©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

# Das Heim der Tiefseethiere.

Von

**Dr. Emil von Marenzeller.**

---

Vortrag, gehalten den 20. Jänner 1892.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Meine Damen und Herren!

Das Heim der Tiefseethiere! Vor etwa 30 Jahren noch hätte die Ankündigung eines solchen Vortrages gerechtes Aufsehen erregt. War doch schon seit 1843 die wissenschaftliche Welt durch den erfahrenen, gedankenreichen englischen Zoologen Eduard Forbes mit der angeblichen Thatsache vertraut gemacht worden, es gebe keine Thiere in den großen Meerestiefen. Forbes stellte seine Lehre von der Verbreitung der Pflanzen und Thiere des Meeres in senkrechter Richtung mit solcher Sicherheit auf, und sie stimmte in einzelnen leicht zu prüfenden Punkten so sehr mit bekannten Erscheinungen, dass man sie auch in ihren weniger leicht nachweisbaren Theilen für vollkommen richtig hielt und mit großem Behagen annahm, froh, dass wieder einmal ein Fragezeichen beseitigt wurde. Das hohe Ansehen des englischen Forschers und der Umstand, dass in der Mitte unseres Jahrhunderts das Tempo im wissenschaftlichen Entdecken, Nachuntersuchen, Widerlegen und Bestätigen kein so rasches war wie heute, trugen dazu bei, ihr feste Wurzeln zu schaffen. Forbes hatte das Meer in Zonen eingetheilt, die sich durch eine verschiedene Flora und Fauna

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



auszeichnen und meist das Richtige getroffen. Die Pflanzen des Meeres, die Algen sind an bestimmte Tiefen gebunden in strenger Abhängigkeit von der Art des Lichtes und seiner Intensität. Zu oberst leben die blauen, dann folgen die grünen, braunen, endlich die rothen. Tiefer trifft man noch die Steinalgen, und endlich von 200 *m* an erlischt das Pflanzenleben vollständig. In die Rahmen, welche die Vegetation abgibt, fügt sich auch die Thierwelt in wechselndem Charakter. Aber Forbes gieng weiter. Weil er im ägäischen Meere, im östlichen Theile des Mittelmeeres, eines, wie wir jetzt wissen, in seinen Tiefen thierarmen Meeres, arbeitete und überdies vielleicht auf Stellen gestoßen war, wo die Fauna noch unter das bescheidene Durchschnittsmaß sank, also gleich Null war oder, wie dies vorkommen kann, von ungeschickten Helfern nicht heraufgebracht wurde, so hielt er sich allzu voreilig zur Aufstellung des weittragenden Satzes berechtigt: In Tiefen über 600 *m* gibt es kein thierisches Leben mehr. Berichtete in jenen Tagen dieser oder jener Schiffscommandant, er habe beim Lothen aus großen Tiefen Thiere heraufgezogen, oder wies man auf solche Angaben aus früherer Zeit hin, so setzte man sich mit Leichtigkeit darüber hinaus, indem man einwand, diese Thiere rührten nicht vom Grunde des Meeres her, sie seien vielmehr auf dem Wege zur Oberfläche zufällig mitgenommen worden. Selbst im Jahre 1860 noch erregten Funde, die unter solchen Umständen gemacht wurden, dass über ihr Herkommen kein Zweifel entstehen konnte, ungläubiges

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Kopfschütteln. Da brachte ein Zufall die Wendung. Im Jahre 1865 riss das Telegraphenkabel, welches Sardinien mit Algier verbindet, und als man es aus einer Tiefe von 2000 *m* hob, fand man an demselben verschiedene Seethiere angesiedelt, festsitzende Thiere, die sich nur im ersten Jugendzustande diese Unterlage ausgesucht haben konnten. Jetzt erst fielen die Schuppen von den Augen. Und nun begannen jene denkwürdigen Forschungsreisen, die Tiefsee-Expeditionen, welche noch in unseren Tagen fortgesetzt werden und das Ergebnis lieferten, dass es keine Grenzen für das thierische Leben am Grunde der Meere gebe.

Ich habe diese einleitenden Worte vorausgeschickt nicht in der Meinung, Ihnen etwas Neues zu bieten — dieser Theil aus der Geschichte der Tiefseeforschung ist schon oft berührt worden, auch in unserem Vereine — sondern aus einem anderen Grunde. Wenn man über Tiefseethiere reden hört, so drängt sich das Verlangen auf, zu wissen, was man darunter zu verstehen hat. Darf ein Thier auf diesen Namen Anspruch erheben, lediglich weil es in der Tiefe lebt, und wie groß muss diese Tiefe sein, oder ist es durch besondere Eigenschaften ausgezeichnet? Ich hoffe allerdings im Laufe dieses Abends zu zeigen, dass die Verhältnisse in großen Tiefen an die dort lebenden Thiere Anforderungen stellen, welche grundverschieden von denen des seichten Wassers sind, und dass die Organismen darauf eingerichtet sein müssen; allein die Wirkung dieser Verhältnisse auf das Äußere der Thiere ist nicht selten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



