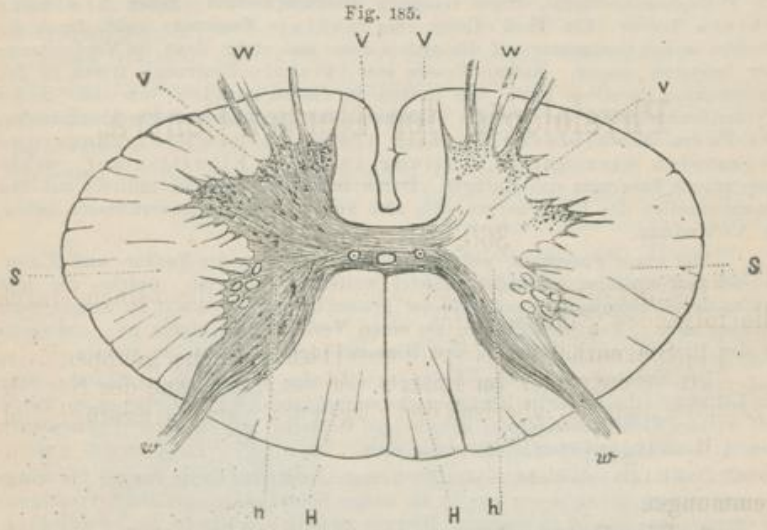
Das Rückenmark.

361. Bau des Rückenmarkes.

Das Rückenmark enthält in seinem Inneren die **graue Substanz** von)-(-förmiger Gestalt, an welcher man die vorderen (v) und hinteren (h) „Hörner" und das mittlere Verbindungsstück unterscheidet. In der Mitte des letzteren läuft vom Calamus scriptorius bis abwärts der Centralcanal, mit Cylinderepithel ausgekleidet, der Rest des embryonalen „Medullarrohres". *Graue und weisse Substanz.*

Fig. 185.



Querschnitt des Rückenmarkes: in der Mitte die schmetterlingsförmige, grauschattirte, graue Substanz, ringsherum die weisse Substanz. — *h* hinteres, und *v* vorderes Horn der grauen Substanz. — *ww* die hinteren Wurzeln. — *WW* die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven. — *VV* die weissen Vorderstränge. — *SS* die Seitenstränge. — *HH* die Hinterstränge.

Die **weisse Substanz** umgiebt die graue: dieselbe zerfällt in mehrere **Stränge**. Von vorn dringt in der Mittellinie ein tiefer Spalt ein, der jedoch nicht bis zum Grau hineinreicht, sondern in der Tiefe noch die weisse Commissur unzertrennt lässt. Zwischen dieser vorderen Längsspalte und der Austrittsfurche der vorderen Wurzel liegt der — Vorderstrang (VV). Der seitliche Theil der weissen Masse, zwischen den vorderen und hinteren Wurzeln heisst der — Seitenstrang (SS); endlich wird der, von dem Austritt der hinteren Wurzeln bis zur hinteren Längsspalte reichende Theil der — Hinterstrang (HH) genannt. Die hintere Längsspalte reicht tiefer in das Mark, bis zur grauen Substanz hinan. An den Hintersträngen kann man noch die, der Spalte zunächst liegenden zarten (Funiculi graciles) oder Goll'schen Stränge unterscheiden von dem übrigen grösseren, als Keilstrang (Funiculus cuneatus) (Burdach) bezeichneten Reste des Hinterstranges. (Vgl. Fig. 186.) *Stränge.*

Die weisse Substanz besteht durchweg aus markhaltigen Nervenfasern [ohne Schwann'sche Scheide und Schnürringe, jedoch mit Hornscheiden versehen (Kühne, Ewald)], die in den Strängen longitudinal verlaufen. Die eintretenden Wurzeln, sowie auch die, aus der grauen Substanz in die Stränge hineintretenden Längsfasern haben, zwischen letztere durchtretend, theils queren, theils schrägen Verlauf. In der vorderen weissen Commissur kreuzen sich ebenfalls transversal verlaufende Fasern.

Die graue Substanz enthält zunächst ein äusserst reiches Fasernetz feinster Nervenfibrillen (Gerlach), die aus den Protoplasmafortsätzen der Ganglien hervorgegangen sind. Unregelmässig angeordnete und *Graue Substanz.*

vielfach sich theilende markhaltige Fasern durchsetzen theils das graue Faser-netz, theils gehen sie, nach vielfachen Theilungen marklos geworden, in dasselbe Netz über. Vor und hinter dem Centralcanal gehen Fasern der grauen Substanz von der einen auf die andere Seite über.

Von den Ganglienzellen liegen die grössten gruppenweise in dem Vorderhorne („motorische Ganglien"), kleinere, spindelförmige („sensible") enthält das Hinterhorn. — Der weitere Zusammenhang der Fasern und Ganglien ist nach Gerlach folgender: Die Fasern der vorderen Wurzel gehen direct zu den Ganglien des Vorderhornes, in welche sie sich als Achsencylinderfortsatz einsenken. Aus dem grauen Fasernetze, welches die Protoplasmafortsätze dieser Ganglien zusammensetzen, gehen breitere Fasern hervor. Ein Theil dieser (der mediale Faserzug) geht durch die vordere weisse Commissur auf die andere Seite und steigt dann im Vorderstrang der letzteren empor. Andere Fasern (der laterale Faserzug) treten in den Seitenstrang derselben Seite und steigen in diesem aufwärts, um erst in der Pyramidenkreuzung der Medulla oblongata auf die andere Seite überzutreten. Die Fasern der hinteren Wurzeln treten in das Hinterhorn und lösen sich hier durch Theilung in zarte Fibrillen auf, welche dem grauen Fasernetz sich einfügen. Durch letzteres stehen sie indirect mit den Ganglienzellen des Hinterhornes (die also keinen Achsencylinderfortsatz haben) in Verbindung.

Faserverlauf nach Gerlach.

Das graue Fasernetz, welches auch die Ganglien der Vorder- und Hinter-Hörner mit einander verbindet, sendet weiterhin Fäden ab, welche vor und hinter dem Centralcanal innerhalb der grauen Commissuren auf die andere Seite hinübertreten. Von hier nehmen sie einen Verlauf nach hinten zu, um theils in den Hinterhörnern, theils in den Hintersträngen aufwärts zu steigen.

Die histologischen Untersuchungen sind nur zum Theil im Stande, über die Leitungsverhältnisse im Rückenmarke aufzuklären. Wir unterlassen es daher, auf weitere Einzelheiten dieses schwierigen Gebietes, wie sie unter Anderen auch von A. Lustig geliefert sind, einzugehen.

Bindesubstanz.

Das Bindegewebe — des Rückenmarkes stammt theils von der Pia mater ab und dringt mit Gefässen nur in die weisse Substanz ein, um die Nervenfasern in verschiedene Bündel zu sondern. Hiervon zu unterscheiden ist die Neuroglia, die eigentliche bindende Stützsubstanz. Sie stellt ein feines (Gerlach) Faserwerk dar, welches nebst kleineren rundlichen und grösseren sternförmigen Zellen (Kölliker) in eine völlig homogene, durchsichtige (Gierke) Grundsubstanz eingelassen ist. Um den Centralcanal herum liegt die Bindesubstanz dichter als sogenannter „centraler Ependymfaden". Ferner findet sich reichlicher die Bindesubstanz an der Spitze und den Rändern der Hinterhörner, wo sie Substantia gelatinosa Rolandi genannt wird. Die Neuroglia findet sich ebenso im Gehirne, wo an der Bildung des feinen Netzwerkes der Rinde sich sowohl die feinsten Nervenfibrillen, als auch Bindegewebselemente betheiligen. Hier ist überdies zwischen Ganglienzellen und Bindegewebskörperchen mitunter eine strenge Unterscheidung unmöglich, so dass Stricker und Unger sogar Uebergangsformen zwischen beiden annehmen. An der Oberfläche des centralen Nervensystems und in der Substantia gelatinosa findet sich noch ein feines Netzwerk von Neurokeratin.

Systematische Anordnung der Längsfasern in besonderen Leitungsbahnen.

