

- [6] H. Fischer, Sur quelques travaux récents relatifs à la Morphologie des Mollusques univalves, in: Journ. d. Conchyl., Vol. XLI, 1893.
- [7] J. D. F. Gilchrist, Beiträge zur Kenntniss der Anordnung, Correlation und Funktion der Mantelorgane der Tectibranchiata. Inaug.-Dissert., Jena 1894.
- [8] Aug. Köhler, Ueber Gattung *Siphonaria*, in: Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ont., Bd. VII, 1893.
- [9] H. de Lacaze-Duthiers et G. Pruvot, Sur un oeil anal larvaire des Gastéropodes Opisthobranches, in: C. R. Acad. Sc. Paris, t. CV, 1887.
- [10] G. Mazzarelli, Intorno al preteso oocchio anale delle larve degli Opistobranchi, in: Rend. R. Accad. Line. Roma [3], vol I, 1892.
- [11] Idem. Monografia delle *Aplysiidae* del Golfo di Napoli. Napoli 1893.
- [12] Idem. Ricerche sulle *Peltidae* del Golfo di Napoli, in: Mem. R. Accad. Sc. Napoli [2], vol. VI, 1893.
- [13] Idem. Intorno al rene dei Tectibranchi, in: Mon. zool. it., 1894.
- [14] Idem. Intorno al rene secondario delle larve degli Opistobranchi, in: Boll. Soc. Nat. Napoli, vol. IX, 1895.
- [15] Idem. Bemerkungen über die Analriere der freilebenden Larven der Opisthobranchier, in: Biol. Centralbl., Bd. XVIII, 1898.
- [16] R. Perrier, Recherches sur l'anatomie et l'histologie du rein des Gastéropodes prosobranches, in: Ann. Sc. Nat. Zool., t. VIII [7], 1887.
- [17] S. Trinchese, *Acolididae* e famiglie affini del Porto di Genova. Roma 1880.
- [18] A. Vayssière, Recherches anatomiques sur les Mollusques de la famille des Bullidés, in: Ann. Sc. Nat. Zool., t. IX [6], 1880. [57]  
(Zweites Stück folgt.)

## Sperrvorrichtungen im Tierreiche.

Von Dr. med. Otto Thilo in Riga.

Sperrvorrichtungen werden von dem Techniker überall dort angebracht, wo es erforderlich ist, einen beweglichen Maschinenteil dauernd festzustellen. Ich erinnere hier nur an die Sperrklinken der Ankerwinden auf den Schiffen, oder an die Hemmschuhe der Wagenräder, welche den Pferden das Zurückhalten des Wagens beim Bergabfahren erleichtern und so dazu dienen die Kräfte der Pferde zu sparen.

Wir sehen also, ein Hauptzweck aller Sperrvorrichtungen ist, Kraft zu sparen. Genau demselben Zwecke dienen auch die Sperrvorrichtungen in der Tierwelt.

Überall dort, wo es erforderlich ist, einen Körperteil dauernd in einer und derselben Stellung zu erhalten, finden wir das Bestreben, diese Arbeit den Muskeln durch Sperrvorrichtungen abzunehmen.

Wenn z. B. in einem elastischen Rohre durch Muskelkraft der Durchtritt von Flüssigkeiten verhindert werden soll, so geschieht dieses, indem die Muskeln, das Rohr ringförmig umschließend, sich zusammenziehen, so etwa, wie man mit einer Schnur einen Gummischlauch abbindet. Sehr bald jedoch müssen die Muskeln ermüden, wenn der Schluss ununterbrochen fort dauert. Daher findet man denn auch häufig in derartigen Fällen, an Stelle des Muskelschlusses, einen selbstthätigen Verschluss, d. i.

eine Sperrvorrichtung. Eins der besten Beispiele hierfür sind wohl jene ventilartigen Sperrvorrichtungen am Herzen, welche den Namen Herzklappen führen.

In der frühesten Jugend fehlen selbst den höheren Tierarten die Herzklappen, da das Herz im Stande ist, den Blutkreislauf ausschließlich durch Muskelkräfte ohne Ventile zu bewirken. Mit zunehmendem Alter jedoch werden die Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Herzmuskeln immer größer und daher wird ihnen ein Teil ihrer Arbeit durch Sperrvorrichtungen, d. i. durch die Herzklappen abgenommen, die sich aus Falten der Gefäßwänden entwickeln und allmählich zu taschenförmigen Ventilen auswachsen. Sie verhindern ohne jegliche Muskelaustrengung den Rückstrom des Blutes. Denselben Zweck haben auch jene Klappen, welche in den Saugadern oft so sehr zahlreich vorkommen.

Die Saugadern sind dünnwandig und besitzen nicht jene stark entwickelte Muskulatur, mit deren Hilfe die Schlagadern den Blutkreislauf befördern.

Sie bedürfen aber auch nicht dieser Muskulatur, denn sehr zahlreiche Klappen verhindern den Rückstrom des Blutes. Wir sehen also, dass beim schwachen Ströme und geringem Drucke des Venenblutes zahlreiche Klappen erforderlich sind, um den Rückstrom des Blutes und Blutstauungen zu verhindern. Hieraus erklärt sich wohl auch die Thatsache, dass an den Herzen vieler Fischarten die Klappen so zahlreich sind. Man findet z. B. bei einigen Knorpelfischen gegen zwanzig Herzklappen (vergl. Wiedersheim, Lehrb. der vergl. Anatomie, S. 693).

Diese große Anzahl von Klappen ist gewiss sehr auffallend, wenn man erwägt, dass an den Schlagadern des menschlichen Herzens nur drei Klappen vorkommen, welche freilich vortrefflich schließen.

Da nach dem Untersuchen von Grützner<sup>1)</sup> der Blutdruck in den Adern der Fische ein sehr geringer ist, so kann man wohl annehmen, dass der schwache Druck unvollständig die Klappen schließt und daher eine größere Anzahl von Klappen erforderlich ist, um den Rückstrom des Blutes zu verhüten.

Wir sehen also, der schnelle und sichere Klappenschluss ist unmittelbar von der Stärke des Blutdruckes abhängig.

