©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Der Hirnmechanismus
der
menschlichen Bewegungen.

Von

Dr. Otto Marburg,
Privatdozent.

Vortrag, gehalten den 19. Januar 1910.

(Mit Demonstrationen am Projektionsmikroskop.)

Mit 7 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Eine der elementarsten Äußerungen des Lebens, vielleicht dessen elementarste ist die Bewegung. Als solche hat man beim Menschen ganz allgemein eine Lageveränderung der Körperteile gegeneinander zu verstehen, zumeist bedingt durch Muskelkontraktionen. So elementar nun aber auch diese Lebensäußerung ist, so fehlt ihr doch eine der wichtigsten Eigenschaften, die Spontaneität, die Ursprünglichkeit. Es kann eine Bewegung nicht aus sich heraus entstehen, sie bedarf zu ihrer Entstehung immer eines äußeren Anreizes. In dieser Beziehung ähneln sich beseelte und unbeseelte Natur. So werden die Blätter eines Baumes durch den Windhauch bewegt, die zarteste Berührung wird bei der Mimose einen Schluß der Blüte hervorbringen. Ein gleiches gilt bei der Berührung für die sogenannten fleischfressenden Pflanzen. Auch die Sonne, die strahlende Wärme ist imstande, Blüten zu öffnen, die sich unter dem Wegfall des Sonnenlichtes wieder schließen. Man sieht also auch in der unbeseelten Natur eine Menge der verschiedenartigsten Reize tätig, um Bewegungen hervorzubringen: mechanische, chemische, thermische. Dieselben Reize machen sich auch geltend bei den Bewegungen, welche

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch Muskelaktion zustande kommen und die sich in der beseelten Natur finden. Freilich sind das zumeist Bewegungen, bei welchen die Seele selbst keine Rolle spielt, die ohne jede Intervention unseres Bewußtseins zustande kommen. Man nennt solche Bewegungen, die lediglich auf einen äußeren Reiz hin ohne Intervention des Bewußtseins erfolgen, Reflexe.

Einige Beispiele mögen die Reflexmechanismen beim Menschen illustrieren. Wenn ein Fremdkörper in die Nase kommt, so wird er durch eine kräftige Muskelaktion hinausbefördert, das Niesen. Ein gleiches gilt für jene Fremdkörper, welche die Schleimhaut des Kehlkopfeinganges reizen. Sie befördert ein kräftiger Hustenstoß, der ohne jede Intervention des Bewußtseins eintritt, nach außen. Wenn das Blut an Sauerstoff verarmt, so wird dieser Mangel durch eine äußerst tiefe Inspiration zu beheben versucht, das Gähnen, ein Reflex, der durch einen chemischen Reiz bedingt ist. Die Lichtstrahlen äußern ihre Reflexvermittlung hauptsächlich am Auge. Je intensiver das Licht, desto enger wird die Pupille und umgekehrt, je lichtschwächer unsere Umgebung, desto weiter wird dieselbe. Und es ist unmöglich, daß dabei bewußte Vorgänge mitspielen, da wir absolut von diesen Dingen keine Selbstwahrnehmungen besitzen. Es existieren aber eine Reihe von Reflexen, die weniger sinnfällig sind als die genannten und deren Auslösung sich der Arzt bedient, um gewisse Defektzustände zu erkennen. Es sind dies die sogenannten Haut- und Sehnenreflexe. Wenn man ein Bein über das andere legt und

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ohne es anzuspannen die Sehne unter der Kniescheibe beklopft, so wird das Bein vorwärts geschleudert. Dies der Kniesehnenreflex. Es kann nun vorkommen, daß trotz völliger Gesundheit dieser Reflex ausbleibt. Forscht man nach der Ursache dieses Verhaltens, so wird man bemerken, daß die auf die Auslösung gerichtete Aufmerksamkeit des Untersuchten den Reflex gehemmt hat. Wir sehen darin eine wichtige Eigentümlichkeit der Reflexe, die Möglichkeit ihrer Unterdrückung oder, wie man sich ausdrückt, ihrer Hemmung. Wir sind imstande, die Reflexe willkürlich zu hemmen, indem wir unser Bewußtsein, unsere Aufmerksamkeit auf sie lenken und durch die Anspannung, welche die Muskulatur dadurch erfährt, das Zustandekommen der unwillkürlichen Bewegung verhindern. Wenn man den Versuch, der eben geschildert wurde, wiederholt anstellt, und zwar mit verschieden starken Schlägen, so wird man merken, daß dem stärkeren Schlag der stärkere Reflex entspricht, d. h. die Intensität des Reflexes geht parallel der Intensität des auslösenden Reizes. Auch kann man leicht eine Ermüdbarkeit des Reflexes konstatieren.

Es ist nicht leicht, sich eine Vorstellung zu machen, welche Bedeutung den Reflexen zukommt, insbesondere dann nicht, wenn man lediglich die Haut- uud Sehnenreflexe ins Auge faßt. Wenn man etwas weiter geht und die eingangs geschilderten Reflexformen mit einbezieht, so ergibt sich, daß wir in den Reflexen Vorrichtungen zum Schutze des Individuums besitzen. Am einfachsten erkennen wir das an den Lichtreflexen der Pupille. Die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Pupille ist die Öffnung der Blende, welche die Lichtstrahlen von der lichtempfindenden Schicht des Auges abhält. Fällt nun viel Licht ins Auge, so könnte dieses eventuell die lichtempfindende Schicht schädigen; die Pupille wird eng und verhindert damit den Einfall zu starker Lichtstrahlen. So wird man auch das Nachvorneschleudern des Beines beim Kniesehnenreflex als eine Art Abwehrbewegung aufzufassen die Berechtigung haben, im Sinne einer Schutzmaßregel für unseren Organismus.

