

Altes und Neues über die Plastizität des Nervensystems.

Von

Bethe-Frankfurt a. M.

Unter Plastizität versteht man zwar eine mechanische Eigenschaft gewisser Körper, die Eigenschaft sehr unvollkommener Elastizität, die diese Körper befähigt, nach einer deformierenden Einwirkung von außen die neue Gestalt beizubehalten. Man hat aber diesen Begriff schon mehrfach auf funktionelle Vorgänge in der Biologie übertragen und spricht überall *da* von Plastizität¹⁾, wo sich ein Organismus, meistens durch Vermittlung seines Zentralnervensystems, relativ schnell veränderten äußeren Bedingungen anpaßt. Zu den plastischen Erscheinungen im weiteren Sinne kann man daher beim Menschen und — wenn man will — auch beim höheren Tier, *die* Anpassung hinzurechnen, die man auf Lernprozesse, also auf Bewußtseinsvorgänge zurückzuführen pflegt. Es gibt aber auch beim Menschen und höheren Tier Vorgänge dieser Art, bei denen man sich ein Eingreifen nützlicher Vorstellungen nicht gut wirksam denken kann (z. B. richtige Lokalisation der Empfindung und richtiger Gebrauch der Muskeln nach Vertauschung von Nerven, Wiederkehr der zweckmäßigen Bewegungen nach Sehnervenpflanzung usw. Am eindruckvollsten waren in dieser Beziehung die Versuche von *Marina*, welcher sowohl den M. rectus internus wie auch den M. abducens beim Affen durch andere Augenmuskeln ersetzte und danach wieder normale Bewegungen der Augen auftreten sah). Hier wird man von Plastizität im *engeren* Sinne sprechen dürfen. Auch bei diesen Anpassungen der Zentren an gänzlich veränderte Bedingungen spielt, wie in einigen Fällen nachweisbar ist, das Großhirn eine Rolle, aber doch in ganz anderer Weise als bei solchen, die wir auf bewußte Lernvorgänge zurückzuführen geneigt sind.

Je niedriger ein Tier steht, je weniger es im gewöhnlichen Leben Zeichen von Lernfähigkeit zeigt, desto weniger wird man sich dazu entschließen, unter gegebenen Bedingungen auftretende Anpassungen an außergewöhnliche Verhältnisse auf Bewußtseinsprozesse zurückzuführen.

¹⁾ Der Vergleich mit den plastischen Eigenschaften, etwa des Modelliertons, ist nur in einem Teil der Fälle vollständig durchzuführen; in anderen Fällen ist er ziemlich äußerer Natur.

Man wird vielmehr für wahrscheinlich halten, daß hier besondere, aber zur Zeit noch ebenso unklare Grundlagen in der Organisation des Zentralnervensystems vorliegen. Einige solche eigenartige Anpassungsvorgänge niederer Tiere, die der Vortragende z. T. gemeinsam mit Herrn Dr. *Woitas* genauer untersucht hat, werden besprochen. Es handelt sich dabei fast ausschließlich um Erscheinungen, welche bei Gliederfüßlern nach Amputation einer oder mehrerer Gliedmaßen auftreten und die darin bestehen, daß immer wieder eine geordnete Fortbewegung in der Richtung der Körperachse zustande kommt.

Versuche dieser Art sind sehr häufig auch von Laien, aber ohne weitere Analyse der Erscheinungen, gemacht worden. In systematischer Weise machte sie der Vortragende schon Ende des vorigen Jahrhunderts am Taschenkrebs (*Carcinus maenas*), ohne darüber Genaueres zu publizieren. Inzwischen sind ähnliche Versuche durch *v. Uexküll* und durch *v. Buddenbrock* ausgeführt worden. Unsere neuen Versuche beziehen sich im wesentlichen auf Schwimmkäfer, Mistkäfer und Spinnen: z. B. der Gelbrand (*Dytiscus*) schwimmt normalerweise fast ausschließlich mit den beiden, synchron bewegten Hinterbeinen. Wird das eine amputiert, so nimmt er *sofort* das Mittelbein der gleichen Seite zu Hilfe. — Der Mistkäfer (*Geotrupes*) geht nach Fortnahme der Mittelbeine zunächst mit den Vorder- und Hinterbeinen in sehr unbeholfener Weise Paßgang. Er stellt sich aber bald so um, daß jedes Hinterbein mit dem gekreuzten Vorderbein gleichzeitig arbeitet, so daß jetzt die Bewegungsart resultiert, welche das Pferd beim Traben zeigt. Andere Beispiele werden später mitgeteilt werden.

Manche Gliedmaßen übernehmen in der veränderten Korrelation der Gesamtbewegungen eine Aufgabe, die ihnen unter normalen Verhältnissen niemals zugekommen wäre; ja es können Teile zur Lokomotion herangezogen werden, welche ihr sonst nie dienen.