Da die Zahl der Klappen bei den Fischen in hohem Grade schwankt (Wels: 2 Klappen, Hai: 9 Klappen, *Polypterus* gegen 20 Klappen), so wären umfassende Blutdruckbestimmungen an Fischen sehr erwünscht. Solche vergleichend-physiologische Untersuchungen würden vielleicht mit einem Schlage Verhältnisse verständlich machen, die bisher vollständig unklar waren. Wir haben also gesehen, dass die Herzklappen durch den Druck des Blutes geschlossen werden.

An den Pumpen ist man bemüht zu verhüten, dass der Wasserdruck die Klappen schließt. Man sucht darnach den Schluss durch Gewichte oder Federn zu bewirken, um ein „stoffreies Schließen“ der Klappen zu erreichen; denn hiedurch wird 1. Kraft gespart, 2. die Abnutzung des Materiales herabgesetzt.

Im Tierkörper spielt wohl das Sparen von Material keine so große Rolle, wie im Betriebe des Technikers, der stets beim Reparieren seiner

1) Vergl. Sitzungsberichte der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Frankfurt a. M., 1896, Zool. Abteil.

Maschinen Betriebsstörungen erleidet, während die Mechanismen der Tiere ohne Betriebsstörungen während der Arbeit sich fortlaufend erneuern. Diese Betriebsstörungen veranlassen wohl auch den Techniker ein möglichst widerstandsfähiges Material für seine Pumpenventile zu wählen. Er fertigt sie meist aus Metall an, obgleich es gewiss viel leichter und billiger ist, aus Leder oder Kautschuck gutschließende Ventile herzustellen. Mir gelang es ohne Schwierigkeiten aus einem Stücke Darm Klappen herzustellen, die ebensogut schlossen wie Herzklappen<sup>1)</sup>. Ich fügte ein Stück Darm in ein starres Rohr. Aus Falten des Darmstückes bildete ich mit Hilfe von Nähten drei Taschenventile nach Art der Herzklappen. In der Mitte des freien Randes eines jeden Taschenventiles bildete ich, gleichfalls durch Vernähen, ein kleines Knötchen, ähnlich den Knötchen der Herzklappen (moduli Arantii). Die Knötchen waren durchaus erforderlich, um ein schnelles Abspülen der Klappen von den Wandungen des Rohres zu ermöglichen und so einen schnellen Klappenschluss zu bewirken. Klappen ohne Knötchen legten sich häufig der Rohrwand an, und schlossen dann entweder garnicht oder erst sehr allmählich.

Meine Versuche bewiesen mir also, dass die Knötchen der Taschenventile des Herzens für den Klappenschluss ebenso wichtig sind, wie jene Anhängsel und Zipfel, die uns das Schließen und Oeffnen unserer Futterale und Taschen so sehr erleichtern. Ich führe diesen Zweck der Knötchen in den Herzklappen ausdrücklich hier an, weil ich in der Litteratur keine Angaben über diesen Zweck der Knötchen auffinden konnte. Wir sehen also, dass wir die Herzklappen als Sperrvorrichtungen für Flüssigkeiten bezeichnen müssen. Man findet aber im Tierreiche auch **Gesperre für luftförmige Körper** z. B. an jenen eigentümlichen Kugelfischen (*Tetrodon*), welche sich ballonartig aufblähen können. Ich fand am Ausgang des Magens (Pfortner) eine ringförmige Darmklappe, welche wohl den Zweck hat, zu verhüten, dass Luft in den Darm dringt. Auch die Schwimmblasen vieler Fische zeigen Luftgesperre. Es gelang mir Luft in die Schwimmblase eines Lachses, Hechtes und Welses vom Darm aus zu blasen, wenn ich den Darm oberhalb und unterhalb der Einmündung des Luftganges der Schwimmblase unterband. Bließ ich durch ein eingebundenes Rohr Luft in den Darm, so füllte sich die Schwimmblase. Die eingedrungene Luft konnte jedoch nicht wieder entweichen. Erst, wenn ich ein dünnes Rohr durch den Luftgang in die Schwimmblase schob, konnte ich die Luft entleeren.

Doch ich gedenke an einem andern Ort eingehender die Luftgesperre zu besprechen und wende mich zur Betrachtung der

#### Gesperre für starre Körper.

Man findet sie am Knochengeriiste einiger Fische. Sie haben den Zweck einen Fisch zu befähigen, dauernd seine Stacheln ohne Muskelanstrengung aufrecht zu erhalten. Diesen Zweck, Kraft zu sparen, erfüllen sie vortrefflich; denn man findet häufiger tote Fische mit aufgerichteten Stacheln, welche man nur niederlegen kann, wenn man seine Sperrvorrichtungen zu lösen versteht. Ganz besonders hoch entwickelt sind

1) Vergl. Korrespondenzblatt der naturf. Gesellschaft zu Riga, 1895.

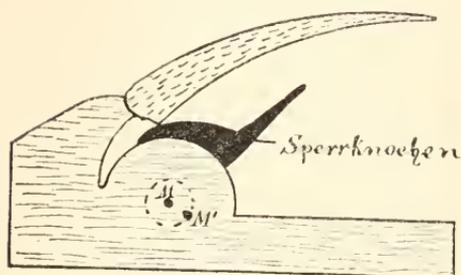
die Gesperre am Stachel des Einhornes (*Monacanthus*).

Diese Vorrichtung erinnert lebhaft an einige Gesperre, welche in der Technik eine so große Verwendung finden.

Schon Reuleaux ist diese große Aehnlichkeit aufgefallen und er sagt in seinem Konstruktur (1895): „Es möge bemerkt werden, dass „Reibungsgesperre auch in der Natur vorkommen. Mehrere Fische stellen „mittels dreiteiliger Gesperre gewisse Knochengebilde (Stacheln) aufrecht „fest und können sie auch niederlegen. S. u. a. O. Thilo. Die Sperr- „gelenke einiger Welse etc. Dorpat 1879“.

