

Dunkelheit auf das Auge der Daphniden sich nicht so leicht lösen lässt, wie es P. Kapterew annimmt. Die Angaben G. Papanicolau's [6] und die angestellten Versuche mit *Leptodora K.* zeigen zur Genüge, dass derselbe Effekt, die Zerstörung des Auges, der bei Daphniden durch Einwirkung der Dunkelheit hervorgerufen wird, auch unter dem Einfluss anderer Faktoren entstehen kann. Folglich dürfen wir bei der Zucht der Daphniden im Dunkeln außer der Dunkelheit eine Reihe anderer Momente voraussetzen, deren Gesamteinfluss die Veränderung des Daphnienauges bewirkt.

Moskau, 27. Dezember 1912.

Literaturverzeichnis.

1. Gerschler, M. W. Monographie der *Leptodora Kindtii* (Focke). I. Teil, Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Bd. VI, 1911.
2. — II. Teil. Ibid. Bd. VII, 1911.
3. Kapterew, P. Experimentaluntersuchungen über die Frage vom Einflusse der Dunkelheit auf die Gefühlsorgane der Daphnien. Biolog. Centralblatt, Bd. XXX, 1910.
4. — Über den Einfluss der Dunkelheit auf das Daphnienauge. Ibid. Bd. XXXII, Nr. 7, 1912.
5. Lilljeborg, W. *Cladocera Sneciae*. 1900.
6. Papanicolau, G. Experimentelle Untersuchungen über die Fortpflanzungsverhältnisse der Daphniden. Biolog. Centralblatt, Bd. XXX, 1910.
7. Seligo, A. Tiere und Pflanzen des Seenplanktons. Stuttgart 1909.

Arbeitshypothese über Rechts- und Linkshändigkeit.

Von Prof. Alexander Brandt (Dorpat).

In das uralte Problem der Arbeitsteilung zwischen den beiden anscheinend gleichwertigen Brustextremitäten des Menschen ist neuerdings ein frischer Zug gekommen, ja dasselbe hat auch in v. Bardeleben¹⁾ einen Monographen gefunden. Dieser bringt, neben einer Fülle eigener, zum Teil recht überraschender Untersuchungen ein sehr vollständiges Literaturverzeichnis und eine Übersicht der wesentlichsten bisher vorgebrachten Theorien und Hypothesen²⁾ über den Ursprung der Rechtshändigkeit. Deprimierend aber klingt seine Äußerung (p. 56), es fielen sämtliche bisher aufgestellte Erklärungen in nichts zusammen; es handle sich um eine morphologische Tatsache, für die es einstweilen keine Erklärung gibt, keine Erklärung wäre aber doch besser als eine oder mehrere falsche. Über den letzteren Passus, deutet mir, ließe sich immerhin disputieren, denn entspringt nicht, wie der Franzose sagt, aus dem Zusammenprall der Meinungen die Wahrheit? Direkt aus

1) Bardeleben, K. v., Über bilaterale Asymmetrie beim Menschen und bei höheren Tieren. In: Verhandl. d. Anatom. Ges., XXIII. Versamml., Anat. Anz., Bd. XXXIV, 1909, p. 2—72.

2) In einem populären Aufsatz „Rechts- und Linkshändigkeit“, welcher soeben der Zeitschrift „Aus der Natur“ eingeschickt wurde, gehe ich auf dieselben näher ein.

der Luft gegriffene und noch dazu als unumstößliche Wahrheiten in die Welt posaunte Erklärungen sind gewiss beklagenswert, verwerflich, während selbst unzureichende anregend und indirekt nützlich sein können. Negative Ergebnisse sind ja auch Ergebnisse: sie weisen die Sackgasse, welche man in Zukunft zu meiden hat.

Von diesem Standpunkte ausgehend, möchte ich es wagen, hier für eine Hypothese einzutreten, mit welcher ich mich seit den siebziger Jahren herumgetragen, welche ich stets im Kolleg erwähnt und auch in russischen populären Arbeiten angeführt habe³⁾. An Muße und Gelegenheit zur Bearbeitung hat es mir alle die Dezennien hindurch gefehlt. Nunmehr in den Ruhezustand getreten, muss ich endgültig darauf verzichten. Mögen jüngere, über die gehörigen Hilfsmittel verfügende Kräfte sich des Themas annehmen. Es handelt sich dabei zum Teil um feine Untersuchungen in einer nunmehr gerade gegenwärtig so modernen und so Erstaunliches leistenden experimentellen Richtung.

So umfassend das Tatsachenmaterial über die Rechtshändigkeit auch sein mag, so ist man mit den Erklärungen dennoch gewissermaßen auf einem toten Punkte angelangt. Von diesem dürfte gerade eine experimentell zugängliche Arbeitshypothese verhelfen können. Wenn ich mir erlaube, die betreffende Hypothese mit solchem Nachdruck zur Prüfung zu empfehlen, so geschieht es mit um so ruhigerem Gewissen, als ich mich auf namhafte Vorgänger stützen kann, zu welchen selbst der eminente K. E. v. Baer gehört.

Es sei mir gestattet, die betreffende Hypothese zunächst in jener Form darzulegen, wie sie mir die vielen Jahre hindurch vorschwebte. Es ist eine bekannte Tatsache, dass der Embryo des Hühnchens zeitweilig bogenförmig mit der Konkavität nach links gekrümmt dem Dotter aufzuliegen pflegt. Seine Krümmung ist bekanntlich keine bloß elastische, etwa wie bei einem Gummiplättchen welches losgelassen sofort sich gerade biegt, sondern eine organische, mit einem ungleichen Wachstum der Körperhälften verknüpfte, da der Embryo auch vom Eiinhalte befreit und in eine Flüssigkeit getan seine Krümmung beibehält. Gilt es nach vorhergehender Härtung, einen solchen Embryo in eine Serie von Querschnitten zu zerlegen, so muss er von Zeit zu Zeit unter dem Messer entsprechend gedreht werden, worauf nach einem rechts verdickten, untauglichen Keilschnitte wieder regelrechte Querschnitte erhalten werden. Durch die Leibeskrümmung eingeengt, könnten, so lehrte ich, die Organe der konkaven Seite sich weniger frei entwickeln. Als Ursache der Seitenlage betrachtete ich aber ohne

3) Eingehender in einem Aufsatz „Architektonik des menschlichen Körpers“ in der russischen Zeitschrift „Naturwissenschaft und Geographie“, Moskau 1901, p. 32—53. — Noch ganz neuerdings erwähnte ich des Ausgangspunktes der Hypothese in einer Fußnote meines Grundrisses der Zoologie, Berlin 1911, p. 28.

weiteres die durch Raummangel im Ei bedingte Anschmiegung des Embryos an den Dotter. Dadurch würden die Organe der konkaven Hälfte in ihrer freien Entwicklung durch gegenseitigen Druck und dem entsprechenden geringeren Blutzufluss in ihrer freien Entwicklung etwas hintangehalten. Eine spätere ergiebige Ansammlung von Liquor amnii, in welchem der Embryo nunmehr frei schwebt und darauf auch bewegt, genügt nicht, um die einmal gegebene Ungleichmäßigkeit der Körperhälften völlig auszugleichen. Die beim Hühnchen ausnahmsweise vorkommende Rechtslage des Embryo wurde von mir als Schlüssel für die Linkshändigkeit gedeutet. Gern verweilte ich auch bei der ungleichen Ausbildung der gesamten Körperhälften mit Einschluss auch der Bauchextremitäten, sowie bei den Kreiswanderungen des Menschen und der Säugetiere. Dabei zitierte ich die Wägungen (teilweise auch Messungen) von S. de Luca, welche am menschlichen Skelett begonnen, sich auf eine größere Anzahl von Säugetieren der verschiedensten Ordnungen ausdehnen und zum Teil so ins Detail eingehen, dass nicht bloß jede rechts- und linksseitige Rippe, sondern auch jeder Zahn einzeln gewogen wurde. Überall fand de Luca ein Überwiegen der rechtsseitigen Knochen über die entsprechenden linksseitigen. (Für den Büffel beträgt der Unterschied zugunsten der rechtsseitigen ca. 3%⁴.)

