

## Einleitung.

Die Leiter der Willenskraft sind die Nerven. Von diesen kommen für die lokomotorische Bewegung der Wirbelthiere nur die Spinalnervenpaare in Betracht; sie entspringen mit Ausnahme der Kreuzbein- und Steissbeinnerven, deren Ursprung ein einfacher ist, mit zwei Wurzeln aus der vordern und hintern Seitenfurche des Rückenmarks, bleiben eine Strecke lang einfach und spalten sich dann in 2 Aeste, die sich weiter verästeln und mit ihren Verästelungen anastomisiren. Von den beiden Wurzeln enthält die vordere nur Bewegungsfasern, die hintere Empfindungsfasern, während der Stamm selbst und im Allgemeinen auch die Verästelungen gemischte Nerven sind, d. h. aus motorischen und sensibeln Fasern bestehen.

Bei den Gliederthieren ist der centrale Nervenheil eine Reihe von Ganglien, die unter sich durch Längscommissuren in Verbindung stehen; in dem Bauchstrange sind im Allgemeinen die Brustganglien die stärksten und von ihnen gehen die Nerven für die Lokomotionswerkzeuge ab, andere entsenden vorkommenden Falles Nerven zu den accessorischen Bewegungsorganen.

Bei den Mollusken besteht der Centralheil aus einem Schlundganglienring und einzelnen Ganglien im Körper, in denen beiden die Nerven für Lokomotion ihren Ursprung haben.

Bei den Strahlthieren endlich ist dieser Ring ein einfacher Markfaden oder es sind noch gar keine Nervegebilde nachgewiesen.

Die Nerven übertragen ihre Thätigkeit unmittelbar auf die Muskeln. Die Muskeln, die willkürlich bewegt werden können, sind bei den Wirbelthieren und Gliederthieren immer quergestreift; in den Fällen, in welchen dies auch bei einfachen Muskeln Statt zu finden scheint, geht die willkürliche Bewegung doch immer von quergestreiften Muskeln desselben Organs aus; die schlichten Muskeln spielen dagegen bei den niederen Thieren eine bedeutende Rolle.

Die Muskelpaare, die eine entgegengesetzte Drehungsrichtung desselben Theils hervorbringen, heissen Antagonisten. Diese Drehungsrichtung kann entweder nach vorn oder hinten, nach aussen oder innen von der mittleren Längsachse gehen oder sich um diese drehen und man unterscheidet darnach Flexion und Extension, Abduktion und Adduction, Pronation und Supination.

Wir fügen diesen wenigen einleitenden Worten keine Besprechung der Knochen- und Gelenkbildungen hinzu, sondern wenden uns vielmehr sogleich zu der Untersuchung über die lokomotorischen Bewegungen selbst.

## A. Lokomotion der Säugethiere.

### 1. Der Mensch.

#### G a n g.

Ueber das Gehen und Laufen des Menschen liegen die genauesten Beobachtungen vor, die besonders von W. und E. Weber mit grossem Fleisse und Scharfsinn angestellt worden sind.

Denken wir uns, um zuerst vom Gehen zu sprechen, das Bein R senkrecht gestellt, d. h. so, dass die Verbindungslinie des Centrums des Schenkelkopfes mit dem Stützpunkte des Fusses vertikal ist, das Bein L dagegen von hinten und unten nach vorn und oben gestreckt; so wird im nächsten Augenblicke R sich schief nach vorn stellen und sich strecken, der Rumpf, der sich in einer parabolischen Bahn aufwärts bewegt, hebt zu gleicher Zeit das Bein L vom Boden ab, dieses verkürzt sich durch Beugung im Knie- und darauf im Fussgelenk, und schwingt nach Art eines Pendels nach vorn. Während der Schwingung schiebt das vordere Bein in seiner schiefen Lage den Rumpf mit beschleunigter Geschwindigkeit vorwärts\*) und trägt ihn zugleich horizontal fort, das heisst, die vertikale Componente der stemmenden Kraft des Beines ist gleich der Schwerkraft des Körpers, aus der Richtung der erstern und aus ihrer vertikalen Componente lässt sich die Grösse der horizontalen Componente leicht bestimmen. Einige Augenblicke, bevor die Schwingung von L vollendet ist, hört diese stemmende Kraft auf; der Rumpf hat dann eine gleichförmige Bewegung in horizontaler und eine durch die Schwerkraft beschleunigte in vertikaler Richtung und fällt also abgesehen von dem Widerstande der Luft in einer parabolischen Bahn, bis das mit der Ferse aufgesetzte Bein L in die senkrechte Lage gekommen, dessen Gelenkkopf die Bewegung des Rumpfes mitmacht, während es sich im Fussgelenk dreht und im Knie etwas beugt.

In der senkrechten Lage nun hebt L die Fallkraft auf und ertheilt ausserdem dem Körper durch eine fast momentan wirkende Streckung eine gleichförmige Bewegung von bestimmter Geschwindigkeit nach oben; unmittelbar darauf wirkt es in schiefer Stellung stemmend, wie vorher R, es schiebt nämlich den Rumpf mit beschleunigter Geschwindigkeit in horizontaler Richtung vorwärts und trägt ihn zugleich. In Folge davon wird der Rumpf in einer parabolischen Bahn sich bewegen, bis er seine frühere Höhe erreicht hat. In dem ersten Augenblicke dieser parabolischen Bewegung wird R abgehoben und schwingt dann.

Bei der Streckung und Stemmung des Beines R haben wir der Kürze halber von der parabolischen Bahn der aufsteigenden Bewegung abgesehen, um sie hier zu erörtern.

Die Entfernung zwischen den beiden Punkten, wo die beiden Beine nacheinander den Boden verlassen haben, in der Richtung der Bewegung gemessen, ist die Schrittlänge; sie besteht beim Gehen auf dem ganzen Fusse aus der Länge des Fusses, dem Wege, den der Körpermittelpunkt und dem Wege, den der schwingende Fuss in horizontaler Richtung zurückgelegt haben.

Die darauf verwandte Zeit ist die Schrittdauer; sie besteht aus der Schwingungszeit  $t$  und der Zeit  $\tau$ , die verstreicht, bis das aufgesetzte Bein in die vertikale Lage gelangt ist, oder der Zeit, in welcher beide Füsse zugleich den Boden berühren. Da  $\tau$  um so grösser wird, je grösser der Winkel ist, den das aufgesetzte Bein mit der Vertikalen macht, d. h. je grösser der Schwingungsbogen desselben gewesen war,

\*) Die hierhergehörige theilweise richtige Erklärung Borelli's heisst: Ab ipsamet pedis extensione et cruris elongatione impellitur pavimentum a pedis apice et ideo motu reflexo machina anterieus promovetur. (B de motu animalium I. Prop. 56)

so wächst zugleich mit  $t$  auch  $\tau$ , und die Zunahme der Schrittdauer setzt sich aus diesen beiden Zunahmen zusammen. Die Schrittdauer ist am kleinsten, wenn  $\tau=0$  ist; in diesem Falle hat das aufgesetzte Bein sogleich die vertikale Lage, hat also eine halbe Schwingung gemacht, und in der That ist nach den Beobachtungen von W. und E. Weber die Schrittdauer beim schnellsten Gehen, dem  $\tau=0$  entspricht, 0,332 Sekunden, die halbe Schwingungsdauer für dieselbe Beinlänge 0,346. Die Differenz rührt von der Verkürzung des Beines beim Schwingen her und wäre noch grösser, wenn nicht das Bein vor dem Schwingen etwas zurückspränge.

Aus andern Beobachtungen\*) ergibt sich, dass, während die Schrittdauer abnimmt, die Schrittlänge zunimmt. Es erklärt sich dies aus dem Umstande, dass bei schnellerem Gehen die constante Senkung des Rumpfes eine grössere ist, wodurch eine grössere Exkursionsweite, und da das Bein beim Schwingen stärker verkürzt werden muss, eine kleinere Schwingungsdauer bedingt wird. Uebrigens ist für das schnellste Gehen bei 0,730 M. langem Beine die Schrittlänge 0,8656 M. die Schrittdauer 0,333 Sek.; die entsprechende Geschwindigkeit also  $0,8656 : 0,333 = 2,605$ .