nur gering, sie ist im allgemeinen keine so tiefgehende gewesen, dass wir nicht im Stande wären, jeder neuen Form ihren Platz in dem großen Fachwerk anzuweisen, das aus den so verschiedenen jetzt lebenden Bewohnern der Strandzone im Laufe der Jahre aufgerichtet worden war, höchstens stellte es sich als nothwendig heraus, hie und da ein neues Fach einzuschieben. Also nur das Vorkommen in der Tiefe kann für uns entscheidend sein. Wo aber beginnt das Reich der Tiefseethiere, wo ist die Grenzscheide nach oben? Nach unten freilich dehnt es sich aus, soweit wir darnach forschten. Die Antwort wäre etwas umständlich, wenn ich unter Tiefseethieren nur solche Thierarten verstünde, die ausschließlich in der Tiefe vorkommen. Die beiden Begriffe Tiefseethiere und Tiefseearten decken sich nicht und dürfen nicht zusammengeworfen werden. Tiefseethiere können auch Strandarten sein, die ebenso gut schon in Tiefen von 20 *m* vorkommen, Tiefseearten sind das niemals. Aber die Lebensbedingungen sind in der Tiefe für alle die gleichen, und nur auf eine Darstellung dieser kommt es heute für mich an. An die Forbes'sche Irrlehre und an die Bemühungen, sie zu widerlegen, knüpfe ich an, um das Reich der Tiefseethiere auszustecken. Die Tiefsee-Expeditionen nahmen den Faden dort auf, wo ihn Forbes abgeschnitten. Das Hauptfeld ihrer Thätigkeit waren die Tiefen über die kritischen 600 *m* hinaus. Und als man die Ergebnisse dieser Forschungen zusammenfasste, zeigte sich, dass die Tiefen von 1000 *m* ab auf der ganzen Erde

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Thiergesellschaften beherbergen, denen ein und derselbe Stempel aufgeprägt ist. So will ich denn für das Reich der Tiefseethiere die Grenze nach oben mit 1000 *m* bestimmen. Selbst in dieser Beschränkung ist es noch ein ungeheures; denn der Saum seichten Wassers, welcher sich längs der Küsten hinzieht, ist ein verhältnismäßig sehr schmaler. Man kann die mittlere Tiefe des Meeres mit 3797 *m* annehmen gegenüber der mittleren Höhe des Festlandes mit 686 *m*. Der gesammte Rauminhalt des Meeres beträgt 1349·26 Millionen Cubikkilometer, das Volumen der Festländer über dem Meeresspiegel 97·7 Millionen Cubikkilometer, daher ist das Verhältnis 13·8 : 1. Würde man die Continente bis zur mittleren Meerestiefe abtragen und in das Meer werfen, so hätte dieses noch immer eine Tiefe von 2650 *m*.

Kein menschlicher Fuß hat dieses Reich je betreten, kein menschliches Auge hat es je gesehen, und uns winkt nicht die leiseste Hoffnung, dass dies jemals anders werden wird. Allein man hat ihm seine Geheimnisse mittels sinnreich construierter Instrumente entrissen, und dank der hohen Ausbildung der verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften ist man im Stande, sich eine Vorstellung zu machen, wie es da unten aussieht und was den dort lebenden Geschöpfen geboten wird. Die Summe der eigenthümlichen Verhältnisse, unter welchen das Tiefseethier sein Dasein fristet, fasse ich unter dem Titel meines heutigen Vortrages zusammen. Das Heim der Tiefseethiere ist jener Theil unserer Erde, über den sich Wassermassen von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



1000 *m* und darüber hinaus lagern, und das Wasser selbst in unmittelbarer Nähe des Grundes. Ein Vorwurf, trostlos für den Pinsel eines Malers, ohne Anregung zu begeisternder Schilderung für den Dichter. Hier herrscht die Wissenschaft ohne Wettbewerb. Nur sie allein kann es verantworten, das Interesse für den anscheinend undankbaren Stoff in Anspruch zu nehmen.

Unsere Kenntnisse über die Lage des Meeresbodens unter dem Wasserspiegel, über seine Gestaltung und Beschaffenheit beruhen auf dem Lothen und dem Heraufholen von Grundproben mit dem Lothapparate und dem Schleppnetze. Das Nähere hierüber finden Sie in meinem am 3. December 1890 gehaltenen Vortrage: „Auf der Suche nach Tiefseethieren". Man ist hierbei nicht viel besser daran als ein Blinder, der sich über die Erhebungen und Einsenkungen des Festlandes Rechenschaft geben soll und hiebei nur auf sein Tastgefühl angewiesen ist. Oder, wenn ich mich eines von anderer Seite gemachten Vergleiches bedienen will, man unternehme es, das Relief eines Gebirgsstockes von einem einige tausend Meter über der Erde schwebenden Luftballon aus festzustellen! Es ist dementsprechend, dass wir die Gestaltung des Meeresbodens erst in den gröbsten Umrissen kennen. Aber diese genügen zu einer beiläufigen Vorstellung. Der Meeresgrund ist nicht, wie man früher glaubte, ein einfaches Rinnsal, „eingegraben von der Hand des Allmächtigen in die harte Rinde unseres Planeten". Gebirgsrücken,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Hochplateaux erheben sich auch hier aus dem Thale, aber wellige Flächen überwiegen, und das Gebirge wird nicht die rauhe, malerische Vielgestaltigkeit unseres Festlandes zeigen. Es fehlt die reiche Folge schroffer Spitzen, steiler Klüfte, enger Thäler. Nur ausnahmsweise liegt der nackte Fels zutage, hie und da Gestein, von Eisbergen verfrachtet. Nirgends sprießt eine Pflanze. Meilenweit bedeckt eine einfarbige Decke die Gegend, aus der ab und zu das Roth, Gelb, Grün oder Violett eines Tiefseethieres herausleuchten mag. Wenn Sie einen Blick auf eine Tiefseekarte werfen, so werden Sie finden, dass der Ton des Blau, welcher der Tiefe von 4000—6000 *m* entspricht, vorwiegt. Vereinzelt treten größere und kleinere Flecken einer dunkleren Farbe auf. Es sind das Tiefen über 6000 *m*. Im stillen Ocean, nordöstlich von Tokio in Japan, fand man die größte bisher bekannte Tiefe mit 8513 *m*, an einer andereu Stelle desselben Meeres, südlich der Tongainseln, lothete man 8285 *m*. Der Tourist, der sich von dem tiefsten Punkte des westindischen Beckens auf den höchsten noch unter dem Wasserspiegel liegenden Spitzen des großen Gebirgsrückens begeben wollte, der, nur an einer Stelle unterbrochen, in S-förmiger Krümmung von Nord nach Süd durch den atlantischen Ocean sich hinzieht, hätte mehr als 6000 *m* hinaufzuklettern. Denn dort gibt es Tiefen bis 8341 *m*, und das Gebirge verläuft beiläufig 1500—2000 *m* unter der Oberfläche.

