

## Ueber den hydrostatischen Apparat des Nautilus Pompilius.

Von

Dr. Wilh. Meigen.

---

(Die nachstehende Abhandlung erschien zuerst als Beilage zum Programm des Gymnasiums zu Wesel vom Jahre 1869, ist aber bei dem vorliegenden Wiederabdruck den Zwecken dieser Zeitschrift entsprechend theilweise einer Umarbeitung unterworfen worden).

Die kleine Gruppe der Cephalopoden umfasst zwar nur einen verhältnissmässig sehr unbedeutenden Theil der gesammten Thierwelt, bietet dabei aber doch eine solche Fülle des Merkwürdigen und auch nicht bloss für den Fachmann Interessanten, dass sie in dieser Beziehung kaum irgend einer der übrigen Klassen des Thierreichs nachsteht. Von grossem Interesse ist schon die Geschichte der Entwicklung unserer Kenntnisse von dieser Thierklasse, von Aristoteles an, „aus dessen Schriften sich eine überraschend vollständige Naturgeschichte, Anatomie und Entwicklungsgeschichte der mittelmeerischen Dintenfische zusammenstellen lässt, so dass wir noch jetzt in manchen Punkten auf ihn als Quelle zurückgehen können“ (Keferstein), bis auf die Entdeckungen der letzten Decennien, an denen eine ganze Reihe der bedeutendsten Zoologen der Gegenwart und der jüngsten Vergangenheit thätigen Antheil genommen haben. Die vorliegende

Abhandlung nun bezweckt durchaus nicht, die Zahl dieser Entdeckungen durch Mittheilung einer neuen zu vermehren, sie verfolgt nothgedrungen ein bescheideneres Ziel. Eine, wenn auch unscheinbare, aber doch nicht ganz uninteressante und noch keineswegs nach allen Beziehungen hinlänglich aufgeklärte Erscheinung hat sie zum Gegenstande, und muss, in Anbetracht der nur unvollständig zu Gebote stehenden Hilfsmittel <sup>1)</sup>, sich damit begnügen,

1) Unter den von mir benutzten literarischen Hilfsmitteln sind vorzugsweise zu nennen:

- a) G. Johnston: Einleitung in die Konchyliologie. Deutsch von Dr. H. G. Bronn. Stuttgart, 1853.
- b) S. P. Woodward: A Manual of the Mollusca. London 1851—1856.
- c) C. Bergmann und R. Leuckart: Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs. Stuttgart 1855. — Für die vorliegende Abhandlung kommt namentlich der von Bergmann bearbeitete Abschnitt: »Lufträume in den Thieren in ihrem Verhältniss zur Bewegung,« S. 412—426, in Betracht.
- d) H. G. Bronn: Die Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Dritter Band, Malacozoa, fortgesetzt von W. Keferstein Leipzig und Heidelberg, 1862—1866. — Die Cephalopoden, welche den Schluss dieses Bandes bilden, sind ganz von Keferstein bearbeitet. Das sachliche Material habe ich vorzugsweise diesem Werke entnommen.
- e) F. A. Quenstedt: Handbuch der Petrefaktenkunde. 2. Aufl. Tübingen. 1867. — Von S. 388—474 sind die Cephalopoden abgehandelt, wobei die lebenden ebenfalls stets berücksichtigt sind.
- f) Joh. Czermak: Hydrostatische Apparate im Thierreiche. Im Programm des k. k. Josephstädter Gymnasiums in Wien für 1856.
- g) G. E. Rumphius: D' Amboinsche Rariteitkamer. Amsterdam, 1705. — Das zweite Buch enthält eine Abhandlung über den Nautilus major sive crassus, unsern Nautilus Pompilius, und darin die erste genaue Beschreibung des Thieres nebst Mittheilungen über dessen Lebensweise und den zugehörigen Abbildungen.

Es fehlten mir dagegen erstens die in den verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften zerstreuten Arbeiten über den Nautilus, dann aber auch das für die Naturgeschichte der Cephalopoden klas-

eine zusammenfassende, klare und übersichtliche Darstellung des Sachverhaltes zu geben, ohne den Anspruch zu machen, etwas wesentlich Neues zu bringen.

In den verschiedensten Klassen des zoologischen Systems kommen Thiere vor, welche im Besitz von Vorrichtungen sind, denen man mit mehr oder minder grosser Sicherheit eine Einwirkung auf das specifische Gewicht und dadurch auch auf die Bewegung des betreffenden Thieres, wenigstens insoweit dieselbe in einem flüssigen Medium vor sich geht, zuschreiben kann. Im Allgemeinen treten diese Apparate, die, jenachdem es sich um Bewegungen im Wasser oder in der Luft handelt, als hydrostatische oder als aërostatische bezeichnet werden, in der Gestalt von geschlossenen, mit Gas erfüllten Hohlräumen auf. In dieser Form scheinen sie auf den ersten Blick der ihnen beigelegten Function in sehr einfacher Weise genügen zu können, indem bei der grossen Elasticität des eingeschlossenen Fluidums ihr Volumen und also auch ihr specifisches Gewicht mit Leichtigkeit geändert werden kann. Bei genauer Untersuchung aller in Betracht zu ziehenden Umstände stösst man jedoch häufig sehr bald auf nicht geringe Schwierigkeiten, deren Nichtbeachtung zur Folge gehabt hat, dass selbst über so bekannte Dinge, wie z. B. die pneumatischen Knochen der Vögel und die Schwimmblase der Fische, falsche oder wenigstens mangelhafte Vorstellungen noch sehr verbreitet sind.

Bei den Cephalopoden sind die Schale und die mit derselben in Verbindung stehenden Theile, also namentlich noch der Siphon, diejenigen Organe, bei denen an eine hydrostatische Wirkung gedacht werden kann. Bekanntlich ist die Schale dieser Thiere theils eine innere, theils eine äussere, und zwar unterscheiden sich die beiden grossen Abtheilungen, in welche man seit

---

sich gewordene »Memoir on the Pearly Nautilus by R. Owen. London, 1832«, dessen wesentlicher Inhalt jedoch, soweit er hier in Betracht kommt, in die oben sub a, b und d genannten Werke übergegangen ist.

Owen die Klasse der Cephalopoden theilt, die Tetrabranchiaten und die Dibbranchiaten, unter andern auch dadurch, dass jene eine äussere, diese, wenn sie überhaupt im Besitz einer Schale sind, eine innere haben, mit alleiniger Ausnahme der Gattung *Argonauta*, deren Schale ebenfalls zu den äussern gehört.

Unter den inneren Schalen lassen sich drei Hauptformen unterscheiden. Die einen, häufig mit dem Worte *Schulp*<sup>1)</sup> bezeichnet, sind im Allgemeinen von platten- oder federförmiger Gestalt und haben ihre Lage in einer besonderen Tasche des Mantels an der Rückenseite des Thiers. Ihrer Substanz nach sind sie entweder ganz hornig (d. h. aus Chitin bestehend), wie bei *Loligo*, oder zum Theil hornig, zum Theil kalkig, wie bei *Sepia*, von welcher Gattung sie unter dem Namen Sepienknochen oder weisses Fischbein als obsoletes Arzneimittel sowie einiger technischer Anwendungen wegen allgemein bekannt sind. Die Schalen dieser Art können in keiner Weise irgend einen hydrostatischen Effect haben und brauchen daher hier nicht weiter in Betracht gezogen zu werden.

Die zweite Hauptform der inneren Schalen findet sich nur bei der ausgestorbenen Familie der Belemniten. Eine solche Schale besteht, wenn sie ganz vollständig ist, aus drei Stücken, die aber nur sehr selten alle drei sich vollkommen erhalten haben. Am häufigsten findet man das unter dem vulgären Namen *Donnerkeil* bekannte, in neuerer Zeit nach Huxley's Vorgange als *rostrum* bezeichnete fingerförmige Endstück, das aus einer soliden, nur am Grunde kegelförmig ausgehöhlten Kalkmasse besteht. In dieser Höhlung sitzt an vollständigen Exemplaren ein genau hineinpassender, durch Querwände in Kammern getheilte Körper, von Owen *Phragmoconus*, bei uns gewöhnlich *Alveole* genannt. An der einen Wand, der Bauchseite des Thiers entsprechend, zieht sich durch alle Kammern eine Röhre, der *Sipho*,

1) Das Wort *Schulp* oder *Schelp* ist holländisch und gleichbedeutend mit *Schale*.

hindurch. Nach vorn schliesst sich endlich noch ein horniges oder kalkiges Blatt an, das proostracum Huxley's.

Dass diese Schalen vermöge der in den Kammern des Phragmoconus enthaltenen Luft eine Einwirkung auf das specifische Gewicht des Thiers ausgeübt haben, ist nicht undenkbar, doch lässt sich darüber, da eine directe Beobachtung nicht mehr möglich ist, schwer etwas feststellen.

Die dritte Klasse der inneren Schalen kommt nur bei der einen Gattung Spirula vor. Denkt man sich den Phragmoconus eines Belemniten zu spiralförmig in einer Ebene liegenden, sich nicht berührenden Windungen zusammengebogen, so erhält man die Spirulaschale. Die Substanz derselben ist jedoch nicht, wie bei jenen, reine Kalkmasse, sondern Perlmutter. Ausserdem ist dieses schneckenförmige Gehäuse nicht, wie die beiden andern Arten von inneren Schalen, ganz im Innern des Thierkörpers verborgen, sondern umgekehrt steckt ein allerdings nur kleiner Theil von dem Hinterende des Thiers in der äussersten Kammer der Schale <sup>1)</sup>, so dass man versucht sein könnte, diese für eine äussere zu halten, was auch vielfach geschieht. Da sie aber von einem auf jeder Seite herabhängenden Lappen des Mantels fast ganz bedeckt wird, und diese Lappen noch ausserdem an ihrem hintern Ende in ziemlicher Ausdehnung zusammengewachsen sind, so erhält sie doch ganz den Anschein einer inneren Schale und wird auch meistens als solche bezeichnet. Jedenfalls bildet sie aber den Uebergang

---

1) Ob von dem Körper des Thieres ein Fortsatz in die Kammern hineinragt, ist zwar nach der Analogie von Nautilus höchst wahrscheinlich, scheint aber doch aus den anatomischen Untersuchungen von Owen und Blainville nicht mit Sicherheit hervorzugehen, wenigstens drückt Keferstein a. a. O. S. 1332 sich nur vermuthungsweise darüber aus: » — während ein Fortsatz dieses (Eingeweide-) Sackes sich als Siphon durch alle Kammern in jener schaligen Siphonalröhre laufend hindurchziehen wird.«

zu den äussern 1), und hinsichtlich ihrer Function schliesst sie sich ohne Zweifel ganz und gar an diese an.