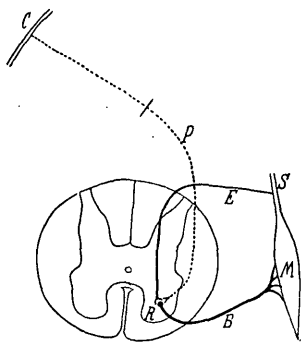

Fig. 1.
Schema des Reflexbogens.

S Sehne; *E* Empfindungsfaser; *R* Reflexzentrum; *B* Bewegungsfaser; *M* Muskel; *C* Hirnrinde; *P* Pyramidenbahn (Weg, den die Rindenfasern nehmen, um den Reflex zu beeinflußen — Hemmungsfasern).

In dieser Beziehung gleichbedeutend mit den Reflexen sind eine Gruppe von Bewegungen, die man wohl auch als Reflexe auffassen kann, freilich solche, die durch interkurrierende Reize modifiziert werden, trotzdem sie ein wenig komplizierter sind als einfache Reflexe. Ich meine die Instinktbewegungen. Wenn ein Hühnchen die Eischale zerbricht und ausschlüpft und man streut ihm Hirsekörner auf, so wird es diese picken, ohne daß es je zuvor etwas derartiges gesehen hätte. Legt man Papierschnitzel dazwischen, so wird es diesen bald ausweichen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und nur die Hirse picken. Wenn man ein neugeborenes Kind an die Brust legt, so wird es saugen, ohne daß man annehmen kann, daß trotz der Kompliziertheit dieser Bewegung irgend ein Bewußtseinsvorgang dabei im Spiele ist. Diese Handlungen, die man noch durch viele Beispiele vermehren könnte, sind entweder aus einfachen Reflexen hervorgegangen oder aus Willenshandlungen. Sie haben sich, wie man sich auszudrücken pflegt, automatisiert. Ihre Zweckmäßigkeit hat bewirkt, daß sie allen anderen Bewegungsgruppen überlegen wurden und daß sie sich, nachdem sie einmal von einem Individuum erworben waren, auf die anderen Individuen der gleichen Art fortpflanzen (Ziehen). Man kann die Instinkte als Gedächtnis der Art bezeichnen, Handlungen, welchen die Aufgabe zuteil wird, für die Erhaltung der Art zu sorgen.

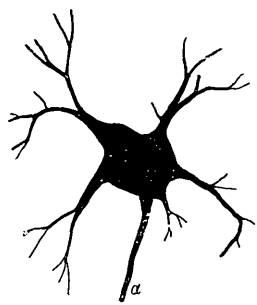

Fig. 2. Bewegungszelle des Rückenmarks.
a Nervenfortsatz.

Fragt man sich nun, wie der Mechanismus dieser ohne Intervention des Bewußtseins sich abspielenden Bewegung ist, wo wir die Zentren für die Reflexbewegungen zu suchen haben, so lautet die Antwort: im Rückenmark (Fig. 1). In dieses bringen die Empfindungsnerven (hintere Wurzeln) die äußeren Reize und übertragen sie auf die Nervenzellen, welche als Bewegungszellen in den Vorderhörnern des Rückenmarks liegen (Fig. 2) und von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

denen aus die Impulse auf die Muskeln weitergeleitet werden. Diese Weiterleitung besorgen die aus den genannten Zellen entspringenden Bewegungsfasern, die als vordere Wurzeln das Rückenmark verlassen. Man nennt diesen Bogen, der sich zusammensetzt aus sensibler Faser, Reflexzentrum und von diesem ausgehender Bewegungsfaser, den einfachen Reflexbogen. Seine Bedeutung für den Arzt wird man aus einigen Beispielen am leichtesten ermessen. Haben wir einen Defekt in dem zuleitenden Schenkel, der Empfindungsfaser, so wird natürlich der Reiz nicht zum Zentrum gelangen können und der Reflex ausfallen. Das gleiche wird eintreten, wenn das Zentrum selbst, respektive der ableitende Schenkel irgendeine Läsion erfahren hat. Nun wird aber der zuleitende Schenkel, wenn er lädiert ist, von einer Empfindungsstörung begleitet sein, das Zentrum und der ableitende Schenkel dagegen von einer Bewegungsstörung. Wir werden also bei Berücksichtigung dieser Umstände in der Lage sein, im Rückenmarke entsprechend zu lokalisieren, und das eine Mal eine Affektion der Empfindungsbahnen, wie sie die allgemein bekannte Tabes bietet, erkennen, das andere Mal eine Affektion der Bewegungsbahnen oder -zentren, wie sie unter anderem auch die in jüngster Zeit so viel genannte Kinderlähmung (Poliomyelitis) aufweist, diagnostizieren.

Genau wie das Rückenmark werden sich natürlich auch jene Teile des Nervensystems verhalten, welche dem Rückenmark bezüglich der Reflexe analog gebaut

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sind, das ist das verlängerte Mark, ferner das Gebiet der Brücke und Teile des Mittelhirns.