Auf diesen ungeheuren Gründen herrscht nicht der Friede, denn wo Leben ist, ist auch Kampf, aber

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



die Ruhe des Grabes. Nicht einmal die furchtbare Gewalt eines Orkanes vermag bis hieher zu dringen. Und nicht allein bildlich ist der Tiefseegrund ein Friedhof, er ist es auch in Wirklichkeit. Langsam zieht die Schwere den thierischen Körper, dem die Kraft des Widerstandes mit dem Leben erloschen, in die Tiefe. Wie ein unablässiger Regen fallen Milliarden und Milliarden Leichen der kleinen, mit einem Kalk- oder Kieselskelete versehenen Wurzelfüßer (Foraminiferen), Strahlinge (Radiolarien) oder der größeren, Schalen tragenden Flügelschnecken (Pteropoden) und Kielschnecken (Heteropoden), ferner die Kieselpanzer der mikroskopischen Stückelalgen, der Diatomaceen herab und helfen mit, den Tiefseeschlamm, das ist die Decke bilden, welche das harte Gestein unserer Erde am Grunde der Meere überzieht. Die Harttheile dieser Organismen bilden bis zu einer Tiefe von 4800 *m* stellenweise 75 bis 90 % der Ablagerungen. In größeren Tiefen werden die Kalkskelete am Grunde spärlich, weil sie am Wege aufgelöst wurden. In Tiefen über 6000 *m* betragen sie nur mehr 1—2 %. Der Tiefseeschlamm enthält auch fein zertheilte mineralische Bestandtheile, bestehend aus den sich weit in die Tiefe erstreckenden zerriebenen Ablagerungen der Küsten, aus den Zersetzungsproducten vulcanischer Ausbrüche unter und ober dem Wasser und des Meeresbodens selbst, aus Weltenstaub, in der Nähe von Korallenbänken aus Korallensand, endlich aus Neubildungen. Selten erstarrt der Tiefseeschlamm zu felsenhartem Gestein, wie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



dies von unseren Tiefsee-Expeditionen im östlichen Mittelmeere 1890 und 1891 auf weite Strecken beobachtet wurde, gewöhnlich hat er die Consistenz weichen Lehms. Seine Farbe ist je nach der Zusammensetzung verschieden, bläulich, schwärzlich, milchweiß bis gelblich, hell strohgelb, drap, grau, roth oder dunkel chocoladebraun. In Tiefen von 4000 bis 5000 *m* an, also am weitesten verbreitet, tritt der reine, selten graue, meist rothe oder chocoladebraune Tiefseethon auf. Immer spärlicher sind ihm, je tiefer man geht, Kalkskelete beigemengt, dafür trifft man noch reichlich die Kieseltheile der Strahlinge. Endlich fehlen auch diese. An den tiefsten Stellen bedeckt der rothe Thon den Boden nur in dünnen Schichten. Das Loth trifft den harten Fels, Steine, die, von zerfließenden Eisbergen abgelagert, mit dem Schleppnetze wieder heraufkamen, zeigten eine deutliche Marke, wie wenig tief sie gebettet waren. Aus dieser geringen Mächtigkeit und den Einschlüssen von Wirbelthierresten, Haifischzähnen, Gehörknochen von Walen, die längst ausgestorbenen Geschlechtern angehören, kann man auf das hohe Alter des rothen Tiefseethones schließen.

Der Mangel an Pflanzen, der geringe Schutz, den der mit feinem Schlamm bedeckte Grund gewährt, sind nicht für die Tiefsee charakteristisch. Beides findet man schon in Tiefen von etwa 200 *m* ab. Bedeutend sind dagegen die Veränderungen, welche mit zunehmender Tiefe in dem eigentlichen Elemente der Tiefsee-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



thiere eintreten. Sie betreffen die chemische Beschaffenheit, die Temperatur des Wassers, die Wirkung der Aufthürmung der ungeheuren Wassermassen oder des Druckes, endlich die Lichtverhältnisse. Will man sich Wasser aus beliebiger Tiefe behufs Untersuchung verschaffen, so bedient man sich der Wasserschöpfapparate. Sie sind so eingerichtet, dass sie geschlossen nach abwärts gehen und sich öffnen und bald darauf wieder schließen, entweder wenn sie den Boden berühren oder wenn die Bewegung in entgegengesetzter Richtung eingeleitet wird, also bei dem Aufholen. Zum Messen der Temperatur an Ort und Stelle hat man eigene gegen den Druck geschützte Tiefseethermometer. Sie haben die Aufgabe, die Temperatur des Ortes, wohin man sie versenkt, aufzunehmen und unveränderlich anzuzeigen, gleichgiltig wie viel Zeit verstreicht, bis sie wieder in unsere Hände gelangen.

Das Wasserthier braucht zu seinem Leben geradesogut Luft wie das Luftthier, und es findet dieselbe im Wasser, welches das Vermögen besitzt, Luft zu absorbieren. Das Wasser enthält auch Kohlensäure, das Meerwasser außerdem zahlreiche andere Stoffe in Lösung, worunter der bekannteste und reichlichste das Kochsalz ist. Die Zusammensetzung des Meerwassers wird in der Tiefe nicht wesentlich verändert, nur der Kalkgehalt nimmt zu, aber der Procentsatz an Gasen wird ein anderer. Der Sauerstoff nimmt ab, die Kohlensäure zu. Es scheint dies nicht so sehr von der Tiefe an sich, sondern von der Anhäufung von Thieren abzu-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



hängen, welche den Vorrath an Sauerstoff angreifen und durch Kohlensäure ersetzen. Indessen ist dafür gesorgt, dass die letztere sich nicht in einer für den Fortbestand der Thiere verderblichen Menge ansammle. Fehlen auch die Pflanzen, welche für uns Luftgeschöpfe neben den atmosphärischen Strömungen die Regulatoren bilden, so wird doch das Gleichgewicht in anderer Weise hergestellt. Es findet auf dem Wege der Diffusion ein beständiges Aufsteigen der Kohlensäure durch alle Wasserschichten hindurch bis an die Oberfläche statt, wo sie an die Luft abgegeben wird. Im Tausche dagegen wird Sauerstoff aufgenommen und auf dieselbe Weise in entgegengesetzter Richtung bis in die größte Tiefe befördert.