Äussere Schalen finden sich, wie bereits bemerkt, unter den Caphalopoden nur bei den Tetrabranchiaten, und zwar bei allen, und dann noch bei der zu den Di-branchiaten gehörenden Gattung Argonauta. Eine eingehende Behandlung dieser letztern, die in mehrfacher Beziehung sich als eine höchst merkwürdige Bildung erweist, liegt nicht im Plane der gegenwärtigen Arbeit 2).

1) Vielfache Uebergänge verbinden übrigens auch die erste Form mit der zweiten. Die federförmige Schale von *Onychoteuthis* trägt an der Spitze einen soliden, die von *Ommastrephes* und *Loligopsis* einen ausgehöhlten Kegel; auch am Sepienknochen zeigt sich ein kleiner Endkegel, und in den schräg gegen die Fläche desselben einfallenden Kalkschichten kann man allenfalls eine Andeutung von den Scheidewänden des gekammerten Theils der Belemnitenschale finden.

2) Die Schale von *Argonauta*, der *Papiernautilus*, weicht in mehrfacher Beziehung von allen übrigen Weichthierschalen ab. Auffallend ist schon, dass sie ein anderes Windungsgesetz befolgt, wie die andern, indem sie, wie Prof. Heis gefunden hat, nach einer parabolischen Spirale gebildet ist, während sonst die logarithmische (bei den meisten Cephalopoden, insbesondere auch bei *Nautilus Pompilius*) oder die von *Naumann* als *Conchospirale* bezeichnete Curve, von welcher die logarithmische nur ein specieller Fall ist, die Windungen der spiraligen Molluskengehäuse bestimmt. Wunderbar ist ferner, dass nur das weibliche Thier eine Schale besitzt, während das erst seit 1850 bekannte, viel kleinere, auch im Uebrigen sehr abweichend gebaute Männchen sich ohne eine solche behelfen muss. Endlich ist es eine einzig in ihrer Art dastehende Erscheinung, dass der Argonaut ganz lose in seiner Schale sitzt, ohne an irgend einer Stelle organisch mit ihr verbunden zu sein, so dass man eine Zeitlang geneigt war, ihn für einen parasitischen Eindringling zu halten, während der ursprüngliche Verfertiger und Besitzer noch unbekannt sei. Bekanntlich ist diese Vermuthung durch die von *Sander Rang* und Anderen bestätigten Beobachtungen der Frau *Jeannette Power* in *Messina* widerlegt worden. Man weiss seitdem, dass der Argonaut sein Schiff selber baut, und zwar vermöge einer Absonderung der beiden dorsalen, am Ende flächenartig erweiterten Arme, eine Entstehungsweise, die ebenfalls kein Analogon in der übrigen Thierwelt hat. Es erklärt sich dadurch aber

Die Tetrabranchiaten, in der gegenwärtigen Schöpfung nur vertreten durch die Gattung Nautilus mit wenigen (4—6), im indischen und grossen Ocean lebenden Arten, von denen Nautilus Pompilius die am häufigsten vorkommende und daher bekannteste ist, besitzen eine Schale, die, durch eine Absonderung der äusseren Fläche des Mantels gebildet und nirgends von einem Theile des Thierkörpers umschlossen <sup>1)</sup>, mit vollem Rechte als eine äussere bezeichnet werden kann. Die hydrostatische Wirkungsweise derselben soll auf den folgenden Blättern im Einzelnen untersucht werden, und zwar knüpft sich die Besprechung naturgemäss an den Nautilus Pompilius an, als den Hauptrepräsentanten dieser Abtheilung.

sowohl der Mangel eines Zusammenhanges zwischen Körper und Schale, als auch das Fehlen der letzteren beim männlichen Thier, da diesem die Erweiterung jener Arme gleichfalls abgeht. Ueber die hydrostatischen Beziehungen der Schale sind in der mir zugänglichen Literatur keine Angaben zu finden. Das von Aristoteles behauptete Segeln der Argonauta wird gegenwärtig auf die Autorität von Verany hin allgemein für eine Fabel gehalten, da für die beiden angeblich als Segel gebrauchten Arme sich eine ganz andere Function ergeben habe, das Segeln selbst auch niemals (in neuerer Zeit!) beobachtet worden sei. Ich kann indessen nicht umhin, dem vollständig beizupflichten, was Aubert in seiner Abhandlung über die Cephalopoden des Aristoteles (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XII, und daraus als besonderer Abdruck, Leipzig 1862) darüber sagt, wonach die Sache noch keineswegs als so rein abgethan angesehen werden darf, wie man gewöhnlich annimmt. Dass ein und dasselbe Organ zu verschiedenen Verrichtungen dient, kommt ja häufig genug vor, so dass etwas Befremdendes nicht darin gefunden werden kann, wenn jene beiden Arme, denen immerhin die Erzeugung der Schale als Hauptfunction zukommen mag, daneben auch noch als Bewegungswerkzeuge auftreten. Ausserdem ist dies ja auch von Verany selbst direct beobachtet worden. Dass aber von ihrer Verwendung als Ruder, die Verany gesehen hat, aber nur selten und nur bei windstillem Wetter, bis zu dem, was Aristoteles berichtet, nur ein sehr kleiner Schritt sei, wie Aubert hervorhebt, kann wohl nicht bestritten werden.

1) Nur an der innern Seite der Mündung wird ein Theil der Schale von einem Lappen des Mantels bedeckt, der dort eine schwarze Schicht absetzt, nach deren Entfernung erst die schönen Farben der Porzellanschicht zum Vorschein kommen.

Die Schale dieses Thiers, durch ansehnliche Grösse, schönen Farbenschmuck und ansprechende Regelmässigkeit der Gestalt ausgezeichnet und unter dem Namen Schiffsboot oder Perlboot ein sehr gewöhnlicher Bestandtheil der Conchyliensammlungen<sup>1)</sup>, besteht aus mehreren spiralförmigen, symmetrisch in einer Ebene liegenden Windungen, deren letzte und grösste die übrigen vollständig umschliesst, so dass von aussen nur sie zu sehen ist. Auf der Aussenseite ist die Schale mit einer matten Schicht von sogenannter Porzellansubstanz bedeckt, derselben Masse, welche der Hauptsache nach auch die Schalen der Schnecken und Muscheln bildet; die viel dickere innere Lage dagegen besteht aus glänzender Perlmuttersubstanz. Der Innenraum sämmtlicher Windungen ist, ähnlich wie bei Spirula, durch eine grosse Anzahl querstehender, nach vorn concaver Scheidewände, die ebenfalls aus Perlmutter bestehen, in Kammern getheilt. Jede dieser Scheidewände hat in der Medianebene der Schale eine runde Oeffnung, nach hinten mit einem röhrenförmigen, aus derselben Substanz bestehenden Ansatz, der Siphonaltute. Nur die äusserste, nach vorn offene Kammer wird von dem Thiere bewohnt, ist aber

---

1) So häufig die Schale in unseren Sammlungen ist, eine so grosse Seltenheit ist das Thier und nur in wenigen Exemplaren bis jetzt in die Hände europäischer Naturforscher gekommen, ob schon es in seinem Vaterlande keineswegs zu den Seltenheiten gehört und von den Eingeborenen daselbst häufig gefangen und verzehrt wird. Nachdem der deutsche Kaufmann Georg Eberhard Rumph aus Hanau, der gegen Ende des 17. Jahrhunderts lange Zeit auf der molukkischen Insel Amboina lebte, die erste Beschreibung und Abbildung gegeben hatte (s. oben S. 2 Note), dauerte es bis zum Jahre 1832, ehe wieder eine neue Publication über das Thier des Nautilus erfolgte. Es war dies das berühmte Memoir of the Pearly Nautilus von Richard Owen, dem ein von Georg Bennet bei Erromanga, einer zu den Neu-Hebriden gehörenden Insel, gefangenes Exemplar zum Grunde lag. Seitdem sind von mehreren Seiten Nachträge geliefert worden. von Valenciennes, Vrolik und Anderen, zuletzt (1865) von W. Keferstein in Göttingen, dem beide Geschlechter des Thiers zur Untersuchung vorlagen.

gross genug, um dasselbe in zusammengezogenem Zustande ganz in sich aufzunehmen.

Der Zusammenhang zwischen dem Nautilus und seinem Gehäuse ist ein dreifacher. Als eigentliches Befestigungsmittel des Thiers an der Schale sind zwei grosse Muskeln anzusehen, die Körper- oder Schalenmuskeln, die, auf jeder Seite vom Kopfknorpel entspringend, nach kurzem Verlauf an der Innenseite der Schale sich ansetzen und damit verwachsen. Ausserdem ist aber zweitens der Mantel ungefähr in derselben Gegend, wo jene Muskeln sich anheften, auch noch mit einem schmalen, ringförmigen Streifen rund herum, wenn auch in mehrfachen Biegungen, an die Schale angewachsen, so dass dadurch der Zutritt des vorn an der Mündung frei eintretenden Wassers zu dem hinter diesem Ringe liegenden Theile der Wohnkammer verhindert wird. Drittens endlich zieht sich von dem hintern Körperende ein dünner, röhrenförmiger, häutiger Fortsatz, der Siphon, vermöge der in den Scheidewänden befindlichen Löcher durch die sämtlichen Kammern des Gehäuses hindurch <sup>1)</sup>.

Ob nun diese Organe dem Nautilus bei seinen Bewegungen im Wasser von irgend welchem Nutzen sind, darüber lässt sich mit Sicherheit nicht eher urtheilen, als bis man weiss, was durch directe Beobachtung über diese Bewegungen, wie über die Lebensweise des Thiers überhaupt festgestellt ist.