Die Nebenbewegungen beim Gehen sind erstens eine vertikale Schwankung des Rumpfes. Diese betrug bei 3 verschiedenen Beobachtungen der beiden Weber, 35, 30, 30 mm., also im Mittel 31,6 mm. Für den freien Fall entspricht aber dieser Senkung eine Zeit  $T = \sqrt{\frac{2s}{g}} = 0,077$  Sek. Beim Gehen auf den Ballen beträgt die Zeit, in der das aufgesetzte Bein in die senkrechte Lage kommt, als Mittel aus 4 Beobachtungen 0,05 Sek.\*\*\*) Die vertikale Schwankung ist als Mittel von 5 Beobachtungen bei derselben Gangart 0,021 mm; ihr entspricht die Fallzeit 0,06 Sek. Die Streckkraft lässt für diesen Fall also 0,01 Sek. vor dem Aufsetzen des schwingenden Beines nach; die ganze Schwingungszeit als Mittel aus den angegebenen 4 Beobachtungen beträgt 0,467 S.

Der Grund dieser vertikalen Schwankungen ist darin zu suchen, dass bei der in bestimmte Grenzen geschlossenen Schwingungsdauer des schwingenden Beines der Schenkelkopf eine bestimmte Geschwindigkeit für jeden einzelnen Fall nicht überschreiten darf, damit der Fuss des schwingenden Beines nicht hinter ihm zurückbleibe. Das stehende Bein hört also einige Augenblicke vor dem Aufsetzen des andern Beines

*)	Schrittlänge.	Schrittdauer.	Beinlänge.
	0,654 M.	0,631 Sek.	0,942 M.
	0,809 M.	0,433 Sek.	0,942 M.

(Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge vom W. und E. Weber), wo zahlreiche Beobachtung über das Verhältniss zu finden ist.

**)	$t + \tau$	s	t	
	Schrittlänge.	Schrittdauer.	Dauer des Stehens.	Schwingungsdauer.
	0,804 M.	0,376 Sek.	0,400 Sek.	0,352 Sek.
	0,755 "	0,429 "	0,484 "	0,374 "
	0,657 "	0,523 "	0,570 "	0,476 "
	0,659 "	0,742 "	0,817 "	0,667 "

Darnach ergeben sich für  $\tau$  die Werthe

0,024
0,055
0,047
0,075
0,201
4
0,05 Sek.

auf zu stemmen, damit die horizontale Componente  $= 0$  werde, dann ist aber auch die vertikale  $= 0$  und der Rumpf fällt.

Beim schnelleren Gehen ist allerdings die horizontale Geschwindigkeit des Rumpfes grösser, als beim langsamen, aber auch die Geschwindigkeit des Fusses bei der grössern Elongation und der stärkeren Verkürzung des Beines; ausserdem subtrahirt sich von ersterer noch die Verzögerung, welche der Luftwiderstand hervorbringt, so dass die Fallzeiten und mit ihnen die vertikalen Schwankungen für schnelles und langsames Gehen wenig variiren. Bewegt der Gehende den Körper gegen einen heftigen Wind, so können sich diese Schwankungen bis auf Null reduciren; geht er mit dem Winde, so vergrössern sie sich; beides steht in Uebereinstimmung mit dem eben Gesagten.

Beim Gehen auf dem Ballen ist die Zeit des Stemmens kürzer, mithin die daraus erfolgende Geschwindigkeit unter sonst gleichen Umständen kleiner, die vertikalen Schwankungen also geringer, wie wir es in der That vorher gesehen haben.

Eine andere Nebenbewegung ist die Vorwärtsneigung des Rumpfes, die darin begründet ist, dass die bewegende Kraft in der Höhe der Schenkelköpfe angreift, und also, da der Schwerpunkt höher liegt\*) ausser einer Vorwärtsbewegung eine Drehung des Rumpfes nach hinten hervorbrächte; diese wird verhindert durch das Vorwärtsneigen des Rumpfes. Bei der Beurtheilung der Grösse dieser Neigung müssen wir jedoch auch auf den Widerstand der Luft Rücksicht nehmen.

Die seitlichen Drehungen des Rumpfes, die einmal von dem stemmenden Beine, dann aber auch von dem schwingenden hervorgebracht würden, werden bezüglich durch die Muskelkraft und durch das entgegengesetzte Schwingen der oberen Extremitäten möglichst aufgehoben. Das einseitige Sinken endlich der nicht unterstützten Seite wird hauptsächlich durch das lig. superius und lig. teres des andern Hüftgelenkes, sowie durch die fascia ilio-trochanterico tibialis verhindert.

### L a u f.

Beim Laufen hebt das senkrecht aufgestellte Bein den Fall des Rumpfes auf und ertheilt ihm ausserdem einen vertikal nach oben gehenden Stoss, während das andere einen Theil seiner Schwingung gemacht hat; darauf stemmt es sich schief gegen den Rumpf, wobei die vertikale Componente die Wirkung der Schwerkraft aufhebt, die horizontale sich mit der Stosskraft zusammensetzt, um den Rumpf in einer parabolischen Bahn aufwärts und vorwärts zu führen. Nach kurzer Zeit hat sich dieser so weit bewegt, dass das stemmende Bein von dem Boden aufgehoben wird und ebenfalls schwingt. Beide Beine schwingen also jetzt. Der Rumpf steigt nun noch fort, bis die Schwerkraft die Stosskraft paralytirt hat; dann fällt er unter dem ganzen Einflusse dieser und der constanten horizontalen Bewegung in einer Parabelbahn herab, bis das andere Bein in die senkrechte Lage gekommen ist; von da wiederholt sich der ganze Vorgang, nur dass die beiden Beine jetzt die Rolle gewechselt haben.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Schrittdauer kleiner, als beim schnellsten Gehen ist, da immer das eine Bein schon in der Schwingung begriffen ist, wenn das andere auftritt.

Uebrigens bemerken wir, dass die vertikalen Schwankungen 0,0218 M. betragen, was einer Fallzeit von  $\frac{1}{15}$  Sek. entspricht. Die grösste Geschwindigkeit ist 6,56 M. in der Sekunde.

\*) Borelli verlegt den Schwerpunkt inter pubim et nates B. de motu anim. I. Prop. 134.

Nach W. und E. Weber ist die

Entfernung des Schwerpunktes vom Scheitel 0,721 M., von der Ferse 0,9447 M., von der Drehungsachse des Hüftgelenkes 0,087 M.; wenn ein Bein abgenommen ist, steigt er bis zur Höhe des Nabels, beim Mangel beider Beine bis zum Schwertfortsatze des Brustbeins.

## Sprung.

Der Sprung geschieht in Folge einer starken Beugung und darauf folgender plötzlicher Streckung der Beine; die vorbereitende Stellung und die Streckung der einzelnen Glieder wechseln je nach der Sprungrichtung. Das vorwärts Springen wird verstärkt durch den Anlauf, der dem Körper schon eine bestimmte Geschwindigkeit in horizontaler Richtung gibt.

## Klettern.

Beim Klettern heben die Oberschenkel durch Streckung den Körper in die Höhe, während die angepressten Unterschenkel und Füße zu Stützen dienen. Das Anpressen der Unterschenkel wird durch die eigenthümliche Einrichtung des Kniegelenkes, wonach dieser bei gebogenem Knie um seine Längsachse sich drehen kann, in bedeutendem Grade verstärkt.

Wir gehen nicht auf eine Betrachtung des Rückwärtsgehens, des Gehens auf einer schiefen Ebene aufwärts und abwärts, des Gehens in Curven u. s. w. ein.

## 2. Vierfüsser.

Bei den Vierfüssern sind besonders die hintern Extremitäten die ortsbewegenden, und wir sehen, wie beim Menschen, so in einzelnen Fällen z. B. beim Känguruh diesen die Lokomotion ausschliesslich übertragen. Daher finden wir sie meist länger, als die vorderen; wo dies Verhältniss sich umkehrt, wie bei der Giraffe, tritt eine besondere Gangart, der Pass ein, oder der Hinterkörper wird nachgeschleppt, wie bei der Hyäne.

