgehalt dieses Bodenwassers in vollem Einklang. Daß bei diesem Abwärtskriechen das kalte Küstenwasser sich mit den etwas wärmeren Wassermassen mischt und dadurch seine Temperatur etwas erhöht, ist nur selbstverständlich.

So entsteht die eigenartige vertikale Verteilung der Temperatur in den Tiefenbecken des Adriatischen Meeres durch das Zusammenspielen des vom Mittelmeer in mittleren Tiefen eindringenden warmen salzigen Mittelmeerwassers und des am Boden entlang kriechenden kalten Winterwassers der nördlichen Flachsee und nur in einzelnen Jahren, wie am Ausgange des Winters 1910/11, vermag vorübergehend die vertikale Konvektion dieses von der horizontalen Advektion geschaffene Bild zu verschleiern.

Die Temperaturmessungen im Sommer und im Winter von der Oberfläche bis zum Grund hinunter

geben uns die Möglichkeit, für die Adria die Wärmemengen zu berechnen, die dem Wasser beim Übergang vom Winter zum Sommer zugeführt und beim Übergang vom Sommer zum Winter wieder genommen werden, oder kurz gesagt, die thermische Bilanz des

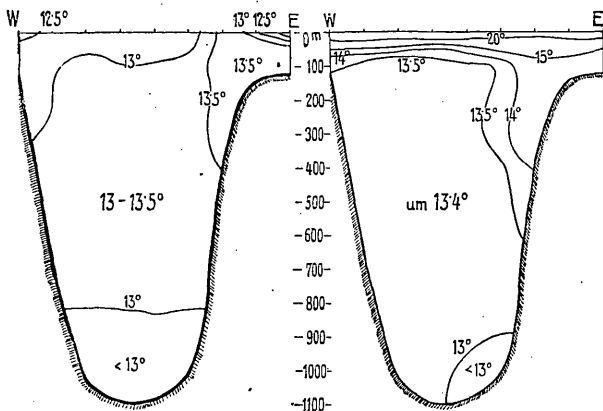


Fig. 4. Verteilung der Temperatur im Querprofil Brindisi—Cap Rodoni (bei Durazzo) a) am 26. Februar 1912, b) am 24. August 1912.

Nach den Beobachtungen S. M. S. „Najade“. Die Stationen (durch Punkte markiert) wurden im Abstand von 10 Seemeilen voneinander gelegt.

Meeres aufzustellen. Ich habe einen solchen Versuch für das Profil zwischen Cap Rodoni und Brindisi gemacht (siehe Fig. 4). Planimetrisch wurde durch Ausmessung der von den verschiedenen Isothermen eingeschlossenen Flächen die mittlere Temperatur in diesem Querprofil am 26. Februar 1912 zu 13.10^0

bestimmt und ebenso die mittlere Temperatur am 24. August 1912 zu 13.81° . Die Erwärmung vom Winter zum Sommer beträgt also nur 0.71° und ebenso groß ist die Abkühlung vom Sommer zum Winter, wenn wir annehmen, daß im Februar 1913 die gleiche mittlere Temperatur erreicht wurde wie ein Jahr vorher. Die Jahresschwankung der mittleren Temperatur der ganzen Wassermasse der Adria ist also hier außerordentlich gering. Eine große Jahreschwankung von $10\text{--}12^{\circ}$ haben nur die Oberflächenschichten, während die Jahresschwankung in der Tiefe nur etwa 0.2 bis 0.3° beträgt. Aus der mittleren Jahresschwankung der ganzen Wassermasse im Profil von 0.71° und der mittleren Tiefe des Profils läßt sich nun der im Wechsel der Jahreszeiten sich vollziehende Wärmeumsatz berechnen. Die mittlere Tiefe des Profils bestimmte ich zu 694 m. Nehmen wir eine Wassersäule von 1 m^2 Querschnitt, so erfährt diese bei 694 m Höhe vom Winter zum Sommer im Mittel eine Temperaturzunahme von 0.71° . Da Wasser von 38‰ Salzgehalt eine spezifische Wärme von 0.930 besitzt, so müssen zur Erwärmung jener Säule um 0.71° dem Wasser durch ihre 1 m^2 große Oberfläche im ganzen 462.000 große Wärmeeinheiten zugeführt werden. Bei der Abkühlung vom Sommer zum Winter um den gleichen Betrag wird dieselbe Wärmemenge durch 1 m^2 der Meeresoberfläche wieder abgegeben. Ein Quadratmeter der Meeresoberfläche ist sonach imstande, $1,270.000\text{ m}^3$ Luft unter normalem

Barometerdruck um 1° zu erwärmen oder täglich während 180 Tagen 7000 m^3 Luft. Die 7000 m^3 entsprechen bei Berücksichtigung der Luftdruckabnahme mit wachsender Höhe einer Luftsäule von rund 9000 m Höhe. Es vermag also die bei der Abkühlung vom Sommer zum Winter an der Meeresoberfläche freiwerdende Wärme eine Luftschicht von 9000 m Höhe Tag für Tag um einen Grad zu erwärmen. Klar tritt aus dieser Zahl der gewaltige erwärmende Einfluß hervor, den die Adria beim Übergang vom Sommer zum Winter auf das Luftmeer ausübt. Dieser Einfluß bleibt nicht auf die Luftmassen über dem Meer beschränkt, sondern verteilt sich durch die Winde auch auf die umgebenden Küsten.