Nach Rumph sowohl wie nach G. Bennet, den einzigen, deren Bericht auf eigener Anschauung beruht <sup>2)</sup>,

---

1) Einen solchen Siphon besaßen, wie aus der obigen Darstellung erhellt, auch die Belemniten, ebenso ist er bei Spirula vorhanden. Seine Function ist wohl ohne Zweifel überall dieselbe.

2) Den von Rumph gegebenen Bericht in seiner einfach-naiven Darstellung wird man nicht ohne Vergnügen lesen und auch ohne besondere Schwierigkeit verstehen, selbst wenn man kein besonderer Kenner des Holländischen ist. Die Hauptstelle lautet: »Wanneer hy aldus op't water dryft, zo steekt hy het hoofd met alle de baarde uit, en spreid dezelfe op't water, met de achtersteeven of krul altyd boven water, maar op den grond kruipt hy omgekeerd, met het bootje om hoog, en met den kop en baarden op den grond, maa-

ist der gewöhnliche Aufenthaltsort des Nautilus der Meeresgrund in einer Tiefe bis zu 30 Faden. Dort liegt er meistens zwischen Steinen und dergleichen versteckt, die Schale nach unten gekehrt, die Tentakeln weit ausgebreitet, um auf Beute, besonders Krebse, zu lauern. Oft sieht man ihn aber auch mit ziemlicher Geschwindigkeit umherkriechen, wobei er manchmal, wie schon Rumph erzählt, in die Fischkörbe hineingeräth, was, nach dem Bericht von Macdonald, von den Fidji-Insulanern benutzt wird, um ihn zu fangen. Beim Kriechen hat er, wie alle Cephalopoden, den Kopf nach unten gerichtet und trägt also die Schale, wie eine Schnecke ihr Haus, über sich. Er kann diese Bewegung wohl nur mit Hülfe der Tentakeln ausführen, obschon die fadenförmige Bildung derselben wenig dazu geeignet scheint <sup>1)</sup>. Zu Zeiten

kende eenen redelyk radden voortgang. Hy houd zich meest op den grond, kruipt zomtyds ook in de visch-fuiken of bobbers, maar na een storm, als het weer stil word, ziet men ze met troepen opt water dryven, zynde buiten twyffel door de ongestuimigheid der baaren opgeligt, waar uit men bemerket, dat ze op den grond zich ook met troepen by malkander houden. Dit dryven duurt echter niet lang, want alle de baarden intrekken, keerd hy zyn bootje om en gaat weer te grond. Daer en tegen de leege schaal vind men dikwils dryven, of op den strand gesmeeten, want die weerlose dier geen dekzel hebbende, is een prooy voor Krabben, Haijen en Kaimans, weshalven men de schaal aan de kanten meest geknaagt vind, en dewyl hy niet vast aan zyn schaal hangt konnen ze hem licht daar uit trekken, en laten de leege schal dryven. De Jonge schepzels van dezen Nautilus, noch niet grooter dan een schelling zynde, zyn schoon Parlemoer verwig van buiten en binnen, zoo dat de ruige schaal eerst metter tyd dar over groeit, 't welk van't voorste deel of het bootje af begint.« A. a. O. S. 61.

1) Wenn es auch schwer ist, sich eine Vorstellung davon zu machen, wie der Nautilus mit Hülfe der fadenförmigen Tentakeln im Stande ist, sich vorwärts zu ziehen oder zu schieben, so dass Keferstein wohl aus diesem Grunde bemerket, die Mittel des Fortkriechens seien ihm nicht ganz klar, so kann man ihnen doch deswegen diese Function nicht absprechen, da dem die ausdrückliche, augenscheinlich auf directer Beobachtung, nicht auf blosser Vermuthung beruhende Aussage von Rumph entgegensteht: »Alle deze vingers kann hy intrekken en uitschieten naar believen, die hem

treibt er aber auch schwimmend an der Oberfläche des Meeres einher mit weit aus der Mündung der Schale vorragendem Körper und ausgespreiteten Tentakeln, das Hinterende seines Bootes über dem Wasser. Dieses Schwimmen dauert jedoch nicht lange, dann zieht er sich in die Schale zurück, diese kippt um, und so sinkt er köpflings in die Tiefe. Ob er aus freien Stücken nach oben kommt oder nur durch die Wellen emporgehoben wird <sup>1)</sup>, ist zweifelhaft; Rumph scheint das letztere anzunehmen, jedenfalls ist das erstere nicht bewiesen. Wie dem aber auch sei, sicher ist, dass er eine Zeitlang an der Oberfläche des Wassers zu schwimmen vermag, und zwar ist dieses Schwimmen, wie sich schon aus dem von den Beobachtern dafür gebrauchten Ausdruck „Treiben“ schliessen lässt, sicherlich ein natürliches. Zwar wird der Nautilus ebenso gut wie die zweikiemigen Cephalopoden durch die Athembewegungen des Mantels und den dadurch erzeugten Rückstoss des Wassers eine rückgängige Bewegung durch das Wasser hin zu machen im Stande sein, doch ist der ganze Bau der Schale sowohl wie des Thieres einer solchen Schwimmaction keineswegs günstig und lässt es fast als eine Unmöglichkeit erscheinen, dass er dadurch allein vermögend sei, vom Grunde des Meeres an die Oberfläche zu gelangen und sich dort schwimmend zu erhalten. Daraus folgt mit Nothwendigkeit, dass das specifische Gewicht seiner Gesamtmasse zeitweise geringer, zeitweise aber auch grösser ist, wie das des Meerwassers, ersteres, wenn er an der Oberfläche, letzteres, wenn er an seinem gewöhnlichen Aufenthaltsorte, dem Meeresboden, sich befindet.

---

dienen niet alleen voor voeten in het kruipen, maar ook voor handen om zyn aas aan te vatten, en naar den mond te brengen.« (A. a. O. S. 60.) Immerhin kann ausserdem auch noch die s. g. Kopfkappe mitwirken, vermuthlich auf ähnliche Art wie der Fuss der Schnecken.

1) Wenn man, wie gewöhnlich, annimmt, dass die Wirkung der Wellen höchstens bis zu einer Tiefe von 15 Faden reicht, so würde er allerdings an seinem normalen Aufenthaltsorte häufig ausser deren Bereich sein.

Es fragt sich nun, durch welche Mittel diese Veränderung des specifischen Gewichts ermöglicht wird.

Dass die Schale mit ihren zahlreichen Kammern dabei eine Hauptrolle zu spielen hat, liegt sehr nahe, ist auch von jeher als unzweifelhaft angesehen worden. Es wird sich also zunächst darum handeln, festzustellen, welcher Art der Inhalt dieser Kammern sei, ob Wasser, ob Luft, oder ob sie vielleicht ganz leer sind. Wasser hat man in möglichst frisch untersuchten Exemplaren niemals darin gefunden; es ist auch nicht recht zu ersehen, auf welchem Wege es in diese geschlossenen Räume hineinkommen sollte. Durch den Zwischenraum zwischen dem Siphon und dem Rande der in den Scheidewänden befindlichen Oeffnungen kann es nicht eindringen, denn dieser Zwischenraum steht nur in Verbindung mit dem hintern Theile der Wohnkammer, welcher durch den oben erwähnten ringförmigen Mantellappen gegen das äussere Wasser abgesperrt ist. Dass aber Wasser von der innern Körperhöhle aus durch die Haut des Siphon in die Kammern gewissermassen hineinfltrirt werden könnte, ist kaum anzunehmen, namentlich wenn man berücksichtigt, dass der Siphon, ausser von der nur kurzen Siphonaltute, auch noch von einer kalkigen Haut, der Siphonalscheide, umgeben ist, die allerdings beim lebenden Nautilus nur sehr dünn, bei manchen seiner fossilen Verwandten aber dick und stark genug ist, um den Gedanken an ein Durchdrungenwerden von einer tropfbaren Flüssigkeit nicht aufkommen zu lassen. Höchstens könnte dies in der ersten Jugend des Thieres geschehen, bevor noch die Siphonalscheide ausgebildet ist. Dann aber würde bei einer vollständigen Erfüllung der Kammern mit Wasser, dessen Menge doch nicht beliebig geändert werden könnte, die als nothwendig erkannte Veränderlichkeit des specifischen Gewichts sich schwerlich erzielen lassen; bei einer unvollständigen Erfüllung aber würde das Wasser (oder welche Flüssigkeit sonst durchgeschwitzt wäre) ganz oder theilweise verdunsten, und dann wäre dieser luftförmige Inhalt der Kammern, dessen Vorhandensein sich auch aus dem Folgenden als nothwendig

ergibt, das Wesentliche, das etwa noch übrig gebliebene Wasser aber Nebensache. Dass nämlich die Kammern nicht ganz leer sein können, ist gleichfalls aus theoretischen Gründen unschwer nachzuweisen. Zunächst erscheint es schon sehr fraglich, ob dann die Schale den auf ihr lastenden Druck, der in einer Tiefe von 30 Faden, bis zu welcher der Nautilus ja vorkommen soll, mehr als sechs Atmosphären beträgt, auszuhalten vermöchte, ohne zerdrückt zu werden <sup>1)</sup>, wenn auch allerdings ihre Widerstandskraft durch die wie Strebepfeiler wirkenden Scheidewände bedeutend verstärkt ist. Jedoch auch abgesehen davon, so würde der mit dem Innenraum der Kammern durch den Siphon in Connex stehende Körper des Thieres unter einem Drucke von sechs Atmosphären zum mindesten mit seinen flüssigen Bestandtheilen in den Siphon hineingedrängt und dieser, wenn auch nicht gesprengt, so doch wenigstens gezwungen werden, gasförmige Theile seines Inhaltes an den leeren Kammerraum abzugeben. Jedenfalls wird dies geschehen, solange die Siphonalscheiden entweder noch gar nicht gebildet oder doch noch dünn genug sind, um für Gase permeabel zu sein, also in der Jugend des Thieres. Somit ergibt sich also nicht bloss, dass die Kammern nicht ohne Inhalt sein können, sondern auch, dass dieser Inhalt aus Luft bestehen muss. Der allgemein gebräuchliche Ausdruck Luftkammern ist demnach vollkommen gerechtfertigt. Bestätigt wird die Sache endlich noch dadurch, dass man bei frischen Exemplaren wirklich Luft darin gefunden hat. Dass diese nicht erst nachträglich bei der Untersuchung hineingekommen ist, geht daraus hervor, dass sie bedeutend mehr Stickstoff, als die atmosphärische, und gar keine Kohlensäure enthielt <sup>2)</sup>.