Die verschiedenen Bewegungsweisen sind aus naheliegenden Gründen besonders beim Pferde beobachtet worden; sie sind jedoch den Vierfüssern im Ganzen gemein.

## Gang.

Tritt das rechte Vorderbein beim langsamen Gehen eben auf, so ist das linke Vorderbein von hinten nach vorn gestreckt, das rechte Hinterbein ebenfalls in der Streckung begriffen, während das linke Hinterbein die Schwingung beginnt; der Rumpf bewegt sich vorwärts, bis das linke Hinterbein aufgesetzt wird, dann beginnt das linke Vorderbein die Schwingung, während das rechte Vorderbein senkrecht steht und das rechte Hinterbein weiter gestreckt ist; ist das linke Vorderbein darnach aufgesetzt, so beginnt das rechte Hinterbein die Schwingung, das rechte Vorderbein stemmt, und das linke Hinterbein steht senkrecht; wird endlich das rechte Hinterbein aufgesetzt, so beginnt das rechte Vorderbein die Schwingung, das linke Vorderbein steht senkrecht und das linke Hinterbein stemmt; darnach kehrt die Bewegung auf den Anfang zurück.

Beim schnellsten Gehen treten die Beine senkrecht auf, das jedesmalige Nachbarbein beginnt dann die Schwingung. Wenn aber beispielsweise das rechte Hinterbein beim Auftreten senkrecht steht, so wird im nächsten Augenblicke ausser dem rechten Vorderbeine auch das linke Hinterbein schwingen; wenn diese auftreten, werden das linke Vorderbein und das rechte Hinterbein schwingen. \*)

\*) Borelli irrt mit seiner Behauptung: *gressum quadrupedum non fieri motis alternatim duobus pedibus diagonaliter oppositis.* Bor. de motu anim. I. Prop. 125.

## L a u f.

Beim eigentlichen Laufen schwingt jedesmal, wie wir gesehen haben, das eine Bein schon, wenn das andere aufgesetzt wird, so dass eine Zeit lang alle Beine vom Boden aufgehoben sind. Diese Bewegung ist der Trab und ist immerhin sehr wohl von dem schnellsten Gehen zu unterscheiden.\*)

## G a l o p p.

Beim Galopp in 3 Tempo's wird zuerst ein Hinterfuss, dann der andere Hinterfuss und der Vorderfuss der andern Seite, endlich der andere Vorderfuss aufgesetzt. Ausserdem unterscheidet man noch einen Galopp in 4 Tempo's, bei welchem sich das eben angegebene Tempo in zwei auflös't, indem der Hinterfuss und der Vorderfuss nach einander aufgesetzt werden.

## S p r u n g o d e r g e s t r e c k t e r G a l o p p.

Bei dem gestreckten Galopp oder dem Galopp in 2 Tempo's werden gleichzeitig die beiden Vorderfüsse und, nachdem diese wieder abgehoben sind, die Hinterfüsse aufgesetzt und so fort.

Wir können diesen Abschnitt nicht schliessen, ohne vorher der abweichenden Bildung der Extremitäten einiger Säugethier-Ordnungen und Gattungen Erwähnung gethan zu haben.

Die Gliedmassen der Affen zeichnen sich bekanntlich dadurch aus, dass sie einen Daumen haben; indess dient dies keineswegs dazu, das Gehen auf den vier Extremitäten zu erleichtern.\*\*) Von der andern Seite ist ihr Bau nicht geeignet zu einem vollkommenen Gehen auf den hinteren Gliedmassen. Die Ordnung der Affen ist mit einem Worte die Ordnung der Kletterer unter den Säugethieren. Auf eine andere Weise ist dieser Zweck erreicht bei einigen Thieren aus der Ordnung der Edentaten, z. B. beim Ai. Bei diesem sind nämlich die Mittelhandknochen unter sich und mit der vordern Handwurzelreihe verwachsen\*\*\*), die Hände sind lang und schmal und die Nägelglieder mit grossen gekrümmten Krallen versehen. Das Vorwärtsbewegen auf dem Boden ist dadurch so erschwert, dass, wenn das Thier auf seinem Wege keine Gegenstände findet, an die es sich anklammern und heranziehen kann, es kaum von der Stelle fortkommt. Uebrigens sollen seine Bewegungen auf den Bäumen durchaus nicht so ungeschickt sein. Von diesem Thiere sagt Buffon, der oft wunderliche Ansichten hat und ganz Entferntes mit einander in Zusammenhang bringt: Und warum sollte es nicht zum Elende erschaffene Thiere geben, da der grösste Theil der Menschengattung von Jugend auf zu selbigem Zwecke verdammt ist.

Bei den Flederthieren sind die Theile der Vordergliedmassen besonders der Adduction und Abduction fähig, die Phalangen der Finger sind lang; zwischen ihnen spannt sich die Flughaut aus, die von den Schultern bis zu den hinteren Extremitäten und sehr oft auch zwischen diesen am Körper hinläuft.\*\*\*\*)

Bei den Pinnipeden dienen die Vorder-Extremitäten, deren Zehen, wie die der hintern durch eine Schwimmhaut verbunden sind, zum Schwimmen und Kriechen, die hintern sind nach hinten gestreckt, so dass die untere Fussfläche nach oben gekehrt ist.

Bei den Cetaceen fehlen die hintern Gliedmassen, und das Becken ist bis auf einen rudimentären Knochen verschwunden, der Schwanz endet in eine horizontale häutige Flosse. Bei den pflanzenfressenden

\*) Barthez, Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux, übersetzt von Sprengel S. 192 u. 193.

\*\*) So sagt Buffon vom Mokoko: Sein Gang ist schief, wie bei allen Thieren, die 4 Hände statt 4 Füsse haben. (Buffon, Naturgeschichte der vierfüssigen Thiere, übersetzt von Otto XIV. S. 161.)

\*\*\*) Lehrbuch der Zootomie von Fr. R. Wagner, I. Theil S. 27.

\*\*\*\*) Siehe u. A. Prechtl. Untersuchungen über den Flug der Vögel (S. 131).

Thieren dieser Ordnung dienen die vordern Gliedmassen ausser zum Schwimmen auch zum Festhalten beim Abweiden der Strandgewächse; bei den eigentlichen Wallen sind diese jedoch vollständig zu Flossen umgebildet, die indess weniger zur Fortbewegung, als zur Erhaltung des Gleichgewichtes dienen.

Da man bemerkt hat, dass der Schwanz der Wallen in horizontaler Richtung grössere Beweglichkeit besitzt, als in vertikaler; da man ferner bei den Delphinen ein Hin- und Herrollen um die Längsachse des Körpers bei der Fortbewegung beobachtet hat: so ist vielleicht die gangbare Ansicht, dass die Cetaceen sich durch senkrecht schlagen des Schwanzes bewegen, zu berichtigen.

Widmen wir schliesslich den Verrichtungen des Schwanzes, insofern sie mit der Lokomotion im Zusammenhange stehen, noch einige Worte, so ist wohl der Zweck der Lokomotion am deutlichsten bei den Roll- und Wickelschwänzen der Affen der neuen Welt und bei einigen Zahnlosen und Beutelhieren ausgesprochen; bei andern dient er offenbar zur Steuerung, wie z. B. der buschige Schwanz des Eichhörnchens; als Stütze des Körpers und als Gegengewicht gegen den vordern Theil des Körpers dient der starke Schwanz des Känguruh.

## B. Lokomotion der Vögel.

### Einrichtung der Vorder-Extremitäten.

Die Vorder-Extremitäten der Vögel sind mit wenigen Ausnahmen nur zum Fluge bestimmt; darnach wird also auch ihre ganze Einrichtung sich modificiren und insbesondere auch, da sie nur einem Zwecke dienen sollen, in osteologischer und myologischer Hinsicht sich vereinfachen. Die Theile der Flügelbedeckung sind der Deckfittich oder die Schwungfedern am Oberarm, der Fächer, der von den Schwingen am Unterarm gebildet wird und die Schwinge oder die Schwungfedern der Hand, ausserdem noch die 3 bis 4 Federn des Eckflügels oder Lenkfittichs, die am Daumen befestigt sind. Zwischen Vorderarm und Oberarm spannt sich der elastische vordere Windfang und zwischen der hintern Seite des Oberarms und dem Körper der hintere Windfang aus. Die Schwinge und der Fächer werden unter Andern dadurch in einer Ebene gehalten, dass die sehnige Haut, welche die Fächerfedern hält, sich in diejenige der Schwinge fortsetzt.