Schon bei Besprechung des Salzgehaltes hatten wir Gelegenheit über die Strömungen der Adria einige Andeutungen zu machen. Die großen Züge derselben haben schon J. Luksch und J. Wolf richtig erkannt. An der Oberfläche dringt Wasser besonders in der östlichen Hälfte der Straße von Otranto aus dem Ionischen Meer in die Adria; eine Strömung läßt sich von hier entlang der albanischen und dalmatinischen Küste bis nach Istrien und in den Golf von Venedig nach Nordwesten verfolgen. An der italienischen Küste bewegen sich die Wassermassen umgekehrt von Nordwesten nach Südosten. So besteht im großen und ganzen in der Adria ein Kreislauf, der

das Meer in einer dem Uhrzeiger entgegengesetzten Richtung umkreist. Diese Strömungen machen sich auch noch in der Tiefe geltend, wie die Profile zeigen und wie wir bereits mehrfach betont haben. Im einzelnen aber sind die Strömungen sehr kompliziert. Die Karten der Verteilung der Temperatur an der Oberfläche (z. B. oben Fig. 3), vor allem auch die Karten über die Verteilung des Salzgehaltes (z. B. oben Fig. 1) lassen eine Reihe von Wirbeln erkennen, in denen sich freilich das Wasser nur langsam bewegt. Stromfäden salzigen Wassers dringen in süßes ein, Stromfäden von wärmerem Wasser in kaltes und umgekehrt. Manche von den dargestellten Wirbeln sind jedenfalls nur vorübergehend; aber andere haben wir doch mehrfach getroffen, so daß sie als ziemlich ständig zu gelten haben. So umkreist eine wirbelförmige Strömung dem Uhrzeiger entgegen den Golf von Venedig, begrenzt nach Süden durch eine Linie, die vom Podelta gegen Istrien herüber zieht. Allerdings liegt diese Grenze bald mehr südlich, bald mehr nördlich. Ein Wirbel, ebenfalls dem Uhrzeiger entgegenkreisend, wurde von uns mehrfach im südlichen Teil der Tiefsee etwas südöstlich einer Linie angetroffen, die von Cattaro aus die Adria quert. Aber hier zeigen sich schon mehr Unregelmäßigkeiten.¹⁾

¹⁾ Die Strömungsbeobachtungen, die vom verankerten Schiff aus — der Ungunst des Seegangs wegen nur wenige Male — während längerer Zeit angestellt werden konnten, sind noch nicht verarbeitet.

Während der letzten beiden Jahre ist zur Verfolgung der Strömungen in der Adria sowohl vom Bord der „Najade“, als auch von österreichischen Seeleuchten aus die Methode der Flaschenposten verwendet worden. Eine festverkorkte Flasche wird ausgeworfen; in ihr eingeschlossen ist ein Formular, auf dem der Ort des Auswerfens angegeben ist und in dem der Finder der Flasche gebeten wird, unter Angabe des Fundortes das Formular an das k. k. maritime Observatorium in Triest zu senden. Aus dem Ort des Auswerfens und dem Fundort lassen sich dann Schlüsse auf die Strömungen ziehen, die die Flasche verfrachtet haben, ja, wenn die Flasche in See treibend gefunden wurde, auch auf die Geschwindigkeit der Strömungen. Direktor E. Mazelle hat die österreichischen Flaschenposten, die bis zum November 1913 eingelaufen waren — im ganzen 130 — bearbeitet. Läßt sich auch der Weg, den eine Flaschenpost genommen hat, aus dem allein bekannten Anfangspunkt und Endpunkt desselben nicht im einzelnen ableiten, so bestätigen doch die Flaschenposten durchaus die Ergebnisse, die aus der Verbreitung des Salzgehalts und der Temperatur gewonnen worden sind. Dabei gelang es, wenigstens schätzungsweise auch die Geschwindigkeit der Strömungen festzustellen. Die entlang der Ostküste nach Nordwesten setzende Strömung bewegt sich im Winter mit einer Geschwindigkeit von 5·7 Seemeilen und im Sommer 3·0 Seemeilen pro Tag. Südlich der Bucht von Cattaro ist sie erheblich