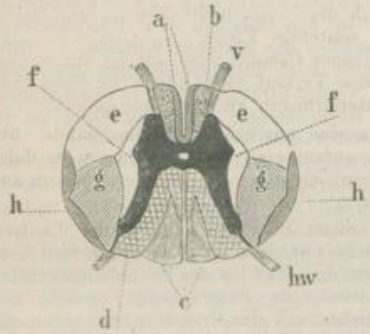
Die Gesammtheit der longitudinalen Fasern der Rückenmarksstränge sind je nach ihrer Function systematisch in besondere Bündel geordnet.

Schon Türck hatte gefunden, dass bei Erkrankungen gewisser Gehirntheile stets ganz bestimmte Faserzüge innerhalb des Rückenmarkes secundär entarteten. P. Schieferdecker zeigte hiermit übereinstimmend, dass nach Durchschneidungen des Rückenmarkes oberhalb und unterhalb der Schnittstelle sich eine fettige Entartung innerhalb ganz besonderer Bündel ausbreitet. Endlich zeigte Flechsig, dass die Fasersysteme im Rückenmarke während der Entwickelung zu verschiedenen Zeiten ihre Myelinhüllen erhalten, und zwar bekommen diejenigen Fasern sie am spätesten, welche den längsten Verlauf haben. Er ermittelte auf diese Weise folgende Systeme der Längsbahnen (Fig. 186).

1. Im Vorderstrang liegen der vorderen Längsspalte zunächst a) die Pyramidenbahnen; nach aussen davon b) die Vorderstranggrundbündel. — 2. Im Hinterstrange unterscheidet er c) die Goll'schen Stränge und d) die Burdach'schen Keilstränge. — 3. In den Seitensträngen liegen e) die vorderen und f) die seitlichen gemischten Seitenstrangbahnen, g) die Pyramidenbahnen des Seitenstranges und h) die Kleinhirnseitenstrangbahnen. — Von diesen führen a und g alle Verbindungen, welche von den Centralwindungen der Grosshirnrinde als Bahn der willkürlichen Bewegungen (§. 367) niedersteigen, und nachdem sie den Pes des Pedunculus cerebri durchsetzt (und in den Pyramiden sich zum Theil gekreuzt) haben, nunmehr im Rückenmarke selbst in a und g niedersteigen und dann endlich, bevor sie in die vorderen Wurzeln eintreten, in die graue Substanz des Rückenmarkes sich begeben; — h verbindet aufsteigend das Kleinhirn durch das Corpus restiforme hindurch mit den Ganglien der Clarke'schen Säulen. Da in letztere gleichseitige hintere Wurzeln einstrahlen, so verbindet h das Kleinhirn mit hinteren Wurzeln des Rumpfes (nicht der Extremitäten); — b, e, f (? und ein geringer Theil von d) stellen die Bahnen dar für die Verbindung der reflectorischen Centren in dem Rückenmarksgrau und in der Medulla oblongata, auch liegen in ihnen diejenigen Fasern, welche als directe Fortsetzungen der vorderen Rückenmarkswurzeln aufsteigen und nach und nach in die graue Substanz eintreten. In e f liegen auch einige sensible Leitungen. Endlich sind — c Verbindungen der hinteren Wurzeln mit den grauen Kernen der Funiculi graciles der Medulla oblongata, — d stellt Verbindungsbahnen zwischen eintretenden hinteren Wurzeln durch das Corpus restiforme hindurch zu dem Wurm des Kleinhirns dar (Flechsig). Die Leitungsrichtung in den Hintersträngen (die Fortsetzungen der hinteren Wurzeln sind), ist zweifellos aufsteigend, da sie nach Zerstörung der hinteren Wurzeln aufsteigend entarten. Von jeder eintretenden hinteren Wurzel verläuft zunächst ein Theil der Fasern direct in das Hinterhorn, ein anderer Theil verbleibt aufsteigend im gleichseitigen Hinterstrange, wobei diese sich immer mehr der hinteren Längsspalte nähert. Einzelne dieser aufsteigenden Fasern gehen im höheren Niveau des Markes in das graue Hinterhorn ein. Aufwärts verlaufen die Fasern des Hinterstranges nur bis zur Höhe der Pyramidenkreuzung, wo sie im Zellenlager der Funiculi graciles et cuneati ihr einstweiliges Ende erreichen.

Verbindungen dieser Leitungs-Systeme.

Fig. 186.



System der Leitungsbahnen im Rückenmarke (am 3. Dorsalnerven) nach Flechsig. Der schwarze Mitteltheil der Figur ist die graue Substanz. — *v* Vordere Wurzel. — *hw* Hintere Wurzel. — *a* und *g* Pyramidenbahnen. — *b* Vorderstranggrundbündel. — *c* Goll'sche Stränge. — *d* Burdach'sche Keilstränge. — *e* und *f* Gemischte Seitenstrangbahnen. — *h* Kleinhirnseitenstrangbahnen.

Fernerhin haben sich in Bezug auf diese Bahnen noch folgende Punkte herausgestellt: die Pyramidenbahnen (a und g), die Kleinhirnseitenstrangbahnen (h), auch die Goll'schen Stränge (c) zeigen eine continuirliche Querschnittabnahme in der Richtung von oben nach unten; sie verbinden intracranielle Centraltheile mit den, durch die Länge des Rückenmarkgraues zerstreut liegenden Ganglienherden. — Die Vorderstranggrundbündel (b), die Keilstränge (d) und die vorderen gemischten Seitenstrangbahnen (e) zeigen in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes Schwankungen in der Mächtigkeit ihres Durchmessers, und zwar entsprechend der Mächtigkeit der eintretenden Nervenwurzeln. Man kann hieraus folgern, dass in diesen Bahnen Fasern liegen, welche verschiedene Niveaux des Rückenmarkgraues mit einander und schliesslich auch mit der Medulla oblongata verbinden, also nicht direct bis zu höheren Gehirntheilen vordringen.

Nutritive Centren der Leitungsbahnen. Schon Türck hatte beobachtet, dass die Zerstörung gewisser Grosshirntheile eine Entartung derjenigen Faserzüge im Rückenmarke nach sich zieht, welche den Pyramidenbahnen Flechsig's entsprechen. P. Schieferdecker fand dieselben unterhalb eines Schnittes entartet, welcher das Dorsal- und Lumbar-Mark (Hund) trennte. Hieraus ist zu folgern, dass die Pyramidenbahnen ihr nutritives Centrum im Grosshirn haben müssen. Die vorderen Rückenmarkswurzeln haben im Rückenmarksgrau ihr Ernährungscentrum. Aufwärts von einer Rückenmarksdurchtrennung entarteten secundär die Goll'schen Stränge und die Kleinhirnseitenstrangbahnen; letztere haben ihr nutritives Centrum vielleicht in den Ganglien der Clarke'schen Säulen, erstere vielleicht in den Spinalganglien der hinteren Wurzeln. — Diejenigen Fasern des Markes endlich, welche nach Durchtrennungen gar nicht entarten [zahlreich in den Seiten- und Vorder-Strängen (Schieferdecker, Singer)], sind wohl Commissuren des Rückenmarkes, die von Ganglien zu Ganglien hinziehen und an beiden Endpunkten nutritive Herde besitzen.

Zeit der Bildung der Leitungs-Systeme. Rücksichtlich der Zeit der Bildung — der einzelnen Systeme bemerkt Flechsig: Zuerst bilden sich die Bahnen zwischen der Peripherie und dem centralen Markhöhlengrau, zumal also die Nervenwurzeln. Sodann entstehen Fasern, welche verschiedene, dem Markgrau angehörige Centren verbinden. Dann erscheinen Fasern, welche zwischen dem Markgrau und dem Kleinhirn, wie auch zwischen ersterem und der Haube des Pedunculus cerebri die Verbindung herstellen. Zuletzt entstehen die Fasersysteme, welche die Ganglien des Hirnschenkelfusses, vielleicht auch das Grosshirnrindengrau mit dem Rückenmarksgrau in Verbindung setzen. (Bei angeborenem Mangel des Grosshirnes entstehen weder die Pyramidenbahnen noch auch die Pyramiden.) Im Gehirn bilden sich schon vor der Geburt markhaltige Fasern im Paracentralläppchen, den Centralwindungen, Hinterhauptslappen, Insel, — am spätesten im Stirnhirn. (Tuczek.)