Aus dem Vorstehenden lässt sich aber auch noch die Entstehungsweise der Kammern mit ihrem Luftgehalte erklären, sowie die eigentliche Function des Siphon ab-

1) Nach einer Notiz bei Woodward a. a. O. S. 83 werden leere, gut verkorkte Flaschen in einer Tiefe von 100 Faden stets zerdrückt.

2) Es scheint allerdings nur eine einzige Analyse darüber zu

leiten. Indem das Thier die Schale als eine Absonderung seiner Körperhülle herstellt (und zwar die äussere oder Porzellanschicht aus dem Mantelrande, die innere oder Perlmutter-schicht aus dem s. g. Körpersack) und bei fortschreitendem Wachsthum durch Bildung neuer Ansatzstreifen am äusseren Rande fortwährend vergrössert, zieht es sich gleichzeitig aus dem hinteren Theile derselben allmählich zurück, was ihm nur möglich wird durch Erfüllung dieses leer werdenden Raumes mit ausgeschiedenen Gasen. Es verlässt denselben aber nicht ganz, denn der oft erwähnte röhrenförmige Fortsatz seines Körpers, der Siphon, bleibt darin. Bei diesem langsamen Vorrücken des Thieres müssen natürlich auch die Schalenmuskeln mit ihren Ansatzpunkten nach vorn rücken, was aber sicherlich nicht nach d'Orbigny's Ansicht <sup>1)</sup> sprungweise durch Loslassen, Vorstrecken und neues Anheften derselben geschieht, sondern stetig, indem sie vorn wachsen und hinten resorbirt werden. Tritt nun im Wachsthum des Thieres eine Periode des Stillstandes ein, während deren es nicht weiter nach vorn rückt, so wird auch die bisherige Gasausscheidung, weil keine Nöthigung mehr dazu vorhanden ist, sehr nachlassen und statt ihrer die an den übrigen Theilen des Körpersackes fortwährend im Gange befindliche Kalkabsonderung auch hier beginnen resp. zunehmen. Dadurch bildet sich denn hinter dem Thiere eine Scheidewand, welche den verlassenen Theil der

---

existiren, von van Breda, mitgetheilt von Vrolik (s. Keferstein a. a. O. S. 1342). Dass das eingeschlossene Gas, wie Keferstein meint, mit der Luft im Wasser vermöge der Diffusion durch die Schalenwand in Austausch tritt, ist zwar nicht unwahrscheinlich, vorläufig aber doch noch ohne Beweis, für den hydrostatischen Effect übrigens ganz gleichgültig.

1) D'Orbigny wurde durch seine Theorie von dem stossweisen Vorrücken des Thieres in der Schale veranlasst, die Bedeutung des Siphon vorzugsweise darin zu suchen, dass derselbe während der Zeit, wo die Schalenmuskeln losgelassen haben und also ihrem Zwecke, das Thier in der Schale zu befestigen, nicht genügen können, diese Function übernehme. Auch Leopold von Buch hielt den Siphon für ein blosses Haftorgan.

Schale abkammert, natürlich aber vom Siphon durchbohrt wird. Um diesen selbst herum scheidet sich jetzt gleichfalls Kalkmasse aus, welche zunächst der Scheidewand die Siphonaltute bildet, weiter nach hinten, wo vermuthlich auch jetzt noch etwas stärkere Gasdiffusion stattfindet, die viel dünnere Siphonalscheide. Beginnt das Wachsthum wieder, so wiederholt sich der ganze Process, so dass demnach, wie Woodward sagt, die Scheidewände die periodischen Stillstände im Wachsthum anzeigen. In welchen zeitlichen Zwischenräumen diese eintreten und wie lange sie jedesmal dauern, ist noch ganz unbekannt.

Auch auf die Function des Siphon lassen sich nun mit einiger Wahrscheinlichkeit Schlüsse ziehen. Dass er kein blosses Haftorgan ist, wie Leopold von Buch und d'Orbigny annehmen, ist sofort klar, geht ausserdem auch schon daraus hervor, dass zur Befestigung des Thieres die grossen Schalenmuskeln ohne Zweifel genügen. Ebenso wenig lässt sich die von mehreren Seiten beifällig aufgenommene Ansicht aufrecht halten, dass er als Brutstätte diene. J. Hall begründete diese von allen andern weit abweichende Theorie darauf, dass bei manchen fossilen Tetrabranchiaten (bei Orthoceratiten, namentlich bei der danach benannten nordamerikanischen Gattung *Endoceras*) im Innern des Siphon Kalkmassen sich finden, welche kleinen Schalen derselben Art gleichen und von ihm für Junge angesehen wurden. Entweder sind dies wirklich kleine Orthoceratiten, welche dann aber wohl nur zufällig dorthin gelangt sind, oder, was wahrscheinlicher, es sind bloss Kalkabsonderungen des Siphon, die in den mannigfaltigsten Formen auch bei andern Gattungen (*Actinoceras*, *Huronia* u. a.) an derselben Stelle sich finden. Dagegen hat die von Quenstedt zuerst aufgestellte und von Fr. Edwards weiter entwickelte Ansicht über die Bedeutung des Siphon weit mehr für sich. Quenstedt sagt: „Das Absterben der leeren Kammern (Dunstkammern) zu verhüten, mussten sämmtliche durch einen Strang (Siphon) mit dem Körper in Verbindung bleiben (a. a. O. S. 400).“ Auch bei Schnecken kommt es nämlich vor, dass das Thier den hintern

Theil der Schale verlässt und denselben dann durch eine Scheidewand von dem vorderen, bewohnten Theile abgränzt. Dieser Vorgang wiederholt sich auch wohl, so dass eine ganze Anzahl solcher Scheidewände gebildet werden. Gewöhnlich werden dann aber die abgekammerten Theile abgestossen und gehen verloren, sie sterben ab, weil sie nicht mehr in organischer Verbindung mit dem Körper des Thieres stehen <sup>1)</sup>. Bei Nautilus nun, meinen die Verfechter dieser Theorie, und bei den Tetrabranchiaten überhaupt wird dieses Absterben verhütet durch den Siphon, der die hinteren Kammern in lebendiger Verbindung mit dem Thiere erhält. Es ist nach dem Obigen nicht zu leugnen, dass der Siphon diese Wirkung haben kann, schwerlich aber ist dies sein einziger Zweck. Denn einerseits lässt sich dagegen einwenden, wie schon von Saemann geschehen, „dass es eine Eigenthümlichkeit im Schalenbau ist, wenn die verlassenen Theile sich verändern und abgestossen werden und dass bei Weitem die Uebersahl der Conchylien sich auch unter den ungünstigsten Verhältnissen lange fest und frisch erhalten.“ Andererseits hat Barrande Orthoceratiten entdeckt, welche trotz ihres Siphons die hinteren Kammern abgestossen haben <sup>2)</sup>. Offenbar muss also der Siphon auch noch einen andern Zweck haben, und der kann wohl nur darin erblickt werden, dass er die nothwendige Wechselwirkung zwischen dem gasförmigen Inhalt der Luftkammern und dem Körper herstellt, welche erforderlich ist, um das eingeschlossene Gas beständig im normalen Zustande zu erhalten, sowohl hinsichtlich

1) Bei einzelnen Arten der Gattungen *Bulimus*, *Melania*, *Cerithium* u. a. geht sehr regelmässig die Spitze des Gewindes auf diese Art verloren, so dass man dieselben sogar danach benannt hat: *Bulimus decollatus*, *Melania decollata*, *Cerithium decollatum*, *Truncatella truncatula* u. s. w.

2) Barrande schreibt diese Eigenthümlichkeit namentlich seinem *Orthoceras truncatum*, sowie allen Arten der Gattung *Asco-ceras* zu. Quenstedt verhält sich gegen diese Angaben stark zweifelnd (a. a. O. S. 405 f.), während Keferstein sie unbedenklich gelten lässt (a. a. O. S. 1425).

der Qualität, der chemischen Zusammensetzung, als auch hinsichtlich der Quantität, mithin auch der Tension. Wenn das Thier längere Zeit unter einem Drucke von sechs Atmosphären steht, so muss die Gasmenge der Kammern allmählich zunehmen, bis ein Gleichgewichtszustand zwischen dem inneren und äusseren Druck sich hergestellt hat. Erfolgt nun durch irgend eine Ursache, mag dieselbe im freien Willen beruhen oder in einem zufälligen äusseren Ereignisse zu suchen sein, eine Versetzung an die Oberfläche, so muss die Sache den entgegengesetzten Verlauf nehmen. Auf alle Fälle aber kann dieser Gasaustausch nur langsam durch die Umhüllungswand des Siphos hindurch vor sich gehen<sup>1)</sup>, und also unmöglich