Durch ein nunmehriges Studium bin ich zur Überzeugung gekommen, dass die betreffende Darstellung der Hypothese zunächst insofern zu modifizieren ist, als nicht das Seitwärtskippen, sondern ein ungleiches Wachstum der Körperhälften das Primäre ist, wie dies namentlich der an keine große Dotterkugel gepresste Säugetierembryo beweist. Ferner wurde ich durch die bereits angeführte schöne Arbeit v. Bardeleben's (p. 35) darauf aufmerksam, dass unterdessen, bereits vor Jahren mit derselben Grundidee, wenn auch in einer anderen Fassung, Camille Dareste⁵) an die Öffentlichkeit getreten. Sonderlichen Anklang und Verbreitung scheint jedoch seine Mitteilung nicht gefunden zu haben. Um so mehr möchte ich mir erlauben, sie hier in extenso, mit lediglicher Fort-

4) S. de Luca, Rech. s. les rapports qui existent entre le poids des divers os du squelette chez l'homme. Comptes rendus de l'Acad. de s. Sc., T. 59, 1863, p. 588—589.

Ders., Rech. s. l. rapp. qui existent entre le poids d. divers os du squelette de la Balene des Basques. Ibid. T. 87, P. 2, 1878, p. 261, 263.

Ders., Rech. s. l. rapports de poids que existent entre les os du squelet. d'un chèvre. Ibid. p. 335, 338.

Ders., Rech. s. l. rapp. qui existent entre les poids d. os d'un squelette de Buffle. Ibid., p. 364, 365.

Ders., Ricerche su' rapporti tra le ossa di diversi scheletri di animali, e particolarmente tra quella dello scheletro di un bufalo. Redic. dell'Accad. scienz. fisich. e mat. Napoli. XVIII, 1879, p. 142—145.

5) Dareste, Hypothèse s. l'origine d. droitiers et d. gauchers. Bull. de la Soc. d'Anthropol. de Paris. T. VIII (3-me série), séance du 21 mai 1885, p. 415—418.

lassung der unwesentlichen Einleitungs- und Schlusszeilen, in wörtlicher Übersetzung wiederzugeben.

„Bei sämtlichen allantoiden Wirbeltieren,“ hebt Dareste an, „dreht sich in einem gewissen Moment der Embryo, welcher bisher dem Dotter mit seiner vorderen Fläche aufgelegt hatte, dermaßen, dass er sich nunmehr dem Dotter mit seiner linken Seite auflegt. Beim Embryo des Hühnchens vollzieht sich diese Umdrehung am vierten Tage.“

„Bisweilen, doch sehr ausnahmsweise, vollzieht sich die Umdrehung des Embryos im entgegengesetzten Sinne; es ist alsdann die rechte Seite, welche sich dem Dotter anlegt.“

„Sollte dies nicht die Ursache der Ungleichheit des Volums der beiden Körperhälften sein? In der Tat, die dem Dotter aufliegende Seite ist mehr oder weniger gegen das Amnion gedrückt und dürfte in ihrer Entwicklung behindert sein, während die entgegengesetzte Seite, im Kontakt mit dem Liquor Amnii, sich in aller Freiheit entwickelt. Nun aber haben meine teratologischen Versuche mich schon lange gelehrt, dass sehr leichte Pressionen der Dotterhaut oder des Amnions in den ersten Tagen der Embryonalentwicklung eine sehr große Anzahl von Anomalien erzeugen können.“

„Ist dem so, so dürften die Linkser jener sehr wenig zahlreichen Kategorie von Embryonen entspringen, welche sich mit ihrer rechten Körperhälfte dem Dotter anlegen.“

„Anfangs glaubte ich, dass die Prüfung dieser Hypothese unmöglich sei, da wir nicht wissen können, in welcher Lage ein Linkser während des Embryonallebens auf dem Dotter ruht. Dennoch geben uns gewisse teratologische Tatsachen vielleicht ein Mittel zur Prüfung an die Hand: es sind dies die so merkwürdigen Tatsachen der Heterotaxie oder Inversion der Eingeweide. Hier ist in der Tat die Lage des Embryos auf dem Dotter gut bekannt.“

„Die Anfangstatsache der Inversion der Eingeweide, auf welche seit langem Baer und Remak hingewiesen und welche ich in einer gewissen Anzahl von Fällen konstatieren konnte, besteht in einer Linksbiegung der Herzschnle . . . ; während für gewöhnlich die Biegung dieser Schnle sich nach der rechten Seite des Embryo vollzieht. Diese Biegung der Herzschnle zieht die Drehung des Kopfes nach sich, darauf den des ganzen Körpers vom Embryo, welcher sich dem Dotter mit der linken Seite anlegt, wenn die Herzschnle nach rechts gebogen ist, und mit der rechten, wenn die Herzschnle nach links gebogen ist.“

„Nunmehr handelt es sich aber darum, zu erklären, wie es möglich, dass zu Linksern bestimmte Embryonen sich mit ihrer rechten Seite dem Dotter anlegen ohne Anwesenheit einer Inversion der Eingeweide und folglich ohne Linksbiegung der Herzschnle des Embryos? Offenbar kann dies nur durch eine Lageveränderung

des Körpers nach erfolgter Umbiegung der Herzschnge geschehen. Die Ursache dieser Lageveränderung ist mir unbekannt; aber es ist eine unbestreitbare Tatsache, dass es auf der rechten Seite liegende Embryonen ohne Eingeweideinversion gibt.“

„Um meine Hypothese zu prüfen, handelt es sich darum, zu wissen, ob die mit Inversion der Eingeweide behafteten Individuen Linkser statt Rechtser seien. Da doch bei ihnen die rechte Körperseite an den Dotter gepresst ist, so würde die Feststellung des Überwiegens ihrer linken Hand über die rechte sich erklären durch den Unterschied in ihren Beziehungen zum Dotter während des Embryonallebens.“

Bardeleben referiert und weist die Dareste'sche embryologische Erklärung mit folgenden kurzen Worten zurück. „Die Embryonen aller höheren Wirbeltiere liegen anfangs mit der Vorder- oder Bauchseite auf dem Eidotter, drehen sich aber nach einiger Zeit derart, dass sie mit der linken Körperseite auf dem Dotter zu liegen kommen. — Die mechanische Ursache dieser Drehung ist aber wiederum das Herz, das nach rechts hin ausbiegt und diese Richtung nach rechts auch dem Kopf und dem übrigen Körper des Embryo mitteilt. In seltenen Fällen dreht sich der Herzschlauch und der Embryo nach der anderen Seite, dann liegen aber später nicht nur das Herz, sondern alle inneren Organe umgekehrt. Wäre Dareste's Theorie richtig, dann müssten natürlich auch die Linkshänder die umgekehrte Lage sämtlicher Organe haben.“

Letzterem gegenüber lässt sich betonen, dass bereits Dareste selbst den Einwand vorausgesehen, die Linkshheit sei eine häufige, Inversio viscerum hingegen eine höchst seltene Erscheinung und dass somit nur die allerwenigsten der mutmaßlich rechts konkaven Embryonen Individuen mit einer Inversion der Eingeweide liefern können. Er vermutet daher für die späteren Linkser eine ihren Ursachen nach unbekannte Lageveränderung des Embryo, welche nach erfolgter Umbiegung der Herzschnge zustande kommen soll.