362. Reflexe im Rückenmarke.

Wesen der Reflexbewegung. Unter Reflexbewegung verstehen wir eine Bewegung, welche hervorgerufen wird durch die Erregung eines centripetalleitenden (sensiblen) Nerven. Letzterer nimmt die Reizung auf, leitet sie zum Centrum (Rückenmarke) hin, dessen zellenreiche graue Substanz das Reflexcentrum darstellt; im Centrum wird schliesslich die hier angelangte Erregung auf die motorische, centrifugale Bahn übertragen. So gehören *Bedingungen.* zur Reflexbewegung 3 Factoren: — die centripetalleitende Faser, — das übertragende Centrum, — die centrifugalleitende Faser; sie stellen den sogenannten „Reflexbogen" dar. Die Thätigkeit des Willensorganes ist beim Zustandekommen der Reflexbewegung ausgeschlossen.

Man kann folgende drei Arten der Reflexbewegungen unterscheiden:

I. Der einfache oder partielle Reflex, — welcher dadurch charakterisirt ist, dass die Erregung eines sensiblen Bezirkes die Bewegung von nur einem Muskel, oder doch nur von einer beschränkten Gruppe auslöst. Beispiel: Schlag auf's Knie bewirkt Zuckung im M. quadriceps femoris; im Bereiche der Kopfnerven bewirkt Berührung der Conjunctiva Schluss der Lidspalte. *Der partielle Reflex.*

II. Der ausgebreitete, ungeordnete Reflex, oder der Reflexkrampf. — Derselbe tritt in Form klonischer oder tetanischer Zuckungen auf, an denen sich ganze Muskelgruppen, oder selbst alle Muskeln des Körpers betheiligen. Der Reflexkrampf hat eine doppelte Ursache: — a) Entweder befindet sich das Rückenmarksgrau im Zustande excessiver Reizbarkeit, so dass der zugeleitete Reiz sich von der Stelle des Eintrittes den leicht erregbaren benachbarten Centralbezirken mittheilen kann. Hochgradige Reizbarkeit bedingen in dieser Weise gewisse Gifte, namentlich Strychnin, dann auch das Brucin, Coffein (Aubert), Atropin, Nicotin, die Carbolsäure u. A. Die leiseste Berührung eines mit Strychnin Vergifteten genügt, um alle Muskeln des Körpers sofort in Krampf zu versetzen. Auch gewisse pathologische und krankhafte Affectionen können Aehnliches bewirken. Hierher gehört die excessive Reizbarkeit bei der Hydrophobie und dem Tetanus. Umgekehrt kann auch das Centralorgan in einen Zustand versetzt werden, in welchem ausgebreitete Reflexkrämpfe nicht zur Ausbildung kommen können: im Zustande der Apnoe bleiben die Krämpfe bei Strychninvergifteten aus (J. Rosenthal u. Leube, Uspensky), und zwar in Folge der passiven künstlichen Athembewegungen (v. Ebner) indem sie eine Dehnung der Hautnerven von Bauch und Brust bewirken (Eckhard). (Vgl. §. 363. 3). Auch die Ausübung anderer passiver periodischer Bewegungen an Körpertheilen ruft einen ähnlichen Zustand hervor (Buchheim). Auch erhebliche Abkühlung des Rückenmarkes verhindert die Reflexkrämpfe (Kunde). — b) Ausgebreitete Reflexkrämpfe können aber auch zu Stande kommen, wenn die reflexauslösende Reizung sehr heftig ist. Beispiele dieser Art werden auch bei Menschen beobachtet: bei intensiven Neuralgien sah man ausgebreitete Krämpfe auftreten. *Der Reflexkrampf. Ursachen. Verhinderung.*

Schwache Reize, welche einmal applicirt, nicht im Stande sind, Reflexe auszulösen, vermögen dies durch Wiederholung. Es findet dann im Rückenmarke, dem die einzelnen Reize zugeführt werden, eine „Summation" derselben statt. *Summation schwacher Reize.*

Zu einem solchen Effecte reichen bereits 3 schwache Reize in einer Secunde hin; am wirksamsten scheinen 16 in einer Secunde zu sein, über welches Maass hinaus keine intensivere Wirkung möglich ist (J. Rosenthal). Doch sah man auch Reize (Inductionsschläge) innerhalb weiterer Grenzen: von 0·05 bis 0,4 Secunden Intervall noch wirksam (Ward). W. Stirling hat es wahrscheinlich gemacht, dass überhaupt die Reflexe durch wiederholte Anstösse der nervösen Centren zu Stande kommen.

Pflüger's Gesetz der Ausbreitung der Reflexe.

Pflüger hat das Gesetz aufgestellt, nach welchem die Ausbreitung der Reflexe sich vollzieht: — 1. Zunächst erfolgt die Reflexbewegung auf derselben Seite, auf welcher auch der sensible Nerv gereizt ist, und zwar treten nur solche Muskeln in Action, deren Nerven in gleicher Niveauhöhe aus dem Marke hervorgehen. — 2. Wenn der Reflex weiter auch auf der anderen Seite erfolgt, so tritt er als Mitbewegung stets nur in den Muskeln auf, welche auf der primären Seite bereits ebenfalls contrahirt sind. — 3. Bei ungleicher Intensität der Krämpfe auf beiden Seiten gehören die heftigsten Bewegungen der primären Seite an. — 4. Beim Weitergreifen der Reflexerregung auf benachbarte Bewegungsnerven werden stets diejenigen herangezogen, welche in der Richtung zur Medulla oblongata liegen. — Schliesslich werden alle Muskeln vom Krampfe befallen.

Gekreuzte Reflexe.

In seltenen Fällen kommen jedoch auch Abweichungen von diesen Regeln vor. Bestreicht man nämlich z. B. einem Frosch (mit Exstirpation des Grosshirns) die Augengegend, so tritt oft ein Reflex im Hinterbein der entgegengesetzten Seite ein (Luchsinger, Langendorff). Bei enthaupteten Tritonen, Eidechsen, Schildkröten und tief narkotisirten Hunden und Katzen hat Kitzeln eines Vorderbeines oft Bewegung des diagonalen Hinterbeines zur Folge (Luchsinger). Man nennt diese Erscheinung „gekreuzte Reflexe". — Wird bei Thieren das Rückenmark der ganzen Länge nach in der Mittellinie getheilt, so bleiben die Reflexe natürlich nur einseitig (Schiff).

Die allgemeinen Krämpfe zeigen sich als „Streckkrämpfe" deshalb, weil die Kraft der Extensoren die überwiegende ist. Nerven, welche aus der Medulla oblongata entspringen, können übrigens auch durch Reizung entfernter liegender centripetaler Nerven reflectorisch mit angeregt werden, ohne dass allgemeine Reflexkrämpfe auftreten.

Wirkung des Strychnins.

Das Strychnin, das heftigste Reflexkrämpfe erregende Gift, wirkt direct auf die Ganglien des Rückenmarkgraus. Es treten daher auch dieselben Reflexkrämpfe auf, wenn man das Gift (beim Frosche nach Unterbindung des Herzens) direct auf das blossgelegte Rückenmark bringt. Im Krampfanfalle steht das Herz (durch Vagireizung) diastolisch still, und der Druck in den Arterien erfährt durch Reizung der centralen vasomotorischen Centren der Oblongata und des Rückenmarkes eine gewaltige Höhe. Säugethiere können im Anfalle durch Erstickung zu Grunde gehen; doch erfolgt nach grossen Dosen der Tod bei alsbald sehr zurücktretenden Krämpfen durch Rückenmarkslähmung. Hühner sind gegen ziemliche Dosen völlig immun.

Andere Gifte.

Das Chloroform setzt die Reflexthätigkeit herab in Folge einer Einwirkung auf das Centrum, ebenso wirken Pikrotoxin, Morphin, Narcotin, Thebain, Aconitin, Chinin, Blausäure u. A. — Constante Ströme, der Länge nach durch das Rückenmark gesendet, schwächen die Reflexe (Ranke), namentlich absteigende (Legros u. Onimus, Uspensky).