Eine zweite Gruppe von Bewegungen steht gleichsam in der Mitte zwischen den Reflexen und den Willkürbewegungen. Man nennt sie Prinzipalbewegungen nach dem Vorschlage Munks, und zwar deshalb, weil sie im Leben der Organismen eine führende Rolle spielen. Es sind diese Bewegungen vorzugsweise auf die Extremitäten beschränkt und man kann sie aus dem Grunde, weil sie selten isoliert vorkommen, auch als Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten bezeichnen. Das sind Bewegungen, welche an den gegenseitigen Extremitäten zusammen in Verbindung oder in der Reihe mit Bewegungen anderer Körperteile erfolgen (Munk). Solche Bewegungen sind: das Gehen, das Laufen, das Springen, Klettern. Es kann keinen größeren Unterschied geben als der Vergleich dieser Bewegungen bei Mensch und Tier. Der neugeborene Hund kann sofort seine Extremitäten zur Fortbewegung benützen. Der Mensch dagegen muß das Gehen mühselig erlernen. Wenn er aber das Gehen erst einmal erlernt hat, dann ist er auch imstande, es ohne Intervention des Bewußtseins rein automatisch zu üben. Wir werden also eine große Differenz diesbezüglich zwischen Mensch und Tier konstatieren müssen. Beim ersteren wird die Prinzipalbewegung zu einer willkürlichen, immer erst psychisch intendierten, die später aber auch automatisch ablaufen kann. Beim Tier ist die Prinzipalbewegung von vorneherein ein mehr automatischer Akt. Aus dem Grunde nun, weil die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

genannten Bewegungen den willkürlichen beim Menschen fast in allen Beziehungen gleichen, sollen zunächst diese ein wenig näher ins Auge gefaßt werden.

Als Willkürbewegungen bezeichnen wir alle jene feinen, individualisierten Sonderbewegungen, welche unter Intervention unseres Bewußtseins zustande kommen. Dahin gehören vornehmlich die feinen Bewegungen unserer Finger, die Handfertigkeiten, zu deren Zustandekommen eine überaus lange Übungszeit erforderlich ist. Schon eine oberflächliche Betrachtung zeigt uns einen ziemlich beträchtlichen Unterschied zwischen den Prinzipalbewegungen einerseits und den fein individualisierten Sonderbewegungen andererseits. Während bei ersteren die oberen Enden der Gliedmaßen die Hauptrolle spielen, ist bei den letzteren das unterste Ende der Extremität das Maßgebendste. In bezug auf ihre Lokalisation jedoch sind sie beim Menschen wenigstens gleich. Ihr Zentrum befindet sich in der Hirnrinde im vordersten Anteil derselben, im Stirnlappen. Es gelten nun für die Vertretung von Bewegungen in der Hirnrinde eine ganze Reihe allgemeiner Gesetze. Zunächst der Satz, daß, je mehr eine Bewegung unserer Willkür unterworfen ist, desto mehr ihre Vertretung beiderseits erfolgt. So finden wir, daß die Fingerbewegungen nur einseitige Vertretung besitzen, die Stirnmuskeln dagegen doppelseitige. Wenn deshalb eine Seite geschädigt wird, so werden die Fingerbewegungen komplett ausfallen, die Stirne wird jedoch nahezu gleich gut gerunzelt werden können, da ja dem Stirnmuskel eine doppelseitige Vertretung zukommt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Man kann letzteren Umstand auch so formulieren, daß bilateral symmetrisch wirkende Muskeln bilateral symmetrisch vertreten sind. Und noch eines Umstandes ist hier wesentlich zu gedenken: Die Willkürbewegungen der linken Seite sind in der rechten Großhirnhälfte lokalisiert, die Willkürbewegungen der rechten Seite in der linken Großhirnhälfte, wir haben also eine gekreuzte Innervation der Bewegungen. Es ist bis heute nicht ganz einwandfrei erwiesen, woher diese Kreuzung kommt, doch hat Ramon y Cajal eine geistreiche Hypothese dafür aufgestellt: Eine Kreuzung von Bewegungsfasern setzt voraus, daß auch die Empfindungsfasern gekreuzt sind. Die Ursache der Kreuzung der Empfindungsfasern aber sieht Cajal in dem eigenartigen Verhalten des Sehnerven, der infolge der Umwandlung des Auges in eine Camera obscura, durch welche in der Netzhaut eine Umkehrung des Bildes erfolgt, und weiters infolge der Plan-Parallelstellung beider Augen partiell kreuzen muß. Es muß deshalb eine Rückkreuzung eintreten, „damit die rückgekreuzten Systeme die willkürliche motorische Reaktion hauptsächlich nach der Seite befördern, von wo die Erregung kam“ (Cajal). Es ist selbstverständlich, daß diese Hypothese nicht unwidersprochen blieb, aber sie hat trotz alledem sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich.

Und noch ein Umstand ist für die Lokalisation der Bewegungen von großer Bedeutung, das ist die Tatsache der Überlegenheit der rechten über die linke Körperhälfte. Es spricht sich diese Überlegenheit selbstverständlich auch im Gehirn aus, indem die linke Hirnhemisphäre zum

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zentrum für die wichtigsten geistigen Leistungen geworden ist. Dieses Überwiegen der rechten Hemisphäre, so vorteilhaft es auch für die Ökonomie der Bewegungen erscheint, hat den einen Nachteil, daß bei Läsionen in der linken Hemisphäre eigentlich alle feineren Bewegungen mit einem Schlage ausgeschaltet werden, da der Rechtshänder seine linke Hand kaum wird gebrauchen können. Es empfiehlt sich deshalb, die Rechtshändigkeit nicht zu forcieren und womöglich auch die linke Hand zu den verschiedenartigsten Bewegungen heranzuziehen (Ambidexterität).