Hier dürfte es am Platze sein, in Erinnerung zu bringen, dass eine Verkehrtlage des Herzens (Dextrokardie), bei welcher alle Teile des Herzens, wie im Spiegelbilde, umgekehrt angeordnet sind, mithin die Herzspitze nach rechts gerichtet ist, nicht bloß bei Situs inversus viscerum totalis regularis vorkommt, sondern auch, wenn auch ganz selten, als reine Dextrokardie bei normalem Situs der Bauchorgane. Die Literatur über solche Fälle wurde von Lochte und Koller, sowie auch von Schelenz zusammengetragen⁶⁾.

Mit Dareste die Grundidee teilend, die ungleiche Ausbildung der beiderseitigen Extremitäten (und Körperhälften) wäre mit der Seitenkrümmung des Embryo in Zusammenhang zu bringen, bin ich nun

6) Kaufmann, Ed., Lehrbuch der speziellen pathologischen Anat., 5. Aufl., Berlin 1909, p. 57.

schlechterdings nicht imstande, die Ursache der Seitenlage des Embryo in der Abweichung der embryonalen Herzschnge von der Medianebene zu erblicken. Die normalerweise bekanntlich rechtsseitige Herzschnge soll nach der Vorstellung von Dareste eine Drehung zunächst des Kopfes und darauf des ganzen Körpers nach sich ziehen; als Folge hätte man die Linkslage des Embryo. Welche Kräfte hierbei etwa im Spiele wären, bleibt unverständlich. Die Schwerkraft ist selbstredend ausgeschlossen, da doch nicht alle Tierklassen, gleich den Vögeln, einen spezifisch leichten weißen Dotter besitzen, welcher den Embryo stets oben schwimmen lässt, und auch bei den Vögeln die Schwere der Herzschnge statt eines Linkskippens ein Rechtskippen veranlassen würde. An einen wirkungsvollen Zug oder Druck oder an ein Abstoßen der Herzschnge vom Dotter ist selbst beim Vogelembryo nicht zu denken, da weder Lage noch Dimensionen der Herzschnge dafür sprechen und noch dazu der Kopf des Embryo abwärts gekrümmt in den Dotter eingepresst und so relativ fixiert ist⁷⁾.

Das Heranziehen der Herzschnge und der *Inversio viscerum* durch Dareste scheint mir ein Missgriff zu sein, welcher Verwirrung in die Sache gebracht hat und eine an sich beachtenswerte Idee nicht zum Durchschlag bringen ließ. Der unter 10000 Menschen etwa nur einmal vorkommende *Situs inversus* dürfte um so weniger etwas mit der Linkshändigkeit zu tun haben, als er auch bei Rechtshändern vorkommt (Pye Smith, 1891; zitiert nach v. Bardeleben, p. 27). Hierdurch wäre der Hypothese in der von Dareste gegebenen Fassung der Boden entzogen. Die ihm und mir gemeinsame Grundidee vom Zusammenhang der zeitweiligen Seitenlage des Embryo mit der ungleichen Ausbildung der Körperhälften und ihrer Anhängsel aber will ich dennoch zu retten versuchen.

Auf der Suche nach näheren Angaben über die Seitenkrümmung des Embryo und ihre mutmaßlichen Ursachen richtete ich mein Augenmerk u. a. auf das klassische Werk K. E. v. Baer's⁸⁾. Es sei mir gestattet, die betreffenden Stellen in extenso hier anzuführen. Was wir daraus lernen, ist nicht bloß, dass v. Baer die betreffenden Krümmungen, im Gegensatz zu Dareste, als selbst-

7) Bei M. P. Erdl (Die Entwicklung des Menschen und des Hühnchens im Eie. Leipzig 1845, Bd. I, p. 21) heisst es vom Hühnerembryo des dritten Tages: „Der Embryo hat sich mit dem Rücken nach vorn stark eingebogen; auch der Großhirnteil hat sich nach vorn herabgebogen. Dadurch verlor der Embryo das Gleichgewicht und legte sich auf die linke Seite. Er ist von jetzt an immer nur von der Seite zu sehen.“ Der Verfasser bleibt die Belege dafür schuldig, dass die Herabbeugung des Kopfes, welcher sich ja in den Dotter eindrückt, wirklich das Gleichgewicht des Embryo stört und weshalb er infolgedessen gerade auch die linke und nicht etwa ebenso häufig auf die rechte Seite fällt?

8) Baer, K. E. v., Über Entwicklungsgeschichte der Tiere. Beobachtung und Reflexion. Königsb. I. 1828. II. 1837 und 1838.

ständiges Wachstumsphänomen ansieht, sondern, dass er bereits die Vermutung vorwegnimmt, die noch in späteren Zeiten bei vielen Wirbeltieren vorhandene kräftigere Ausbildung der rechten Körperseite könnte auf diesem ungleichen Wachstum der symmetrischen Hälften des Embryo beruhen. Das Wort Rechtshändigkeit kommt da allerdings nicht vor, aber der Sinn ist offenbar der nämliche. Ehre, wem Ehre gebührt!

Die nachstehenden Baer'schen Angaben beziehen sich aufs Hühnchen. Am dritten Tage gesellt sich zu einer Abwärtskrümmung des Vorderendes bald eine Drehung auf die linke Seite, so dass die Spitze des Kopfes sich nach der rechten Seite des Fötus dreht. Die Drehung beginnt am Kopfe und rückt allmählich fort, sowie der Fötus sich schließt. Der offene Teil des Leibes ist den dritten Tag hindurch noch gerade, oder, ehe der Schwanz sich auf die linke Seite dreht, S-förmig gebogen, auf dem Bauche liegend (p. 50). „Das Drehen des Embryo auf die Seite ist ein sehr wichtiges Moment in der Bildungsgeschichte des Fötus, denn mit ihm hängen viele Veränderungen, namentlich die Metamorphose des Herzens, auf das innigste zusammen. Die linke Seite des Embryos zeigt schon bei Entwicklung des Kreislaufes eine physiologische Verschiedenheit von der rechten, denn sie ist im Verhältnis zu dieser die rezeptive, aufnehmende Seite. Die aufsteigende Vene steigt am linken Rande des Fötusleibes in die Höhe und geht von links nach rechts in den Fötus ein. Sind zwei herabsteigende Venen da, so ist doch die linke stärker und hat ein weiteres Flussgebiet, wie man wohl den Umfang der Körpergegend nennen kann, aus welchem das Venenblut aufgenommen wird, als die rechts absteigende Vene. Ist nur eine solche Vene, so ist es eben die linke und auf der rechten Seite bildet sich erst allmählich eine kleine analoge, welche das Blut aus der Kopfscheide aufnimmt. Von der linken Seite strömt nämlich nicht nur das Venenblut ein, sondern auch die Eingänge in den Speisekanal, besonders der vordere, stellen sich immer mehr links, und der ganze offene, rinnenförmige Teil des Speisekanals liegt mehr links, und nach der Drehung liegt der ganze Dotter auf der linken Seite des Vogelembryo. — Wie wichtig dieses Verhältnis sein muss, sieht man daraus, dass in allen Tieren, bei denen . . . der Fötus vom Dottersacke auf kürzere oder längere Zeit sich abschnürt, der Dottersack an der linken Seite des Fötus liegt, so der Dotter bei Eidechsen, Schlangen, Vögeln, so die Nabelblase in allen Säugetieren . . . Unter mehreren hundert Embryonen des Huhnes fand ich nur zwei, welche die rechte Seite dem Dotter zugekehrt hatten. In dem einen war die Drehung noch nicht weit vorgeschritten, und das Herz hatte die gewöhnliche Form und Lage, so dass ich zweifelhaft bin, ob diese falsche Wendung sich nicht noch aufgehoben hätte. In