Der Reflex kann innerhalb verschiedener Niveaux des Markes übertragen werden. Bei schwachen Reizen, welche das Bein des enthirnten Frosches treffen, findet die Reflexübertragung statt an der Grenze des Halsmarks und der Oblongata, bei stärkeren Reizen findet die Uebertragung in dem schwerer reflectorisch erregbaren unteren Rückenmarke statt. — Legt man alternirende Halbquerschnitte im Rückenmarke an, so kann sich dennoch die Reflexerregung aufwärts fortpflanzen, die also bilateral in Schlangenwindungen verlaufen muss. Je mehr Schnitte, desto stärker muss aber der sensible Reiz sein (Rosenthal).

Der geordnete Reflex.

III. Der ausgebreitete, wohlgeordnete Reflex — ist dadurch charakterisirt, dass nach Erregung einer sensiblen Faser innerhalb ganzer und sogar verschiedener Muskelgruppen Bewegungen complicirter Art ausgelöst werden, welche den Charakter der Zweckmässigkeit, ja des willkürlich Intendirten haben.

Untersuchungsmethode.

Die Versuche werden entweder an Kaltblütern angestellt (enthauptete Frösche, Eidechsen oder Aale) oder an Säugethieren, denen man (bei künstlicher Respiration) die 4 Kopfschlagadern unterbunden hat, so dass das Gehirn functionsunfähig wird (Sig. Mayer, Luchsinger). Reflexe im Bereiche des unteren Rückenmarkes lassen sich auch an Thieren (oder Menschen) mit quer-

durchtrenntem Rückenmarke (im oberen Dorsaltheile) studiren, nur muss nach der Trennung einige Zeit verflossen sein, so dass der primäre Reiz der Läsion, (sog. Shock), der zunächst reflexhemmend wirkt, sich verloren hat. Ganz junge Säugethiere zeigen sogar nach dem Köpfen noch einige Zeit Reflexe.

Zu den geordneten Reflexen gehören:

Beispiele geordneter Reflexe.

1. Die Abwehr- und Flucht-Bewegungen — enthirnter oder decapitirter Frösche und Schildkröten, das Abwischen aufgetupfter Säure von der Haut derselben, das Anstemmen gegen fixirende Werkzeuge u. dgl. Alle diese finden anscheinend mit Ueberlegung und unter Aufbietung der am zweckmässigsten zu verwendenden Muskelgruppen statt, so dass Pflüger dieselben als voneiner „Rückenmarksseele" geleitet bezeichnet hat. Sogar ausgeschnittene Stücke Aal wenden sich noch zweckmässig von einem angebrachten intensiven Reize (Flamme) fort. Auch wendet sich der Schwanz des decapitirten Triton, der Eidechse, des Molches, des Aales, der Natter einem sanften Streichen zu, hingegen von einem heftigen Reize ab (Luchsinger).

2. Der Goltz'sche Quarrversuch, — welcher darin besteht, dass ein enthirnter Frosch [oder ein solcher mit zerstörten Augen oder Gehör (Langendorff)] allemal seine Stimme ertönen lässt, sobald man dessen Rückenhaut streichelt.

3. Der Goltz'sche Umklammerungsversuch. — Das Rumpfstück des Froschmännchens, zwischen Schädel und 4. Wirbel, umklammert (zur Zeit der Umarmung der Frösche im Frühlinge) jeden festen Gegenstand, der die Brusthaut leicht reizend berührt.

4. Bei Warmblütern (Hunden) gehören zu den geordneten Reflexen im Bereiche des hinteren, abgetrennten Markendes: das Kratzen gekitzelter Hautstellen mit den Hinterpfoten (wie beim unverletzten Thiere), ferner die zur Harn- oder Koth-Entleerung, sowie zur Erection nothwendigen Bewegungen; die Bewegungen, die zum Gebäract erforderlich sind (Goltz mit Freusberg u. Gergens). — Geordnete Reflexe gleichzeitig in weit von einander liegenden Markstellen scheinen in der Regel nach Entfernung der Medulla oblongata nicht mehr statthaben zu können. Sie enthält so vielleicht ein Reflexorgan höherer Ordnung, welches die verschiedenen Reflexprovinzen im Rückenmarke (durch weisse Fasern) leitend verbindet (Ludwig u. Owsjannikow) (§. 369. 9.).

5. Beim Menschen kommen geordnete Reflexe auch noch im Schlafe vor, desgleichen in krankhaften soporösen Zuständen.

Unbewusste im Wachen ausgeführte geordnete Reflexe.

Weitaus die meisten im wachen Zustande ausgeführten Bewegungen, welche wir unbewusst ausführen, oder auch dann, wenn die psychischen Thätigkeiten anderweitig intensiv in Anspruch genommen werden, müssen den geordneten Reflexen zugezählt werden. Manche complicirtere Bewegungsmechanismen müssen erst angelernt werden, z. B. Tanzen, Schlittschuhlaufen, Reiten, bevor bei ihnen unbewusst harmonisch geordnete Reflexe wieder ausgelöst werden können. — Zu den vom Rückenmarke, einschliesslich der Medulla oblongata ausgehenden geordneten Reflexen gehören auch das Husten, Niesen, Erbrechen.

In Bezug auf die Eigenart der Reflexe sind noch folgende Punkte beachtungswerth:

Ort der Reiseinwirkung.

1. Die Reflexe lassen sich leichter und in vollendeterer Weise auslösen, wenn das specifische Endorgan des centripetalleitenden Nerven die Erregung aufnimmt, als wenn

der Stamm des Nerven in seinem Verlaufe gereizt wird (Marsh. Hall 1837, Volkmann, Fick u. Erlenmeyer).

Reizstärke. 2. Zur Auslösung einer Reflexbewegung bedarf es einer stärkeren Reizung, als zur directen Reizung des motorischen Nerven.

Dauer der Reflexbewegung und die Reflexzeit. 3. Die reflectorisch erregte Bewegung ist von kürzerer Dauer, als die gleiche willkürlich ausgeführte. Weiterhin ist ihr Eintritt nach dem Momente der Reizung entschieden verzögert. Bis zum Eintritt der Zuckung verläuft (beim Frosche) eine etwa zwölfmal so lange Zeit, als die, welche während der Leitung in den sensiblen und motorischen Nerven verstreicht (v. Helmholtz, 1854). Es setzt somit das Rückenmark dem zeitlichen Verlaufe der Erregung durch dasselbe Widerstände entgegen.

Einflüsse auf die Reflexzeit. Beim Frosch beträgt die „Reflexzeit" (d. h. die Zeit der Reizübertragung innerhalb der Ganglienzellen des Markes) 0,008—0,015 Secunde. Diese Zeit nimmt noch gegen $^1/_3$ zu, wenn die Leitung auf die andere Seite übergeht, oder durch die Länge des Rückenmarkes hindurch (von der sensiblen Wurzel der vorderen Extremität bis zur motorischen des Hinterbeines). Wärme verkürzt die Reflexzeit und steigert die Reflexthätigkeit. Erniedrigung der Temperatur (Winter-Frösche), ebenso die vorhin benannten reflexsteigernden Gifte verlängern die Reflexzeit während gleichzeitiger Erhöhung der Reflexerregbarkeit. — Umgekehrt nimmt die Reflexzeit ab mit steigender Reizstärke und kann so selbst von minimaler Dauer werden (J. Rosenthal).

Bestimmung der Reflexzeit. Man kann die Reflexzeit bestimmen, indem man das Moment der Reizung der sensiblen Faser und das Moment der Zuckung zeitlich markirt. Von dem so gefundenen Werthe ist abzuziehen die Zeit, welche die Leitung in den beiden Nervenbahnen beansprucht (§. 339), sowie die Dauer der latenten Reizung (§. 300. I. 1) (v. Helmholtz, J. Rosenthal, Exner, Wundt).