Außerordentlich groß ist die Zahl der Ersatzerscheinungen bei Tieren mit 8 Beinen (Taschenkrebs und Weberknecht). Sie treten meist sofort auf. Die Zahl der schon genauer untersuchten Kombinationen betrug etwa je 12. Es sind aber sehr viel mehr Amputationskombinationen möglich und es ist zu erwarten, daß jeder derselben eine besondere Anpassungsform entspricht. Werden beim Weberknecht alle Gehbeine fortgenommen, so benutzen diese Spinnen die *Kieferfühler* zum Gehen, Gliedmaßen, die sonst mit dem Boden beim Gehen nie in Berührung kommen.

Wie sich nach der operativen Ausschaltung des Gehirns bei Wasserkäfern zeigte, sind die bei ihnen auftretenden Ersatzerscheinungen nicht an die Integrität dieses Teils des Zentralnervensystems gebunden, den man häufig mit dem Großhirn + Mittelhirn der Wirbeltiere verglichen hat¹⁾. Andeutungen der Anpassung nach Verlust von Gliedmaßen zeigen sich sogar noch nach Entfernung des Unterschlundganglion, das funktionell etwa der Medulla oblongata entspricht. Die

¹⁾ Auch der großhirnlose Hund von *Goltz* konnte noch auf 3 Beinen laufen, was eine ganz andere Kombination erfordert als der Gang auf 4 Beinen. Da dies wahrscheinlich auf beliebigen 3 Beinen möglich war, so lagen hier bereits 4 verschiedene Anpassungsmöglichkeiten vor.

Plastizität ist also schon den tiefsten Zentren, dem Bauchmark (vergleichbar dem Rückenmark) eigen.

Nun könnte man meinen, daß in der Organisation des Zentralnervensystems der Gliederfüßler bereits mit dem gelegentlichen Verlust eines oder mehrerer Beine gerechnet sei und daß die notwendigen Anpassungsmechanismen schon von vornherein anatomisch durch besondere Bahnen vorgebildet seien. Es kann aber nicht als wahrscheinlich gelten, daß die vielen Kombinationsmöglichkeiten, die das Experiment aufweist, schon alle anatomisch vorgesehen sind. Man wird vielmehr versuchen müssen, an die Stelle der anatomischen Erklärung eine funktionelle zu setzen: man wird annehmen, daß die jedem Einzelindividuum auf den Lebensweg mitgegebenen Zentren und Verbindungswege nur so lange in der ihnen ursprünglich zukommenden Weise funktionieren, als die normalen, äußeren Verhältnisse unverändert andauern¹⁾. Daß ihre unter veränderten Verhältnissen neu übernommene Funktion meist wieder den Charakter der Zweckmäßigkeit trägt, deutet auf eine Zielstrebigkeit hin, für welche eine der naturwissenschaftlichen Denkungsart sympathische Erklärung zunächst noch unauffindbar erscheint.

Man könnte natürlich daran denken, den niederen Zentren „seelische Eigenschaften“ zuzuschreiben, wie dies seinerzeit *Pflüger* in seinem Postulat der „Rückenmarksseele des Frosches“ getan hat. Man müßte dann annehmen, daß diese Zentren eine Vorstellung von der Unzweckmäßigkeit der Beibehaltung des bisherigen Koordinationsmechanismus hätten, und denselben daher nach jeder Amputation in zweckmäßiger Weise abänderten. Bei Tieren, die schon mit intaktem Zentralnervensystem in anderen Beziehungen eine so außerordentlich geringe Lernfähigkeit zeigen, ist dies in allerhöchstem Grade unwahrscheinlich. Es würde mit einer solchen Annahme auch keine befriedigende Erklärung gewonnen, da ja das Bewußtsein an sich eine vollkommen unerklärte Erscheinung ist. Sehr viel wahrscheinlicher erscheint es, die Erklärung der vielen plastischen Erscheinungen, die auf den verschiedensten Gebieten zur Beobachtung kommen, in elementaren Eigenschaften der Organisation des Nervensystems zu suchen. Besonders die Arbeiten von *Uexkülls* haben gezeigt, daß die Erregungen in den vorhandenen Nervenbahnen nicht immer ein und denselben Weg laufen, sondern je nach den Verhältnissen bald diesen bald jenen Weg einschlagen. Verminderung der rezeptorischen und motorischen Masse, wie sie z. B. bei jeder Amputation eintritt, können wohl instande sein, die vom Zentralorgan ausgehenden Impulse in andere Wege zu leiten, wobei die benachbarten Gliedmaßen in bevorzugtem Maße getroffen werden könnten. — Es soll hiermit nur angedeutet werden, in welcher Richtung vielleicht weitere Aufklärungsversuche sich zu bewegen hätten. Versuche dieser Art sind bereits in Angriff genommen.

¹⁾ Es soll hiermit keineswegs behauptet werden, daß alle Zentren und Bahnen andre Funktionen als die ihnen ursprünglich zukommenden unter veränderten Verhältnissen übernehmen können. Besonders von den periphersten Bahnen und Zentren — aber auch von manchen zentraleren — wird man nach wie vor annehmen dürfen, daß ihre Funktion kaum eine Änderung zuläßt.