Die Bärte der Schwungfedern sind an der äussern Seite schmaler, als an der innern und es legt sich jedesmal die feste schmale Bartseite der vorhergehenden Feder über die weichere breite der folgenden; ausserdem sind die äussern stärker gegen den Kiel geneigt, weil der Luftwiderstand in höherem Grade auf sie wirkt. Die Bartstrahlen sind in der Breite gekrümmt und die convexe Fläche nach der Spule hingegerichtet; von jedem oberen Rande gehen zu dem nächsten feine Blättchen, die selbst wieder tertiäre haarförmige Strahlen tragen, dadurch werden die Hauptstrahlen zusammengehalten und die Festigkeit wird noch durch den Widerstand der Luft erhöht, indem dieser ihre Krümmung vergrössert.

Die elastischen Kiele der Federn sind von oben nach unten gekrümmt, sie werden durch den Widerstand der Luft grade gestreckt und die Flächen der Federn haben dann die vortheilhafteste Wirkung; neben dieser Krümmung besitzen besonders die Handschwingen noch eine solche von aussen nach innen gegen die Centrifugalkraft der entweichenden Luft.\*)

Uebrigens haben die Bärte der vordern Handschwingen bis zur Spitze hin ziemlich gleiche Breite, oder diese nimmt in einiger Entfernung von der Spitze plötzlich ab und verjüngt sich von da ab. Prechtl

\*) Genaueres siehe Prechtl ü. d. Fl. d. V. S. 79 ff. R. Wagner, Zootomie S. 82 ff.

unterscheidet darnach Schnellflügel (von schnellen) und Ruderflügel; dagegen nennt Huber bei den Raubvögeln die erstern Ruderflügel, die andern Segelfittiche.\*)

Elle und Speiche des Vorderarms, die mit einander durch ein Gelenk verbunden sind, sind so mit dem Oberarm eingelenkt, dass sich der Vorderarm gegen den Unterarm nur in einer Ebene bewegt. Die Mittelhand ist einer Pronation und Supination fähig, die bei völliger Streckung des Arms in der Regel etwa  $60^{\circ}$  beträgt, so dass die Handfläche nur dann horizontal ist, wenn die Ebene durch den Vorderarm und Oberarm mit der horizontalen einen gleich grossen Winkel macht; dies ist aber in der That der Fall, da die Drehungsachse des Schultergelenkes diesen Winkel mit der horizontalen Achse des Vogelkörpers macht.

Der Daumen ist der Ab- und Adduktion fähig, dann kann er aber auch etwas abwärts gedreht werden. Das erste Glied des grossen Fingers, das die 2. und 3. Schwungfeder trägt, kann gleichzeitig mit dem kleinen Finger, der die 4. trägt, ab- und adducirt werden und ist ausserdem durch die Gelenkverbindung mit dem kleinen Finger einer ziemlich bedeutenden Pronation und Supination fähig. Das zweite Glied des grossen Fingers, das die 1. Schwungfeder oder die Lenkfeder trägt, kann etwas nach unten und vorn bewegt werden.

### F l u g.

Wenn über die einzelnen Vorgänge beim Fluge der Natur der Sache nach wenig direkte Beobachtungen vorliegen, so lässt sich doch bei der Einheit des Zweckes, dem die Flugorgane dienen, aus ihrer Einrichtung in Verbindung mit dem, was sich durch die Beobachtung ergibt, ziemlich Genaueres feststellen.

Denken wir uns die Achse des Vogelkörpers horizontal und die Flügel in voller Streckung senkrecht nach oben gestellt (dies ist zugleich die eine Grenzlage), so werden sie aus dieser Lage bei bleibender Streckung mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit um die Achse des Gelenkkopfes nach unten gedreht, der Widerstand der Luft wirkt in jedem Augenblicke dieser Drehung entgegen, die ziehende Kraft, besonders des grossen Brustmuskels, der einerseits an dem Brustbein und Gabelbein befestigt ist, hebt den Körper, da diese Kraft zu beiden Seiten wirkt, in die Höhe. Wir sehen dabei von den compensirenden Wirkungen der andern Muskeln ab.

Zugleich wirkt der Widerstand der Luft auch auf den schiefgestellten vorderen Windfang, dessen Fläche nach aussen noch dadurch vergrössert werden kann, dass der Lenkfittich nach vorn und unten gewölbt und ebenso die Lenkfeder nebst den ersten Handschwingen durch die Pronation des grossen Fingers schief nach vorn gestellt wird. Wir können uns diese Vergrösserung der schiefen Fläche an einem frischen Flügel deutlich machen oder auch dadurch, dass wir unsern Vorderarm und Oberarm bei grade gestrecktem Oberarm in der Ebene durch die Achse des Körpers unter einem Winkel von beiläufig  $130^{\circ}$  gegen einander beugen und die Ebene dieses Winkels aus der angegebenen Lage nach vorn um  $30^{\circ}$  drehen, dagegen die Fläche der Hand in derselben erhalten: dies ist die Stellung des Flügels, wenn er sich aus der senkrechten um  $90^{\circ}$  gedreht hat. Bringen wir dann den Daumen unter den Zeigefinger und legen die Finger über einander, dass sich der Zeigefinger zu unterst befindet, so ist klar, dass die schief nach vorn gerichtete Ebene durch den Ober- und Vorderarm, die dem vorderen Windfang entspricht, dadurch vergrössert wird.

Der Widerstand der Luft gegen diese schiefe Fläche bringt die Vorwärtsbewegung hervor. Die Grenzlage der Flügel nach unten macht mit der obern ungefähr einen Winkel von  $130^{\circ}$ ; eine grössere Drehung nach unten wird durch die Formation des Oberarms und des Schultergelenks verhindert. In der

\*) Barthez, nouvelle théorie etc., übersetzt von Sprengel S. 353.



tiefsten Lage wird der Oberarm an den Leib gezogen und dieser, sowie Vorderarm, Mittelhand und Finger einander möglichst durch Beugung genähert; darauf wird der Flügel durch den kleinen Brustmuskel, der sich am Brustbein und Schlüsselbein befestigt und durch eine von den Knochen des Schultergerüsts gebildete Oeffnung wie über eine Rolle zu der obern und vordern Fläche des Vorderarmknochens geht, umgerollt, so dass Fächer und Schwinge nach oben stehen, und dann ausgestreckt. Durch diese Art der Zurückführung in die frühere Lage wird der Luftwiderstand möglichst vermieden; ausserdem wirkt der kleine Brustmuskel dabei hebend auf den Körper.

Diese Zurückführung können wir nur bei grösseren Thieren beobachten, während wir im Allgemeinen in Folge optischer Täuschung den Flügel nur in seiner Streckung sehen.

Der Vogel kann dadurch, dass er den Oberarm näher an den Körper zieht und den Vorderarm nicht vollständig streckt, wodurch der Fächer bei der weniger gespannten Sehnenhaut etwas eingezogen ist, während die Schwinge ganz entfaltet bleibt, den Windfang verkleinern und so die horizontale Bewegung bis auf Null bringen. Mit der Verkleinerung der Fläche hängt ein schnellerer Flügelschlag zusammen, damit die vertikale Wirkung dieselbe bleibe. Auf diese Weise kann er sich an einer Stelle halten, er kann ritteln, wie z. B. der Thurmfalke, oder flattern, wie die Mauerschwalbe.

Die Wendungen des Vogels in der Horizontalebene werden durch die einseitige Thätigkeit des Lenkfittichs und der Lenkfedern bewerkstelligt und zwar kleinere durch den vorgelegten Eckflügel, grössere durch die Lenkfeder und die ersten Schwungfedern.

Die Aktion der Muskeln, welche diese einseitige Thätigkeit hervorruft, hat zugleich eine kleine Hebung des betreffenden und eine Senkung des anderen Flügels zur Folge.