363. Hemmung der Reflexe.

Es existiren im Körper Mechanismen, durch welche die Auslösung der Reflexe unterdrückt werden kann, die man demgemäss als Hemmungsmechanismen der Reflexe bezeichnet hat. Diese sind:

Willkürliche Hemmung der Reflexe. 1. Durch das Willensorgan können sowohl im Bereiche des Gehirnes, als auch des Rückenmarkes, Reflexe willkürlich gehemmt werden. Beispiele: Offenhalten des Auges bei Berührung des Bulbus, — Hemmung der Bewegung beim Kitzeln der Haut. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass die Unterdrückung der Reflexe nur bis zu einem gewissen Punkte möglich ist; — bei starkem und oft wiederholtem Reizangriff siegt schliesslich die Reflexanregung über den Willen. Es können weiterhin überhaupt nicht solche Reflexbewegungen unterdrückt werden, welche auch willkürlich niemals als Bewegungen ausgeführt werden können. So können die Erection, die Ejaculation, der Gebäract, die Bewegungen der Iris, weder willkürlich direct ausgeführt, noch auch, wenn sie einmal reflectorisch erregt sind, durch den Willen unterdrückt werden.

Hemmung durch Setschenow's Centrum. 2. Als Setschenow'sches Hemmungscentrum wird ein zweiter cerebraler Apparat bezeichnet, der jederseits beim Frosche in dem Lobus opticus belegen ist. Abtrennung dieser

Theile durch einen Schnitt erhöht die Reflexerregbarkeit, Reizung der unteren Schnittfläche (durch Kochsalz oder Blut) unterdrückt umgekehrt die Reflexbewegungen. Der Erfolg kann auch bei der Operation auf nur einer Seite beobachtet werden. Für die höheren Wirbelthiere schliesst man auf das Vorhandensein analoger Organe in den Vierhügeln und in der Medulla oblongata.

Hemmung durch Reizung sensibler Nerven.

3. Stärkere Reizung eines Gefühlsnerven unterdrückt die Reflexbewegungen. Es unterbleibt sogar der Reflex, wenn der ihn auslösende centripetalleitende Nerv sehr stark gereizt wird (Goltz, Lewisson, A. Fick u. Erlenmeyer). Beispiele: Unterdrückung des Niesens durch Friction der Nase, Unterdrückung der Bewegung beim Kitzeln durch Beissen auf die Zunge. Besonders heftige Reizungen können so sogar die, den willkürlichen Bewegungen zugeordneten Reflexe unterdrücken. Heftige Schmerzen der Unterleibsorgane (Darm, Uterus, Nieren, Leber, Blase) ziehen Unvermögen zum Gehen oder Stehen nach sich. Hierher ist auch zu rechnen das Niederfallen bei Verwundungen nervenreicher innerer Organe, welche an sich weder wegen Verletzung motorischer Nerven, noch auch wegen Blutverlust das Vermögen, sich aufrecht zu erhalten, beeinträchtigen würden.

Es ist darauf aufmerksam zu machen, dass bei der Hemmung der Reflexe oft die Erregung antagonistischer Bewegungen beobachtet wird, sei es durch den Willen, oder durch Reizung sensibler Nerven, also reflectorisch. — In manchen Fällen scheint es ferner schon zur Reflexhemmung zu genügen, unsere Aufmerksamkeit auf das Vollziehen einer solchen, etwas complicirten Reflexbewegung zu richten, damit diese verhindert werde. Manche vermögen z. B. nicht zu niesen, wenn sie intensiv an den Vorgang dieser Bewegung denken (Darwin): indem der Wille, gewissermaassen voreilend, das Reflexcentrum durch den Gedanken zu beherrschen beginnt, ist der normale Ablauf der Reflexerregung für den, von der Peripherie herkommenden Reiz gestört (Schlösser).

Gewisse Gifte setzen die Reflexerregbarkeit herab, wie Chloroform, Digitalis, Calabar, Chinin, Bromkalium u. A., wahrscheinlich nach vorhergegangener transitorischer Erhöhung.

Werden Frösche in O-freier Luft asphyctisch paralysirt, so ist das Gehirn und Rückenmark völlig unerregbar, also zur Reflexauslösung unfähig geworden. Die motorischen Nerven und die Muskeln haben jedoch sehr wenig an ihrer Erregbarkeit, sogar tagelang, gelitten (Aubert).

Prüfung der Reflexerregbarkeit.

Nach der Methode von Türck prüft man beim decapitirten Frosche den Grad der Reflexerregbarkeit dadurch, dass man die Zeit bestimmt, welche verstreicht von dem Eintauchen der Pfote in verdünnte Schwefelsäure bis zum Erfolg der Abwehrbewegung. Nach Betupfung der Lobi optici mit Blut oder auch nach Reizung eines sensiblen Nerven ist diese Zeit verlängert.

Hemmung der tactilen und pathischen Reflexe.

Setschenow hat die Reflexe unterschieden in tactile, welche durch Erregung der Tastnerven ausgelöst werden, und in pathische, die ihren Ursprung der Reizung sensibler (Schmerzempfindung leitender) Fasern verdanken. Er glaubt nun mit Paschutin, dass die tactilen Reflexe durch das Willensorgan, die pathischen durch das von ihm beschriebene Centrum gehemmt würden.

Theorie der Reflexbewegungen.

Zur Erklärung der bei den Reflexbewegungen beobachteten Erscheinungen hat man folgende Theorie aufgestellt. Man nimmt an, dass die centripetalleitende Faser innerhalb der grauen Substanz, mit deren Ganglien sie durch das Fasernetz der grauen Substanz nach allen Seiten hin in Verbindung steht,

bei der Fortleitung des, in derselben hingeleiteten Reizes auf beträchlichen Widerstand stösst. Der geringste Widerstand liegt in der Richtung zu denjenigen motorischen Fasern, welche in gleichem Markniveau derselben Seite austreten. So entsteht bei den schwächsten Reizen der einfache Reflex, der sich im Allgemeinen als einfachste Schutz- oder Abwehr-Bewegung für die Stelle des sensiblen Eingriffes zu erkennen giebt. In der Richtung zu anderen motorischen Ganglien sind der Fortleitung der Erregung noch grössere Widerstände entgegengesetzt. Soll gleichwohl der Reflex auch auf diese Bahnen übergehen, so muss entweder der auslösende Reiz erheblich verstärkt werden (denn mit der zunehmenden Stärke und Dauer der Reizung vermag die Reflexbewegung an Ausbreitung zuzunehmen), oder es muss der Widerstand innerhalb der Verbindung der Ganglien der grauen Substanz abnehmen. Letzteres geschieht durch Einwirkung der erwähnten Gifte, sowie auch unter dem Einflusse allgemeiner gesteigerter nervöser Reizbarkeit (Hysterie, Nervosität). So kann bei Verstärkung des Reizes, oder bei Herabsetzung der Leitungswiderstände im Rückenmarke der ausgebreitete Reflexkrampf entstehen. Von denjenigen Mitteln, welche erfahrungsgemäss die Reflexe erschweren oder verhindern, ist dann die Annahme gerechtfertigt, dass sie in die Leitungsbahnen des Reflexbogens grössere Widerstände setzen. In ähnlicher Weise müsste die Wirkung der reflexhemmenden Einflüsse interpretirt werden. Da offenbar die Fasern des Reflexbogens mit den reflexhemmenden Leitungen in Verbindung stehen müssen, so denkt man sich, dass durch die reflexhemmende Erregung gleichfalls ein Widerstand in den Reflexbogen hineingeleitet werde. Schwierigkeiten bietet hiernach noch die Erläuterung der ausgebreiteten geordneten Reflexe. Man hat sich vorgestellt, dass durch Gebrauch und weiterhin durch Vererbung diejenigen Ganglienzellen, welche den Reiz zunächst empfangen, mit solchen in die bestleitende Verbindung gesetzt sind, welche den Reiz auf diejenigen Muskelgruppen übertragen, deren Thätigkeit den Körper oder das betreffende Glied etwaigen schädlichen Einwirkungen des Reizes am besten durch eine geordnete zweckmässige Bewegung entzieht. So erregt ein Reiz jedesmal eine durch Uebung coordinirte Ganglien gruppe, welche mit einem harmonischen, zusammengehörigen Bewegungsmechanismus den Reiz beantwortet.

Einfacher Reflex.

Ausgebreiteter Reflexkrampf.

Hemmung der Reflexe.

Wohlgeordneter Reflex.

Pathologisches. Schwächung oder Erlöschen der Reflexe.