dem andern Falle hatte aber schon der halbe Fötus sich auf die rechte Seite gedreht, die hintere Hälfte war nicht ganz gerade, sondern eigentümlich gedreht, als ob sie eine Gewalt erlitten hätte. Das Herz war hier ganz umgekehrt gestellt; die Vorkammer lag nach rechts, die Wölbung der Kammer nach links, und war in allen seinen Teilen das umgekehrte Verhältnis der Lage . . . Ich kann daher nicht zweifeln, dass hier ein Situs inversus sich zu bilden angefangen habe“ (p. 51). — Während des vierten Tages wendet sich das Schwanzende stark gegen den Kopf und legt sich auf die linke Seite; nur der eigentliche Rumpf zwischen beiden Extremitäten ist gerade (p. 69). — Am fünften Tage liegt der Embryo ganz auf der linken Seite (p. 80). Rekapitulierend darauf zurückkommend, dass Venenblut und Dotter von der linken Seite in den Embryo gehen, macht v. Baer (p. 88) darauf aufmerksam, dass im Gegensatz hierzu dasjenige, was aus dem Embryo vorgetrieben wird, wie der Harnsack mit seinem Inhalte, sich nach der rechten Seite wende. „Ja die ganze rechte Seite des Embryo wächst in der zweiten Periode merklich kräftiger und rascher, und in dieser kräftigen Entwicklung während der frühesten Zeit könnte vielleicht der Grund liegen, dass bei vielen Wirbeltieren noch in späterer Zeit die rechte Seite kräftiger ist als die linke. Es geht also auch die Ausscheidung neuer Maße mehr nach rechts als nach links. Ja fast in allen einzelnen Organen offenbart sich dasselbe Verhältnis und übt auf die Gestaltung der Teile seinen Einfluss. Von der linken Seite empfängt das Herz sein Blut, und nach der rechten treibt es dasselbe aus. Hierauf beruht die Art der Gefäßverteilung in den Säugetieren und Vögeln, indem, wie auch die einzelnen Modifikationen sein mögen, immer der Hauptstrom des Blutes zuerst nach rechts geht. — Der Grund vom Übertreten der Ingestion nach der linken und der Egestion nach der rechten Seite möchte wohl darin liegen, dass die linke Seite des Embryo ursprünglich nach dem ingestiven Pole des Eies zugekehrt ist. Es scheint nämlich, dass, während der Embryo in seiner ersten Bildung mit der aufnehmenden unteren Fläche dem Dotter zugekehrt ist, auch das polare Verhältnis im Eie sich der Keimhaut und dem Embryo allmählich mitteilt. Daher schon in der ersten Periode der Eintritt des Venenblutes von der linken Seite. Wenn nun die linke Seite allmählich immer mehr Anteil an der physiologischen Bedeutung der unteren Fläche nimmt, so scheint es notwendig, dass sie auch räumlich in ihre Verhältnisse tritt und sich nach unten stellt. Dies ist es eben, was wir mit anderen Worten ein Drehen des Embryo auf seine linke Seite genannt haben. Der Embryo steht nämlich zum Dotter in nächster Beziehung und empfängt aus ihm seine

Nahrung. Seine ingestive Seite muss daher immer dem Dotter zugekehrt sein. Die Umänderung des ingestiven und egestiven Gegensatzes und die Wendung auf die linke Seite, sind also nur Erscheinungen derselben Metamorphose.“ (Es folgen vergleichende Betrachtungen über den Molluskentypus.) Interessenten seien ferner auf das in den Scholien IV, § 3 und V, § 3 Ausgeführte verwiesen. Was wir in Teil II über die uns interessierenden Krümmungen des menschlichen Embryo finden, ist kaum von Belang. Auf p. 337 heisst es von einem dreiwöchentlichen Embryo, er sei sehr gekrümmt, besonders sei sein hinteres (kaudales) Ende von rechts nach links stark aufgerollt (Taf. IV, Fig. 11 d).

Es würde uns zu weit führen, im einzelnen Auszüge aus zahlreichen späteren Schriften die Krümmungen des Embryo verschiedener Tierklassen betreffend anzuführen. Statt dessen sollen nur wenige Autoren herangezogen werden, welche sich sowohl durch selbständige hervorragende Leistungen, als auch durch zusammenfassende Schriften hervorgetan haben. Überlassen wir hierbei zunächst dem trefflichen A. v. Kölliker⁹⁾ das Wort. Er schreibt (p. 203): „Von den Drehungen um die Längsachse erwähnen wir vom Hühnchen in erster Linie eine auffallende Drehung am dritten Tage in der Art, dass, während der Rumpf mit seiner Bauchfläche gegen den Dotter schaut, der Kopf so sich dreht, dass er seine linke Seite bauchwärts kehrt. Später legt sich auch das hintere Leibesende auf die Seite mit der linken Hälfte dem Dotter zu, worauf dann der Kopf wieder gerade sich stellt und später selbst auf die rechte Seite sich umlegt, so dass dann der ganze Rumpf eine von links nach rechts gewundene Spirale beschreibt.“ Die Drehung um die Längsachse ist am ausgeprägtesten am vierten und fünften Tage. „Von da streckt sich der Embryo immer mehr gerade und dreht sich auf, so dass vom sechsten Tage an die Leibesachse wieder gerade verläuft.“ Hieraus dürfte man ersehen, dass der Kopf eine auffallende Selbständigkeit in seinen Wachstumskrümmungen nach links und rechts offenbart und im relativen Ausbildungsgrad seiner Hälften nicht unbedingt an den der Rumpfhälften gebunden ist.

Eine von Kölliker (p. 250, Fig. 172) gebrachte Abbildung eines 9 Tage und 2 Stunden alten Kaninchenkeims zeigt noch vor Auftreten der Herzschnge eine rechts konkave Krümmung, während ein erheblich weiter entwickelter von 9 Tagen 3 Stunden auf Fig. 173 als linkskonkav abgebildet ist, obgleich er mit einem *Situs inversus cordis* behaftet ist. Das Verhalten beider Embryonen ist der Dareste'schen Annahme von der Rolle der Herz-

9) Kölliker, A., Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere. 2. Anfl., Leipzig 1879.

schlinge über der Seitenkrümmung des normalen und des mit *Inversio viscerum* behafteten nicht günstig.

Was Kölliker (p. 256) von der „in einer bestimmten Zeit sehr ausgeprägten Drehung des Säugetierembryo um seine Längsachse“ sagt, bezieht sich, möchte ich annehmen, auf ein späteres Stadium, da es heisst, der Kopf liege mit seiner linken Seite nach oben der Keimblase auf; während der mittlere Teil des Embryo in der Weise gedreht ist, dass immer mehr vom Rücken sichtbar wird und die hintere Leibeshälfte den Rücken direkt nach oben kehrt. „Das hintere Ende selbst ist häufig wiederum etwas auf die Seite gewendet und zeigt dann bei weiterer Entwicklung eine Andeutung einer spiraligen Aufrollung, die ich beim Kaninchen so stark ausgeprägt finde, dass das letzte Schwanzende hakenförmig umgebogen ist, während sie beim Hunde und Rinde nicht nennenswert erscheint. Sehr schön ausgebildet ist dagegen diese spiralige Aufrollung bei Eidechsenembryonen (Remak, Taf. IV, Fig. 66) und vor allem bei Schlangenembryonen nach Rathke . . .“ „Noch ist zu bemerken, dass die Spiralkrümmung des Leibes eine von links nach rechts gewundene Spirale darstellt, wie am besten an Schlangenembryonen zu sehen ist.“

Als unstrittige Ursachen der Embryonalkrümmungen im allgemeinen erklärt Kölliker (p. 256) ein ungleichmäßiges Wachstum der Organe, erläutert diese Ansicht allerdings nur an der Krümmung in der Medianebene, und zwar durch das anfänglich übermäßige Wachstum des Zentralnervensystems; ein späteres verstärktes Wachstum der Teile an der Bauchseite lässt den Embryo sich wieder strecken. Einer etwaigen Beteiligung des Herzens am Entstehen der Krümmungen erwähnt er wie auch v. Baer mit keinem Worte.