Die feinen individualisierten Sonderbewegungen oder Willkürbewegungen sind in der Hirnrinde selbst lokalisiert. Es steht ihnen dort ein Areal zur Verfügung, das nicht sonderlich groß ist, eigentlich nur die vordere Zentralwindung bis in die Tiefe der Zentralfurche umfaßt nebst den angrenzenden Teilen der benachbarten Stirnwindungen (Fig. 3). Man darf sich nicht vorstellen, daß die Lokalisation eine solche ist, daß jede einzelne Muskelbewegung ein entsprechendes Zentrum besitzt, sondern es sind Bewegungskombinationen lokalisiert. Dabei ist diese Lokalisation eine gliedweise. Die untersten Partien enthalten die Zentren für die Bewegungsnerven des Kopfes (Kaumuskeln, Zungenfleischnerven, mimischer Gesichtsnerv). Es folgen dann die Zentren für die Fingerbewegungen und die Bewegungen der Hand. Alles das im unteren Drittel der vorderen Zentralwindung. Das mittlere Drittel wird von Vorderarm, Oberarm und Schulter eingenommen, während das oberste Drittel dem Oberschenkel und dem Unterschenkel entspricht. Der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fuß ist bereits nicht mehr an der Außenseite der Hemisphäre, sondern an deren Innenseite lokalisiert.

Sehr merkwürdig ist das Verhalten der Zentren für die Augenbewegung, zugleich ein Beispiel, wie in der Hirnrinde vorwiegend Bewegungskombinationen lokalisiert sind. Wir bewegen beim Blicken beide Augen

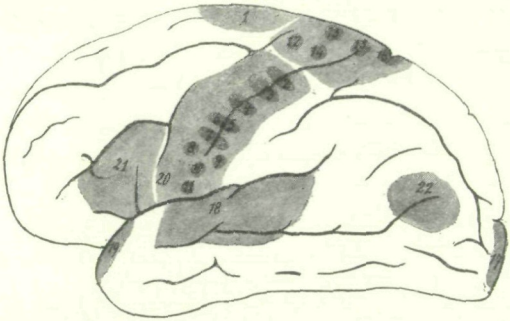

Fig. 3. Schema der Lokalisationen in der Hirnrinde.

(Nach Obersteiner.)

1 Rumpf; 2 Schultern; 3 Ellbogen; 4 Handgelenk; 5 die drei äußeren Finger; 6 Zeigefinger; 7 Daumen; 8 und 9 Gesichtsnerv; 10 Mund; 11 Zunge; 12 Hüftgelenk; 13 Kinn; 14 Sprunggelenk; 15 große Zehe; 16 kleine Zehen; 20 Kehlkopf; 21 Sprache; 17 Sehen; 18 Hören.

gleichzeitig. Wir bewegen beim Blick nach rechts und links aber gewöhnlich nicht nur die Augen, sondern auch den Kopf nach dieser Richtung. Wir haben also ein Zentrum an der Basis der zweiten Stirnwindung für die konjugierte Bewegung des Kopfes und der Augen nach rechts, resp. links. Die Muskulatur des Stammes, insbesonders die Rückenmuskeln, sind in der obersten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der Stirnwindungen hart neben der Zentralwindung lokalisiert. Da wir aber die Rückenmuskeln meist beiderseits gleichzeitig innervieren, so kommt für sie das Gesetz der bilateralen Vertretung in Anwendung. Wir werden deshalb bei einseitiger Läsion des Zentrums keine wesentlichen Ausfallserscheinungen bekommen, während bei beiderseitiger Läsion eine komplette Störung die Folge sein wird, die sich in dem Unvermögen, die Wirbelsäule zu equilibrieren, deutlich zum Ausdruck bringt.

Die Kenntnis dieser Lokalisationen verdankt man in allererster Linie wohl dem Tierexperiment und es ist ein großes Verdienst der deutschen Forscher, dies zuerst erkannt zu haben. So waren Fritsch und Hitzig die ersten, welche durch elektrische Reizung der Hirnrinde beim Tier isolierte Bewegungen hervorzurufen imstande waren, während Munk durch Ausschneidung kleiner Rindenpartien Ausfallserscheinungen einzelner Bewegungsgruppen erzielte. Leider hat die Natur wiederholt durch Blutungen, Erweichungen oder Geschwülste derartige Experimente auch beim Menschen gemacht, die uns in den Stand setzen, das am Tier Gefundene zu kontrollieren. Die erfolgreichen Bestrebungen der modernen Chirurgie, die sich bemüht, Geschwülste und Narben der Gehirnrinde zu entfernen, geben uns die Möglichkeit an die Hand, auch mit Hilfe der elektrischen Reizung die Lokalisation genauer zu fixieren. Aber wir haben noch andere Hilfsmittel, um derartige Feststellungen vorzunehmen. Jedes funktionell verschiedene Rindengebiet zeigt eine andere Zellarchitektonik und es ist unter anderen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Brodmann gelungen, 52 solcher differenter Rindengebiete abzuscheiden. Das Bewegungsgebiet der Rinde nun ist strukturell besonders differenziert. Es treten in ihm Nervenzellen auf, die sich von den übrigen Zellen der Hirnrinde deutlich unterscheiden. Die Mehrzahl der Rindenzellen sind durch ihre eigenartige Form auffallend und werden deshalb als Pyramidenzellen bezeichnet (Fig. 4). Die Bewegungszellen der Rinde sind nun die größten Exemplare der Pyramidenzellen, Riesenpyramiden, wie sie nach Betz genannt werden. Es ist weiters auffällig, daß diese Riesenpyramiden auch allen Tierklassen mit wohl ausgesprochenen Bewegungen zukommen, nur daß sie bei den niederen Tieren keine so reichliche Verästelung besitzen. Von diesen Riesenpyramiden gehen die Nervenfasern ab, welche die Impulse von der Hirnrinde ins Rückenmark bringen, um sie dort den Bewegungszellen in derselben Weise zu vermitteln, wie wir es von den Empfindungsfasern gesehen haben, welche die äußeren Reize an diese Zellen bringen. Die Bahn für diese Impulse wird gemeinhin Pyramidenbahn genannt (P, Fig. 5). Es ist einleuchtend, daß, wenn sie an irgend einem Punkte ihres Verlaufes eine Schädigung erfährt, die gleiche Lähmung eintreten muß, wie wir sie bei Läsionen des Zentrums in der Rinde selbst finden. Auch diese Lähmungen werden kontrala-

Fig. 4.
Pyramidenzelle der Hirnrinde.
n Nervenfortsatz.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

teral sein, da die Bahn erst knapp vor ihrem Eintritt ins Rückenmark die Seite kreuzt, um zu den Zellen der anderen Seite zu gelangen.