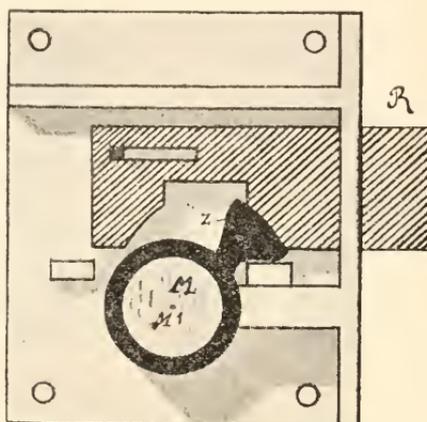
Die bekannten Dobo'schen Klemmgesperre und die amerikanischen Yaleschlösser enthalten Sperrvorrichtungen, wie wir sie an dem Rückenstachel des Einhornes wiederfinden.

Fig. 1.



Einhorn.

Fig. 2.



Yaleschloss (Schema).

Das Einhorn lebt in den Korallenriffen des roten Meeres; in seiner Gestalt erinnert es an den auf Fig. 10 dargestellten Fisch *Triacanthus* (Dreistachel).

Die arabischen Fischerknaben kennen das Einhorn sehr gut, sie haben es oft erfahren, dass dieser Fisch sich in ein Felsloch flüchtet und mit seinem Kopfstachel sich gegen die Decke des Loches stützt. Infolge dessen können sie ihn nur dann aus seinem Loche hervorziehen, wenn sie den Rückenstachel niederlegen. Das gelingt aber nur, wenn man den zweiten kleinen Strahl hinter dem Rückenstachel niederdrückt, wie den Drücker an einem Flintenschloss. Auf Fig. 1 ist dieser zweite Strahl als Sperrknochen bezeichnet, und man erkennt leicht, dass er vollständig der Zahnhaltung am Yaleschlosse (Fig. 2,  $\gamma$ ) entspricht, welche das Zurückschieben des Riegels (Fig. 2,  $R$ ) verhindert.

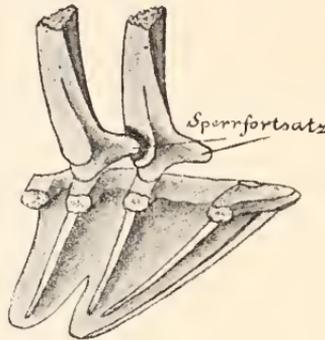
„Die „Sperrfläche“ der Zahnhaltung  $Z$  zeigt die Krümmung eines Kreises, während die Sperrfläche des Sperrknochens die Krümmung einer Evolvente darstellt. Diese Evolvente hat man sich von einem Grundkreise abgewickelt zu denken, dessen Mittelpunkt in Fig. 1,  $M$  liegt. Am Yaleschloss genügt das Kreisprofil, weil der Riegel (Fig. 2,  $R$ ) eine Geradeführung hat. Beim Sperrknochen ist unbedingt Evolventenprofil

erforderlich, da der gestützte Teil des Stachels bei Bewegungen einen Kreis beschreibt. An meinen Nachbildungen<sup>1)</sup> des Gesperres vom Einhorn musste ich Evolventenprofil wählen, wenn ich sie aus Metall herstellte, während für Nachbildungen aus Holz Kreisprofile genügten, deren Mittelpunkt exzentrisch liegt (Fig. 1, *M*).

An den Klemmgesperren, welche in der Technik Verwendung finden, zeigt der „Klemmdaumen“ teils Evolventen — teils Kreisprofil (vergl. Reuleaux Konstrukteur, S. 639).

An den verschiedenen Arten des Einhornes hat der „Sperrknochen“ eine sehr verschiedene Länge. Bei einigen Arten ist er verhältnismäßig lang (Fig. 1), bei anderen fehlt er vollständig, so dass dann nur ein kleiner rundlicher Knochen vorhanden ist. Diese Verhältnisse weisen darauf hin, dass der Sperrknochen zunächst die Form eines gewöhnlichen Flossenstrahles hatte, der allmählich dem großen Stachel näherrückte und

Fig. 3.



Heringskönig.

sich so sehr zurückbildete, dass nur das Gelenkende übrig blieb. Bei einigen Fischarten findet man bloß die nahe Aneinanderlagerung der Flossenstrahlen zur Feststellung der vorderen Strahlen verwandt, z. B. beim Heringskönig (Zeus).

Die zwei vorderen Strahlen dieses Fisches sind in Fig. 3 verkürzt dargestellt. Man sieht, dass der erste Strahl mit einem spornartigen Fortsatze sich gegen den zweiten Strahl stützt, wenn er vollständig aufgerichtet ist. Die Sperrung kann natürlich an diesem Gelenke nur eintreten, bei vollständig gehobenem Stachel, während am Gesperre des Einhornes der Stachel unter jedem beliebigen Winkel zwischen  $0^{\circ}$  und  $90^{\circ}$  festgestellt werden kann<sup>2)</sup>,

Zu den dreiteiligen Gesperren kann man wohl auch jene Vorrichtungen zählen, welche

#### die Giftzähne der Schlangen

feststellen (Fig. 4). Auf den ersten Blick könnte es fast scheinen, als wenn eine größere Anzahl von Gliedern zu dieser Feststellung dienen,

1) Diese Nachbildungen sind käuflich in der Anstalt für naturhistorische Lehrmittel von W. Haferlandt und Pippow, Berlin, Wilmersdorf Pfalzbürgerstraße Nr. 84.

2) Eingehender habe ich die Gesperre an Fischstacheln besprochen in meiner Arbeit „die Umbildungen an den Gliedmaßen der Fische“. Morphol. Jahrbuch, 1896, Leipzig, Engelmann.

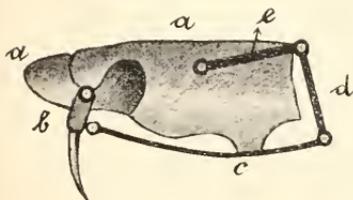
jedoch zeigt eine genauere Untersuchung, dass nur ein Teil aller Glieder bei der Feststellung zur Verwendung gelangt. Nach dem Schema von Fig. 4 sind vier Knochenstäbe durch Gelenke an einander und an den Schädel gefügt. Als ruhend sei der Schädel *a* gedacht, *b* = Oberkieferbein mit Giftzahn, *c* = Gaumenbein, *d* = Quadratbein, *e* = Schläfenbein.