Hören wir noch, wie es in Balfour's verdienstvollem Sammelwerk heisst¹⁰⁾. Zunächst von den Vögeln. Während des dritten Tages dreht sich deren Embryo „so herum, dass er teilweise auf die linke Seite zu liegen kommt. Diese Drehung betrifft zunächst nur den Kopf, erstreckt sich aber im Laufe des vierten Tages auch auf den übrigen Körper. In Zusammenhang mit dieser Lageveränderung erfährt der ganze Embryo eine ventralwärts gerichtete und etwas spiralige Drehung“. Vom Eidechsenembryo heisst es kurz, er wende sich bald auf die linke Seite. Sonst wird der spiraligen Aufrollung des langen Schwanzes, und im übrigen der bereits für die Vögel bekannten Formveränderungen gedacht. Kürzer kommen die Säugetiere in bezug auf embryonale Leibeskrümmungen außerhalb der Medianebene weg. Es heisst: „In den meisten Fällen bekommt der ganze Embryo nach Ausbildung des Schwanzes eine stärkere oder schwächere spiralige Drehung, doch wird dieselbe

10) Balfour, F. M., Handbuch der vergl. Embryologie. Jena 1880, Bd. 2, p. 1, 157, 186, 208.

nie so auffallend, wie das bei den Lacertiliern und Ophidiern die Regel ist.“

Zur Orientierung in betreff neuerer Angaben über embryonale Abweichungen der äußeren Körperform von der bilateral-symmetrischen lässt sich mit erheblichem Gewinn die fleißige Übersicht von Keibel benutzen¹¹⁾. Ein paar Andeutungen in bezug auf eine asymmetrische Lage des Schwanzes finden wir bereits für *Bdellostoma* (p. 15, Fig. 3 i) und *Lepidosteus* (p. 29). Eine Linkslage des Embryo wird erwähnt für *Hatteria* (p. 82), Krokodile (p. 77, Fig. 26), *Lacerta* (p. 85, Fig. 30), *Anguis* (Fig. 82). Das kaudale Ende weicht stets nach rechts von der Symmetrie ab und ist bei der langgezogenen *Anguis* und ganz besonders bei den Schlangen (Fig. 36) schneckenförmig von links nach rechts aufgerollt, wobei der Gesamt-embryo der Spitze eines Bohrers mit gegen das freie Ende sich immer mehr verjüngenden Windungen ähnelt. Der Embryo des Huhns beginnt sich mit seinem Vorderende bereits auf die linke Seite zu drehen, wenn erst dieses allein sich genügend vom Blastoderm abgehoben (p. 97, Fig. 37 e von einem Embryo der 46. Bebrütungsstunde). Bei einem 5 Stunden älteren Embryo hat sich das in seiner Ausbildung bedeutend fortgeschrittene vordere Körperende ganz auf die linke Seite gedreht, während das hintere noch flach dem Dotter aufliegt, sich unbedeutend über dessen Niveau erhebend. An einem Embryo von 2 Tagen 19 Stunden (h, h') beginnt auch das kaudale Ende sich auf die linke Seite zu drehen, während ein Embryo von 3 Tagen 12 Stunden (i) seine ganze linke Seite dem Dotter zukehrt und sein Endstück, bezw. das Schwänzchen, nach rechts emporbiegt. Der betreffende Embryo ist überhaupt so stark zusammengekrümmt, dass er den Teil einer Spirale bildet. Die rechtsseitige Aufwärtskrümmung des Schwanzabschnittes beginnt, was ich auch an dieser Figur hervorheben möchte, entsprechend der Anlagestelle der hinteren Gliedmaßen¹²⁾.

11) Keibel, F., Die Entwicklung der äußeren Körperform der Wirbeltier-embryonen, insbesondere der menschlichen Embryonen aus den ersten 2 Monaten. In: O. Hertwig, Handb. d. vergl. u. experim. Entwicklungslehre d. Wirbeltiere. Jena, Bd. 1, 1906.

12) Bei den Vögeln ist meines Wissens überall die Seitenkrümmung des Embryos beobachtet worden. Es hat dies u. a. auch für den Strauß Gültigkeit (Nassanow, N., Zur Entwicklungsgeschichte des Straußes [*Struthio camelus* L.]. Warschau 1894—95, russisch). Am fünfsten Tage der Bebrütung ist der Keim S-förmig geschweift. Er bildet zwei Krümmungen in der Horizontalebene: die das Herz umfassende Kopfhalskrümmung und die entgegengesetzte eigentliche Rumpfkrümmung. Während der vordere, der erstgenannten Krümmung entsprechende Abschnitt gesondert, frei ist und mit der linken Seite bereits dem Dotter aufliegt, erhebt sich der letztgenannte noch kaum über das Niveau der Keimscheibe. Bald darauf nimmt die horizontale Rumpfkrümmung etwas ab. Erst beim sechstägigen Embryo ist auch der unterdessen emporgewachsene Rumpfteile dermaßen gekrümmt, dass er gleich dem Kopfhals-

Fahren wir in unseren Entlehnungen aus den Zusammenstellungen von Keibel fort, indem wir uns nunmehr den Säugtieren zuwenden. Über den Embryo von *Echidna* (Fig. 46 b, nach Semon) erfahren wir (p. 111), es sei bei ihm zu einer starken Zusammenkrümmung eine leichte Spiraldrehung hinzugekommen. Im Vergleich zum Vogelembryo wäre, nach dieser Abbildung zu urteilen, eine beträchtliche Verspätung und Abschwächung der Spiraldrehung anzunehmen. Ferner dürfte sich letztere auch nicht lange halten, denn an dem in *c* abgebildeten, nicht viel weiter gediehenen Embryo wird diese Drehung bereits als fast ausgeglichen bezeichnet. Bei den viviparen Säugetieren setzt die Spiraldrehung offenbar wiederum früher ein, und zwar vor Abgrenzung der Extremitätenlappen. Für das Schwein bringt Keibel eigene Mitteilungen und Abbildungen, denen folgendes entlehnt sei. An einem Embryo von 14 Tagen 19 Stunden nach der Begattung (p. 121, Fig. 53 d) haben wir eine Spiraldrehung von rechts nach links zu verzeichnen, so dass auf der Abbildung das Kopfende genau von links im Profile, das Kaudalende aber von der ventralen Seite zu sehen ist. „Der 17 Tage 12 Stunden alte Embryo Fig. 53 g zeigt die Spiraldrehung auf der Höhe ihrer Entwicklung, eine Zusammenkrümmung, welche sich in den Zwischenstadien von Fig. 53 f und g herauszubilden pflegt, geht in diesem Stadium, wohl unbedingt durch die starke Entwicklung der Urniere, wieder zurück“. Ein weiterer Rückgang der Spiraldrehung fällt mit einem Zunehmen der Zusammenkrümmung in kranio-kaudaler Richtung und mit der flossenförmigen Ausbildung der Extremitäten zusammen. Später, bei bereits mehrgestrecktem Rumpfe, sehen wir als Rest der Spiraldrehung das Schwänzchen nach rechts abgebogen abgebildet (Fig. 54). Sehr ausgesprochen ist die spirale Aufrollung bei Nagerembryonen (p. 127, Fig. 5 e, f, g). In *e* beschreibt der Embryo der Wanderratte etwas mehr als eine volle Windung, deren größerer (links-konkaver) Rumpfteil schwach, der Schwanzteil hingegen steil nach rechts und kopfwärts gebogen ist. Später beträgt die Spirale bis anderthalb Windungen (*g*). — Für den Hund gibt Keibel die Fig. 57, an welcher die Spiralwindung sich am Schwanz noch mehr äußert.