Die Hebung und Senkung des Vorderkörpers geschieht durch und mit der Hebung und Senkung des Schwanzes; zugleich kann ersichtlicher Weise die Stellung des Schwanzes auf die horizontale Drehung modificirend wirken, aber der Schwanz bringt nicht diese Drehungen hervor.\*)

Die senkrechte und horizontale Geschwindigkeit des fliegenden Vogels bringen die Geschwindigkeit in der Diagonalen hervor. Die Steigung geschieht also in schiefer Richtung, sie ist steiler, wenn die vertikale, geneigter, wenn die horizontale Componente grösser ist. Das Niedersinken geschieht dadurch, dass der Vogel die Flügel einzieht und den Vorderkörper nach unten dreht; aus der Falllinie heraus kann sich der Vogel dann durch horizontale Stellung des Schwanzes horizontal fortbewegen, bis bei der abnehmenden Geschwindigkeit neue Flügelschläge nöthig sind; er kann aber auch durch Senken des Schwanzes nach unten aus dem Falle pendelartig aufsteigen, bis auch hier neue Flügelschläge nöthig werden, um das Steigen fortzusetzen. So stossen Raubvögel auf ihre Beute und erheben sich mit ihr, so bewegen sich kleinere Vögel in wellenförmigen Linien, um Zwischenräume zum Ausruhen zu haben.

Wir kommen nun auf die Unterscheidung von Schnell- und Ruderflügeln zurück. Bei den Schnellflügeln sind die Schwungfedern hart und stark, sie liegen schiefer, also mit einem grössern Theile auf der Hand, die Breite der Flügel ist daher nicht bedeutend; die Lenkfeder ist lang. Von grössern guten Fliegern haben einige Falken, die Seeschwalben und Tauben diese Flügel; bei den kleineren Vögeln kommen sie fast allgemein vor.

\*) Vergl. Bergemann und Leuckart, vergl. Anatomie und Physiologie S. 314 Anmerkung. Die in dieser Anmerkung aufgestellte Behauptung, insofern sie sich auf die Vögel bezieht, ist irrig.

Barthez Seite 347.

Borelli I. Prop. 198. Usus caudae avium est flectere cursus volantium sursum et deorsum, non vero ad dexterum vel sinistrum latus.

Bei den Ruderflügeln sind die 5—8 ersten Schwungfedern ausgeschnitten, die Federn sind verhältnissmässig schwächer, sie sind nicht so schief aufgelegt, daher die Flügel breiter. Je weiter für denselben Flügel die zur Drehung wirkende Fläche hinausliegt, desto schneller ist die Drehung, und je kürzer dabei der Flügel ist, desto kleiner ist ihr Krümmungsradius. Bei den kurzen Schnellflügeln ist die Lenkfeder auf Kosten des Lenkfittichs entwickelt, die Drehungen sind kurz und schnell, bei den längeren Ruderflügeln ist dieser beträchtlicher, die Drehungen sind weit und langsam. Sollen sie auch hier schneller werden so nehmen die Schwungfedern des Lenkfittichs an Länge zu, wie beim Taubenhabicht.

Die Schnellflügler können sich in einer der Senkrechten näheren Linie in die Höhe erheben, sie gewinnen also schneller die Höhe, um von ihr auf ihre Beute niederzustürzen; sie sind die Vögel, die ihren Raub in der Luft erjagen. Die Ruderflügler sind dagegen genöthigt, sich in weiten Kreisen zu erheben, sie schweben über der Erde hin, um ihre Nahrung auf derselben zu suchen.

Das Fliegen in bedeutender Höhe, in welcher die Luft eine viel geringere Dichtigkeit hat, scheint auf den ersten Blick dem Vogel Schwierigkeiten zu bieten; indess geht aus den theoretischen Untersuchungen Prechtl's klar hervor, dass durch eine unbedeutende Aenderung in dem Zeitverhältnisse des Niederschlags und Rückschlags oder des Schlagwinkels oder endlich der Zahl der Flügelschläge in gegebener Zeit dieselbe Wirkung des Flügelschlages in verdünnter Luft, wie vorher in der Luft von der gewöhnlichen Dichtigkeit hervorgebracht wird. Zugleich ergibt sich aus ihnen, dass dann die horizontale Geschwindigkeit zunimmt, wozu noch der Umstand tritt, dass der der Bewegung hinderliche Widerstand der Luft bei der geringeren Dichtigkeit ein geringerer ist.

Grosse Vögel erheben sich daher, wenn sie weite Strecken zurücklegen wollen, hoch in die Luft; kleinere Vögel dagegen und Vögel mit verhältnissmässig kleinen Flügeln, bei denen die Aenderungen der oben angegebenen Faktoren des Flügelschlages nur unbedeutend sein können, weil diese schon für die gewöhnlichen Verhältnisse ihren Grenzwerten nahe stehen, müssen auf eine bedeutende Erhebung verzichten.\*)

Eine andere Frage ist die, ob die dünnere Luft nicht nachtheilig auf das Athmen und die Thätigkeit der Muskeln wirkt; indess ist auch diese mit Nein zu beantworten. Durch die Luftsäcke nämlich, die sich im Innern des Vogelkörpers befinden und die mit den Lungen durch 5—7 Oeffnungen in Verbindung stehen, ist es dem Vogel möglich, auch in grösserer Höhe das Athmen bequem fortsetzen zu können, da er dichtere Luft aus den Behältern athmet. Da diese ferner beim Niederschlage der Flügel comprimirt werden, indem der grosse Brustmuskel das Brustbein wie die Lade eines Blasebalgs aufwärts bewegt, so geben sie einerseits den Rippen den für die Flugbewegung nöthigen innern Halt, andererseits, und dies ist es besonders, was hier in Betracht kommt, wirken diejenigen, welche die Flugmuskeln umgeben, in günstiger Weise auf ihre Contraction ein; sie verhindern die bei der geringen Dichtigkeit der Luft sonst nothwendig erfolgende Turgescenz dieser Muskeln, die allerdings die Flugbewegungen sehr erschweren würde.\*\*)

\*) N. Tschudi, Thierleben der Alpenwelt S. 274 ff. Ein anderer Theil fliegt auch auf den Alpen bald in kleinen, bald in sehr grossen Schwärmen so hoch über der Passstrasse hin, dass er mit blossem Auge kaum gewahrt wird. . . .

Bei dieser Energie der Flugkraft mag es immerhin auffallen, dass dieselbe sich bei ihrer ungeheuren horizontalen Wirkung noch um vertikale Erhebungen kümmert, und dass erwiesener Massen die tiefsten Alpensättel als Durchgangsthore bevorzugt, wie denn der Gotthard, Splügen, Lukmanier und andere am häufigsten von den gefiederten Reisenden besucht werden.

\*\*) Nach Prechtl ist der Vorgang bei der Athmung der Vögel folgender:

Bei der Inspiration dehnen sich die Luftsäcke aus, dadurch entsteht ein Saugen an allen Oeffnungen, durch die sie mit den Lungen communiciren und folglich auch aller in die betreffenden Luftröhrenäste einmündender sekundärer und tertiärer Röhren; bei dem Volumverhältnisse der Luftröhre und der Luftsäcke ist die einströmende Luft relativ verdünnt und reisst die in den Verzweigungen der Luftröhrenäste enthaltene Luftmenge, deren Quantität im Verhältniss zur Capacität jener Behälter

Der Schwerpunkt des fliegenden Vogels liegt um die halbe Flügelbreite hinter der Achse durch die beiden Flügelgelenke; der Körper hängt also hinten herunter. Er wird jedoch bei den ersten Flügelschlägen vorzüglich durch den breiten Rückenmuskel, ausserdem auch noch durch entsprechende Bewegungen des langen Halses oder in anderen Fällen des langen Schwanzes gehoben, so dass die Achse des Körpers horizontal liegt. \*)

### Die hinteren Extremitäten.

Der hinteren Extremitäten bedienen sich die Vögel theils zum Ruhen und hierin werden sie durch eine eigenthümliche Einrichtung unterstützt. Die Sehne eines am Becken befestigten und die Zehen beugenden Muskels läuft nämlich über das Kniegelenk, so dass, wenn Ober- und Unterschenkel gegen einander gebeugt sind, die Zehen dadurch auch gebeugt werden und ohne besondere Muskelthätigkeit z. B. einen Baumast, auf den sich der Vogel zum Ausruhen oder Schlafen niedergelassen hat, umfassen. Ferner gebrauchen sie dieselben zum Gehen, Laufen, Hüpfen, Klettern, die Schwimmvögel besonders auch zum Schwimmen und mehrere von ihnen zum Tauchen.