Diese fünf Knochen bilden also eine fünfgliedrige geschlossene Kette. Fünf Glieder sind unbedingt erforderlich, damit beim Aufrichten des Zahnes das Gaumenbein *c* nicht vom Schädel *a* abgehoben werde, sondern demselben möglichst fest anliege. Bei vier Gliedern würde *c* von *a* sehr bedeutend absteigen, wenn der Zahn aufgerichtet ist und *c* könnte daher beim Beißen leicht zerbrochen werden, 1. durch den Druck, welchen ein Bissen auf die Mitte von *c* ausübt, 2. durch einen Druck gegen den Zahn.

Diese Gefahr des Zerbrechens ist also verringert durch Einfügung des fünften Gliedes *e*. Uebrigens sind die Ansprüche an die Widerstandsfähigkeit von *c* auch dadurch herabgesetzt, dass *c* stark nach innen gebogen ist (vergl. Fig. 5 Kopf der Kreuzotter von unten gesehen).

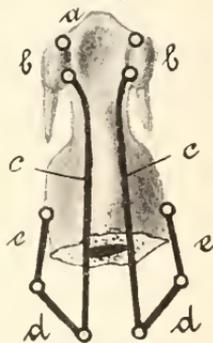
Bei einem Drucke gegen den Zahn werden infolge dessen die Glieder *c* und *c* des rechten und linken Giftzahnes gegen einander geschoben und gegen die untere Fläche des Schädels gedrückt.

Fig. 4.



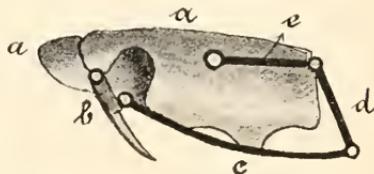
Kreuzotter.

Fig. 5.



Kreuzotter.

Fig. 6.



Kreuzotter.

Hierdurch wird die Spannung des verhältnismäßig langen Knochenstabes *c* bedeutend herabgesetzt.

Außerdem entsteht zwischen *c* und dem Schädel *a* eine ziemlich bedeutende Reibung, welche zur Feststellung des Zahnes dient. Diese Reibung ist um so bedeutender als zwischen *a* u. *c* Muskelschichten liegen, die ja recht eindrucksfähig sind. Wir sehen also, dass zur Feststellung des Zahnes die drei Glieder *a*, *b*, *c* dienen und dass die Glieder *d* u. *e* nur beim Aufrichten und Niederlegen des Zahnes zur Verwendung gelangen, indem sie von Muskeln bewegt werden. — —

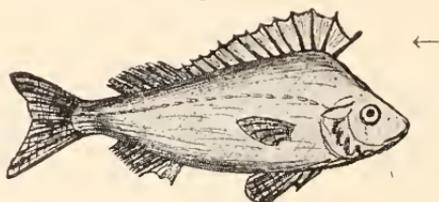
Ich hoffe, der Leser wird aus den obigen Darlegungen ersehen haben, dass die Sperrvorrichtungen an den Stacheln der Fische, vollständig den in der Technik gebräuchlichen Gesperren entsprechen; denn sie bestehen aus zwei aneinander beweglichen Teilen, welche durch einen dritten Teil, der wie ein Riegel zwischen beide geschoben wird, festgestellt werden. Aber nicht alle Fische stellen ihre Stacheln durch dreiteilige Gesperre fest. Im Gegenteil, der Mehrzahl fehlt jener von mir als „Sperrknochen“

bezeichnete sperrende dritte Teil. Trotzdem können sie ihre Stacheln ohne „Sperrknochen“ feststellen und zwar viele von ihnen mit einer sehr großen Sicherheit. Bei andern ist allerdings die Sicherheit sehr gering. Doch das schwankt je nach den Lebensverhältnissen.

Unser Barsch z. B. bewegt seine Rückenflosse viel hin und her und stellt sie selten dauernd fest. Bei ihm sind daher die Vorrichtungen zum Feststellen nur wenig ausgebildet.

Richtet man die Rückenflosse eines Barsches vollständig auf, so bemerkt man, dass die vordersten Stacheln derselben stark nach vorn gerichtet sind (Fig. 7) ja der erste Stachel nimmt sogar beinahe eine wagerechte Lage ein. In dieser Lage kann der Druck des Wassers, welcher beim Schwimmen entsteht (Fig. 7, ←) den Stachel nicht zurückdrehen; denn die Krafrichtung des Druckes liegt mit der Länge des Stachels in einer geraden Linie. Der Wasserdruck kann höchstens den Stachel etwas fester gegen seine Gelenkhöhle drücken. Die Spitze des Stachels bleibt unbeweglich auf demselben Punkte stehen. Man muss daher sagen, in dieser Lage befindet sich der Stachel in einer toten Lage gegenüber dem Wasserdrucke.

Fig. 7.



Barsch.

Wie sehr solch eine Totlage jede Bewegung unmöglich macht, wird wohl ein jeder wissen, der es versucht hat, den Tritt eines Spinnrockens oder einer Nähmaschine in Bewegung zu setzen. Er wird es oft bemerkt haben, dass zwei Totlagen hierbei vorkommen, 1. wenn der Tritt am höchsten steht und 2. wenn der Tritt vollständig gesenkt ist. In beiden Fällen ist die Stange, welche den Tritt mit dem Rade verbindet vollständig senkrecht gestellt, so dass sie mit dem senkrechten Durchmesser des Rades in einer geraden Linie liegt. Ein Druck auf den Tritt kann daher keine Drehung des Rades bewirken, er könnte nur das Rad, falls es nicht die genügende Festigkeit besitzt, von oben nach unten zusammendrücken.

Die Totlagen, werden in der Technik meistens dadurch überwunden, dass man mehrere Kräfte gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Rades angreifen lässt. Wird eine der Kräfte totgelegt, so wirken die anderen drehend.

Bei den Lokomotiven z. B. ist an jedem der beiden mittleren Räder eine bewegende Stange angebracht und zwar so, dass die eine Stange sich hebt, wenn die andere sich senkt. Befindet sich eine der Stangen in einer Totlage, so wirkt die andere drehend.