Das Tiefseewasser ist, geschlossene Meeresbecken ausgenommen, kalt. In einer Tiefe von 1000 *m* beträgt die Temperatur $4^0$ C., und von da ab sinkt sie noch langsam. In einer Tiefe von 3300 *m* ist sie durchschnittlich zwischen $0^0$ und $+ 2^0$ C. Man hat versucht, diese Verminderung der Temperatur in der Tiefe durch folgende Annahme zu erklären: Je kälter das Meerwasser ist, um so dichter und schwerer wird es. Das an den Polen abgekühlte Wasser sinkt zu Boden und bewegt sich in einem langsamen, aber mächtigen Strome gegen den Äquator. Zum Stillstande gebracht und allmählich erwärmt, steigt es an die Oberfläche, wo es eine immer höhere Temperatur annimmt, theils verdunstet, theils wieder gegen die Pole abfließt, um den Kreislauf von neuem zu beginnen. — Je zugänglicher

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



die Tiefen diesem kalten Strome sind, um so geringer wird deren Temperatur sein. Daher ist sie im stillen und indischen Ocean niedriger als im atlantischen und in deren südlichen Hälften niedriger als in den nördlichen. Abgeschlossene Meeresbecken besitzen eine viel höhere Temperatur am Grunde. So das Mittelmeer, welches von den kühleren Schichten des atlantischen Oceans durch eine in der Straße von Gibraltar sich erhebende Barrière abgesperrt ist. Die Temperatur ist hier von 200 *m* unter der Oberfläche an bis in die größten bisher bekannten Tiefen, welche von der zweiten österreichischen Tiefsee-Expedition 1891 südwestlich von Cap Matapan (Südspitze Griechenlands) gelothet wurde, 13—14° C. Diese oceanische Circulation würde auch die vorerwähnte doppelte Diffusion begünstigen, indem das wärmere Wasser der Oberfläche zustrebt und das schwerere kalte, in die Tiefe sinkende Wasser den Sauerstoff mitbringt, den es in Berührung mit der Luft aufgenommen. Allein sie ist doch nur eine Hypothese, deren Schwächen jüngst der französische Oceanograph J. Thoulet aufgedeckt. Er nimmt aus verschiedenen Gründen an, dass das Wasser der großen Tiefen unbeweglich sei und schon seit Jahrtausenden in diesem Zustande verharre. Eine oceanische Circulation finde nur in den oberen Schichten statt. Sauerstoff werde auch unabhängig von jeder Bewegung des Wassers durch Diffusion in die Tiefe gebracht, wie folgendes Experiment beweist, für die geschlossenen Meeresbecken war man dies anzunehmen ohnehin

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



genöthigt. In einer mit gekochtem Wasser angefüllten Glasröhre wird kohlensaures Kali und Brenzgallussäure aufgelöst. Eine solche Lösung hat die Eigenschaft, in Berührung mit der atmosphärischen Luft sich zu schwärzen. Man sieht die dunkle Färbung langsam gegen den Grund fortschreiten in dem Maße, als der Sauerstoff die Schichten sättigt. Lässt man feinen Sand in diese Lösung fallen, so hinterlässt jedes Körnchen eine schwarze Spur als Beweis, dass es Sauerstoff mit sich gerissen. So werden also alle auf den Meeresspiegel auffallenden staubartigen Körperchen, ferner die zu Boden sinkenden Leichen der Thiere der Oberfläche Sauerstoff in die Tiefe tragen. Der französische Physiologe Paul Regnard, dem wir ein ausgezeichnetes Werk über die Lebensbedingungen der Wasserthiere danken, auf das ich in der Folge noch zurückkomme, hat berechnet, dass annähernd ein Jahr nothwendig wäre, um eine vollständig in Ruhe befindliche Wassersäule von 4 *m* Höhe mit Sauerstoff zu sättigen, somit 1000 Jahre für 4000 *m*, und er fügt hinzu, dass die Bedingungen im Meere, wo die Bewegung der Flüssigkeit nicht gänzlich aufgehoben ist, günstigere seien, anderseits lehre uns die Erdgeschichte, über solche Zeiträume spielend hinwegzugehen.

Auf die härteste Probe wird das Leben in der Tiefe durch die Last des darüber liegenden Wassers, durch den Druck desselben gestellt. Er lässt sich leicht berechnen, da das Volumen des Wassers nur wenig beeinflusst wird. 10 *m* Wasser entsprechen rund 1 Atmo-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