Ich sagte eben, daß bei Läsionen der Pyramidenbahn eine komplette Lähmung der gegenseitigen Körperhälfte eintreten wird, welche sowohl die Willkürbewegungen als auch die Prinzipalbewegungen und Gemeinschaftsbewegungen, d. i. Stehen, Laufen usw. betrifft und zwar beim Menschen. Anders beim Tier. Wenn man einem Hunde die Pyramidenbahn lädiert, so wird dieser Hund trotzdem gehen und laufen können. Wir müssen also annehmen, daß dem Hunde für die Prinzipalbewegungen noch eine andere Bahn zur Verfügung steht, welche der Mensch nicht mehr besitzt. Und in der Tat finden wir bei den Tieren, je niederer sie stehen, desto besser ausgesprochen ein unter der Hirnrinde gelegenes Zentrum, das beim Menschen nur mehr in Rudimenten vorhanden ist. Es ist eine Kernanhäufung im roten Kern des Mittelhirns

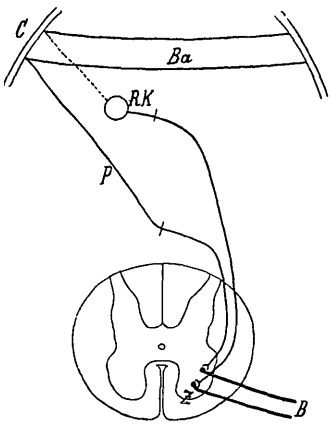

Fig. 5. Schema der Bewegungszentren und Bahnen.

C Hirnrinde; *Ba* Balken; *P* Pyramidenbahn; *RK* roter Kern; *Z* Bewegungszellen des Rückenmarkes; *B* Bewegungsfasern.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

(Fig. 5 *RK*) von der aus Fasern bis ins Rückenmark hinunterziehen und gleich den Pyramidenfasern an den Vorderhornzellen enden (Fig. 5 *Z*). Wird dem Hunde neben der Pyramidenbahn auch dieses nach seinem ersten Beschreiber Monakowsches Bündel genannte System genommen, dann fallen beim Hunde die Prinzipalbewegungen weg. In diesem Sinne also sind die niederen Tiere dem Menschen anscheinend überlegen, weil ihnen zwei Zentren dort zur Verfügung stehen, wo der Mensch nur eines besitzt. Denn beim Menschen gewinnen sämtliche Bewegungen, die Reflexe natürlich ausgeschlossen, Anschluß an die Hirnrinde.

Aus diesen isolierten Sonderbewegungen oder besser gesagt, Bewegungskombinationen resultieren nun die Handlungen. Als solche mag man eine zweckgemäße Bewegung der Glieder auffassen, die auf einen oder mehrere Reize hin erfolgt und die in ihrem Ablauf durch interkurrierende Reize oder Vorstellungen modifiziert werden kann, bei der ferner ein psychischer Parallelvorgang vorhanden ist (Ziehen, Liepmann). Zweckgemäß ist hier zum Unterschiede von zweckmäßig gebraucht, denn eine Handlung kann ohne zweckmäßig zu sein den selbstgesetzten Zweck erfüllen. Zur Handlung gehört in allererster Linie eine Ausgangsvorstellung, die uns zum Bewußtsein kommt. Es gehört ferner dazu eine Zielvorstellung, die gleichfalls in unserem Bewußtsein existieren muß, sowie eine assoziative Verknüpfung dieser beiden, was wir als Denken oder Überlegen bezeichnen. Und erst von der Zielvorstellung aus ergeht der Impuls auf

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

den psychomotorischen Schenkel, der jene Bewegungen auslöst, deren Kombination die Handlung bewerkstelligt (Fig. 6). Wenn ich eine Blume sehe und mir ihre Vorstellung mit einem angenehmen Gefühl zum Bewußtsein kommt, so weckt sie in mir den Wunsch, sie zu besitzen. Das Spiel meiner Gedanken ergibt die Zielvorstellung, daß die Blume in meinem Knopfloch sich befindet. Von dieser Zielvorstellung aus gehen eine Reihe von Impulsen zu verschiedenen Bewegungen des Körpers: Bücken, die Blume erfassen, sie abreißen, ins Knopfloch stecken. Diese letzten Bewegungskombinationen sind die Handlung. Es ist nun von großem Interesse zu sehen, daß auch isolierte Störungen des menschlichen Handelns vorkommen können trotz erhaltener vollkommener Beweglichkeit. Das ist nicht etwa so zu verstehen, daß jemand eine ihm aufgetragene Handlung nicht ausführen kann, weil er die Gegenstände nicht wahrnimmt und ihre Bedeutung nicht erkennt, sondern das ist so zu verstehen, daß jemand trotz vollkommenen Verstehens der Situation, trotzdem er sich im Besitze der Beweglichkeit befindet, eine ihm aufgetragene Handlung nicht ausführen kann, weil eine Unterbrechung zwischen Zielvorstellung und Bewegungszentrum eingetreten ist,