An dem Rückenstachel der Barsche u. a. Fische überwinden die Muskeln alle Totlagen dadurch, dass sie eine dreieckige Gestalt haben. Die Basis dieses Dreieckes ist an der Wirbelsäule befestigt, die Spitze

setzt sich an den Stachel (Schema I). Die Fasern des Muskels divergieren also sehr bedeutend zur Wirbelsäule hin und können daher Kräfte von sehr verschiedenen Richtungen erzeugen. In der Stellung Schema I sind die Fasern bei *a* totgelegt, die Fasern bei *b* wirksam.

An dem menschlichen Knochengerüste findet man die Totlagen mehrfach ausgenutzt, z. B. am Kniegelenk beim Stehen oder auch am Ellenbogengelenk. Stützt man sich auf die Hand bei vollständig gestrecktem Unterarme, so liegen Oberarm und Unterarm in einer geraden Linie und es bedarf keiner Muskelkraft, um sie in dieser Stellung zu erhalten. Derartige Ausnutzungen von Totlagen findet man mehrfach am menschlichen Knochengerüste, während eigentliche Sperrvorrichtungen hier wohl kaum vorkommen.

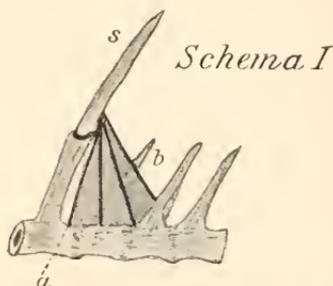
Bei den Fischen werden die Totlagen zum Feststellen von Stacheln noch in einer anderen Weise angewandt.

Man stelle sich z. B. vor, dass an einem Fische die Rückenstacheln beim Niederlegen nicht von vorn nach hinten geklappt werden, sondern nach einer Seite hin (Schema II u. III). In diesem Falle liegen die niedergelegten Stacheln neben einander auf einer Seite des Fisches. Richtet man solche Stacheln auf, so kann der Druck des Wassers, welcher beim Schwimmen des Fisches entsteht, sie nicht niederdrücken; denn dieser Druck ist parallel zur Axe des Gelenkes gerichtet. (— Schema II, A.)

Auch in diesem Falle befinden sich die Stacheln in einer toten Lage gegenüber dem Drucke des Wassers.

Wenn nun auch bei den Fischen Rückenstacheln nicht vorkommen, die vollständig nach einer Seite niedergelegt werden, Schema III, so findet man doch sehr häufig Stacheln, deren Gelenkaxe sehr bedeutend schräg zur Längsaxe des Fisches gestellt ist. Ich fand z. B. bei *Monocentris*<sup>1)</sup> *japonicus* die Gelenkaxe eines Rückenstachels so gestellt, dass sie mit der Längsaxe des Fisches (Schema II, A) einen Winkel von 55° bildete. Selbstverständlich sind in derartigen Fällen sehr feste Gelenkbänder erforderlich, um den Stachel in seiner aufrechten Stellung zu erhalten und allerdings findet man auch häufig in derartigen Fällen sogar verknöcherte Bänder.

Je fester aber eine Gelenkverbindung ist um so mehr zwingt sie den Stachel sich streng in seiner Drehebene zu bewegen (Zwangläufigkeit, *Reuleaux*) und man findet bei einigen Fischstacheln so feste, starre Gelenkverbindungen, dass die Stacheln sofort durch Einklemmungen fest-



Schema I



Schema II



Schema III

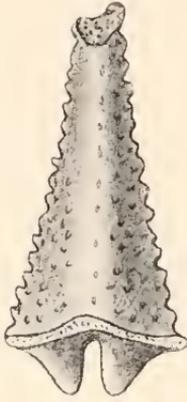
1) Vergl. Thilo, Die Umbildungen a. d. Gliedmaßen der Fische. Morphol. Jahrb., 1896, S. 290, Taf. VII, Fig. 4.

gestellt werden, wenn man nur ein wenig von der Drehebene bei Bewegungen abweicht. Besonders deutlich tritt dieses hervor am

**Stachel der Stichlinge (*Gasterosteus*).**

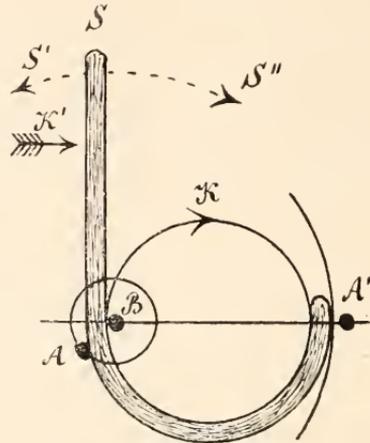
Drückt man gegen die Spitze des Stachels, so gelingt es nicht, ihn niederzulegen, drückt man dagegen mit der Spitze einer Nadel genau auf einen bestimmten Punkt, vorn an seinem Gelenkende, so kann man ihn ohne Schwierigkeiten niederlegen. Diese überraschende Thatsache wird erst verständlich, wenn man das Gelenk des Stachels genauer betrachtet und mit den Gelenken anderer Fischarten vergleicht.

Fig. 8.



Stichling.

Fig. 9.



Stichling (Schema).

Betrachtet man den Stachel eines Stichlinges von vorne (Fig. 8), so bemerkt man an seinem Gelenkende einen Spalt. Dieser Spalt wird von zwei spitzigen Knochenfortsätzen gebildet. Von der Seite betrachtet, erinnert jeder dieser Fortsätze seiner Form nach, an einem krummen Säbel. Jeder der säbelförmigen Fortsätze wird von einer knöchernen Hülle umschlossen, wie ein Säbel von seiner Scheide. In diesen Scheiden gleiten die säbelförmigen Fortsätze auf und ab, wenn der Stachel hin und her bewegt wird. Fig. 9 giebt die schematische Darstellung eines Stachels, von der Seite betrachtet. Der halbkreisförmige untere Teil der Fig. 9 stelle einen verlängerten säbelförmigen Fortsatz des Stachels dar. *BS* sei der Griff des Säbels — der Stachel. Die Kraft  $\rightarrow K'$  welche senkrecht gegen den Griff des Säbels gerichtet ist, kann den Säbel nicht aus der Scheide ziehen d. h. sie kann den Stachel nicht nach *S''* bewegen und so niederlegen. Wohl aber gelingt es der Kraft *K*, welche in dem Kreise *A' B K* verläuft.