sphäre oder dem Drucke von 1 Kilogramm auf 1 $cm^2$ Fläche. Man braucht also nur die Tiefe durch 10 zu dividieren, um annähernd den Druck des Wassers auf 1 $cm^2$ Fläche in Kilogrammen zu erhalten. Nichts war so geeignet, die Forbes'sche Lehre von der Thierlosigkeit der Meeresabgründe zu stützen, wie diese Zahlen. Und dennoch spottete die entdeckte Tiefseefauna der theoretischen Erwägungen. Man sah dann ein, dass die in großen Tiefen lebenden Thiere von dem Drucke ebensowenig belästigt werden wie der Mensch von den 15.000 Kilogramm Luft, die durchschnittlich auf ihm ruhen, indem die Wirkung von allen Seiten erfolgt und das Wasser oder die Luft alle Theile des Körpers durchdringen. Ein geschlossener Hohlkörper würde zerquetscht werden, bringt man aber mit dem Innern einen mit Luft gefüllten Kautschukballon in Verbindung, so kann er jedem Drucke Widerstand leisten, weil in dem Maße, als der Druck auf seine äußeren Wandungen zunimmt, in das Innere desselben Luft aus dem Kautschukballon gepresst wird, die im gleichen Verhältnisse dichter wurde. Das Gleichgewicht zwischen innen und außen ist vollkommen hergestellt. Es wäre jedoch ein Irrthum, zu glauben, dass ein im Wasser lebendes Thier auch schon die Fähigkeit besitze, jeden noch so hohen Druck zu ertragen. Ein Individuum, das an der Oberfläche oder in seichtem Wasser zu leben gewohnt ist, geht zugrunde, wenn es gewisse Grenzen der Tiefe überschreitet. Die Unempfindlichkeit gegen den Druck ist eine physiologische Eigenthümlichkeit des Tiefsee-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



thieres, die im Laufe vieler Generationen allmählich erworben werden musste. Als Beweis dessen mögen Ihnen die sehr wichtigen und interessanten Versuche gelten, welche der vorerwähnte ausgezeichnete französische Forscher Paul Regnard über die Wirkung des Druckes angestellt. Da das Experimentieren unter den natürlichen Verhältnissen große Schwierigkeiten bietet und keine klaren Resultate versprach, so wurde der Druck auf künstlichem Wege erzeugt. Regnard comprimierte das Wasser in der hydraulischen Presse, welche Cailletet zur Verflüssigung der Gase ersonnen hatte. Er leitete das comprimierte Wasser durch ein feines Kupferröhrchen in einen dickwandigen Cylinder aus Gussstahl, dessen obere Öffnung dicht verschraubt werden kann. In diesen Cylinder wurden die Versuchsobjecte eingeführt, welche dem großen Drucke ausgesetzt werden sollten. Damit sie aber nicht in Berührung mit dem Metalle selbst gelangen, wurden sie zuvor in eine Glasröhre mit eingetriebenem Stöpsel gethan, der mit einer feinen Öffnung versehen ist, damit das Wasser inner- und außerhalb des Gefäßes unter dem gleichen Drucke stehe. Bevor Regnard seine Versuche auf höher organisierte Thiere erstreckte, suchte er die Wirkung großen Druckes auf sehr niedere Lebewesen festzustellen und wählte hiezu die Hefepilze. Er füllte zwei gleichgroße Glasröhren mit dem gleichen Gewichte einer Zuckerlösung und Bierhefe. Die eine brachte er in den Gussstahlcylinder und setzte sie einem Drucke von 600 Atmosphären aus, die andere blieb außerhalb des Apparates.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Nach 10 Minuten trat in letzterer stürmische Gährung ein, in weniger als einer Stunde war der ganze Zucker verbraucht. Nun wurde die andere Röhre aus dem Apparate hervorgeholt, und es zeigte sich, dass die Flüssigkeit vollkommen klar geblieben war. Eine Zeitlang ist keine Veränderung bemerkbar, die Hefe schläft, aber bald erwacht sie zu neuem Leben, und die Gährung wird unter den gewöhnlichen stürmischen Erscheinungen durchgeführt. Man kann auch den Versuch so machen, dass man die Hefe reinem Wasser ohne Zucker zumischt. Nachdem sie durch eine Stunde einem Drucke von 1000 Atmosphären ausgesetzt war, nimmt man die Röhre heraus und fügt Zucker hinzu. Dieselbe Wirkung. Anfangs Ruhe, dann lebhafte Gährung. Das Ergebnis ist somit, dass der Druck die Lebensäußerungen einzelliger Organismen wie der Hefepilze unterbricht. Regnard hat auch die Wirkung der Hefe vor und nach Einwirkung eines verschieden hohen Druckes auf graphischem Wege dargestellt und gefunden, dass die Curve nach einem Drucke von 400 Atmosphären nicht wesentlich abweiche von der Normalcurve, welche die keinem Drucke ausgesetzte Hefe gibt. Steigert man jedoch den Druck auf 600 bis 1000 Atmosphären, so zeigt die Curve, dass der Gährungsprocess zwar nicht aufgehoben ist, aber doch mit zunehmender Langsamkeit von sich geht. Bierhefe in mehr als 4000 *m* Tiefe versenkt, wäre nicht im Stande, Zucker, der sich dort vorfinden sollte, in Gährung zu versetzen, aber an die Oberfläche zurückgebracht, wird sie nach einiger Zeit wieder ihre alte