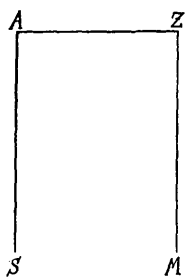

Fig. 6.
Schema des psychischen Vorganges einer Handlung.
S Wahrnehmungszentrum äußerer Reize; *A* Ausgangsvorstellung; *Z* Zielvorstellung; *M* Zentrum der Bewegungen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die Impulse von ersterem letzteres nicht erreichen können. Diese Störung, um deren Ergründung sich Liepmann und Pick große Verdienste erworben haben, nennt man Apraxie. Ihre Lokalisation ist, da sie ja als Seelenstörung zu gelten hat und die höchsten seelischen Funktionen von der linken Hemisphäre besorgt werden, im linken Stirnhirn, aber so, daß gleichzeitig die Verbindung, die zwischen linkem und rechtem Stirnhirn besteht, unterbrochen ist. Diese Verbindung, die im Bewegungsmechanismus überhaupt eine große Rolle zu spielen scheint, wird durch den Balken des Gehirns vermittelt (Fig. 5 *Ba*). Ähnlich wie bei den Sprachstörungen scheinen auch hier große Herde notwendig zu sein, um einen vollständigen Defekt des Handelns hervorzubringen.

Während es sich bei den geschilderten Handlungen um Bewegungen mit einem psychischen Parallelvorgang handelt, gibt es psychische Äußerungen mit einem Parallelvorgang, der aus Bewegungen besteht. Es sind dies die Affekte und die sie begleitenden Bewegungen, die als Affektbewegungen bezeichnet werden. Das Lust- und Freudegefühl wird sich durch eine diesem parallel gehende mimische Bewegung nach außen hin bemerkbar machen, auch wenn keine sprachliche Äußerung vorliegt. Ein Gleiches gilt für Trauer und Schmerz, Bewegungen, die beim Lachen und Weinen am augenscheinlichsten werden. Aber auch andere Affekte sind von Bewegungen begleitet, die nicht lediglich das Gesicht betreffen. Man denke nur an die Affekte der Angst und des Erschreckens, die oft von Prokursivbewegungen oder

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von Retropulsionen begleitet sind. Die Plötzlichkeit, mit welcher diese Bewegungen dem auftretenden Affekt folgen, ihr Auftreten, ohne daß sie uns voll zu Bewußtsein kommen, die Möglichkeit, sie durch unseren Willen zu hemmen, sie zu unterdrücken, läßt ihre Natur erkennen. Sie stehen demgemäß den Reflexen nahe und werden als Psychoreflexe bezeichnet.

Es scheint, daß man auch dem Mechanismus dieser Bewegungen bald näherkommen wird. Da die Affekte wohl vorwiegend als Tätigkeit der Hirnrinde aufzufassen sind, oder besser gesagt, da ihr Substrat in der Hirnrinde liegt, so müssen die Impulse zu den Affektbewegungen von der Hirnrinde ausgehen. Da aber ein Affekt jede Sinneswahrnehmung begleiten kann, sei sie eine optische, akustische, gustatorische, so müssen diese Impulse von allen Teilen der Hirnrinde ausgehen. Nun haben die Forschungen der letzten Jahre gezeigt, daß wir solche Nervenbahnen haben, die von allen Teilen der Hirnrinde ausgehen und sich in einer Zellmasse vereinigen, welche man als Sehhügel bezeichnet. Es ist dies eine Zellmasse, die einen der ältesten Teile des Zentralnervensystems überhaupt darstellt und die genetisch auch mit dem Großhirn in engster Beziehung steht. Es ist seit Nothnagel bekannt, daß Läsionen in gewissen Teilen des Sehhügels zu einer mimischen Gesichtslähmung führen. Solche Kranke besitzen die Beweglichkeit ihrer Gesichtsmuskeln wohl bei willkürlicher Inanspruchnahme. Sie können die Mundwinkel verziehen, willkürlich die Stirne runzeln und zeigen dabei keine Spur einer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Lähmung. Im Affekt aber bleibt das Gesicht maskenartig starr.

Weniger bekannt sind die Zentren für die anderen Affektbewegungen, die nichtmimischen. Wir müssen nun wieder eine Stelle im Gehirn suchen, die mit allen Teilen der Hirnoberfläche in Verbindung steht und bei der sich, sei es nach krankhaften Veränderungen oder experimentell, Erscheinungen zeigen, die Affektbewegungen ähneln. Ein solches Zentrum ist der Schweifkern, der mit dem Sehhügel das Eine gemein hat, daß er 1. allen Tierklassen zukommt und daß er der Hirnrinde genetisch noch näher steht als der Sehhügel. Seine Schädigung bringt eine Erscheinung hervor, die darin besteht, daß eine einmal inaugurierte Vorwärtsbewegung zu einem unaufhaltsamen Vorwärtslaufen wird, das in einem Niederstürzen endet. Ob wir darin eine Fluchtbewegung zu erblicken haben, oder ob andere Vorgänge hier mitspielen, ist jedoch nicht sicher zu entscheiden. Die genannten Zentren sind selbstverständlich nicht Exekutivorgane der Bewegung, sondern sie sind nur Zwischenstationen, welche die Impulse von der Hirnrinde aus weitergeben, sei es auf die Nervenkerne des verlängerten Markes oder auf jene des Rückenmarkes. Grade bezüglich der Verbindungen des Sehhügels mit den tieferen Teilen ist man sich noch völlig im unklaren und es hat den Anschein, als ob auch diese Verbindung keine direkte ist, sondern eine durch weitere Zwischenstationen unterbrochene. Die Aufgabe, welche solchen Zwischenstationen zukommt, ist in erster Linie wohl die Sammlung von Impulsen, besonders nötig dort,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wo es sich um so ausgebreitete Gebiete wie die Hirnrinde handelt. Es kommt aber diesen Schaltstationen auch noch eine Modifikation der Bewegung zu, da ihnen ja Impulse nicht nur von einer Seite zufließen, sondern sie in der Mehrzahl der Fälle noch mit verschiedenen anderen Zentren in Verbindung stehen.