Besonders interessant erscheinen mir die nach Hubrecht'schen Originalen vorgeführten drei Embryonen eines Halbaffen (Tarsius, p. 133, Fig. 59) ungleicher Stadien, weil sie uns sämtlich das Schwänzchen nach links gekrümmt zeigen. Sollte dies zu einer

mit seiner linken Seite dem Dotter aufliegt (eine solche Verspätung dürfte vom Standpunkte unserer Hypothese im Sinne einer geringeren Beeinflussung der Bauchextremitäten zu deuten sein). Hieran schließt sich beim siebentägigen Embryo eine solche Rechtskrümmung des abwärts gebogenen hinteren Rumpfes und des Schwanzteils, dass die linke Bauchextremität fast die Stirn berührt.

Folgerung berechtigen? — Die nach Selenka gegebene Abbildung eines *Cercopithecus*-Embryo (p. 134, Fig. 60 c) zeigt die Schwanzspirale abermals rechtsseitig.

Was verlautet nun über Seiten- bzw. Spiralkrümmung menschlicher Embryonen? Auf S. 139 werden wir auf einen His'schen Embryo (Fig. 62 e) von 2,6 mm Länge und einem etwaigen Alter von 18—20 Tagen aufmerksam gemacht, welcher, im Gegensatz zu früheren, vorn etwas zusammengekrümmt und zugleich derart schwach um seine Achse gedreht ist, dass sich das Kopfende nach links, das Beckenende nach rechts wendet. Ein anderer Embryo (Fig. 62 g), dessen Alter sich auf 23 Tage berechnen lässt, zeigt eine Rückenlinie, welche, dank dem spiralen Verlauf, mehr als einen vollen Kreis beschreibt.“ „Die Symmetrieffläche des Embryo ist windschief und so gedreht, dass der Kopf nach rechts, das Beckenende nach links sieht.“

Ein Rückblick auf das hier Vorgebrachte dürfte uns zunächst darüber belehren, dass Abweichungen des Embryo von der Medianfläche, beziehungsweise dessen Spiralschlängelungen der Längsachse eine allen Amnioten (Sauropsiden) gemeinsame Erscheinung darstellt. Was die Anamnier (Ichthyopsiden) anbetrifft, so ist nichts Zuverlässiges für sie in dieser Beziehung bekannt. Das Verhalten der *Hatteria* könnte als Anhaltspunkt für die Annahme dienen, dass die betreffende Symmetrieabweichung eine Begleiterscheinung der Sauropsidenwerdung darstellt. Woher sie wohl stammen mag, ist eine Frage, welche wir hier nicht näher erörtern wollen. Den Anamniern noch fremd — vielleicht gewisse Krümmungen des embryonalen Schwanzes ausgenommen — ist die Symmetriestörung gewisslich ohne phylogenetische Bedeutung und wohl am ehesten eine Anpassungserscheinung des Prosauropsidenembryo für die Zeit seines Aufenthaltes im Ei, zunächst vermutlich durch Raumverhältnisse bedingt. — Als ferneres Ergebnis des Vorgebrachten hätten wir den Satz zu vermerken, dass die so ausgesprochene und allbekannte Seitenkrümmung des Vogelembryo im Grunde als identisch mit der Spiralkrümmung¹³⁾ des Amniotenembryo überhaupt anzusehen ist. Auch hier dreht sich der Leib in Spiraltouren eines Bohrers, an welchem das obere Ende eine am meisten in die Länge gezogene, am meisten erweiterte und am meisten massige ist. Diese oberste Windung bildet übrigens nur einen Teil einer Spiraltour und reicht herab bis zur Region der Bauchextremitäten, bzw. des Beckens (Sakralregion). Von diesem Punkte setzt zunächst eine steile rechtskonkave Schwanzbiegung ein; dann beginnt eine postsakrale engere

13) Dass die uns hier nicht interessierende, nur anscheinend streng in der Medianebene verlaufende Rückenkrümmung auch einen Teil der Bohrerspirale, und zwar deren Grat ausmacht, ist selbstredend.

Bohrerwindung¹⁴⁾. Bei kurzschwänzigen Tieren bleibt es bei der einen (unvollständigen), bei langschwänzigen Tieren, wie den Eidechsen und namentlich Schlangen, entstehen geradezu freie Schneckenwindungen, wie an einem Korkzieher. Für uns kommt zunächst die oberste, größte, vom Kopf bis zur Sakralregion sich erstreckende Windung, richtiger Halbwindung, in Betracht, welche rechts konvex und links konkav ist und bei massigem Dotter diesem aufliegt. Denken wir uns diese Windung der gekrümmten Medianebene nach gespalten, so ist die rechte konvexe Körperhälfte selbstredend an Volum und Gewicht die größere. Hiermit wäre der Grundstein auch für die Rechtshändigkeit gelegt. Wir haben es bei dieser Spiralkrümmung offenbar mit einem dem Embryo innewohnenden Wachstumsphänomen zu tun, ebenso wie bei dessen sich in der Medianebene vollziehenden Bogenkrümmung. Dass ein ungleiches Wachstum seinerseits mit auf einer ungleichen Ernährung, als auch ungleichen Ausbildung der Blutgefäße zusammenhängen muss, hat schon v. Baer vorgeschwebt.

Der gewundene, linkskonkave Embryo dürfte in viel höherem Grade als das ausgebildete Tier eine quantitative Asymmetrie der Körperhälften und ihrer Auswüchse, der Gliedmaßen darbieten. In welchem Grade, ließe sich durch Messungen und Berechnungen ermitteln. Die embryonale quantitative Asymmetrie, so lautet ferner ungezwungen die Hypothese, kann durch späteres gleichmäßigeres Wachstum der Körperhälften nie ganz ausgeglichen werden und wird beim Menschen im Laufe des Lebens durch ungleiche Arbeitsteilung an den oberen Extremitäten noch verstärkt.

Hätte man es einzig und allein mit einem Überwiegen der rechten Körperhälfte nebst der zugehörigen Gliedmaßen zu tun, so würde die dargestellte embryologische Erklärung wohl ohne weiteres als ganz erschöpfende Anerkennung finden. So einfach liegt die Sache jedoch bekanntermaßen nicht; vielmehr wollen noch folgende, mehr oder weniger häufige Eigentümlichkeiten erklärt sein: 1. die Linkshändigkeit, 2. die Gleichhändigkeit, 3. die Gleichbeinigkeit und 4. die gekreuzten Asymmetrien, also die Kombinationen von Rechtshändigkeit mit Linksbeinigkeit und von Linkshändigkeit mit Rechtsbeinigkeit. Schon die Existenz dieser individuell in sehr verschiedenem Grade ausgesprochenen Varianten verrät, dass wir es nicht mit gegensätzlichen Phänomenen, sondern mit ihrem Wesen und ihrer Ursache nach leichten Abänderungen zu tun haben. Ist nun die Seitenkrümmung des Embryo die wirkliche Ursache des typischen Phänomens, so müssen sich auch dessen Abweichungen

14) Über den Schwanzteil ist besonders zu vermerken, dass er ursprünglich, gleich dem Rumpfe, nach links gekrümmt ist und erst später, ähnlich dem Kopfe, sich in der Horizontalebene zunächst nach rechts wendet, um erst darauf eventuell sich aufzurollen.

von leichten, an sich unwesentlichen Variationen dieser Krümmung ableiten lassen. Sehen wir zu, inwieweit dies möglich ist. Zunächst wenden wir uns der jedermann geläufigen Linkshändigkeit zu.