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Thätigkeit aufnehmen. Dieser erste Versuch gestattete eine wichtige Schlussfolgerung. Einzellige pflanzliche Organismen leben zahlreich an der Oberfläche des Meeres. Wenn sie zufällig in die Tiefe gelangen, so steht ihr Leben still, sie verfallen dem Schlafe, endlich dem Tode. So bedecken die Kieselpanzer der Diatomeen oft auf große Strecken hin den Grund der kalten Meere. Findet man lebende darunter, so können dies nur frische Ankömmlinge sein oder Arten, die bereits eingewöhnt waren. Die Fäulnispilze geben dasselbe Resultat wie die Gährungspilze. Die mit Zucker versetzte Hefelösung geräth an der Luft nach 14 Tagen in vollkommenste Fäulnis, die bei einem Drucke von 700 Atmosphären eingeschlossene dagegen bleibt klar und geruchlos. Ein Stückchen mit einem Tropfen verfaulten Blutes versetztes Fleisch ist bei einem Drucke von 700 Atmosphären nach einem Aufenthalte von 40 Tagen in dem Apparate noch ganz frisch, während die außerhalb befindlichen Controlstücke faulten und die Geruchsorgane auf das empfindlichste beleidigten. Daraus könnte man auf nahezu ideale Verhältnisse in den großen Tiefen schließen. Die organischen Reste werden nicht der Fäulnis anheimfallen, sondern unverändert und auf unbeschränkte Zeit erhalten bleiben, vorausgesetzt — dass sie nicht gefressen werden. Wahrscheinlich ist jedoch, dass von der Oberfläche kommende Fäulnismikroben aus seichteren Stellen, wo ihnen der Druck nichts anhaben konnte, unter allmählicher Angewöhnung an die für den Neuling gefährlichen Verhältnisse in der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Tiefe einwanderten wie die höheren Organismen. Mikroben, die allgegenwärtigen, sind in der That sowohl aus frischen Grundproben, wie auch aus Meerwasser, das einige tausend Meter tief geschöpft wurde, gezogen worden, aber man kennt nicht die Rolle, welche sie dort spielen. Regnard unternahm es hierauf, die Wirkung des Druckes auf die verschiedensten Wasserthiere zu prüfen. Infusionsthierchen, die durch 10 Minuten einem Drucke von 400—600 Atmosphären ausgesetzt wurden, verließen den Apparat unbeweglich, in Schlaf versunken. Die feinen Flimmerhaare, welche ihren Körper bedecken, hatten aufgehört zu schwingen, und sie schienen unter dem Mikroskope merklich verdickt zu sein. Nach einer Stunde fangen die Thiere wieder an, einige Bewegungen zu machen, nach zwei Stunden sind sie so munter wie zuvor. Das Verhalten der Infusorien dem Drucke gegenüber variiert etwas nach den verschiedenen Arten. Im allgemeinen nimmt aber von 400 Atmosphären an die Zahl der noch lebensfrischen Individuen ab, und es mehren sich die in Schlaf versunkenen oder todten. Wird der hohe Druck durch einige Stunden fortgesetzt, so ist der Tod der unvermeidliche Ausgang. Infusorien von der Oberfläche also, die eine Reise in die Tiefe unternehmen wollten, dürfen dieselbe nicht über 4000 *m* ausdehnen, wenn nicht eine Reise in das Jenseits daraus werden soll. Infusorien in solchen Tiefen sind nicht zufällige Einwanderer, sondern Eingeborne. Zu höher organisierten Thieren aufsteigend, ließ Regnard den ungeheuren

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Druck von 1000 Atmosphären eine Stunde lang auf eine Seerose *(Actinoloba dianthus)* einwirken. Nach dem Öffnen des Apparates schien das Thier leblos, aber was besonders auffallend war: der Körperumfang hatte um das Doppelte zugenommen und das Thier war nahezu noch einmal so schwer wie zuvor. Nach 5—6 Stunden hatte die Actinie wieder ihre ursprüngliche Form, sie entfaltete ihren Fühlerkranz und lebte weiter. Um sie zu tödten, hätte der Druck länger anhalten müssen. In übereinstimmender Weise verhielten sich auch Seesterne, Würmer, Muscheln, Schnecken, Krebse der verschiedensten Ordnungen, nur dauerte bei den letzteren der schlafähnliche Zustand kürzer. Eine besondere Betrachtung verdienen die Fische. Bei diesen muss man die Nebenerscheinungen ausschalten, welche von Seite der Schwimmblase eintreten, wenn der Druck nachlässt. Man weiß, dass Fische aus großer Tiefe in einem ganz bedauernswerten Zustande an die Oberfläche kommen, wenn die Luft nicht Zeit hatte, aus der Schwimmblase zu gelangen. Die Schwimmblase schwillt an, tritt bei dem Munde heraus und kann selbst platzen. Deshalb bringt Regnard den Versuchsfisch, einen Weißfisch des süßen Wassers, zunächst auf eine Minute unter die Luftpumpe, dann erst setzte er ihn dem Drucke aus. Nach der Einwirkung von 100 Atmosphären zeigte sich keine Veränderung. Nach 200 Atmosphären war der Fisch eingeschlafen, nach 300 Atmosphären todt, nach 400 Atmosphären wurde er starr, angeschwollen und hart wie Holz. Dieser Versuch lehrt uns die Grenze

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



kennen, über welche hinaus Fische, die der Fauna der seichten Gewässer angehören, den Druck nicht ertragen, somit auch nicht die Tiefe aufsuchen können. Ich erwähnte, dass der Fisch zuletzt angeschwollen und hart wie Holz war. Die Wägung ergab bei einem Gewichte von 18 Gramm vor dem Versuche 21 Gramm nach dem Versuche. Es fand also eine Zunahme des Gewichtes um 3 Gramm statt. Dies sowohl wie das Hartwerden des Fisches konnte nur auf eine Durchtränkung der Gewebe mit Wasser zurückgeführt werden. Regnard blieb auch hiefür den Beweis nicht schuldig. Zwei abgehäutete Froschschenkel wurden in den Apparat gebracht, den einen hievon schützte ein Kautschuksäckchen vor der Berührung mit dem Wasser. Nachdem ein Druck von 600 Atmosphären während einer Viertelstunde eingewirkt, zeigte sich, dass der eingehüllte im Gewichte und in der Consistenz unverändert, während der andere um 2 Gramm schwerer und hart geworden war. Zu einem solchen Controlversuche eignen sich auch mit einem festen Chitinpanzer versehene Thiere, wie Wasserkäfer oder Krebse sehr gut, weil ihre Körperhülle sie in ähnlicher Weise, wenigstens geraume Zeit, vor der Durchtränkung mit Wasser schützt wie die Kautschukhülle. Sie kommen frisch oder höchstens schlummernd aus dem Apparate heraus, während ein Fisch, der ihnen Gesellschaft leistet, stirbt und starr wird. Der Druck beeinflusst nicht nur die fertigen Thiere, sondern auch die Entwicklung im Ei. Regnard theilte befruchtete Lachseier in 7 gleiche Theile. Nr. 0