1) Durch die Wand des Siphos zieht sich eine feine Arterie, welche in der Nähe des Herzens aus der kleinen Aorta entspringt. Bei dem im Text erwähnten Gasaustausch kann also zunächst das diese Arterie durchströmende Blut functioniren. Dann steht ferner der Innenraum des Siphos mit der Körperhöhle, dem s. g. Pericardialraum, in Verbindung. Dieser enthält erstens das frei die Eingeweide umspülende Blut (welches von dort erst durch die Hohlvene und weiter durch die Kiemenarterien den Athmungsorganen zugeführt wird), communicirt zweitens aber auch durch besondere Oeffnungen mit der Mantelhöhle und kann also von dieser aus auch Wasser aufnehmen. Beide Flüssigkeiten, Blut und Wasser, können demnach auch in das Innere des Siphos gelangen, um sich daselbst ebenfalls an der Gasdiffusion zu betheiligen. Dabei wird nun freilich beständig vorausgesetzt, dass nicht bloss die häutige Wand des Siphos, sondern auch die denselben noch ausserdem umgebende Scheide dem Durchgange von Gasen kein dauerndes Hinderniss entgegengesetzt, eine Voraussetzung, welche bei Nautilus jedenfalls zulässig ist, da bei diesem jene Scheide, wenn auch kalkhaltig, doch sehr dünn ist. Bei denjenigen Orthoceratiten aber, bei welchen dicke Kalkablagerungen um den Siphos herum sich finden, wird die Gasausscheidung vor Bildung dieser Ablagerungen stattgefunden haben, wenn überhaupt bei diesen Geschöpfen die Kammern Luft enthalten haben, was für sie keineswegs mit solcher Bestimmtheit sich behaupten lässt, wie für den Nautilus und seine nächsten Verwandten unter den fossilen Tetrabranchiaten. Denn warum sollten die Orthoceratiten nicht ihren ständigen Aufenthalt am Grunde des Wassers gehabt und eines hydrostatischen Apparates daher gar nicht bedurft haben? Ist es doch immerhin fraglich, ob das, was man als solchen deutet, diese Function wirklich gehabt hat.

diejenigen Aenderungen im specifischen Gewicht der Gesamtmasse eintreten lassen, welche zu den binnen kurzer Zeit erfolgenden Bewegungen des Thieres nach oben oder unten nothwendig sind, eine hydrostatische Wirkung kann dadurch also nicht hervorgebracht werden. Allerdings erklärt man sich diese gewöhnlich auch in anderer Weise, und damit kommen wir wieder auf die Frage zurück, ob die Kammern, deren Luftgehalt jetzt also als feststehend angesehen werden kann, auf die erwähnten Aenderungen im specifischen Gewicht von Einfluss sind oder nicht.

Nehmen wir zunächst an, das in den Kammern enthaltene Gas habe die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, so lässt sich durch einen einfachen Versuch entscheiden, ob es das Thier mitsammt seiner Schale im Wasser zu tragen vermag oder nicht. Man verstopft den Siphon und bestimmt zunächst das Volumen der Wohnkammer, lässt dann die Schale auf Wasser schwimmen (wobei sie von selbst eine solche Lage annimmt, dass die Mündung nach unten kommt) und ermittelt dasjenige Gewicht, welches erforderlich ist, um sie zum Untersinken zu bringen, so sind diese Data genügend, um die Grösse des etwa vorhandenen Auftriebes zu bestimmen, vorausgesetzt, dass Volumen und Gewicht des Thieres ebenfalls bekannt sind. Ueber das letztere, das Gewicht des Thieres, haben wir freilich gar keine Angaben und über das erstere, das Volumen, nur die weiter unten erwähnte von Woodward, doch lässt sich jenes wenigstens annähernd berechnen <sup>1)</sup> und dieses kann man, auch abge-

1) Die Angaben über das specifische Gewicht des menschlichen Körpers schwanken zwischen 0,9 und 1,1, die Durchschnittszahl 1 möchte aber als solche wohl etwas zu niedrig sein, da bei jenen Grenzzahlen die Anzahl der Fälle noch zu berücksichtigen ist, und die niedrigen Zahlen doch verhältnissmässig selten vorkommen werden. Der Nautilus, als ein knochenloses Thier, ist jedenfalls specifisch leichter als der Mensch, aber doch wohl, wie sich aus der Analogie mit anderen ähnlichen Geschöpfen schliessen lässt, schwerer als das Meerwasser, für welches die Mittelzahl 1,026 angegeben wird.

sehen von der Woodward'schen Angabe, ohne besonderen Fehler gleich dem der Wohnkammer setzen. Die Resultate eines hierher gehörigen, von Quenstedt angestellten Versuchs entnehme ich dem Werke von Keferstein <sup>1)</sup>. Eine Nautiluschale trug in Süßwasser 52,7 Gramm, und die Wohnkammer fasste 900 Kubikcentimeter. Nimmt man das specifische Gewicht des Nautilusfleisches zu 1,08, das des Meerwassers zu 1,03 an, so findet sich, dass die Schale im Meerwasser 54,3 Gramm trägt, und dass 900 Kubikcentimeter Meerwasser 927 Gramm wiegen, dagegen der die Wohnkammer ganz erfüllende Nautiluskörper 972 Gramm. Die Schale kann also vermöge ihrer Luftkammern 54 Gramm tragen, erleidet aber vom Nautiluskörper nur eine Belastung von 45 Gramm, trägt ihn also mit einer Kraft von 9 Gramm an die Oberfläche. — Ein anderes Beispiel gibt Woodward: Eine Nautiluschale trug in der Mündung  $\frac{1}{2}$  Pfund, während das Thier den Raum von  $2\frac{1}{2}$  Pfund Wasser einnahm. Giebt man ihm nun ein Gewicht von 3 Pfund, so würde das Ganze mit dem Wasser im Gleichgewicht gewesen sein.

Die Schwierigkeit liegt also, wie vorauszusehen war, nicht darin, das Schwimmen oder Treiben des Nautilus an der Oberfläche des Meeres zu erklären, sondern darin, für die Möglichkeit des, nach den Beschreibungen in seinem Belieben stehenden Untersinkens eine Erklärung zu finden. Die älteren Ansichten darüber widersprechen meistens dem anatomischen Thatbestande. Wenn z. B. Robert Hooke meinte, die Luftkammern könnten nach dem Willen des Thieres mittelst des Siphos entweder mit Luft oder mit Wasser gefüllt werden, so bedarf dies keiner Widerlegung mehr, da, wie schon Parkinson 1804 erinnerte, der Siphos in gar keiner

---

Aus der unten (S. 28) folgenden Rechnung ergibt sich die Zahl 1,08, dieselbe, welche auch Keferstein annimmt, und welche ohne Bedenken als der Wahrheit sehr nahe kommend angesehen werden kann.

1) A. a. O. S. 1347. Statt der Zahlen 45 und 9 steht dort 44 und 10.

offenen Verbindung mit den Luftkammern steht. Die eigene Meinung von Parkinson war, dass die Kammern zwar beständig mit Luft gefüllt bleiben, dass der Siphon aber durch Hineintreiben von Luft oder Wasser sich ausdehnen und dadurch die Kammerluft stark genug comprimiren könne, um die nothwendige Aenderung im specifischen Gewicht derselben hervorzubringen. Derselben Ansicht war auch Buckland 1836, nur liess er den Siphon bloss mit der Flüssigkeit der Körperhöhle sich füllen, da ihm die 1832 erschienene Owen'sche Anatomie des Nautilus schon vorlag, aus welcher die Unmöglichkeit einer Anfüllung des Siphon mit Luft zu ersehen war. Dadurch, dass eine gewisse Quantität Flüssigkeit aus dem Pericardialraum in den Siphon getrieben wird, erleidet aber nicht bloss dieser eine Ausdehnung, vermöge deren die Luft in den Kammern zusammengedrückt wird, sondern zugleich wird dabei die in den Wohnkammern befindliche Körpermasse in ihrem Volumen vermindert, durch beides zusammen also das specifische Gewicht des Ganzen vergrössert, und das Thier somit zum Sinken gebracht. Will es sich wieder erheben, so hat es nur den Druck von den Wänden der Körperhöhle aus einzustellen; die Elasticität der Luft in den Kammern treibt das Wasser (oder Blut) aus dem Siphon in jene Höhle zurück, und indem hiermit auch der Umfang des ganzen Körpers zunimmt, vermindert sich die Schwere des Thieres im Verhältniss zu der des Wassers, und es wird über dasselbe emporgehoben <sup>1)</sup>. Diese Theorie erscheint auf den ersten Blick sehr einleuchtend, ist auch mit vielem Beifall aufgenommen worden und findet sich z. B. reproducirt in dem oben (S. 2) genannten Werke von Bergmann und Leuckart, sowie fast mit denselben Worten in der Abhandlung von Czermak <sup>2)</sup>. Lei-

---

1) Die ganze Stelle ist der Bronn'schen Bearbeitung des Werkes von Johnston (S. 121 daselbst) entnommen, ebenso die nächstfolgende über die Ansicht von Owen.

2) Bergmann und Leuckart l. c. pag. 425; Czermak l. c. pag. 5.

der aber ist ein Umstand dabei nicht berücksichtigt, welcher die ganze Demonstration hinfällig macht, nämlich das Vorhandensein der schon mehrmals erwähnten Siphonalscheide. Diese kalkhaltige Umhüllung des Siphos lässt denselben schon bei Nautilus einer solchen Ausdehnung, wie die Theorie sie verlangt, wenig fähig erscheinen, noch viel weniger aber bei vielen der fossilen Verwandten desselben, bei denen man eine Ausdehnung des mit einer dicken Kalkmasse umgebenen Siphos geradezu für unmöglich erklären muss <sup>1)</sup>.