In dieser Richtung *A' B K* verlaufen auch die Muskeln des Stachels. Sie legen daher mit Leichtigkeit den Stachel nieder, während ein Druck gegen die Spitze des Stachels ( $\rightarrow K'$ ) auf unüberwindliche Hindernisse stößt. Wohl aber kann, wie oben erwähnt, der Druck mit einer Nadelspitze oberhalb *A* den Stachel niederlegen.

Die Feststellung des Stachels tritt jedoch nur dann ein, wenn die Verhältnisse so liegen, dass eine Stützung bei *A* u. *B* statt hat (Fig. 9). Verlegt man den Stützpunkt *A* nach *A'* so kann man *S* unbehindert

nach  $S''$  bewegen; denn mit dem Halbmesser  $A' B$  lässt sich aus  $B$  ein Kreis beschreiben, welcher den Kreis  $A' B K$  im  $A'$  tangiert. Liegen hingegen die Verhältnisse so, dass eine Stützung bei  $A$  statt hat, so wird der Kreis  $A' B K$  von einem Kreise geschnitten, den man mit dem Halbmesser  $A B$  beschreibt. Aus diesem Grunde ist auch am Stichling u. a. Fischen die knöcherne Scheide, welche den säbelförmigen Fortsatz umschließt, nicht vollständig, sondern nur wenig länger als die Entfernung der Punkte  $A$  u.  $B$ . Der übrige Teil der Scheide wird von einer sehnigen Haut gebildet.

Die Länge der säbelförmigen Fortsätze ist bei den verschiedenartigen Fischarten sehr verschieden. Bei einigen Welsarten bilden sie Kreisbögen von  $90^\circ$  ja  $100^\circ$ . Beim Stichlinge erreichen sie oft eine Länge von  $120^\circ$ . An einigen Welsarten sind sie jedoch so schwach entwickelt, dass sie kaum eine Feststellung des Stachels bewirken können. Die Richtigkeit meiner mechanischen Betrachtungen stellte ich fest durch Nachbildungen aus Holz und Eisen, welche einigen Kollegen in Berlin, Frankfurt a. M. und Königsberg wohlbekannt sind.

Sollte der Leser gelegentlich einen Stichling in die Hand bekommen, so wird es ihm gewiss nach den obigen Darlegungen leicht gelingen, mit der Spitze einer Nadel einen aufgerichteten Stachel niederzulegen, da er den Punkt, wo die Nadelspitze anzusetzen ist, wohl ohne Schwierigkeiten am Stachelgelenke finden wird.

Fig. 10.

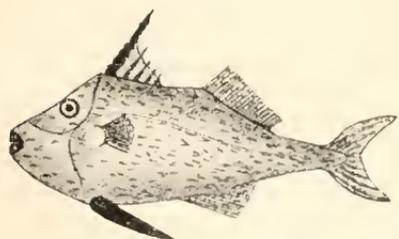
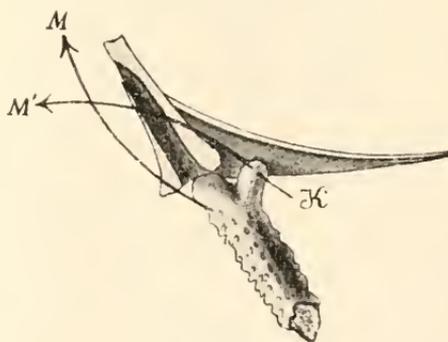
*Triacanthus.*

Fig. 11.

*Triacanthus.*

Ganz andere Verhältnisse findet man am

#### Bauchstachel von *Triacanthus* (Fig. 10).

An der Rückseite des Bauchstachels befindet sich ein sporenartiger Knochenfortsatz (Fig. 11,  $K$ ). Der Knochenfortsatz liegt einer Knochenwand auf, die in der Weise schräg gestellt ist, dass der Fortsatz beim Aufrichten des Stachels bergab an der Knochenwand gleitet. Beim Niederlegen des Stachels muss jedoch der Fortsatz an der Wand bergauf gleiten und verhindert daher das Niederlegen.

Erst, wenn man den Stachel so um seine Längsaxe dreht, dass der Knochenfortsatz von der Knochenwand abgehoben wird, gelingt es den Stachel niederzulegen. Es liegen also ähnliche Verhältnisse vor, wie bei einer Thür, in deren Nähe der Fußboden abschüssig ist. Hat sich eine derartige Thür gesenkt, so kann sie nur geöffnet werden, wenn man die

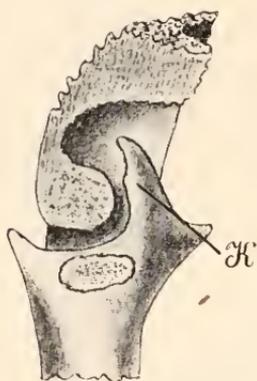
Thür in den Angeln erhebt. Die Feststellung des Stachels durch den Knochenfortsatz ist sehr sicher.

Ich fand in mehreren Museen *Triacanthus* in sehr großen Glasgefäßen, weil man nicht im Stande gewesen war, seine Stacheln niederzulegen und ihm so Eingang in Gefäße zu verschaffen, die seiner Größe entsprechen.

#### Der Rückenstachel von *Triacanthus*

zeigt wiederum andere Verhältnisse. Hinter dem Rückenstachel dieses Fisches steht ein kleiner, spitziger Knochenfortsatz, der sehr genau in einen keilförmigen Spalt an der Rückseite des Stachels hineinpasst. Ein aufgerichteter Stachel kann daher nur dann niedergelegt werden, wenn er ganz genau in seiner Drehebene bewegt wird. Die geringsten Seitenschwankungen stellen ihn fest durch Einklemmungen.

Fig. 12.



*Triacanthus*.

Fig. 13.



*Triacanthus*.