Pathologisches. — Anomalien der Reflexthätigkeit bieten dem Arzte bei der Untersuchung der Nervenkrankheiten ein weites, wichtiges Gebiet. Schwächung oder selbst völliges Erlöschen der Reflexe kann stattfinden: — 1. bei geschwächter Empfindlichkeit oder völliger Unempfindlichkeit der centripetalleitenden Fasern, — 2. bei analoger Affection des Centralorganes, — 3. oder endlich der centrifugalleitenden Fasern. Bei tiefem Gesunkensein der gesammten Nerventhätigkeit (wie nach Erschütterungen, Compression, Entzündungen der Centralorgane; in der Asphyxie, im tiefen Coma und in Folge mancherlei Vergiftungen) treten die Reflexe gleichfalls oft bis zum Aufhören zurück. — Man hat unter krankhaften Verhältnissen dem Verhalten gewisser Reflexe besondere Aufmerksamkeit gewidmet: z. B. den sogenannten Sehnenreflexen, die darin bestehen, dass ein Schlag auf die Sehne (z. B. des Quadriceps femoris, Achillessehne u. a.) eine Reflexzuckung des betreffenden Muskels auslöst. So fanden Westphal, Erb 1875, Eulenburg u. A. die Sehnenreflexe, zumal den Patellarsehnenreflex (auch Kniephänomen genannt), ausnahmslos fehlend bei der ataktischen Tabes dorsalis, — bei der (mit Affection der Pyramidenbahnen einhergehenden) spastischen Spinalparalyse (Erb) jedoch abnorm stark und ausgebreitet. Durchschneidung der Muskelnerven hebt das Patellarphänomen beim Kaninchen auf (Schultze), ebenso die Durchschneidung des Marks am 5.—6. Lendenwirbel (Tschirjew, Senator). Bei mir erfolgt die Zuckung des Quadriceps 0,048 Secunde nach dem Schlag auf das Ligamentum patellae, nach Waller das Kniephänomen und das Achillessehnenphänomen 0,03—0,04 Secunde, nach Eulenburg 0,032 Secunde nach dem Klopfen. Nach Westphal sind diese Phänomene keine einfachen Reflexvorgänge, sondern complicirte, mit dem Muskeltonus im innigen Zusammenhange stehende Erscheinungen, so dass z B. bei Herabsetzung des Tonus des Quadriceps femoris das Phänomen bereits erlöschen kann. Das intacte Bestehen der äusseren Abschnitte der Hinterstränge des Rückenmarkes ist für das Erhaltenbleiben des Phänomens nothwendig (Westphal). — Ein anderer diagnostisch wichtiger Reflex ist der „Bauchreflex" (O. Rosenbach), der darin besteht, dass auf Bestreichen der Bauchhaut mit dem Stiel des Per-

Pathologisch wichtige Reflexe.

cussionshammers sich die Bauchmuskeln zusammenziehen. So zeigt das beiderseitige Fehlen dieses Reflexes bei einem Hirnleiden eine diffuse Gehirnerkrankung an; einseitiges Fehlen deutet auf eine locale Affection der entgegengesetzten Hirnhälfte. Auch der Cremaster-, Conjunctival-, Mammillar-, Pupillar-, Nasen-Reflex u. a. können so Object der Untersuchung sein. Mit Hemiplegie verbundene Gehirnläsionen zeigen stets auf der gelähmten Seite Herabsetzung der Reflexe (während nicht selten der Patellarreflex gesteigert sein kann). Bei ausgebreiteter Gehirnaffection besteht bei gleichzeitigem Coma doppelseitiges Fehlen der Reflexe (O. Rosenbach), natürlich auch des Anus und der Blase.

Reflexe im Schlafe und in der Narkose.

Beim Einschlafen (§. 376) zeigt sich vorübergehende Steigerung der Reflexe, im ersten Schlafe sind die Reflexe abgeschwächt, die Pupillen eng. Im festen Schlafe fehlen Bauch-, Cremaster- und Patellar-Reflex; Kitzeln der Sohle und der Nase wirkt erst bei gewisser Stärke. — In der Narkose (z. B. durch Chloroform oder Morphin) schwinden zuerst die Bauch-, dann der Conjunctival- und Patellar-Reflex, endlich verengern sich die Pupillen (O. Rosenbach).

Erhöhung der Reflexe. Einfluss der Reflexstörung auf die willkürlichen Bewegungen.

Abnorme Erhöhung der Reflexthätigkeit deutet meist auf eine Steigerung der Erregbarkeit des Reflexcentrums; es kann aber auch eine abnorme Empfindlichkeit des centripetalleitenden Nerven die Ursache sein. Da das harmonische Ebenmaass der willkürlichen Bewegungen vielfältig von Reflexen geleitet und abgestuft wird, so ist es erklärlich, dass bei Rückenmarksleiden vielfache Störungen desselben beobachtet werden, wie z. B. die charakteristische Störung beim Gehen und in den Greifbewegungen der Tabetiker (pg. 764).

364. Centra im Rückenmarke.

Die Reflexcentra des Rückenmarkes.

An verschiedenen Stellen des Rückenmarkes befinden sich Centra, welche auf reflectorische Anregung gewisse wohlgeordnete Bewegungsmechanismen zur Auslösung gelangen lassen. Diese Centra vermögen zwar ihre Thätigkeit beizubehalten, selbst dann, wenn das Rückenmark von der Medulla oblongata abgetrennt ist, — ferner können wohl auch die, im unteren Rückenmarkstheile liegenden Centra nach Trennung des oberen Theiles thätig bleiben, allein im normalen Körper sind diese Rückenmarkscentra in ihrer Thätigkeit anderen höheren Reflexcentren der Medulla oblongata untergeordnet. Man kann die Centra daher auch als subordinirte Spinalcentra bezeichnen. Ferner kann auch das Grosshirn theils durch Erregung von Vorstellungen, theils als Willensorgan durch Anregung oder Unterdrückung der Reflexe Einfluss auf einzelne subordinirte Spinalcentren haben. Das Nähere ergiebt sich aus dem Folgenden.

Sie sind subordinirte Centra.

Centrum der Pupillen-Dilatation.

1. Das Centrum für die Pupillenerweiterung — liegt im unteren Cervicaltheil und abwärts im Bereich des ersten bis dritten Brustwirbels (Budge's Centrum ciliospinale). Es wird durch Verdunkelung erregt; stets reagiren beide Pupillen gleichzeitig auf die Beschattung einer Netzhaut. Einseitige Exstirpation dieser Rückenmarkspartie verengt das Sehloch derselben Seite. Die motorischen Fasern treten durch die vorderen Wurzeln der 2 unteren Hals- und 2 oberen Brust-Nerven in den Halssympathicus über (vgl. diesen pg. 711 und pg. 745). Sogar Vorstellung von Dunkelheit vermag (selten) Pupillendilatation zu erzeugen (Budge).

Bei Ziegen und Katzen kann dieses Centrum (abgetrennt von der Medulla oblongata) direct durch dyspnoeische Blutmischung erregt werden, ebenso durch reflectorische Erregung sensibler Nerven (z. B. des N. medianus), zumal wenn das Rückenmark durch Strychnin oder Atropin in gesteigerte Erregbarkeit versetzt war (Luchsinger). (Ueber das, in der Medulla oblongata liegende obere Dilatatorencentrum siehe §. 369. 8.)

Centrum der Defäcation. 2. Das Centrum für die Kothentleerung: — Budge's Centrum anospinale. Die centripetalleitenden Nerven liegen in den Pl. haemorrhoidales und mesentericus inferior, das Centrum am 5. (Hund) oder 6.—7. (Kaninchen) Lendenwirbel; die centrifugalleitenden Fasern entstammen dem Pl. pudendus und treten zu den Schliessmuskeln. Ueber die Erregung dieses Centrums und seine Unterordnung unter das Grosshirn siehe §. 164. Nach Durchschneidung des Rückenmarkes sah Goltz, dass sich der Afterschliesser rhythmisch um den eingeführten Finger contrahirte; die geordnete Thätigkeit des Centrums ist daher nur in Verbindung mit dem Gehirne möglich.

Centrum der Harnentleerung. 3. Das Centrum der Harnentleerung — Centrum vesicospinale (Budge). Dasselbe liegt für den Schliessmuskel am 5. (Hund) oder am 7. (Kaninchen) Lendenwirbel, für die Blasenmuskeln etwas höher. In geordneter Weise functionirt das Centrum nur in Abhängigkeit vom Gehirn, worüber §. 282 berichtet ist.