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



blieb unter den gewöhnlichen Verhältnissen im Brutkasten, Nr. 1 wurde einem Drucke von 100 Atmosphären, Nr. 2 von 200 Atmosphären, Nr. 3 von 300 Atmosphären, Nr. 4 von 400 Atmosphären, Nr. 5 von 500 Atmosphären, Nr. 6 von 600 Atmosphären durch je 6 Stunden ausgesetzt. Die Eier von Nr. 0, 1 und 2 entwickelten sich in derselben Zeit, die von Nr. 3 um zwei Tage später, die von Nr. 4, 5, 6 starben ab. Man sieht also, dass die Bevölkerung der Meeresgründe durch an der Oberfläche flottierende Fischbrut nur bis zu einer Tiefe von 3000 *m* oder etwas darüber hinaus möglich wäre. Wie dieser und die früheren Versuche beweisen, wäre der Druck allein kein Hindernis, dass Thiere der Oberfläche oder des seichten Wassers, wenn sie soweit gelangten, fortleben. Die tieferen Abgründe jedoch können nur längst eingebürgerte Arten beherbergen. Alle diese Vorgänge und noch andere ließen sich erst nach dem Öffnen des Gussstahlcylinders beobachten. Man war nicht sicher, ob sie bei Druckerhöhung oder Druckverminderung eintreten. Regnard war daher bemüht, seinen Apparat so zu verbessern, dass er eine directe Beobachtung ermöglichte. Zu diesem Behufe wurde der Mantel des Cylinders an zwei gegenüberliegenden Stellen durchbohrt und mit Fenstern, die aus Cylindern von 15 *mm* Durchmesser und 40 *mm* Länge eines mit besonderer Sorgfalt erzeugten Glases bestanden, versehen. Vor dem einen Fenster wurde eine elektrische Lichtquelle aufgestellt, vor dem anderen ein Objectiv, welches das Bild der im Innern befind-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



lichen Objecte auf einen Schirm entwarf. Diese selbst wurden in eine in senkrechter Richtung bewegliche Glasröhre eingeschlossen. Mit Hilfe dieses Apparates konnte Regnard einem großen Kreise von Zusehern das hochinteressante und merkwürdige Schauspiel bieten, was für ein Schicksal der lebenden Geschöpfe harre, die sich in die Tiefe wagen. Er wählte als Versuchsobject Hüpferlinge *(Cyclops)*, kleine durchsichtige Krebschen des Süßwassers. Bei den ersten Pumpenstößen werden die bis dahin ruhig herumschwimmenden Thierchen von einer gewissen Unruhe ergriffen. Sie fahren hin und her, im übrigen aber machen sich bis zu einem Drucke von 100 Atmosphären keine besonderen Erscheinungen geltend. Steigert man den Druck weiter, so fallen sie langsam zu Boden. Ihre Gliedmaßen gerathen in rasche Zuckungen, die Schwimmborsten werden steif und von sehr heftigem Zittern ergriffen. Die Thiere liegen wie im Starrkrampfe. Lässt man vom Anfang an rasch einen Druck von 400 Atmosphären einwirken, so fallen die Krebschen wie ein Regen zu Boden, wo sie anscheinend leblos so lange liegen bleiben, als der Druck andauert. Nicht einmal die vorerwähnten Erscheinungen treten ein. Jedesmal, wenn man den Druck auch nur um 25 Atmosphären plötzlich steigert, werden die Thiere von einer einzigen heftigen Zuckung ergriffen; dann verfallen sie wieder in den Zustand der Ruhe. Reduciert man den Druck mit einemmale auf 100 Atmosphären oder auf Null, so nehmen sie sofort die Bewegungen in alter Weise auf, als sei nichts geschehen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Lässt man einen hohen Druck längere Zeit andauern, so erwachen die Thiere nach Aufhebung desselben nicht sofort, sondern erst nach mehreren Stunden aus ihrem Schlafe; setzt man den Druck über Gebür fort, so sterben sie. Damit ist jeder Zweifel beseitigt, dass nur die Druckerhöhung und nicht die Druckverminderung die geschilderten Zustände herbeiführe. Das Nervensystem wird durch den Druck anfänglich erregt, dann geschwächt. Daher treten zuerst die Erscheinungen des Starrkrampfes, hierauf die der Betäubung ein. Dauert der Druck fort, so findet eine langsame Durchtränkung der Gewebe mit Wasser statt. Die Untersuchung der Muskeln und Nerven ergab, dass deren Substanz mehr zusammengedrückt wird als ihre Scheiden und das Wasser selbst, und dass dieses den leeren Raum ausfüllt. Hört der Druck auf, so suchen zwar Muskel- und Nervensubstanz ihren Platz wieder einzunehmen, allein das überflüssige Wasser kann nicht so rasch entfernt werden: die Gewebe sind aufgedunsen und ihr Gewicht hat sich erhöht. Das Thier schläft fort, bis der Überschuss an Wasser abgestoßen wurde. Je länger der Druck dauert, umsoweniger ist eine Wiederherstellung der normalen Verhältnisse zu erwarten; die Veränderungen in dem Gewebe sind zu schwere. Der Schlaf wird von dem Tode abgelöst. Mit dem Wasser, sagt Regnard, geht es nicht anders wie mit anderen wichtigen Lebensbedingungen, so dem Sauerstoffe und der Wärme: Übermaß wie Mangel führen zuerst zum Scheintode, dann zum Tode.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Ich habe die Untersuchungen Regnards über die Wirkung des Druckes absichtlich ausführlicher gegeben, nicht allein weil sie so viel Wissenswertes enthalten, sondern auch weil ich die Empfindung in Ihnen wecken wollte, wie überlegen der wissenschaftliche Versuch noch so geistreichen Speculationen sei, wenn die Frage eine unmittelbare Beobachtung nicht gestattet.