In Fig. 12 ist der Spalt als eröffnet dargestellt, nachdem seitliche Knochenteile des Gelenkkopfes abgefeilt wurden. Der Knochenfortsatz *K* ragt in den eröffneten Spalt hinein. Die Einklemmung durch den Fortsatz *K* erfolgt sehr leicht und es gelang mir bisher nicht, einen Rückenstachel niederzulegen, wenn er einmal aufgerichtet war. Erst kürzlich zeigte mir Prof. Hilgendorff in Berlin einen Handgriff, mit dem das Niederlegen gelingt. Der Stachel muss sehr streng in seiner Drehebene bewegt werden und den Gelenkkopf muss man hierbei ein wenig zum Kopfe des Fisches hin verschieben. Den Stachelmuskeln gelingt es leicht, den Stachel niederzulegen, da sie in der Nähe der Axe sich an den Stachel setzen und paarig sind. Sie führen daher den Stachel genau in seiner Drehebene, wenn sie sich gleichzeitig zusammenziehen.

Fig. 13 zeigt den Rückenstachel von *Triacanthus* von vornher betrachtet.

Die soeben beschriebenen drei Gelenke vom Stichling und *Triacanthus* bilden die drei Hauptformen jener zweiteiligen Gelenke, durch welche Fische ihre Stacheln ohne Sperrknochen feststellen können.

Man kann daher von diesen Gelenken sagen: obgleich sie nicht das sind, was man in der Mechanik als Gesperre bezeichnet, so erfüllen sie doch denselben Zweck, wie dreiteilige Gesperre, d. h. sie stellen dauernd einen Körperteil ohne Muskelthätigkeit fest.

Die Feststellung geschieht durch Reibungswiderstände, welche eine Einklemmung der Gelenkteile bewirken. Man könnte daher derartige Gelenke als „zweiteilige Klemmgelenke“ bezeichnen, da auf sie der Name „Sperrgelenke“ nicht passt.

Von den erwähnten drei Hauptformen dieser Gelenke findet man zahlreiche Abweichungen, die oft so bedeutend sind, dass es schwer fällt, sie auf die Grundformen zurückzuführen.

Gerade aber diese Abweichungen sind für den Naturforscher sowohl als für den Mechaniker von der größten Bedeutung. Der Naturforscher gewinnt durch sie ein Verständnis für eine ganze Reihe von Formenverschiedenheiten, welche ihm bisher ganz unverständlich waren.

Ich erinnere hier bloß daran, dass ich nur durch eine Betrachtung dieser Abweichungen in den Stand gesetzt wurde, mathematisch nachzuweisen, wozu gewisse Flossenformen und Stacheln vorhanden sind, die bisher bloß als rein äußerliche Unterscheidungsmerkmale dienten (vergl. oben Flossenstellungen, Bandverknöcherungen u. a.).

Der Mechaniker kann aber aus den Verschiedenheiten dieser Gelenkformen erschen, wie dieselbe Aufgabe von der Natur in sehr verschiedener Weise gelöst wurde. Schon die auffallende Thatsache, dass an Fischstacheln die zweiteiligen Vorrichtungen zum Feststellen der Stacheln häufiger sind, als die dreiteiligen, fordert sein Nachdenken heraus. Diese Thatsache ist ganz besonders geeignet, den Unterschied zwischen künstlichen und natürlichen Mechanismen zu kennzeichnen.

Die oben beschriebenen zweiteiligen Gelenke, können nur dann einen Fischstachel feststellen, wenn sie unablässig beaufsichtigt und gestellt werden. Dieses fortwährende Stellen gelingt einem Tiere mit Hilfe seiner Muskeln leicht. An Maschinen ist es undurchführbar. Hier gewähren nur die dreiteiligen Gesperre eine ausreichende Sicherheit. Allerdings ist diese Sicherheit mit einer gewissen Schwerfälligkeit verbunden. Diese Schwerfälligkeit kommt allerdings an vielen Maschinen fast garnicht in Betracht, bisweilen jedoch wird es der Konstrukteur gewiss schmerzlich empfinden, dass er nicht solche leicht bewegliche Vorrichtungen verwenden kann, wie wir sie z. B. an dem Stachel eines Stichelings bewundern. Blitzartig schnell kann er seine Stacheln gegen seine Feinde erheben und unbeweglich fest erhält er sie noch im Tode aufrecht. Bei den dreiteiligen Gesperren des Einhornes u. a. Fischen ist diese leichte Beweglichkeit wohl nicht erreichbar und auch nicht erforderlich.

Diese schwerfälligen Fische schwimmen schlecht und bewegen auch ihre Stacheln nur wenig hin und her. Sie halten dieselben entweder aufgerichtet oder vollständig zurückgelegt. Wir sehen also, dass die Wahl der Gesperre in der Natur streng nach der Art ihres Gebrauches getroffen ist. Für diesen Gebrauch sind die zweiteiligen Vorrichtungen geeigneter als die dreiteiligen. Erstens bieten zwei Teile weniger Fehlerquellen als drei. Zweitens ist die Beseitigung von Störungen an den einfacheren zweiteiligen Gelenken leichter als an den zusammengesetzten dreiteiligen. Verletzungen, Entzündungen und Schwellungen müssen am dreiteiligen Gesperre leichter zur Unbeweglichkeit des Gelenkes (Versteifung, Verknöcherung) führen, als am zweiteiligen Gelenke.

Verletzungen und Entzündungen sind aber an den Gelenken der Stachel gewiss sehr häufig, hierauf deuten die vielen abgebrochenen und

vernarbten Stachel hin, die man sehr oft an Fischen findet. Wir sehen es also auch an den Gesperren der Fische, dass die Natur durch Vereinfachungen den Gebrauchsstörungen ihrer Mechanismen vorbeugt und auch hier kann es der Konstrukteur von der Natur lernen, durch die Einfachheit seiner Getriebe Betriebsstörungen zu vermeiden.

Natürlich wird er auch hier von der Natur nur die Grundgedanken zu seinen mechanischen Vorrichtungen entlehnen können. Nur dann können diese Grundgedanken für ihn fruchtbar werden, wenn er sie seinen Verhältnissen anzupassen versteht. Leider ist nur zu oft das Gegenteil hiervon geschehen. Durch gedankenloses Kopieren der Natur wurde so mancher wertvolle Gedanke unfruchtbar.