Diesen verschiedenen Bewegungsweisen ist die Einrichtung der hinteren Gliedmassen angepasst und man bezeichnet und unterscheidet sie in der Ornithologie durch verschiedene Namen.

## C. Lokomotion der Amphibien.

Die Amphibien stimmen in ihrem Baue nicht so überein, wie die Vögel, und ihre Bewegungsweisen zeigen auch eine grössere Verschiedenheit; da wir das Wesen dieser aber bei den andern Thierklassen genauer behandeln, so können wir uns hier mit einer kurzen Uebersicht begnügen.

### 1. Schildkröten.

Bei den Schildkröten sind Hals und Schwanz beweglich, während der übrige Theil der Wirbelsäule unbeweglich ist; die Gliedmassen, von denen die vordern das Ellenbogengelenk nach vorn ausspringend haben, erlauben diesen Thieren nur das Kriechen und mit Ausnahme der Familie der Landschildkröten auch das Schwimmen.

### 2. E ch s e n.

Wenn bei den Sauriern die Vorder- und Hinter-Extremitäten, die Trennung der Hals- Rücken- Lenden- und Beckengegend und des Schwanzes diese Abtheilung den Säugethieren nähert, so steht doch ihre Bewegung

gering ist, mit sich in diese fort. Die Röhren und Röhrechen, deren Wandungen elastisch sind, dehnen sich sofort wieder aus und nehmen die nachströmende athembare Luft der weiteren Bronchien in sich auf. Bei der Expiration werden die Luftsäcke zusammengedrückt und die in ihnen enthaltene fast ganz unverdorbene Luft strömt durch das Röhrennetz der Lunge mit einer Geschwindigkeit, welche durch den Lungenmuskel bedingt wird, indem dieser die Einmündungen jener in die Lungen mehr oder minder verschliessen kann; dabei verdrängt sie natürlich die von der Inspiration herrührende verbrauchte Luft. Bei den Vögeln findet also die Hämatose während der Inspiration und während der Expiration Statt.

Auf dem langsamern Ausströmen der Luft, während dessen die Athmung ununterbrochen vor sich geht, beruht unstreitig auch das Vermögen der Vögel, lang anhaltende Töne hervorzubringen.

\*) So sagt Borelli in der 185. Prop. Sic, quando anseres volitant, videmus, quod collum dirigunt et extendunt anteriorius ad instar brachii statera cum pondere capitis, in ejus extremo appenso: quare tunc centrum gravitatis totius promovetur versus caput.

in Folge der geringeren Entwicklung dieser Theile hinter jener der Säugethiere weit zurück; auf der andern Seite nähert die seitliche Beweglichkeit der Wirbelsäule sie den Fischen und gestattet vielen gleich diesen schnelle Schwimmbewegungen.

### 3. S c h l a n g e n.

Besonders gross ist die seitliche Beweglichkeit bei den Schlangen, die sich in horizontalen Windungen fortbewegen. Bei ihnen sind die Gelenkflächen der processus obliqui horizontal gerichtet, ausserdem geht von der Mitte jedes Wirbelbogens ein besonderer Fortsatz nach vorn, der mit den hintern processus obliqui des vorhergehenden Wirbels durch Gelenke verbunden ist, so dass jede vertikale Bewegung verhindert wird.

Dabei ist jedoch zu bemerken, dass die einzelnen Wirbel durch besondere Muskel in Verbindung stehen; die Schlangen sind in Folge dessen fähig, den Körper stark zu krümmen und sich beispielsweise um Baumstämme zu winden oder zwischen Steinen durchzukriechen.

Ausser der Bewegung durch die angeführten horizontalen Windungen haben die Schlangen noch eine andere Art sich zu bewegen. Die Hautschilder sind nämlich durch Muskeln unter einander verbunden, ferner gehen von ihnen Muskeln zu den Rippen. Hebt sich nun eine Strecke des Körpers vom Boden etwas ab, so kann durch die Zusammenziehung der ersteren der vordere Theil dieser Strecke sich verkürzen, während der hintere Theil sich verlängert; darnach stützt sich das Thier dieser Strecke entlang auf den Boden und die Muskeln, die von den Hautschildern des verkürzten Theils nach hinten zu den Rippen gehen, ziehen den Körper nach. Die abgehobene Strecke weicht der Länge des Körpers nach zurück und bringt so eine wellenförmige Bewegung hervor. \*)

### 4. L u r c h e.

Die nackten Amphibien bedienen sich der 2 Paar Gliedmassen zur Fortbewegung auf der Erde. Diese sind ausserdem bei den ungeschwänzten durch Schwimnhäute zum Schwimmen geeignet, während die Schwimmbewegungen der geschwänzten durch seitliche Beugungen des hintern Theils der Wirbelsäule und insbesondere des Schwanzes hervorgebracht werden.

Unter ihnen bringen die Tritonen lange Zeit unter dem Wasser zu, während der Vordertheil gesenkt ist; sie erheben sich bis über die Oberfläche, um auszuathmen und neue Luft in die Lunge einzunehmen. Beim Niedersinken stossen sie einige Luftblasen aus, damit ihr spezifisches Gewicht sich verringere.

## D. Lokomotion der Fische.

Von den 4 Klassen der Wirbelthiere bietet keine bei der Beobachtung der lokomotorischen Bewegungen und bei der Deutung der ihr dienenden Organe so grosse Schwierigkeiten, wie die Klasse der Fische, und zwar ist es besonders die Natur des Elementes, in dem sie leben, welche diese verursacht.

Beim Anblick der Zeichnungen der alten Ruderschiffe wird man leicht zu dem Glauben bewogen, dass die Einrichtung derselben von jener der Fische entlehnt sei, den Flossen entsprächen die Ruder und dem Schwanz das Steuer. Und indem man wieder zurückschlösse, würde man die Flossen als die eigent-

\*) S. Barthez nouvelle théorie etc. übers. von Sprengel. S. 257 ff. Dasselbst ist auch auf eine Bemerkung des Isidorus Hispalensis in dessen origines verwiesen: Vestigia serpentium talia sunt, ut, cum pedibus carere videantur, costis tamen et squamarum misibus repant, quas a summo gutture usque ad imam alvum parili modo dispositas habent. Squamis enim quasi unguibus, costis tanquam cruribus innituntur.

lich lokomotorischen Werkzeuge der Fische ansehen können, den Schwanz aber als Lenkorgan dieser Bewegungen.

Aehnliches sagt Plinius: „Ebenso finden sich auch an den Flossen, welche den Fischen statt der Füße dienen, Unterschiede.“<sup>\*)</sup>

Borelli macht dagegen in dem mehrmals angeführten Werke ausdrücklich darauf aufmerksam, dass die Lokomotion nur in geringem Masse der Thätigkeit der Flossen zuzuschreiben ist, dass die Brustflossen je nach den Umständen die gradlinigen Bewegungen oder die Wendungen unterstützen,<sup>\*\*)</sup> die Bauchflossen dagegen hauptsächlich zur Erhaltung des Gleichgewichtes nach den Seiten dienen.<sup>\*\*\*)</sup>

Die Beobachtung ergibt in der That, dass bei einer Wendung die Fische diejenige Brustflosse entfalten und bewegen, welche sich an der innern Seite befindet; damit ist natürlich nicht gesagt, dass die Wendung nach einer Seite, deren Brustflosse abgeschnitten ist, nicht geschehen könne. Diese wird dann vom Schwanz allein hervorgebracht.