Zum Zustandekommen einer geordneten Bewegung aber, die ihr Ziel erreicht, ist nicht nur die Intaktheit jener Organe notwendig, welche die Impulse zur Bewegung geben, sondern es kommen noch eine Reihe von Mechanismen in Betracht, welche die Regulierung der Bewegungen zu besorgen haben. Wenn ein Kind, dem ein Gegenstand vorgehalten wird, in seinen ersten Lebenswochen darnach zu greifen sucht, so sieht man, wie es sich vergebens damit abmüht. Fast immer greift es daneben. Wenn ein Kind die ersten Gehversuche macht, so bemerkt man, daß die Beinchen bald zu viel, bald zu wenig gehoben werden, der Gang stampfend, ungleichmäßig, taumelnd und torkelnd ausfällt. Es gehört eben zum Zustandekommen einer geordneten Bewegung oder Bewegungskombination, daß die einzelnen Teile derselben in einem ganz bestimmten Verhältnis zu einander stehen, daß das Ausmaß der einzelnen Bewegungsabschnitte ein genau bestimmtes ist und die Zeiten, welche den einzelnen Abschnitten zugemessen sind, in einer bestimmten Relation stehen. Wir können diese Tatsachen am besten am Gang studieren. Beim Gehen fungiert das eine Bein als Stütze (Standbein), während das andere Bein die Fortbewegung veranlaßt (Schwungbein). Damit nun

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der Schritt ordnungsgemäß zustande kommt, muß das Schwungbein zunächst in der Hüfte gebeugt werden, dann um das Standbein herum nach vorwärts gebracht werden, um schließlich vorne auf den Boden gestellt zu werden. Wird nun das Bein in der Hüfte zu viel gebeugt, dann nach vorne gebracht, so wird es aus zu hoher Entfernung auf den Boden gestellt werden, der Gang wird stampfend. Kommt noch dazu, daß auch die Bewegung von rückwärts nach vorne um das Standbein herum zu groß ausfällt, dann wird der Gang schleudernd und unsicher. Wir nennen eine solche Störung des Zusammenspieles der Muskeln, eine Störung der Koordination der Muskeln, Ataxie.

Der Mechanismus, der diese Ataxie verhindert, ist ein ungemein einfacher. Wir bekommen von jeder unserer Bewegungen eine Empfindung, die wir Bewegungsempfindung nennen. Wenn ich einen Muskel kontrahiere, so wird die Bewegungsempfindung entsprechend der Stärke der Kontraktion ausfallen. Wenn ich nun nach einem Gegenstand greife, so werden mir verschiedene Empfindungen zum Bewußtsein kommen, die das richtige Maß der Bewegung vermitteln. Es wird eine Zeitlang dauern, bis man imstande ist, diese Maße richtig abzuschätzen, und deshalb findet man beim Kinde, wenn es Bewegungen erlernt, immer anfangs große Störungen, starke Ataxie. Es macht sich ja diese im Leben auch bei heranwachsenden Kindern sehr oft unangenehm fühlbar, wenn irgendeine neue Handfertigkeit erlernt wird. Es sei nur hingewiesen auf die Ataxie beim Lernen des

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Klavierspielens oder eines anderen Instrumentes, wo die Ataxie leider oft einen hörbaren Ausdruck findet. Wenn aber eine Bewegungskombination einmal erlernt ist, dann sinken die Bewegungsempfindungen unter die Schwelle des Bewußtseins und wir erfahren dann nichts mehr von ihrem regulierenden Einfluß.

Die Bedeutung der Prinzipalbewegung, insbesondere des Gehens bringt es mit sich, daß für diese ein besonders hervorragender Regulierungsmechanismus vorhanden ist. Demselben steht eine eigene Hirnpartie, das Kleinhirn, zur Verfügung und es ist bemerkenswert, daß gerade der diesbezügliche Teil des Kleinhirns, der Mittellappen oder Wurm, allen Tierklassen bis hinab zu den Fischen zukommt. Es ist einleuchtend, daß die Bewegungsempfindungen auf denselben Wegen das Rückenmark erreichen wie die anderen Empfindungsbahnen, durch die hinteren Wurzeln (Fig. 7 *E*). Dort teilen sie sich nun in zwei Teile: der eine Teil okkupiert die hinteren Rückenmarkspartien (Hinterstränge) und dient der Muskelempfindung, welche vorwiegend die Regulierung der Sonderbewegungen besorgt. Der zweite Teil tritt an eine eigene Zellgruppe des Rückenmarks, die Clarksche Säule (Fig. 7 *Cl*), und von hier aus durch ein eigenes, seitlich im Rückenmark gelegenes System ins Kleinhirn (Fig. 7 *Kl*). Wo immer wir nun in diesem System eine Schädigung haben, sei es bei seinem Ursprung, während seines Verlaufs oder am Ende im Wurm, immer tritt eine Gangstörung auf, der ataktische, schleudernde, taumelnde Gang. Wir finden solche Gangstörungen bei jener Krankheit besonders,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

welche durch eine Störung der hinteren Wurzeln (Empfindungsbahnen) herbeigeführt wird, die sogenannte Rückenmarkschwindsucht oder Tabes. Es ist nun merkwürdig, daß in neuerer Zeit noch eine Reihe anderer Bewegungsstörungen, die allgemein gekannt sind, ihre Erklärung in einer Störung der regulierenden Mechanismen gefunden haben, die vom gezahnten Kern des Kleinhirns über den roten Kern Anschluß an die Hirnrinde gewinnen (Fig. 7 *ZK*, *RK*, *C*). Das ist z. B. der Veitstanz, die Chorea und gewisse wurmförmige, krampfartige Bewegungen, die man Athetose nennt.