Ist es demnach nicht mehr gestattet, bei den Bewegungen des Nautilus dem Siphos eine Rolle zuzuthemen, und muss man sich vielmehr damit begnügen, die Functionen desselben auf die oben (S. 16) besprochenen Verrichtungen zu beschränken, so liegt es nahe, den Körper selbst mit dieser Action zu betrauen. „Vielleicht ist, wie Owen sagt, nichts weiter nöthig, um den Nautilus zum Steigen zu befähigen, als die ganze Entfaltung seiner Organe und ihr Heraustritt aus der Schale. Erleichtert durch diese Ausbreitung der Organe, braucht das Thier sich nur der emporhebenden Kraft zu überlassen, welche in der specifisch geringeren Schwere der Schale gegen das Wasser ihren Grund hat; denn wir nehmen an, dass ihre Kammern bei deren fortschreitender Bildung allmählich mit leichtem Gase gefüllt werden. In Betracht solcher Thatsachen, sagt Owen weiter, bin ich eher zu schliessen geneigt, dass die einzige Verrichtung der Luftkammern die eines Ballons, und dass die Kraft, wodurch

1) Bei einigen fossilen Nautilusarten bildet sogar schon die Siphonaltute ein Hinderniss für die Ausdehnung des Siphos, z. B. bei der ganzen Abtheilung der Nautili moniliferi Quenstedt's, bei denen die Tuten so lang sind, dass sie die nächste Scheidewand erreichen; ebenso ist es bei der Gattung Spirula. Dass diese dichte Umhüllung des Siphos das Vorhandensein tropfbarer und gasförmiger Flüssigkeiten in den Luftkammern nicht unmöglich macht, ist oben erörtert worden. Einer Ausdehnung des Siphos aber, die nicht bloss vor Ausbildung dieser Ablagerungen, sondern in jeder Altersstufe des Thieres möglich sein soll, setzt sie offenbar ein nicht zu beseitigendes Hinderniss entgegen.

das Thier seine Eigenschwere willkürlich ändern kann, der der Schalthiere des Süßwassers analog sei und hauptsächlich nur von den Veränderungen in der Ausdehnung der Oberfläche abhängen, welche die weichen Theile dem Wasser darbieten, wenn sie entweder aus der Mündung der Schale hervorgeschoben und ausserhalb derselben ausgebreitet, oder aber in eine dichte Masse innerhalb der Schale zusammengezogen werden. Der Nautilus mag ausserdem noch den Vortheil geniessen, eine kleine Leere im hinteren Theile seiner Wohnkammer erzeugen zu können, welche von der übrigen Höhle durch die hornige Einfassung und Anheftmaskeln abgeschlossen ist.“

Einer solchen Autorität, wie die Richard Owen's ist, einen Fehler in der Beweisführung nachzuweisen, ist ein gewagtes Unternehmen, aber dennoch ist, wie ich glaube, K e f e r s t e i n vollkommen im Rechte, wenn er sagt, es scheine ihm nicht möglich, dass durch solche Contraction und Expansion des Thieres wirklich das Ab- und Aufsteigen im Wasser bewirkt werde. „Dass bei der Muskelcontraction das Volum sich nicht ändert,“ sagt er, „ist seit Swammerdam bekannt <sup>1)</sup>, und man hat alle Ursache, auch für die übrigen Organe eine Incompressibilität, wenigstens bei den überhaupt in Betracht kommenden Druckkräften, anzunehmen. Vielmehr scheint eine Volumveränderung, die wir in so hohem Grade bei allen Mollusken bemerken, allein von der Wasseraufnahme in das Innere des Körpers abzuhängen und dieselben in vergleichbarer Weise sich ähnlich mit Wasser, wie die Vögel mit Luft aufzublähen. Allerdings wird durch solche Aufnahme, da diese Medien leichter als die Körpersubstanz sind, das specifische Gewicht des ganzen Körpers

---

1) In aller Strenge ist dies freilich nicht ganz richtig. Nach Otto Funke's Lehrbuch der Physiologie, 4. Aufl. 1863. Bd. I. S. 434, setzen die genauesten, unter allen Cautelen angestellten Versuche, insbesondere von Marchand und Ed. Weber, eine Verdichtung des Muskels bei seiner Verkürzung, wenn auch eine ausserordentlich geringe, kaum in Betracht kommende, ausser Zweifel. Das im Texte Gesagte wird dadurch natürlich nicht alterirt.

verringert, allein da dabei im selben Verhältniss das Volum vergrössert und der grössere Raum durch das umgebende Medium selbst eingenommen wird, d. h. das Volum der eigentlichen Körpersubstanz unverändert bleibt, so vergrössert sich damit in keiner Weise der Auftrieb.“ Diesen Gründen lässt sich nichts entgegensetzen. Ob der Nautilus aus der Schale möglichst weit heraustritt und seine Organe dabei vollständig entfaltet, oder ob er sie innerhalb derselben in eine dichte Masse zusammenzieht, ob dabei seine Muskeln im contrahirten oder erschlafften Zustande sich befinden, ob er in die Athem- und Körperhöhle Wasser aufnimmt oder nicht, hat auf das Volumen der Substanz seines Körpers und also auch auf das specifische Gewicht desselben keinen irgendwie erheblichen Einfluss; der Auftrieb, den er von Seiten des Wassers erleidet, bleibt immer derselbe. Somit ist denn auch durch die Owen'sche Theorie das Problem nicht gelöst.

In dem letzten Satze der oben mitgetheilten Owen'schen Demonstration: „Der Nautilus mag ausserdem noch den Vortheil geniessen, eine kleine Leere im hinteren Theile seiner Wohnkammer erzeugen zu können,“ ist ein Umstand erwähnt, dem Owen offenbar kein besonderes Gewicht beilegte, da er diese Bemerkung nur ganz nebenbei noch hinzufügt, in welchem Kieferstein jedoch den Kern einer neuen Theorie gefunden hat. Er sagt: „Wenn sich an dieser Stelle hinter dem Thiere Luft befindet, und dieselbe durch ein Zurückziehen oder Vorstrecken des Thiers, oder durch ein Zu- oder Wegströmen des Blutes in dem hintern Körpersack comprimirt oder ausgedehnt wird, sieht man hierin sofort das Mittel, wodurch das Thier, dessen Gewicht durch die Luftkammern etwa gleich dem des verdrängten Wassers gemacht ist, durch kleine Bewegungen in den Stand gesetzt ist, leichter oder schwerer wie das verdrängte Wasser zu werden. Nur wenn gerade ein neues Septum gebildet wird, also das Thier einen Stillstand im Wachsthum erleidet, kann es in dieser Weise diesen einfachen hydrostatischen Apparat nicht in Thätigkeit setzen und wird

dann vielleicht ausschliesslich und in Ruhe am Grunde des Meeres leben müssen.“

Wenn nun Prof. Keferstein der Ansicht ist, dass auf diese Weise das Auf- und Absteigen und das plötzliche Herabsinken bei zurückgezogenem Körper, wie es als Thatsache feststeht, leicht möglich erscheine, so lassen sich doch einige Bedenken nicht unterdrücken. Bei dem oben (S. 19) angeführten Quenstedt'schen Versuche stellte sich der Auftrieb, den das in seiner Schale sitzende Thier durch das verdrängte Wasser zu erleiden hätte, zu 9 Gramm heraus. Soll nun durch Compression der in dem hinteren Raume der Wohnkammer vorhandenen Luft dieser Auftrieb vernichtet werden, so müsste diese Luft dasselbe Gewicht von 9 Gramm haben. Dem entspricht aber für gewöhnlichen Druck ein Volumen von 7200 Kubikcentimeter, wenn nämlich das specifische Gewicht der Luft gegen Wasser gleich  $\frac{1}{800}$  gesetzt wird, was für die Temperaturverhältnisse, unter denen der Nautilus lebt, gewiss nicht zu viel ist. Um dieses Luftquantum auf die Dimensionen zu beschränken, wie sie dem in der Nautiluschale dafür disponibeln Raum entsprechen, wäre ein Druck erforderlich, der bei weitem über das Maximum desjenigen hinausgeht, der allenfalls hier vorkommen könnte. Es scheint also der Schluss zulässig, dass die Keferstein'sche Theorie ebenso wenig wie irgend eine der früheren zur Lösung des vorliegenden Problems genüge. Ob dies nicht zu voreilig geschlossen ist, wird sich aus den nachstehenden Erörterungen ergeben.

Um einen allgemeinen Ausdruck für die Beziehungen, welche zwischen den hier in Betracht kommenden Grössen bestehen, zu erhalten, genügt die folgende einfache Betrachtung. Wenn die Schale mit dem darin befindlichen Thier im Gleichgewicht mit dem Wasser sein soll, und die jedenfalls zulässige Voraussetzung gemacht wird, dass das Thier und die Luft der Wohnkammer zusammen den Raum dieser letzteren gerade ausfüllen, so muss die Summe der Gewichte dieser beiden genau gleich dem Gewichte des denselben Raum wie die Wohnkammer einnehmenden Wassers sein, vermehrt um das Gewicht,

welches die im Wasser befindliche blossc Schale ohne Thier noch eben tragen kann, ohne zu sinken. Bezeichnet man nun, um das eben Gesagte in eine mathematische Form zu bringen, das Volumen der Wohnkammer mit  $v$ , das der darin enthaltenen Luft mit  $v'$  (beides in Kubikcentimetern ausgedrückt), den Druck, unter welchem diese letztere steht, mit  $d$  (in Atmosphären), das grösste Gewicht, welches die Schale im Wasser zu tragen vermag, mit  $p$  (in Gramm), und endlich noch das specifische Gewicht des Nautiluskörpers mit  $s$ , so muss nach dem Obigen für den Fall des Gleichgewichts die Relation bestehen

$$s(v-v') + \frac{v' d}{800} = 1,03v + p,$$

worin die Zahlen  $\frac{1}{800}$  und  $1,03$  die aus dem Früheren schon bekannte Bedeutung haben, nämlich das specifische Gewicht der Luft und des Meerwassers ausdrücken. Aus dieser Gleichung folgt

$$v' = \frac{800[(s-1,03)v-p]}{800s-d}$$

Die Discussion dieses Ausdrucks zeigt, dass  $v'$  zu einem Maximum (unendlich gross) wird, wenn  $d = 800s$  ist, ein Fall, der nicht vorkommen kann, da  $s$  jedenfalls grösser als 1 ist, und also  $d$  immer grösser als 800 sein müsste. Seine untere Grenze, nämlich Null, erreicht  $v'$ , wenn  $(s-1,03)v = p$  ist. Da nun  $v$  und  $p$  immer positive Grössen sind, so muss auch  $s-1,03$  positiv oder  $s$  grösser als 1,03 sein, d. h. das specifische Gewicht des Nautiluskörpers muss grösser sein als das des Meerwassers. So lange nun  $(s-1,03)v$  grösser ist als  $p$  (und  $d$  kleiner als  $800s$ , sonst aber von beliebiger, natürlich immer positiver, Grösse), hat  $v'$  einen positiven Werth; wird aber  $(s-1,03)v$  kleiner als  $p$ , so wird  $v'$  negativ, und da dies unter den gegebenen Umständen keinen Sinn hat, so heisst das nichts anders als: die Aufgabe enthält in diesem Falle einen Widerspruch in sich selbst, Gleichgewicht kann niemals eintreten, es findet vielmehr immer ein Sinken statt.