In Bezug auf die Thätigkeit der Bauchflossen fanden wir, dass, wenn sie abgeschnitten waren, der Fisch umschlug und sich pendelartig hin und her bewegte; es war ihm jedoch möglich, den Körper aus dieser Lage in die natürliche zurückzuführen und eine Zeit lang darin zu erhalten. Dies bewirkte besonders der Schwanz, daneben aber auch die Rückenflosse, indem deren Fläche durch verschiedene Bewegungen der Flossenstrahlen gekrümmt wurde. Dass ferner auch die Brustflossen in gleichem Sinne thätig waren, ging daraus hervor, dass die Erhaltung der natürlichen Lage dem Thiere augenscheinlich schwerer wurde, wenn auch diese abgeschnitten waren. Doch konnte er immerhin selbst bei dem Mangel aller Flossen mit Ausnahme der Schwanzflosse sich in der aufrechten Lage eine Zeit lang fortbewegen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass das eigentlich lokomotorische Organ der Fische der Schwanz ist, dessen wirksame Fläche durch die Schwanz-, die Rücken- und Afterflosse vergrößert wird.

Nach Borelli wird der Schwanz zuerst nach einer Seite hingebogen, während die betreffenden Flossen zusammengelegt bleiben, dabei ist er S förmig gekrümmt; dann werden die Flossen ausgebreitet und der Schwanz schnell in die Centrallage geführt und gestreckt. Dasselbe findet darauf nach der andern Seite hin Statt. Durch die entgegengesetzte Bewegung wird die vorhergehende Ablenkung vom graden Wege aufgehoben und die gradlinige Vorwärtsbewegung verdoppelt. †)

Aehnlich spricht sich auch Lapepède in seiner Naturgeschichte der Fische aus. ††)

Barthez gibt eine genauere Erklärung des Vorganges. Er bestätigt zuerst die doppelte Krümmung des Schwanzes nach eigener Beobachtung und macht dann darauf aufmerksam, dass bei dieser doppelten Krümmung die Streckmuskeln beider Seiten in Wirksamkeit sind, dass also bei der Zurückführung des Schwanzes in die Achsenlage und bei der gleichzeitigen Streckung die Bewegungen einen mittleren Antrieb hervorbringen, dem zufolge der Körper gradlinig vorwärts bewegt wird. †††)

In der That bewegen sich die Fische durch seitliche Krümmungen und Streckungen besonders der hintern Körperhälfte, in manchen Fällen auch des ganzen Körpers. Sind die Wirkungen zu beiden Seiten gleich, so wird der Körper in grader Linie vorwärts bewegt; überwiegen sie auf einer Seite, so wird der

\*) Plinius Uebersetzung von Dr. C. Stracke 9 B. S. 405. Gleichwohl sagt er a. a. O. 10 B. S. 530, den Fischen dient der Schwanz wie ein Steuer zur Richtung ihres Laufes, und ausserdem treibt er sie auch, wenn sie ihn rechts und links bewegen, ganz wie ein Ruder vorwärts.

\*\*) Borelli de motu anim. propos. 212.

\*\*\*) Borelli propos. 213.

†) Bor. de motu anim. prop. 214.

††) Lapepède, Naturgeschichte der Fische, übersetzt von Loos. S. 151.

†††) Barthez in dem angef. W. S. 281.

Vordertheil des Körpers nach derselben Seite herungeworfen. Die Ablenkung von der gradlinigen Richtung wird ohne Zweifel auch durch das Spiel der Brustflossen verringert, sowie es sicher ist, dass sie durch einseitige Aktion zur Drehung des Körpers mitwirken.

Die vertikalen Hebungen und Senkungen der vordern Körperhälfte werden zum Theil durch die Flossen bewirkt. Die Brustflossen, deren Hauptfläche in der Regel senkrecht auf der Längsachse steht, wenn sie ausgebreitet ist, kann durch schiefe Stellung derselben nach oben und hinten oder nach oben und vorn eine Senkung oder Hebung hervorbringen, wenn der Körper in Bewegung ist. Es muss jedoch bemerkt werden, dass nach dem Bau dieser Flossen die erste Stellung dem Fische leichter sein muss. Die Bauchflossen können vermöge der Richtung ihrer Hauptflächen die hintere Hälfte des bewegten Körpers heben, also den Vordertheil senken, wenn sie am Bauche stehen, sie werden aber den letztern heben, wenn sie unter den Brustflossen oder vor ihnen befestigt wird. Die verschiedene Stellung der Bauchflossen scheint mit der Lage des Schwerpunktes in Beziehung zu stehen, so zwar, dass, wenn dieser weiter nach vorn rückt, auch die Bauchflossen ihre Stellung mehr nach vorn haben. Liegt der Schwerpunkt nämlich in der vorderen Hälfte, so könnte der Fisch eine nach vorn geneigte Lage zum Niedergehen ohne Aktion der Flossen annehmen; und befänden sich unter dieser Voraussetzung die Bauchflossen in der hintern Hälfte, so könnten sie nur in demselben Sinne wirken, ihre Thätigkeit für die vertikale Richtungsänderung des Körpers wäre also überflüssig. Befinden sie sich dagegen in diesem Falle an dem Vordertheile, so wirken sie hebend auf den Körper, wenn sie thätig sind, sie lassen dessen Senkung geschehen, wenn sie ihre Thätigkeit einstellen. Wirklich finden wir bei vielen Kehl- und Brustflossern die vordern Theile des Körpers überwiegend ausgebildet.

Wenn wir uns bei der Lokomotion der Vögel veranlasst sahen, etwas ausführlicher über die Athmung zu sprechen, so wollen wir es hier wenigstens nicht unterlassen, auf die Zweckmässigkeit der ihr dienenden Einrichtungen für die Bewegung der Fische hinzuweisen. Das Wasser, das die athembare Luft enthält, wird durch den Mund eingenommen, nimmt aber bei der Ausstossung seinen Weg durch die Kiemenöffnung. Auf diese Weise wird das Zurückweichen des Körpers, welches beim Ausstossen des Wassers durch den Mund Statt hätte, vermieden.

### Schwimmbläse.

Ein Organ, über dessen vollständigen Zweck noch nicht Viel feststeht, das jedoch, wie auch der Name sagt, zum Schwimmen mitwirkt, ist die Schwimmbläse der Fische.

Borelli ist der Erste, der eine Deutung ihrer Funktion gegeben oder besser gesagt versucht hat. Nach ihm dient sie dazu, den Fischen das spezifische Gewicht des Wassers unter allen Verhältnissen zu geben und zu erhalten. Er stützt sich dabei auf die Beobachtung, dass Fische, deren Blasen unter dem Recipienten der Luftpumpe zerplatzt waren und die noch einen Monat lang im Wasser lebend blieben, sich nicht anders als auf dem Boden des Fischbehälters fortbewegen konnten. Ändere sich das Gewicht des Fisches oder die Dichtigkeit des Wassers, so soll sie den Unterschied durch Zusammenziehung oder Erweiterung und dadurch hervorgerufene Vergrößerung oder Verringerung des spezifischen Gewichtes ausgleichen. Die Zusammenziehung geschehe durch die Seitenmuskeln. Die Erweiterung vermag er nicht hinlänglich zu erklären; nach der Erklärung, die er giebt, scheint ihm selbst diese Erweiterung für den angegebenen Zweck nicht hinreichend zu sein und er hilft sich deshalb mit der Annahme, dass die Fische durch die Muskelkraft an die Oberfläche steigen und hier Luft einnehmen, um ihr spezifisches Gewicht zu verringern, die sie, wenn es nöthig ist, durch den Mund wieder von sich geben. \*)

\*) Borelli prop. 209—211.

Wir lassen die späteren Erklärungsversuche, die zum Theil nur Variationen des obigen sind, unberücksichtigt und beschäftigen uns hier nur noch mit dem, was Bergemann über die Funktion der Schwimmblase sagt.\*)

Vorauszuschicken ist die Bemerkung, dass die Schwimmblase ursprünglich eine Ausstülpung des Darmrohres ist und sich später in der Art abschnürt, dass entweder eine Verbindung zwischen beiden bestehen bleibt oder beide vollständig von einander abgeschlossen sind; dass ferner entweder Muskelfasern in der Blasenhaut selbst sich befinden oder dass Muskeln von der Rumpfwand zu ihr gehen, dass endlich auch durch die Wirkung der Seitenmuskeln eine Compression Statt finden kann.