stärker als weiter nördlich. Rascher ist die an der italienischen Küste nach Südosten ziehende Strömung. Sie fließt mit 7·4 Seemeilen im Tage. Auch hier ist die Geschwindigkeit in der südlichen Adria größer als in der nördlichen; zwischen Sommer und Winter ist die Geschwindigkeit nicht wesentlich verschieden. Bemerkenswert ist, daß die große Mehrzahl der an der dalmatinischen Küste oder überhaupt in der Nähe des Ostgestades der Adria ausgeworfenen Flaschen an die italienische Küste gelangten und nur ganz vereinzelte Fälle den umgekehrten Weg einschlugen. Nach den Flaschenposten hat man geradezu den Eindruck, daß eine Bewegung des Wassers quer über die Adria herüber von Nordosten nach Südwesten erfolgt. Die große Häufigkeit dieser Strömungsrichtung erklärt, warum noch vor Beginn des Krieges mit Italien so vielfach von der dalmatinischen Küste losgerissene Minen an der italienischen Küste Fischerboote gefährdeten. Auch nach Beendigung des Weltkrieges wird die Minengefahr an der italienischen Küste weit länger bestehen als an der dalmatinischen. Da man die Stellen der verankerten Minen kennt, werden diese hier unschwer entfernt werden können. Minen aber, die sich losgerissen haben, werden zum größten Teil der italienischen Küste zugetrieben werden.

Ich habe versucht, in erster Reihe auf Grund der österreichischen Beobachtungen ein Bild der

hydrographischen Verhältnisse der Adria zu zeichnen. Es ist freilich in vielen Beziehungen lückenhaft. Die Beobachtungen des italienischen „Ciklope“ aus den Jahren 1912 und 1913 liegen uns noch nicht vor. Nicht berechnet und nicht verwertet sind die Ebbe- und Flutbeobachtungen an der italienischen Küste. Diese Lücken werden ausgefüllt werden können, wenn wieder ein friedliches Arbeiten möglich sein wird, denn die Beobachtungen sind durchgeführt. Aber manche Aufgaben, die sich die Internationale Adria-kommission gestellt, sind überhaupt unterblieben, so die eingehende Auslotung der Tiefsee der Adria und die systematische Untersuchung der Meeresströmungen von mehreren verankerten Schiffen aus. Diese Beobachtungen waren für die zweite Hälfte des Jahres 1914 und für das Jahr 1915 ins Auge gefaßt. Der Ausbruch des Weltkrieges hat sie zunächst unmöglich gemacht. Wenn trotzdem schon heute die Grundzüge der hydrographischen Verhältnisse der Adria klargelegt werden können, so ist das dem Umstande zu danken, daß wir gleich bei Aufstellung des Programms der Adriaforschung in Venedig darauf bedacht gewesen sind, daß für den Fall des Ausscheidens der Mitarbeit eines der beiden beteiligten Staaten die von dem andern Staat gewonnenen Beobachtungen allein für sich ein wenn auch nicht erschöpfendes Ganzes bilden. Die Einzelbearbeitung des österreichischen Materials wird gewiß noch eine Fülle von Ergebnissen liefern, die weiteres Licht auf die hydrographischen Ver

hältnisse der Adria werfen werden, und die Einbeziehung des italienischen Materials wird sehr wesentlich zur Vervollständigung des Bildes beitragen.

Einige Arbeiten über die hydrographischen Verhältnisse der Adria.

- J. Wolf und J. Luksch: Physikalische Untersuchungen in der Adria. Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens. Pola 1887.
- A. Merz: Hydrographische Untersuchungen im Golfe von Triest. Denkschriften der kais. Akademie d. Wissenschaften. Wien 1911.
- Ed. Brückner: Vorläufiger Bericht über die erste Kreuzungsfahrt S. M. S. „Najade“, Februar-März 1911 und ebenso über die dritte Terminfahrt S. M. S. „Najade“, August-September 1911. Mitteil. der k. k. Geograph. Gesellsch. Wien 1911 und 1912.
- A. Grund: Vorläufige Berichte über die zweite, vierte, fünfte usw. bis zwölfte Terminfahrt S. M. S. „Najade“, 1911 bis 1914. Mitteil. der k. k. Geograph. Gesellschaft. Wien 1911 bis 1914.
- Ed. Brückner: Bericht über die hydrographischen Ergebnisse der österreichisch-italienischen Erforschung der Hochsee der Adria im Jahre 1911/12. Verhandlungen des XVIII. Deutschen Geographentages zu Innsbruck 1912.
- E. Mazelle: Flaschenposten in der Adria zur Bestimmung der Oberflächenströmungen. Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften. Wien 1914.
- W. v. Keßlitz: Die Gezeiten im Adriatischen Meer. Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens. Pola, 1913.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Brückner Eduard

Artikel/Article: [Einige Ergebnisse der österreichischen Adriaforschung. 363-389](#)