Centrum der Erection. 4. Das Centrum für die Erection — [§. 438] (Goltz, Eckhard) liegt ebenfalls im Lendentheile. Die sensiblen Nerven sind die Gefühlsäste des Penis; die centrifugalleitenden sind für die Art. profunda penis die gefässerweiternden Nerven aus dem 1.—3. Sacralnerven (Eckhard's Nervi erigentes), für die Mm. ischiocavernosus und transversus perinei profundus die Bewegungsfasern aus dem 3.—4. Sacralnerven. Letztere können auch willkürlich erregt werden, erstere auch zum Theil vom Gehirn aus durch Richtungen der Gedanken auf die Geschlechtsthätigkeit. Eckhard sah auch Erection nach Reizung höherer Rückenmarkstheile, sowie des Pons und der Crura cerebri.

Centrum der Ejaculation. 5. Das Centrum für die Ejaculation. — Die sensiblen Nerven (N. dorsalis penis) sind die anregenden, das Centrum (Budge's Centrum genitospinale) liegt am 4. Lendenwirbel (Kaninchen), die motorischen Fasern der Samenleiter entstammen dem 4. und 5. Lumbalnerven, welche in den Grenzstrang des Sympathicus und endlich von hier zu den Samenleitern hintreten. Für den M. bulbocavernosus, den Herausschleuderer des Samens aus dem Bulbus der Harnröhre, liegen die motorischen Fasern im 3. und 4. Sacralnerven (Nn. perinei).

Centrum des Gebäractes. 6. Das Centrum für den Gebäract (§. 455) am 1. und 2. Bauchwirbel (Körner): die centripetalen Fasern kommen vom Pl. uterinus, in welchen auch vom Rückenmarke her die motorischen Fasern wieder eintreten. Goltz und Freusberg beobachteten Begattung und Geburt bei einer Hündin mit am 1. Bauchwirbel durchschnittenem Marke.

7. Gefässnervencentra, — und zwar sowohl vasomotorische, als auch vasodilatatorische, finden sich durch die ganze spinale Axe verbreitet. Diesen ist auch das Milzcentrum (Bulgak) beizuzählen (1.—4. Halswirbel, Hund). Sie werden reflectorisch erregt, — sind aber ausserdem dem dominirenden Centrum der Medulla oblongata (§. 373) untergeordnet. Auch psychische Erregungen (Grosshirn) vermögen sie zu beeinflussen (§. 379). *Centra der Gefässnerven.*

8. Centra der Schweisssecretion, — vielleicht in analoger Vertheilung wie die Gefässnervencentra (§. 290). *Centra der Schweisssecretion.*

Die, von den benannten Centren ausgelösten Bewegungen sind nach dem Mitgetheilten als geordnete Reflexe zu bezeichnen und im Grunde somit den geordneten Reflexen der Rumpf- und Extremitäten-Muskulatur an die Seite zu stellen.

Muskeltonus. — Man hat früher dem Rückenmarke auch noch automatische Functionen zugesprochen, und zwar zunächst eine gewisse mittlere active Spannung der Muskeln, die man als Tonus bezeichnete. Den Tonus der quergestreiften Fasern wollte man beweisen durch das Zurückziehen der Enden eines durchschnittenen Muskels; allein dies rührt einfach daher, dass die Muskeln alle etwas über ihre normale Länge hinaus gedehnt sind (pg. 595), weshalb denn auch gelähmte Muskeln (die doch den nervösen Tonus verloren haben müssten) ganz dasselbe zeigen. Auch die stärkere Contraction gewisser Muskeln nach Lähmung ihrer Antagonisten, ferner die Verziehung des Gesichtes nach der gesunden Seite nach einseitiger Facialislähmung hat man für den Tonus angeführt. Allein diese rühren einfach daher, dass nach der Thätigkeit der intacten Muskeln es an Kräften fehlt, die betreffenden Theile wieder in die normale mittlere Ruhelage zurückzuführen. Gegen die Annahme einer tonischen Contraction spricht auch folgender Versuch von Auerbach und Heidenhain. Versetzt man bei einem decapitirten Frosche die Unterschenkelmuskeln einer Seite in Spannung, so verlängern sich die Muskeln nicht nach Durchschneidung des Hüftnerven, oder nach Lähmung desselben durch Betupfung von Ammoniak oder Carbolsäure. *Ein Tonus quergestreifter Muskeln existirt nicht.*

Bringt man jedoch einen decapitirten Frosch durch Aufhängen in eine abnorme Lage, so beobachtet man, dass, wenn auf einer Seite der Hüftnerv oder die hinteren Wurzeln der Nerven dieser Extremität durchschnitten wurden, dass dann auf dieser Seite das Bein schlaff niederhängt, während es auf der intacten Seite leicht angezogen gehalten wird. Die sensiblen Nerven des niederhängenden Beines werden durch das Gewicht des letzteren dauernd in leichte Reizung versetzt, so dass hierdurch ein leichtes reflectorisches Aufwärtsziehen des Beines statthat, welches unterbleibt, sobald die sensiblen Nervenfasern des Beines gelähmt sind. Will man das besagte leichte Anziehen als Tonus bezeichnen, so ist also letzterer als „Reflextonus" zu kennzeichnen (Brondgeest). [Man vergleiche hiermit den Versuch von Harless, C. Ludwig u. Cyon, pg. 742.] *Brondgeest's sogenannter Reflextonus.*

365. Erregbarkeit des Rückenmarkes.

Es herrscht bis in die gegenwärtige Zeit keine Uebereinstimmung der Ansichten darüber, ob das Rückenmark (ähnlich wie ein peripherer Nerv) reizbar sei, — oder ob es sich gerade durch die merkwürdige Eigenthümlichkeit auszeichne, dass die meisten seiner Leitungsbahnen und Ganglien gegen directe elektrische und mechanische Reize reactionslos sind. *Unerregbarkeit auf mechanische und elektrische Reize.*

In Folgendem seien die Anschauungen der sich gegenüberstehenden Forscher näher präcisirt. Werden Reize auf die blossgelegte weisse oder graue Substanz vorsichtig applicirt, so erfolgt weder eine Bewegung, noch auch eine

Gefühlswahrnehmung (van Deen 1841, Brown-Séquard, Schiff, Huizinga, Sigm. Mayer).

Man hat sich bei Anstellung dieser Versuche sorgfältigst zu hüten, die eintretenden Wurzeln der Rückenmarksnerven zu reizen, da diese natürlich auf die Reize reagiren und so Empfindungen, sowie auch reflectorische Bewegungen einerseits, ferner auch direct erregte Bewegungen andererseits hervorrufen. Da das Rückenmark somit zwar wohl die ihm, von den gereizten hinteren Wurzeln zugebrachten Reize zum Gehirne fortleitet, selbst aber auf Gefühlsempfindungen hervorrufende Reize nicht zu reagiren vermag, so hat Schiff dasselbe als „ästhesodisch" (Empfindungen leitend) bezeichnet. Weiterhin, da dasselbe in gleicher Weise zwar die entweder willkürlich oder reflectorisch erregten Bewegungen durch seine Bahnen zu leiten vermag, ohne jedoch selbst für direct applicirte motorische Impulse empfänglich zu sein, ist es „kinesodisch" (Bewegungen leitend) genannt worden (Schiff). — Nach erneuerten Versuchen äussert sich Schiff wie folgt:

1. In den Hintersträngen sind die durchsetzenden sensiblen Wurzelfasern auf Reiz schmerzhaft, nicht jedoch die eigentlichen Bahnen der Hinterstränge selbst. Nur sah Schiff als Zeichen, dass Reize der eigentlichen Bahnen Tastempfindungen bewirken, Erweiterung der Pupillen bei jeder Reizung (§. 394). Abtragung der Hinterstränge bewirkt Anästhesie (Tastverlust); Algesie bleibt erhalten (anfangs besteht sogar Hyperalgesie).