Bergemann nimmt nun an, dass, wenn der Fisch sich der Oberfläche nahe befindet, die Blase in gewissem Grade comprimirt sei, dass durch eine kleine Vermehrung der Compression der Fisch sinkt, und dass in dem Masse, als er sinkt und damit der Druck des Wassers auf die in ihr enthaltene Luft zunimmt, die Compression nachlasse, bis sie auf Null reducirt ist, wenn nämlich der Druck des Wassers allein die ursprüngliche Compression bewirkt. Sinkt der Fisch noch tiefer, so wird die Blase immer mehr durch die über ihr befindliche Wassersäule zusammengepresst und das specifische Gewicht demnach vermehrt und der Fisch müsste sich durch die Muskelkraft der Flossen und des Schwanzes allein wieder heben, bis er zu der Höhe gelangt wäre, in welcher sein spec. Gew. die anfängliche Grösse besässe, abgesehen von andern Inconvenienzen, die aus der Annahme eines weitern Sinkens erfolgen würden. Daraus geht denn hervor, dass ein Fisch, dessen Schwimmblase auf die Hälfte ihres ursprünglichen Volums comprimirt wäre, füglich nicht tiefer sinken darf, als 32'. Er muss zu dem Zwecke, ehe noch die comprimirenden Muskeln vollständig zu wirken aufgehört haben, dieselben plötzlich ganz erschlaffen lassen und dadurch die Schwimmblase wieder erweitern; dann steigt er, und in dem Masse, wie er steigt, muss die Compression der Muskeln zunehmen, damit er an der Oberfläche den früheren Zustand wieder hergestellt hat.

Anders gestaltet sich das Verhältniss für den Aufenthalt in der Tiefe. Nehmen wir mit Bergemann an, der Fisch befinde sich in einer Tiefe von 320', so hat die Luft in der Blase 11 Atmosphärendruck auszuhalten und muss aus naheliegenden Gründen in solcher Menge sich in ihr befinden, dass sie dieselbe Spannkraft hat. Ist nun die Compression der Muskeln wieder einem Atmosphärendrucke gleich, um das spec. Gew. des Fisches = 1 zu machen, so wird der Fisch auf ähnliche Weise, wie vorher, um 32' sinken können; er wird aber ebenso hoch steigen können, ohne die Möglichkeit zu verlieren, wieder zu sinken. Ueber diese Grenze hinaus hat er es nicht mehr in der Gewalt, durch Compression niederzusinken, er würde bis an die Oberfläche steigen und die Blase würde durch die Ausdehnung der eingeschlossenen Luft zerplatzen.

Darnach wäre jeder Fisch, der mit einer Schwimmblase ausgerüstet ist, in eine Wasserschicht gebannt, deren Mächtigkeit 32' resp. 64' betrüge, eine Annahme, die gewiss noch zu beschränken ist, wenn wir bedenken, dass sie eine Muskelcompression von der Grösse eines Atmosphärendruckes voraussetzt. Aber wir fragen, welchen andern Zweck erfüllt die Schwimmblase, ausser dem, das Sinken und Steigen des Fisches zu bewirken; denn wäre dies der einzige, so möchten die Fische wohl im Nachtheile sein, die mit einer Schwimmblase versehen sind, gegen diejenigen, welchen sie fehlt. Die Lebensweise derselben gibt uns aber durchaus Nichts an die Hand, wodurch ein solcher Unterschied bedingt werden könnte.

Sei es uns daher vergönnt unsre etwas abweichende Ansicht hier auszusprechen, die wenigstens eine derartige Bevorzugung bei Seite setzt. Die Quantität der vom Wasser absorbirten Luft nimmt höchst wahrscheinlich mit der Tiefe zu nach dem Gesetze, dass die Absorptionsfähigkeit mit dem Drucke wächst. Dasselbe Quantum Wasser, das die Kiemen eines in der Tiefe befindlichen Fisches durchströmt, wird ihnen

\*) Vergleichende Anatomie und Physiologie von Bergemann und Leukart. S. 414 ff.

also mehr Luft zuführen, als es bei einem in geringerer Tiefe sich aufhaltenden der Fall sein wird; das Blut wird demnach also mehr Luft aufnehmen, und die Kiemenvenen, von denen Aeste nach der Blase gehen und sich hier an der Bildung der Wundernetze betheiligen, geben die überschüssige Luft an die Blase ab. Die Körpervenen, deren Verzweigungen auf der Blasenwand ebenfalls Wundernetze bilden, nehmen dagegen bei der chemischen Verschiedenheit der Luftarten Luft und zwar besonders Sauerstoff auf und führen sie durch das Herz den Kiemen zu, ohne dass sie auf die Umsetzung der einzelnen Gebilde eingewirkt hätte. Auf diese Weise wird für jede Tiefe der wirkliche Verbrauch der Luft und die Füllung der Blase regulirt. Je grösser die Tiefe ist, desto mehr wird der Luftbehälter angefüllt werden, da aber zugleich der äussere Druck zunimmt, so ist es wohl denkbar, dass beide, der innere und äussere Druck sich das Gleichgewicht halten; hierfür spricht auch noch der Umstand, dass unter dieser Annahme die Seitenmuskeln nicht in ihrer Thätigkeit durch Zusammenpressung des Körpers gehindert werden.

Beachten wir ferner die Thatsache, dass bei den meisten Bauchflossern die Verbindung zwischen Blase und Darmrohr eine offene, dagegen bei den Brust- und Kehlflussern in der Regel geschlossen ist, so dürften wir annehmen, dass die ersteren, die mit Hülfe der Bauchflossen den Vordertheil des Körpers senken können, vor dem Niedergehen Luft von Aussen in die Blase aufnehmen, die Blase aber durch die Compression der Muskeln auf ihr voriges Volum zurückbringen und dann mit Hülfe der Bauchflossen und des Schwanzes in schiefer Richtung sich abwärts bewegen. Wollen sie aufsteigen, so lassen sie die Spannung der Muskeln nach und entledigen sich vielleicht in einzelnen Blasen der Luft, die von den Kiemenvenen an den Luftbehälter abgegeben wurde, wenigstens insoweit, als dies nicht bei abnehmendem Drucke die Venen thun. Die Fische der anderen Abtheilung, die vermittelst der Bauchflossen die vordere Körperfläche heben können, würden dagegen durch eine geringe Compression der Blase niedersinken und mit Hülfe der Bauchflossen und des Schwanzes sich erheben, während die fortdauernde Compression der Muskeln vielleicht günstig auf die Fortschaffung der in den Luftbehälter gebrachten Luft durch die Venen einwirken könnte. Ausserdem liesse sich auch denken, dass der Fisch diese Luft bei unterlassenen Athmen zur Hämatoze verwendet.

Schliesslich können wir die Verschiebung des Schwerpunktes durch theilweise Compression der Schwimmblase nicht unerwähnt lassen. Bergemann ist der Ansicht, dass Johannes Müller zuerst auf diese Funktionsweise aufmerksam gemacht habe;\* ) aber es findet sich schon eine sehr ähnliche Ansicht bei Barthez. Er sagt nämlich: Betrachtet man die Luftblase, als wäre sie in zwei Theile, nämlich den vorderen und hinteren getrennt, so kann jeder dieser Theile mehr oder weniger erweitert werden, als der andere, während die totale Erweiterung der Blase dieselbe bleibt, oder während der Fisch im Wasser ruhig stehen bleibt. . . . Nun aber wird der vordere Theil des Körpers alsdann wegen dieser viel grösseren Erweiterung der vorderen Hälfte der Luftblase viel leichter, als er in dem gewöhnlichen Zustande vor Erweiterung dieser Blase gewesen ist. Daher muss der Schwerpunkt des Fisches alsdann nothwendig nach hinten fallen, da er im entgegengesetzten Falle nach vorn getrieben werden würde.\*\*)

\*) Bergemann und Leuckart a. a. O. S. 414. Anm.

\*\* ) Barthez a. a. O. S. 300, 301.