Substituiren wir nun in die eben gefundene, die

untere Grenze von  $v'$  bedingende Gleichung  $(s-1,03)v = p$  die obigen von Quenstedt angegebenen Zahlen  $v = 900$  und  $p = 54$ , so berechnet sich leicht, dass dann  $s = 1,09$  ist, d. h. bei diesen Werthen für das Volumen der Wohnkammer und die Tragkraft der Schale ist ein nach der Keferstein'schen Theorie vor sich gehendes Auf- und Absteigen des Nautilus im Wasser nur möglich, wenn das specifische Gewicht seines Körpers grösser als 1,09 ist. Da diese Zahl den mit vieler Wahrscheinlichkeit dafür zu vermuthenden Werth übersteigt, so scheint der aus ganz oberflächlicher Rechnung oben gezogene Schluss sich als vollkommen richtig zu bestätigen, vorausgesetzt, dass die Quenstedt'schen Zahlen richtig sind. Nun ist es aber wenigstens nicht geradezu undenkbar, dass die zu diesen Zahlen führenden Versuche an einer nicht ganz vollständigen Schale gemacht worden sind und daher das Volumen der Wohnkammer zu klein gefunden wurde <sup>1)</sup>. Um darüber Sicherheit zu gewinnen, musste, da die von Woodward gemachten Angaben zu unvollständig sind, um für diese Rechnung verwandt werden zu können, ein neuer Versuch gemacht werden. Da in der zoologischen Sammlung des hiesigen Gymnasiums ein dazu brauchbares Stück sich nicht vorfand, und auch sonstwoher mir hier keins zu Gebote stand, so hatte Herr Apotheker Löbbecke in Duisburg auf meine Bitte die Güte, an einem seiner prachtvollen Sammlung entnommenen, durchaus unverletzten und ganz vollständigen Exemplare die erforderlichen Bestimmungen vorzunehmen <sup>2)</sup>. Dabei stellte sich zunächst heraus, dass

1) Bei den in den Sammlungen aufbewahrten Nautiluschalen scheint Unvollständigkeit des Randes ein sehr häufig vorkommender Fall zu sein, wenigstens zeigte sich unter vier dem ersten Blick ganz unversehrt erscheinenden Exemplaren in der Sammlung des Herrn Löbbecke in Duisburg nur eine einzige in dieser Beziehung tadellos. Auch Rumph bemerkt in der oben (S. 9 Note) abgedruckten Stelle, dass man die Schale an den Kanten oft angeht finde.

2) Da Herr Löbbecke die Freundlichkeit hatte, die Versuche

für die beiden Zahlen, um die es sich handelt, nicht dieselbe Genauigkeit erreicht werden kann. Das die Tragkraft der Luftkammern darstellende Gewicht  $p$  lässt sich mit jeder wünschenswerthen Genauigkeit ermitteln, nicht aber das Volumen der Wohnkammer, da es nicht möglich ist, dieselbe ganz mit Wasser zu füllen. Es liegt das an der eigenthümlichen Krümmung des Mündungsrandes, dessen auf jeder Seite vorspringende Lappen einen nicht ganz unbeträchtlichen Raum zwischen sich haben, der, vorn und hinten offen, durch Eingiessen von Flüssigkeit sich nicht messen lässt <sup>1)</sup>. Wurde die Schale

nachher in meiner Gegenwart zu wiederholen, so war mir Gelegenheit geboten, von der Genauigkeit derselben und der Zuverlässigkeit der daraus zu entnehmenden Zahlenangaben mich selbst zu überzeugen. Die dazu benutzte Schale gehört vermuthlich mit zu den grössten ihrer Art, wie schon aus der überraschend grossen Capacität der Wohnkammer (mehr als ein Quart) hervorgeht. Ihr grösster Längendurchmesser betrug 22 Centimeter, die Höhe 16 Centimeter und die grösste Breite der Mündung 12 Centimeter, das absolute Gewicht 405 Gramm. — Die Tragkraft der Luftkammern kann man auch in der Weise zu ermitteln suchen, dass man die Gewichte im Innern der Wohnkammer so placirt, dass beim Eintauchen der Schale ins Wasser die Mündung nach oben und zwar die beiden tiefsten Punkte des Mediandurchschnitts in eine horizontale Ebene zu liegen kommen; die weiter zuzulegenden Gewichte kann man alsdann ebenfalls in die jetzt nicht mit Wasser gefüllte Wohnkammer hineinlegen, was freilich mit grosser Vorsicht geschehen muss, um Schwankungen und dadurch den Eintritt von Wasser in die Kammer zu verhüten. Die obige Schale konnte auf diese Art mit 1070 Gramm beschwert werden, bevor das Wasser anfang, über die tiefste Stelle des Randes zu treten, doch sank sie erst ganz unter, nachdem eine nicht unbeträchtliche Wassermenge hineingelaufen war. Es war aber nicht möglich, sie genau beim Beginn des vollständigen Untergehens herauszunehmen; diese Methode führte also zu keinem Resultate. Auch die Bestimmung des Volumens der ganzen Schale konnte wegen deren Grösse nur mit approximativer Genauigkeit ausgeführt und zur Ableitung einer zuverlässigen Zahl für die Tragkraft nicht benutzt werden.

1) Man könnte vielleicht nach Einschieben eines künstlichen Bodens mit Hülfe von feuchtem Sande oder dgl. den Rauminhalt dieses Theils annähernd bestimmen, doch ist dies nicht versucht worden.

so gehalten, dass man möglichst viel Wasser hineinbringen konnte, so nahm die Wohnkammer 1235 Gramm, also ebenso viel Kubikcentimeter auf, eine Zahl, die man aus dem oben angeführten Grunde unbedenklich auf 1300 erhöhen kann. Auf alle Fälle kann man wenigstens mit Sicherheit behaupten, dass der wahre Inhalt der Kammer nicht weniger als 1250 und nicht mehr als 1400 Kubikcentimeter betrug. Ferner ergab sich, dass die (bei verschlossenem Siphon) ganz untergetauchte Schale, mit einem Gewichte von 68,5 Gramm belastet, sich noch schwebend erhielt, während sie bei 69 Gramm schon sank. Berücksichtigt man den Gewichtsverlust, den die aus Messing (spec. Gew. 8,3) bestehenden Gewichtstücke im Wasser erlitten, und setzt ausserdem an die Stelle des verwandten süssen Wassers Seewasser vom spec. Gew. 1,03, so erhält man als Tragkraft der leeren Schale im letzteren 62 Gramm. Setzt man die so gefundenen Werthe in die obige Gleichung  $(s-1,03)v = p$ , so findet man, wenn  $v = 1250$  gesetzt wird,  $s = 1,0796$ , wenn  $v = 1400$  genommen wird,  $s = 1,0743$ ; für den Mittelwerth  $v = 1300$  ist  $s = 1,0777$ . Daraus folgt, dass, wenn die Keferstein'sche Theorie richtig ist, das specifische Gewicht des Nautiluskörpers nicht kleiner als 1,0743 sein, oder, wenn man sich mit der vollkommen ausreichenden Genauigkeit von zwei Decimalstellen begnügt, mit ziemlich grosser Sicherheit zu 1,08 angenommen werden kann (vergl. oben S. 18, Note). Für  $s = 1,08$  und  $v = 1300$  findet man dann weiter  $v' = \frac{2400}{864-d}$ . Da nun die Grösse von  $d$  wohl nur zwischen 1 (wenn das Thier sich an der Oberfläche befindet) und 6 (für die Tiefe von 30 Faden, die ja wohl schwerlich jemals überschritten wird) schwanken kann, so liegt  $v'$  zwischen 2,781 und 2,797; es braucht also der hinter dem Mantelring liegende abgesperrte Luftraum noch nicht einmal ganz 3 Kubikcentimeter zu betragen, um allen Anforderungen zu genügen<sup>1)</sup>. Es

1) Für die angenommenen Grenzwerte des Volumens, 1250 und 1400 Kubikcentimeter, liegt  $v'$  entweder (im ersten Falle)

bedurfte also in der That einer sorgfältigen Wiederholung des betreffenden Versuchs, um nicht irre geleitet zu werden.

Das Resultat der vorstehenden Erörterungen und Rechnungen lässt sich kurz in folgender Weise zusammenfassen :

- 1) Die Luftkammern dienen, wie schon Owen sagt, nur als Ballon, um das Gewicht der ganzen Masse ungefähr gleich dem des verdrängten Wassers zu machen.
- 2) Die Hauptfunction des Siphos besteht darin, nicht sowohl die abgekammerten Theile der Schale als vielmehr deren gasförmigen Inhalt in organischer Verbindung mit der Lebensthätigkeit des Thiers zu erhalten, damit das eingeschlossene Gas nach Qualität und Quantität seine normale Beschaffenheit behaupten resp. den veränderlichen Lebensbedingungen des Thiers sich anpassen kann (s. S. 16).
- 3) Die Möglichkeit des willkürlichen Steigens und Sinkens im Wasser liegt in dem Vorhandensein des in dem hinteren Theile der Wohnkammer befindlichen abgesperrten Luftraums von veränderlichem Volumen, das im Ganzen aber wenige Kubikcentimeter nicht zu überschreiten braucht. Dabei ist jedoch vorausgesetzt, dass das specifische Gewicht des Nautiluskörpers nicht kleiner als 1,08 ist.