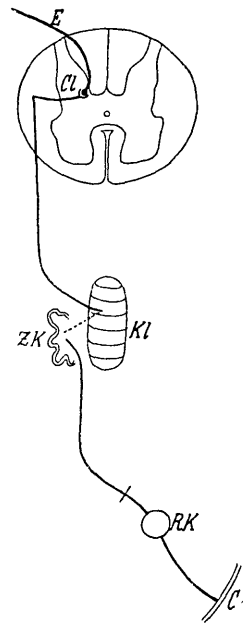

Fig. 7. Schema der Zentren und Bahnen für die Bewegungsregulierung.
E Empfindungsnerven; *Cl* Clarks Säule; *Kl* Kleinhirnwurm; *ZK* gezahnter Kern des Kleinhirns; *RK* roter Kern; *C* Hirnrinde.

Wir können aber Bewegungen nur dann vorteilhaft ausführen, wenn eine genügende Fixation der Gelenke erfolgt, wenn für eine Sicherung der Stabilität besonders gesorgt wird. Insbesonders wird sich das beim Gang in aufrechter Haltung fühlbar machen. Und so besitzen wir denn im verlängerten Mark zur Sicherung der Stabilität einen eigenen Apparat durch eine

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in Olivenform angeordnete Zellmasse repräsentiert, die besonders beim Menschen gut entwickelt ist, da ja gerade bei ihm die aufrechte Haltung die größte Rolle spielt.

Faßt man nun die einzelnen Bewegungsgruppen zusammen, so ergibt sich, daß die drei hauptsächlich geschilderten eigentlich einander übergeordnet sind: die Prinzipalbewegungen den Reflexen, die Willkürbewegungen den ersteren. Entsprechend dieser funktionellen Überordnung finden wir, daß auch die Zentren, die den einzelnen Bewegungen entsprechen, als einander übergeordnete aufgefaßt werden müssen, denn man kann ja die Verhältnise des Menschen, bei welchen auch die Prinzipalbewegungen Anschluß an die Hirnrinde gefunden haben, nicht als allgemein gültige bezeichnen. Sie bedeuten einen Fortschritt, der unter Umständen bei Verlust des Zentrums sogar zum Nachteil wird. Die drei einander übergeordneten Zentren im Gehirn sind das Rückenmark, das Zwischen- und Mittelhirn und das Großhirn. Die Wege, auf welchen die Reize diesen Zentren zuströmen, sind verschieden. Zumeist aber sind es die Empfindungsbahnen, welche auf dem Wege durchs Rückenmark in das Gehirn an die genannten Zentren gelangen. Sie bringen nicht nur die äußeren Reize, die Anlaß zur Bewegung geben, sondern besorgen auch vorwiegend durch die Muskelempfindungen deren Regulierung. Dabei tritt noch ein besonderes regulierendes Organ dazwischen, das Kleinhirn, das freilich in allererster Linie den der Lokomotion dienenden Bewegungen ange-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hört. Jede Störung dieser Zentren und Bahnen hat eine Menge von Ausfallserscheinungen zur Folge, welche die große Mannigfaltigkeit der Bewegungskombinationen und der für diese bestimmten Mechanismen aufs anschaulichste beweist.

In einer Zeit, wo selbst die Kunst die äußeren Formen gering bewertet und das praktische Moment an die Spitze stellt, kommt dem Einzelindividuum größere Bedeutung für den Schönheitskult zu. Dieses Vernachlässigen des Äußeren ist ein Verkennen der sozialen Bedeutung der Kunst; kann doch nicht jeder prima vista in das Innere eines Kunstwerkes eindringen, was bei Architekturen sogar wörtlich zu nehmen ist. Darum erscheint mir die wegwerfende Geste der Fassadenkunst gegenüber unberechtigt. Die schöne Fassade ist das großmütige Opfer des Besitzenden der Menge gegenüber. Sie staunt an, bewundert und begeistert sich an dem schönen Äußeren und lernt schätzen und verstehen und empfindet Schönheit und kann das Empfinden verwerten. Da nun das Ende dieser Außenschönheit bevorsteht, muß das Einzelindividuum für Ersatz sorgen durch seine Körperkultur, die Entwicklung der Körperschönheit. Jeder Normalmensch kann das, ohne von der Natur besonders begabt zu sein, durch Pflege der Bewegungen.

Sie haben trotz der vielverzweigten Mechanismen, die scheinbar automatisch arbeiten, immer gesehen, daß alles, was Bewegung heißt, unter dem Einfluß des Bewußtseins, der Hirnrinde steht, und daß wir damit Einfluß auf jede Bewegung gewinnen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Der anmutige Gang, die volle gerundete Bewegung der Hand, die Elastizität des Körpers wirken wie jede andere Äußerung der Schönheit. Hat sie uns die Natur nicht von selbst verliehen, so steht es bei uns, sie durch Übung, durch Erziehung zu erlangen. So kann jeder einzelne den Schönheitssinn seiner Umgebung anregen — lediglich durch Weckung des Nachahmungstriebes, der gerade bei solchen leicht merkbaren Äußerlichkeiten sich geltend machen wird.

Darum sei ein oberster Grundsatz der modernen Pädagogik: die Erziehung zur Anmut — der Schönheit der Bewegungen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: 50

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

Artikel/Article: Der Hirnmechanismus der menschlichen Bewegungen. 133-160