Ich erinnere hier nur daran, dass z. B. die künstlichen Beine vielfach genau nach den natürlichen angefertigt wurden. Ein naturwissenschaftlich gebildeter Techniker hätte diesen Fehler vielleicht vermieden. Er hätte es gewusst, dass die künstlichen Mechanismen anders sein müssen, als die natürlichen und wäre etwas sparsamer mit jenen zusammengesetzten Gelenken gewesen, deren Verwendung viele künstlichen Beine so unbrauchbar macht. Er hätte sich daran erinnert, dass er nicht im Stande ist, diese Gelenke mit Muskeln zu versorgen, dass Gelenke, die nicht von Muskeln bewegt werden, in hohem Grade die Gebrauchsfähigkeit eines Beines schädigen und dass man heutzutage Fußgelenke, deren Muskeln geschwunden sind, auf operativem Wege unbeweglich macht, um dem Kranken das Gehen zu erleichtern. Ähnliche Fehler und ähnliche Misserfolge sind gewiss auf vielen anderen Gebieten der Technik zu verzeichnen. Leider haben diese Misserfolge so manchen Techniker zu der Anschauung verleitet, dass die Naturbetrachtung ihm nichts nütze und dass naturwissenschaftliche Kenntnisse für ihn ein nutzloser Ballast seien.

Von solchen Anschauungen wird sich wohl ein jeder befreien, der vorurteilsfrei und ruhig die Haupterrungenschaften des Menschen auf technischem Gebiete betrachtet. Der Gebrauch des Feuers, die Schifffahrt auf dem Wasser und in der Luft, die Verwendung der Elektrizität und unzählige andere Zweige des menschlichen Könnens wurden durch Naturbetrachtungen errungen.

Die Naturforscher ihrerseits haben es leider noch immer nicht genügend erkannt, dass für sie die Erfahrungen und Kenntnisse der Techniker unentbehrlich sind, dass dieselben Gesetze, nach welchen unsere Häuser und Maschinen gebaut werden, auch beim Aufbau eines Tierkörpers, zur Verwendung gelangen. Nur eine genaue Kenntnis dieser Gesetze, kann ein tieferes Verständnis für das ganze Gefüge eines Tierkörpers anbahnen. Ich erinnere hier nur an das Gefüge des Knochenbaues, welches Hermann von Meyer in Verbindung mit dem Ingenieur Culmann so erfolgreich erforschte. Ich erinnere an die berühmten Flugarbeiten des Ingenieur Lilienthal, an die Arbeiten von Roux, Tornier u. a.

Auch für meine hier veröffentlichten Forschungen war mir das Studium der Werke eines Ingenieurs unentbehrlich. Nur durch das Studium der Werke von Reuleaux erlangte ich die Fähigkeit, zusammengesetzte mechanische Verhältnisse zu verstehen und anderen verständlich zu machen. In hohem Grade wurde dieses Verständnis dadurch gefördert, dass Herr Geheimrat Reuleaux die große Güte hatte, mich persönlich über viele mechanische Verhältnisse aufzuklären. Auch seine Erläuterungen der von

ihm erforschten Gelenke einiger Glieder- und Wirbeltiere schufen mir eine Menge ganz neuer Gesichtspunkte<sup>1)</sup> und verpflichteten mich zum allergrößten Danke.

Aus all den hier angeführten Gründen erscheint es mir im höchsten Grade wünschenswert, dass die Beziehungen der Naturforscher zu den Technikern innigere würden, als es bisher der Fall ist.

#### Litteratur.

1. F. Reuleaux, Prof. Dr., Der Konstrukteur. Braunschweig 1895. Vieweg & Sohn.
2. Derselbe, Theoret. Kinematik. Braunschweig. Vieweg & Sohn.
3. W. Ritter, Anwendung d. graphisch. Statik. Zürich 1888. Meyer und Zeller. Teil I: Besprechungen der Meyer'schen Knochenuntersuchungen von einem Techniker.
4. Hermann von Meyer, Die Statik u. Mechan. d. Knochengerüsts. Leipzig, Engelmann, 1873.
5. Vitus Graber, Die äußeren mechanischen Werkzeuge der Tiere. Bd. XLIV des Wissens der Gegenwart. Leipzig, G. Freitag, 1886. Allgemeinverständlich. Ausführliches Literaturverzeichnis.
6. Otto Thilo, Die Umbildungen an den Gliedmaßen der Fische. Morphol. Jahrb., 1896 u. 1897. Leipzig. Engelmann.
7. William Sörensen, Om Lyd organer hos Fiske. Kjobenhavn. V. Thaning u. Appels, 1884. [41]

## Vorschläge zu einer objektivierenden Nomenklatur in der Physiologie des Nervensystems.

Von **Th. Beer, A. Bethe** und **J. v. Uexküll.**

Jeder kennt Empfindungen und alles, was sich aus ihnen aufbaut, das Subjektive, Psychische nur aus sich selbst; außerhalb seiner beobachtet er nur Bewegungserscheinungen und gelangt nur mit Hilfe von Analogieschlüssen, indem er diese Bewegungen mit seinen eigenen vergleicht, zur Annahme psychischer Eigenschaften für andere Menschen und höhere Tiere; den niederen Tieren wie den niederen Centren des Menschen Empfindungen zuzuschreiben, dazu fehlt sogar dieses unwissenschaftliche Hilfsmittel. Trotzdem tragen viele in der vergleichenden Physiologie üblichen Ausdrücke den ausgesprochenen Stempel des Subjektiven und verleiten so zu Missverständnissen.

Es scheint daher angebracht, eine neue Nomenklatur einzuführen.

In dieser Nomenklatur sind zu trennen:

I. der objektive<sup>2)</sup> Reiz,

II. der physiologische Vorgang,

III die (eventuelle) Empfindung.

1) Diese Untersuchungen wurden leider bisher nicht veröffentlicht.

2) Wir sind uns darüber klar, dass ein Reiz auch nichts anderes ist als eine objektivierete Empfindung, hegen aber die Ueberzeugung, dass der Naturforscher, um festen Boden zu haben, sich auf den unbefangenen Standpunkt stellen muss, von dem aus man die nach außen projizierte Erscheinungswelt als materiell existierend betrachtet.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Thilo Otto

Artikel/Article: [Sperrvorrichtungen im Tierreiche. 504-517](#)