Es ist nun leicht, zu zeigen, wie sich die Sache im Einzelnen gestaltet. Nehmen wir an, der Bewohner der zu dem Versuche benutzten Schale habe in dem hintern Theile seiner Wohnkammer einen geschlossenen Luftraum von circa 3 Kubikcentimeter gehabt, den übrigen Theil der Kammer (1297 Kubikcentimeter) aber selbst eingenommen, so würde das Gewicht der die Kammer

---

zwischen 0,463 und 0,466, oder (für das grössere Volumen) zwischen 7,416 und 7,459, Werthe, von denen selbst der grösste die Grenze des Möglichen wohl nicht überschreitet; denn bei einem Kammervolumen von 1400 sind 7,5 Kubikcentimeter für den mit  $v'$  bezeichneten Raum schwerlich übermässig viel.

füllenden Masse (Körper des Thieres und Luft) 1400 Gramm, das Gewicht des verdrängten Wassers 1339 Gramm betragen haben, also von jenem um 62 Gramm übertroffen worden sein. Da nun die Luftkammern diese 62 Gramm zu tragen vermögen, so würde vollkommenes Gleichgewicht bestanden haben, und es hätte also nur eines geringen Zurückdrängens oder Vorstreckens des Körpers bedurft, um ein Sinken oder ein Aufsteigen zu veranlassen. Wäre z. B. das Thier im Stande, die Luft seiner Wohnkammer von 3 auf 2,5 Kubikcentimeter zusammenzupressen, so hätte dadurch das Gewicht des verdrängten Wassers um 0,5 Gramm abgenommen, es würde also das Sinken mit einer Kraft von 0,5 Gramm beginnen. Nun wäre zu dieser Compression der Luft allerdings, wie sich mit Hülfe des Mariotte'schen Gesetzes leicht berechnen lässt, eine Kraft von 1,2 Atmosphären erforderlich, wenn man als Ausgangspunkt der Bewegung die Tiefe von 160 Fuss annimmt. Scheint diese Kraft eine zu starke Zumuthung für das Thier, so ist erstens zu bemerken, dass ja auch schon durch eine geringere Gewichtsabnahme des verdrängten Wassers ein Sinken zuwege gebracht werden kann, wobei dann also auch die zum Zusammenpressen der Luft erforderliche Kraft geringer wäre, zweitens, dass die Tiefe von 160 Fuss (ungefähr 27 Faden) vermuthlich niemals überschritten wird, wofür einerseits die Beobachtungen sprechen, was andererseits auch durch die Widerstandskraft der Schale motivirt erscheint, und drittens endlich, dass, wenn man eine geringere Tiefe als Ausgangspunkt nimmt, auch diese Kraft bedeutend geringer zu sein braucht, bei  $d = 3$ , also in 60 Fuss Tiefe, nur 0,6, bei  $d = 1$ , also an der Oberfläche, nur 0,2 Atmosphären. Für das Steigen sind die Verhältnisse etwas günstiger. Will der Nautilus aus einer Tiefe von 160 Fuss mit einer Kraft von 0,5 Gramm nach oben steigen, so braucht er nur 0,8, aus einer Tiefe von 60 Fuss nur 0,4 Atmosphären Druckkraft aufzuwenden.

Im Uebrigen ist es ziemlich gleichgültig, wo man den Anfangspunkt der Bewegung, an welchem Schale und Wasser in Gleichgewicht sind, wählt, da ein Blick

auf die für  $v'$  entwickelte Formel zeigt, dass auf den Werth derselben die Grösse von  $d$  innerhalb der zulässigen Grenzen ohne merklichen Einfluss ist <sup>1)</sup>.

Ist die Bewegung einmal in Gang gebracht, so setzt sie sich von selbst fort, da alsdann ja die drückende Wassersäule immer grösser resp. kleiner wird, bis entweder der Grund oder die Oberfläche erreicht ist. Nach unten wird übrigens auch die Festigkeit der Schale endlich ein Haltmachen gebieten, da ja die Spannung der in den inneren Kammern enthaltenen Luft der Zunahme des äusseren Druckes nicht rasch genug folgen kann, um einen entsprechenden Gegendruck herzustellen. Bei längerem Verweilen in der neuerreichten Tiefe wird allerdings allmählich sich Alles wieder ins Gleiche setzen, daher ist es wohl denkbar, dass bei ganz langsamem Vordringen nach unten, etwa an dem sich senkenden Meeresboden entlang, der Nautilus ungefährdet jede beliebige Tiefe erreichen kann, wenn nur das Gas der Luftkammern Zeit hat, in gleicher Weise wie der äussere Druck an Menge und folglich auch an Spannkraft zuzunehmen (vgl. oben S. 17).

Die Tragkraft der Schale nimmt dadurch natürlich um ebenso viel ab, als das Gewicht des in den Luftkammern enthaltenen Gases zunimmt. Wäre das Volumen der Luftkammern etwa doppelt so gross wie das der Wohnkammer, was ohne Zweifel über das wirkliche Verhältniss hinausgeht, also bei der den Versuchen zu Grunde gelegten Schale gleich 2600 Kubikcentimeter, so würde die darin enthaltene Luft, wenn sie dasselbe spezifische Gewicht hätte wie die atmosphärische ( $\frac{1}{800}$ ), bei einem Druck von einer Atmosphäre ungefähr 3 Gramm wiegen, bei sechs Atmosphären 18 Gramm. Die Tragkraft ver-

---

1) So erhält man z. B., wenn  $d$  sogar gleich 100 gesetzt wird, für  $v'$  nur wenig über 3 Kubikcentimeter. Einem Drucke von 100 Atmosphären entspricht aber eine Tiefe von mehr als 3000 Fuss, bis zu welcher gewiss niemals ein Nautilus sich verirrt. Sollte  $v' = 4$  Kubikcentimeter werden, so müsste  $d = 264$  sein, wozu eine Tiefe von über 8000 Fuss gehört.

minderte sich mithin um 15 Gramm und sänke demnach von 62 auf 47 Gramm, der Werth von  $v'$  stiege dagegen auf 16,8 Kubikcentimeter. Kann das Thier also sich nicht so weit aus der Schale vorstrecken, dass der abgesperrte Luftraum der Wohnkammer sich von 3 auf circa 17 Kubikcentimeter vergrössert, so würde ein Aufsteigen nicht mehr möglich sein. Nur dadurch, dass durch Kriechen am Mceresboden entlang höher gelegene Punkte desselben erreicht würden, an denen das Gas der Luftkammern allmählich wieder durch Diffusion sich mit dem kleiner gewordenen Druck der Umgebung ins Gleichgewicht setzte, wäre es möglich, den hydrostatischen Apparat wieder zum Functioniren zu bringen. Hätte aber das Gas der Luftkammern ein geringeres specifisches Gewicht wie die atmosphärische Luft, was nach dem Ergebniss der auf S. 5 erwähnten Analyse desselben nicht unwahrscheinlich ist, so wären die Verhältnisse wieder günstiger.

Beim Aufsteigen bis an die Oberfläche vergrössert die Luft der Wohnkammer ihr Volumen, und zwar, wenn eine Tiefe von 160 Fuss als Ausgangspunkt genommen wird, von 3 auf 18 Kubikcentimeter, folglich sind 15 Kubikcentimeter der Körpers aus der Schale herausgetreten, und um ebenso viel Gramm hat das Gewicht des verdrängten Wassers zugenommen, demnach wird der Nautilus jetzt mit einer Kraft von 15 Gramm oben gehalten und dort, mit einem kleinen Theile aus dem Wasser herausragend, treiben. Da er dabei nach der Schilderung der Beobachter eine solche Lage einnimmt, dass die Mündung der Schale nach oben gekehrt ist, die leere Schale aber, wie der Versuch ausweist, mit der Mündung nach unten schwimmt und das noch um so mehr thun wird, wenn das Thier darin sitzt, so kann jene Stellung nur durch eine künstliche Bewegung, durch Stoss oder Schwung, eingenommen und durch fortwährendes Balanciren behauptet werden (vergl. übrigens den S. 27 in der Note beschriebenen Versuch zur Bestimmung der Tragkraft). Sowie nun der Körper zurückgezogen wird, schlägt

die Schale von selbst in die natürliche Lage des stabilen Gleichgewichts um und sinkt hinab.

Soll einer im Gang befindlichen Bewegung Einhalt gethan werden, so ist es nur nöthig, den Körper die entgegengesetzte Action von derjenigen vornehmen zu lassen, durch welche zu der zu hemmenden Bewegung der Anstoss gegeben wurde. Es ist kein Grund vorhanden, um anzunehmen, dass dies nicht in jedem beliebigen Stadium des Steigens oder Sinkens und in jeder beliebigen Tiefe ausgeführt werden könne <sup>1)</sup>.

Als selbstverständlich kann wohl angesehen werden, dass die ganze vorstehende Beweisführung, wenn sie sich auch in den zur Exemplification dienenden Zahlen an die bestimmte zum Versuche benutzte Schale anlehnt, doch dadurch an ihrer allgemeinen Gültigkeit nichts verliert, indem auch bei abweichenden absoluten Werthen der räumlichen Dimensionen die gegenseitigen Verhältnisse immer dieselben sind.

Somit kann denn jetzt wohl die von Keferstein aufgestellte Theorie über den hydrostatischen Apparat des Nautilus als durchaus gesichert und zur Erklärung der beobachteten Thatsachen vollständig ausreichend angesehen werden. Sie auf die übrigen Cephalopoden mit gekammerter Schale anzuwenden scheint mir, soweit es

---

1) Der hydrostatische Apparat des Nautilus erinnert in vielfacher Beziehung an die ähnlich wirkende Schwimmblase der Fische. Während diese aber dem Aufenthaltsort ihres Besitzers nach oben und unten feste Grenzen zieht, ausserhalb deren ihre Thätigkeit nicht mehr nach seinem Belieben geleitet und unter Umständen sogar gefährlich für ihn werden kann, findet bei dem Schwimmaparat des Nautilus nur in dem oben bezeichneten Falle etwas Aehnliches statt. Vgl. über die Schwimmblase die Bemerkungen von Bergmann in dem S. 2 in der Note citirten Werke von S. 414—422, so wie betreffs grösserer Einzelheiten meine dem Programm der höheren Bürger- und Realschule zu Marienburg in Westpreussen für das Jahr 1856 beigegebene Abhandlung: »Ueber die Function der Schwimmblase bei den Fischen.«

die ganz ähnlich gebildeten fossilen Nautiliden, die Ammoniten und Spiruliden angeht, ganz unbedenklich, ob sie aber auf die Orthoceratiten und die Belemniten sich ebenfalls ausdehnen lässt, ist mindestens noch zweifelhaft und jedenfalls nur auf Grund einer besonderen Untersuchung zulässig (vgl. S. 27 Note).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Naturgeschichte](#)

Jahr/Year: 1870

Band/Volume: [36-1](#)

Autor(en)/Author(s): Meigen Wilhelm

Artikel/Article: [Über den hydrostatischen Apparat des Nautilus Pompilius. 1-34](#)