Wer möchte hier sich dessen erwehren, an die gewundenen Schnecken und an die Plattfische, Pleuronectiden zu denken, deren Embryo bzw. Jugendstadium sich gleichsam im labilsymmetrischen Gleichgewicht befindet und statt im üblichen, nur allzu leicht im entgegengesetzten Sinne asymmetrisch wird. So könnte auch ein ursprünglich vertikal emporstrebender Embryo später, statt nach links wie es die Regel, sich nach rechts krümmen und einem Linkser den Ursprung geben. Anfangs wollte es auch mir so scheinen. Es war dies um so eher möglich, als ich zur betreffenden Zeit nur über eine ganz geringe embryologische Erfahrung verfügte und trotzdem einen verkehrt, also rechts liegenden Embryo zu beobachten Gelegenheit hatte. Ähnlich urteilte, wie wir oben sahen, auch Dareste, nur dass er mit der Verkehrtkrümmung des Embryo gleichzeitig auch eine *Inversio viscerum* in Verbindung brachte. Wir waren aber beide auf entschieden falscher Fährte; denn die Rechtskrümmung und Rechtslage des Embryo ist eine phänomenale Seltenheit. So fand v. Baer (s. o.) unter mehreren hundert Hühnerembryonen nur zwei, welche die rechte Seite dem Dotter zugekehrt hatten, und von diesen bereitete sich bei einem offenbar eine Verkehrtlage der Eingeweide vor. Hierzu kommt, dass nach den neuen Forschungen, namentlich von v. Bardeleben, eine wenn auch häufig verkappte Linkshändigkeit ungleich häufiger ist als bisher angenommen wurde. Eine abnorme Rechtskonkavität des Embryo ist also keine zutreffende Erklärung der Linkshändigkeit, wenigstens dem Hühnchen nach zu urteilen (von dessen Rechts- und Linkshändigkeit wir übrigens nichts Zuverlässiges wissen). Wir werden also nach einer anderen Ursache der Linkshändigkeit auszuspähen haben, und zwar nach einer minder radikalen Krümmungsvariation des Embryo. Eine solche liegt es nahe in der Seitenneigung des Kopfteils zu suchen. Derselbe, ursprünglich in Übereinstimmung mit dem Rumpfe, links gekrümmt, krümmt sich später durch verstärktes linksseitiges Wachstum nach rechts. Fällt diese Krümmung ausnahmsweise so ergiebig aus, dass die so naheliegenden Anlagen der Brustextremitäten in Mitleidenschaft gezogen werden, so hätten wir deren Beeinflussung in einem dem vorhergehenden entgegengesetzten Sinne und als Resultat verschiedene Grade von Gleich- und Linkshändigkeit. (Beiläufig bemerkt, dürfte das überwiegende linksseitige Wachstum des Embryonalkopfes auch die Ursache des neuerdings wohl allgemein anerkannten Überwiegens der linken Schädel- und Kopfhälfte des Erwachsenen über die rechte sein).

Nun zu den Bauchextremitäten. Auf diese lässt sich unsere Hypothese noch ungezwungener anwenden. Dieselben sprossen in

einer Region des Rumpfes, der Sakralregion, wo die Linkskrümmung bereits verstreicht und in die rechtskonkave Schwanzkrümmung übergeht. Daher wohl die an diesen Extremitäten meist weniger als an den Brustextremitäten ausgesprochene Größendifferenz. Denken wir uns nun den Wendepunkt der entgegengesetzten Krümmungen nur um ein Geringes kopfwärts verschoben, so muss je nach dem Grade entweder Gleichbeinigkeit oder Linksbeinigkeit die Folge sein.

Der größte Stein des Anstoßes für alle übrigen einschlägigen Hypothesen, die Entstehung der gekreuzten Asymmetrie, ergibt sich bei der hier verteidigten als so selbstverständliche Variante, dass eine besondere Besprechung überflüssig erscheint.

Ergänzend sei hier noch auf die notorisch erwiesenen, oral- und kaudalwärts erfolgenden ontogenetischen Verschiebungen der Extremitätenanlagen längs des S-förmig gekrümmten Stammes hingewiesen. Auch Variationen in diesen durch ungleiches Wachstum des Stammes bedingten Verschiebungen könnten bei der Ausbildung der verschiedenen Extremitätenasymmetrien konkurrieren.

Ein Überblick über die Summe der zu erklärenden, denkbar mannigfaltigen Variation der uns beschäftigenden Symmetriestörungen und über die bisher vorgebrachten Hypothesen dürfte doch wohl dafür sprechen, dass von den vorgebrachten und etwa noch vorzubringenden erklärenden Hypothesen nur eine solche Aussicht auf Erfolg haben dürfte, welche mit angeborenen Ungleichheiten oder Prädispositionen zu solchen rechnet. Eine solche ist gerade die hier vertretene, wie man sieht, zu einer ganzen Theorie ausspinnbare Hypothese. Sie knüpft an unleugbare Wachstumsphänomene des Embryo an. Allerdings beanspruchen diese ihrerseits eine Erklärung. Was aber heisst denn überhaupt Erklärung eines Phänomens anders als ein Zurückführen eines Unbekannten auf ein Allgemeineres, jedoch gleichfalls und vielleicht erst recht Unbekanntes?

Einen großen Vorzug vor den meisten anderen einschlägigen Hypothesen dürfte die hier vorgetragene insofern haben, als sie wie keine andere den Namen einer Arbeitshypothese verdient. Sie fordert zunächst zu einem an sich entwicklungsmechanisch interessanten Studium der Wachstumskrümmungen des Embryo auf. Diese wollen zunächst genauer, und zwar nach Möglichkeit stereometrisch beschrieben sein, sowohl an sich als auch in ihren topographischen Beziehungen zu den Gliedmaßenanlagen in verschiedenen Entwicklungsperioden. Auch einer experimentellen Prüfung weist die Hypothese den Weg. Es handelt sich hierbei um eine Beeinflussung der Spiralkrümmungen des Embryo durch Eingriffe in der Voraussetzung, dass sich hierdurch prägnante quantitative Asymmetrien (und auch absolute Symmetrie) erzielen lassen. Man möchte hierbei zunächst an bebrütete Eier möglichst großer Vogel- und

Reptilienarten denken. Die Eier wären unter aseptischen Manipulationen zu trepanieren, um nach erfolgtem experimentellen Eingriff am Embryo wieder verschlossen von neuem der Weiterentwicklung überlassen zu werden. Was die Eingriffe selbst anbetrifft, so hätten sie einestheils in einer Applizierung von leichten Scheiden oder Klammern zu bestehen, welche die normalen Krümmungen des Embryo abändern, andererseits in einer Versperrung dieser oder jener Blutbahnen, was sich etwa unter Anwendung einer galvanokaustischen, im gegebenen Moment in Glut zu versetzenden Schlinge oder Nadel bewerkstelligen ließe. Es handelt sich hierbei zunächst um Ausschaltung der Dotterarterie und Vene einer Seite und eine dadurch etwa zu erzielende abgeänderte Blutverteilung.

Nachtrag.

Wie reich die Spezialliteratur über Rechtshändigkeit und Körperasymmetrie überhaupt auch sein mag, wie wertvoll auch die betreffenden allgemeinen Zusammenstellungen¹⁵⁾ sind, so tritt uns immerhin beim genaueren Zusehen eine Reihe von Lücken und Widersprüchen entgegen, deren systematische Beseitigung in hohem Grade wünschenswert erscheinen dürfte. Es sei mir gestattet, einige sich mir aufdrängende diesbezügliche Erwägungen hier vorzubringen, welche zum Teil anregend wirken könnten.