Sie werden den Gegensatz sogleich herausfühlen, wenn ich die Lichtverhältnisse der Tiefe bespreche. Sie wissen, dass das Tageslicht aus verschiedenfarbigem Licht zusammengesetzt ist, aus Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett. Das Wasser hat die Eigenschaft, das Licht gewissermaßen durchzusieben. Ein Theil, und zwar ein nicht geringer, bleibt in den oberen Schichten, wird dort absorbiert, ein anderer geht tiefer. Der Taucher im Meere unterscheidet schon in Tiefen von 30 *m* nur schwer kleine in seiner Nähe befindliche Gegenstände, größere nimmt er nur bis auf Entfernungen von 7—8 *m* wahr. Die Färbung seiner Umgebung ist eine bläuliche. Das Wasser ließ also vorwiegend das blaue und violette Licht durch, Roth und Orange wurden bereits in den oberen Schichten aufgehalten. Aus dem gleichen Grunde sehen wir auch das Meerwasser von oben blau, weil die blauen Strahlen zurückgeschickt werden. Eine reizende Bestätigung liefern die „blauen Grotten“, so die berühmte auf der Insel Capri und die ihr nichts nachgebende auf der Insel Busi bei Lissa in Dalmatien. Das Licht, welches solche

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Grotten erleuchtet, muss den Weg durch das Wasser nehmen. Untersucht man es nach seinem Austritte mit dem Spektroskope, so findet man, dass das Roth, Orange und selbst ein Theil des Grün absorbiert wurden, und so erklärt sich das prachtvolle Azurblau, in welches die Wände der Höhle getaucht sind. Aber auch jene Strahlen, welche das Wasser weiter durchdringen, kann das menschliche Auge nur auf kurze Strecken verfolgen. 40 *m* unter dem Wasser sieht der Mensch schon fast nichts mehr. Man musste deshalb, abgesehen davon, dass das Tauchen in Tiefen von über 40 *m* mit den größten Beschwerden und Gefahren verbunden ist, ein empfindlicheres Prüfungsmittel suchen und verfiel auf die Bromgelatineplatten der Photographen, welche die Eigenschaft haben, von den violetten und ultraviolletten Strahlen geschwärzt zu werden. Diese reagierten nur bis zu Tiefen von 550 *m*. Darf man daraus den Schluss ziehen, dass das Reich der Tiefseethiere auch das Reich der Finsternis sei? Keineswegs, es ist nur die Grenze der Leistungsfähigkeit des menschlichen Auges und der Bromgelatineplatten bewiesen. Dazu kommt, dass das Schleppnetz zahlreiche Fische und Krebse mit hochentwickelten Sehorganen aus der Tiefe zutage förderte. Augen ohne Anwesenheit von Licht sind ganz unverständlich. Viele Anhänger fand die Meinung, die Beleuchtung des Meeresgrundes werde von den Thieren selbst besorgt. Wie ich in meinem Vortrage über das Meeresleuchten auseinandergesetzt, besitzen zahlreiche Seethiere, auch in der Tiefe, die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Fähigkeit, Licht zu erzeugen. Den Anstoß zur Lichtentwicklung gibt in erster Linie mechanische Reizung: unmittelbare durch Berührung der Thiere, mittelbare infolge der Bewegung des Wassers durch Wellenschlag u. s. w. An letztere ist in den ruhigen Gewässern und Tiefen nicht zu denken. Die mechanische Reizung der Thiere untereinander hängt vom Zufalle ab und könnte nur ein vorübergehendes spärliches Aufflackern von Licht bewirken. Diese auf den ersten Blick sehr hübsche Hypothese ist doch sehr gesucht und hat wie jede andere Hypothese den großen Nachtheil, dass sie die Forschungen in anderer Richtung unterbindet. Reine theoretische Berechnungen über die Absorption des Lichtes im Meerwasser stellten fest, dass ein völliges Erlöschen des Lichtes erst in unendlichen Tiefen stattfinde. In der Feinheit der Sinne sind viele Thiere dem Menschen überlegen, und es ist gar nicht anzuzweifeln, dass sie so viel und mehr leisten können als die Bromgelatineplatten, welche nicht einmal im Stande sind, auf das Licht gewisser selbst uns sichtbarer Gestirne zu reagieren. Thiere mit nächtlicher Lebensweise sehen bei dem matten Lichte des gestirnten Himmels viel besser als wir, Hunde kennen und verfolgen die Fährte ihres Herrn. Die Zukunft wird vielleicht jenen Recht geben, die behaupten, dass Lichtstrahlen ein mattes Dämmerlicht in die Tiefe tragen, welche weder von unserem Auge, noch von Bromgelatineplatten nachgewiesen, aber von den Tiefseethieren wahrgenommen werden können, weil sie Organe besitzen, die darauf eingerichtet sind.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Die Wissenschaft hat nach langer, mühevoller Arbeit den Schleier, welcher die Tiefen der See deckte, zum Theil wenigstens gelüftet. Manche Überraschung steht uns noch bevor. Mögen aber auch alle dunklen Punkte aufgeklärt werden, nach unserer Vorstellung wird das Heim der Tiefseethiere immer ein über alle Maßen elendes und das Leben daselbst ein an Entbehrungen überreiches bleiben. Ein Glück für die Wesen, welche jene schaurigen Einöden am Grunde alles erdrückender eisiger Wassermassen bewohnen, dass sie weder die Erinnerung an den warmen, lichten und nahrungsreichen Strand, den ihre Vorväter verließen, noch die verzehrende Qual des Sehnens nach einem unbekannten, unerreichbaren besseren Etwas kennen werden.

---

# 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: 1892

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Marenzeller Emil Edler von

Artikel/Article: Das Heim der Tiefseethiere. 149-177