1. Der Sache förderlich dürfte eine Feststellung, am besten durch Kollektivberatungen, betreffenden Normen und Methoden zu Erhebungen, Beobachtungen, Messungen und Wägungen sein. Manche Widersprüche und Unklarheiten können hierdurch in Zukunft vermieden und auch die statistische Seite der Rechts- und Linkshändigkeit gefördert werden.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich als anscheinend noch nicht angewandte Methode, Volumbestimmungen durch Verdrängung von Flüssigkeit in Vorschlag bringen. Dieselbe dürfte sich zunächst am Lebenden für die unteren Partien von Arm und Bein, von der Ellenbogen- und Kniebeuge abwärts recht wohl eignen. Auch für Knochen, deren Gewicht, wegen ungleichen Gefüges, nicht für zuverlässig genug gilt, dürfte sich die Methode eignen, natürlich unter Berücksichtigung oder möglicher Beseitigung des Eintritts von Flüssigkeit ins Innere der Knochen.

Eine empfehlenswerte Methode für die Feststellung einer ungleichen Ausdehnung der Hautoberfläche und ungleichen Ausbildung der Muskelmassen dürfte eine Zählung der Nervenfasern in den

15) Außer der Arbeit von v. Bardeleben bereits oben zitierten und ihren in späteren Jahrgängen des Anat. Anz. veröffentlichten Nachträgen, seien hier nur noch die allgemeinen von Reh und Gaupp angeführt (Reh, L., Über Asymmetrie und Symmetrie im Tierreiche. Biol. Centralbl., Bd. XIX, 1899. — Gaupp, E., Die normalen Asymmetrien des menschlichen Körpers. Samml. anat. u. physiol. Vortr. Jena 1909.

entsprechenden rechts- und linksseitigen Nervenstämmen der Extremitäten abgeben.

2. Wünschenswert sind neue umfassende anatomisch-physiologische Untersuchungen über den ontogenetischen Zeitpunkt des wahrnehmbaren Auftretens einer Ungleichheit der rechts- und linksseitigen Extremitäten. Manche leugnen ja, dass dieselben angeboren, und verlegen ihr Auftreten zum Teil in eine spätere postembryonale Periode der Kindheit.

3. Zur Phylogenie empfiehlt es sich, fossile Menschenskelette, wo immer man derselben habhaft werden kann, immer wieder auf die relative Ausbildung der oberen und unteren, rechts- und linksseitigen Extremitäten zu untersuchen. Handelt es sich doch darum, zu prüfen, inwiefern die nach der Technik vorhistorischer Erzeugnisse erschlossene häufigere Gleichhändigkeit sich beweisen lässt. Desgleichen ist eine Berücksichtigung der Pithecanthropoiden in bezug auf ihre anatomische Prädisposition zur Ungleichheit der beiderseitigen Extremitäten, nach Maßgabe neuer Funde wünschenswert.

4. Die an Skeletten von Menschenaffen vorgenommenen hochinteressanten Messungen und Wägungen, welche auf die Existenz entgegengesetzter artlicher Veranlagungen hinweisen, differieren leider zum Teil bei den einzelnen Forschern, so dass eine einheitliche Nachprüfung des Gesamtmaterials nach einheitlicher Methode erwünscht wäre.

5. Den Instituten für Tierpsychologie sei es besonders ans Herz gelegt, unter Beobachtung aller Kautelen an frischem, durch Nachahmung und Dressur noch nicht beeinflusstem Material die strittige Frage nach einer etwaigen, den Menschenaffen angeborenen Bevorzugung einer der Hände widerspruchlos zu entscheiden. Dasselbe gilt auch für die niedriger stehenden Affen.

6. Für die vierfüßigen Säugetiere gilt es u. a., die unwillkürlichen Kreisbewegungen, welche besonders die Gebrüder Guldberg so erfolgreich untersuchten, noch des weiteren auszuspinnen, namentlich in Rücksicht der widersprechenden Ergebnisse anderer Forscher. (Auch am Menschen verschiedenen Alters sind aus dem nämlichen Grunde solche Versuche unter Berücksichtigung der nach anderen Methoden ermittelten anatomischen und physiologischen Ungleichheit der Beine — und auch der Arme — vorzunehmen.)

7. Die bisher recht unbestimmten Ergebnisse über bilaterale Asymmetrie bei Vögeln sind in erweitertem Umfang neu aufzunehmen. Ferner wollen auch die Reptilien in den Kreis der Untersuchungen gezogen sein. Es sind hier in erster Linie Messungen, Wägungen und Volumbestimmungen an Knochen gemeint. Zu empfehlen sind möglichst große rezente und auch fossile Tierformen, wie straußartige Vögel, Krokodile, Hydrosaurier, Dinosaurier u. d. m.

8. Die oben vertretene Hypothese berücksichtigt zwar nur die Amnioten bis auf die *Hatteria* herab, betrachtet die betreffenden Formen von Asymmetrie als eine Neuerwerbung der Amnioten, und dennoch dürfte vom allgemeineren Standpunkte aus, sei es auch zur Feststellung negativer Resultate, eine Überschreitung des Gebietes nicht von der Hand zu weisen sein. Weiter oben schlüpften ein paar Daten in betreff von *Lepidosteus*, ja sogar *Bdellostoma* durch, und die Brüder Guldberg berufen sich auf die Aussage von Tauchern, welche vom Lichte geblendete Fische im Kreise vor der Taucherglocke schwimmen sahen, eine Angabe, welche immerhin zitiert wird. Ferner werden gelegentlich, bei Besprechung der quantitativen Asymmetrie unserer Körperhälften die Plattfische, ja selbst die Akranier in den Kreis der Betrachtungen gezogen, obgleich die Symmetriestörungen dieser der paarigen Gliedmaßen entbehrenden Wesen andersartig sind und vielleicht ganz abseits vom großen Entwicklungspfade der Wirbeltiere stehen. (Ich erinnere hier, für das Gen. *Amphioxus* an die seitliche Lage des Neuroporus — der Riechgrube — und des Afters, an die Verschiebung der rechts- und linksseitigen Muskelsegmente und Nervenwurzeln, an die linksseitige Lage der larvalen Mundspalte, welche in andern Genera auch die geschlechtsreifen Tiere beibehalten, ferner daran, dass bei den *Amphioxides* Gonaden sich nur an der rechten Seite entwickeln.) Wem es beliebt sollte, mit wenig Aussicht auf positiven Erfolg die Untersuchungen über Asymmetrie der Körperhälften und Extremitäten auf Lurche und Fische auszudehnen, dem seien, selbstredend, möglichst große Repräsentanten empfohlen, wie der Riesensalamander, wie die Haie.

Tierverstand und Abstammungslehre.

Von Dr. V. Franz, Leipzig-Marienhöhe.

Das Problem des „Klugen Hans“ und der Elberfelder „denken und rechnenden“ Pferde ist schon viel diskutiert worden, und bald wird man allgemein zu der Ansicht kommen, dass der Worte genug gewechselt sind und man lieber „Taten“, also neue Beobachtungen sehen möchte. Wenn ich trotzdem mich noch mit einer Meinungsäußerung hervorwage, obschon wie zahlreichen anderen so auch mir nur ein kurzer, zu irgendwelchen entscheidenden Beobachtungen nicht hinreichender Besuch bei den gelehrigen Tieren vergönnt war, so geschieht es, weil ich einige noch nicht geäußerte Argumente zu der Diskussion beibringen möchte, Argumente, welche sich an meine im „Biolog. Centralblatt“ (1911) sowie an anderen Stellen gegebenen Darlegungen über das „Höhere“ und das „Niedere“ im Organismenreiche, über die vermeintlichen Abstufungen in der „Tierreihe“ anschließen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Brandt Alexander

Artikel/Article: [Arbeitshypothese u̇ber Rechts- und Linkshandigkeit. 361-379](#)