2. Die Vorderstränge sind unerregbar, sowohl für quergestreifte als auch für glatte Muskeln, wenn man nur die eigentlichen Bahnen reizt. Aber es können Bewegungen eintreten, wenn man entweder die motorischen Wurzelfasern reizt, oder wenn Stromschleifen zu den Hintersträngen gelangen, in denen sie die sensiblen Wurzelfäden zu reflectorischen Bewegungen reizen.

Nach Schiff sind daher alle Folgeerscheinungen, die bei Reizung des unverletzten Rückenmarkes auftreten (Krämpfe, Contracturen), entweder bedingt von gleichzeitiger Reizung vorderer Wurzeln, oder sie sind Reflexe von den Hintersträngen allein oder gleichzeitig von Hintersträngen und hinteren Wurzeln.

Krankheiten, die nur Vorder- und Seiten-Stränge betreffen, erzeugen nie Reizungs-, sondern nur Lähmungs-Symptome.

Bei vollständiger Anästhesie und in der Apnoe ist jede Reizung ohne Erfolg. — Nach Schiff's Anschauung sind überhaupt alle Centra, spinale wie cerebrale, durch künstliche Mittel unerregbar. Nur durch die Lähmungsmethode kann man deshalb den Sitz eines Centrums bestimmen.

Gegen diese Anschauungen, also für die Möglichkeit der directen Reizung des Rückenmarkes sprechen manche Forscher. Fick behauptet Bewegungen der Hinterbeine zu erzielen, wenn er die, auf lange Strecken isolirten Vorderstränge vom Frosch direct reizt (so dass Stromschleifen ausgeschlossen seien). — Biedermann macht folgenden Schluss: Der motorische Nerv ist an seinem Querschnitte am reizbarsten. Auch am Rückenmarksquerschnitt sind schwache Reize (absteigende Oeffnungsschläge) wirksam, nicht jedoch weiter abwärts. Dieses spreche für analoge Reizempfänglichkeit beider. — Luchsinger endlich behauptet, dass man durch Eintauchen des Vordertheiles einer geköpften Schlange in heisses Wasser die Reflexe im oberen Rückenmark vernichten könne, während die directe Reizbarkeit verbleibe.

Reizbarkeit der Vasomotoren.

3. Die vom vasomotorischen Centrum durch das Rückenmark abwärts verlaufenden Vasoconstrictoren sind innerhalb desselben durch alle Reize erregbar: die directe Reizung jedes Rückenmarks-Querschnittes verengt alle abwärts innervirten Gefässe (C. Ludwig u. Thiry). In gleicher Weise

sind reizbar die, im Rückenmarke aufsteigenden, auf das vasomotorische Centrum pressorisch wirkenden Fasern (C. Ludwig u. Dittmar). §. 366, 10. (Ihre Reizung bewirkt keine Empfindung). Nach Schiff handelt es sich in diesen Versuchen jedoch ebenfalls nicht um directe Reizerfolge.

Reizbarkeit gegen chemische Reize.

4. Gegen chemische Reize (Bestreuen mit Kochsalzpulver oder Benetzung der Schnittflächen mit Blut) scheint das Rückenmark empfänglich zu sein.

Reizung der Centra.

5. Die motorischen Centra sind direct erregbar durch über 40° erhitztes und durch Erstickungs-Blut, oder durch plötzliche und totale Anämie in Folge von Aorten-Unterbindung (Sig. Mayer); — ebenso durch einige Gifte: Pikrotoxin, Nicotin, Baryumverbindungen (Luchsinger).

Bei Versuchen hierüber muss das Rückenmark z. B. am letzten Brustwirbel gegen 20 Stunden vorher durchtrennt sein, damit sich dasselbe von der Erschütterung erholt hat. Auch sind am unteren Theile (um etwaige Reflexbeeinflussungen abzuschneiden) die hinteren Wurzeln vorher zu durchtrennen. Wird bei einer so vorgerichteten Katze Dyspnoe erregt, oder deren Blut überhitzt, so treten im Bereiche des unteren Marktheiles Streckkrämpfe, Gefässcontraction, Schweisssecretion, Entleerung der Blase, des Mastdarmes ein, sowie Bewegung des Uterus und der Samenleiter. Aehnlich wirkt die Verabreichung mancher Gifte (wie Pikrotoxin) (Marshall Hall, Luchsinger, v. Schroff). Bei Thieren mit abgetrennter Medulla oblongata werden sogar auf solche Weise rhythmische Athembewegungen hervorgerufen, wenn das Rückenmark durch Strychningaben oder Hitzeeinwirkung vorher hoch erregbar gemacht war (P. v. Rokitansky, v. Schroff jun.), worüber beim Athmungscentrum (§. 370) zu vergleichen ist.

Erwähnung bedarf noch die merkwürdige Thatsache, dass nach einseitiger Durchschneidung des Rückenmarkes, oder auch allein der Hinter- und Seiten-Stränge, Hyperästhesie unterhalb des Schnittes auf derselben Seite eintritt (Fodéra, 1823 u. A.), so dass Kaninchen schon bei einem leisen Drucke auf die Zehen laut schreien. Die Erscheinung kann gegen 3 Wochen anhalten und kann dann einer normalen oder subnormalen Empfindlichkeit Platz machen. Die gesunde Seite zeigt dauernd Herabsetzung der Empfindlichkeit. Aehnliches sah man auch beim verletzten Menschen. — Eine analoge Erscheinung zeigte sich nach Durchschneidung der Vorderstränge, nämlich eine grosse Neigung zu Zuckungen in den Muskeln unterhalb des Schnittes (Hyperkinesie) (Brown-Séquard).

366. Leitungsbahnen im Rückenmarke.

Localisirte Tastempfindung.

1. Die localisirte Tastempfindung (Temperatur-, Druck-Wahrnehmung und das Muskelgefühl) wird geleitet durch die hintere Wurzel, sodann in die Ganglien des Hinterhornes, endlich von hier im Hinterstrange derselben Seite aufwärts.

Beim Menschen verlaufen die, von der Unterextremität herkommenden Bahnen durch die Goll'schen Stränge, die von der Oberextremität durch die Grundbündel (Fig. 186) (Flechsig).

Beim Kaninchen liegt die Bahn der localisirten Tastempfindung im unteren Dorsaltheile im Seitenstrange (C. Ludwig u. Woroschiloff, Ott u. Meade Smith).

Durchschneidung einzelner Theile des Seitenstranges hebt diese Empfindungen für einzelne zugehörige Hautterrains auf; totale Durchschneidung auf einer Seite hat denselben Erfolg für die ganze Körperseite unterhalb des Schnittes. Der Zustand des aufgehobenen Tast- und Muskel-Gefühles wird Anästhesie genannt.

Localisirte willkürliche Bewegung.

2. Die localisirte willkürliche Bewegung wird beim Menschen auf derselben Seite durch den Vorder- und Seiten-Strang (Fig. 186) geleitet und zwar durch die (§§. 350 u. 367 näher bezeichneten) Pyramidenbahnen. In der betreffenden Höhe des Rückenmarkes tritt die Leitung zuerst in die Ganglien des Vorderhornes und von hier in die betreffende Vorderwurzel.

Die exacten Durchschneidungsversuche von C. Ludwig u. Woroschiloff, Ott u. Meade Smith ergaben für den unteren Dorsaltheil des Kaninchens den Verlauf im Seitenstrang allein.

Im Vorderhorn des Frosches tritt jede motorische Faser mit je einer Gangliencelle in Verbindung (Gaule u. Birge).

Partielle Durchschneidungen im Seitenstrange heben die willkürliche Bewegung einzelner entsprechender Muskeln unterhalb des Schnittes auf. — Wegen der Leitung 1. und 2. ist es erklärlich, dass die Seitenstränge von unten an aufwärts successive an Dicke und Faserreichthum zunehmen. (Stilling, Woroschiloff). —

Wohlgeordneter Reflex.

3. Der tactile (ausgebreitete wohlgeordnete) Reflex. Die Fasern treten durch die hinteren Wurzeln ein und sodann zu den Ganglien der Hinterhörner. Es stehen weiterhin in den verschiedenen Niveaux des Markes die Gangliengruppen, welche den wohlgeordneten Reflex beherrschen, in Verbindung durch Fasern, welche innerhalb der vorderen gemischten Seitenstrangbahnen, der Vorderstranggrundbündel (? und der Keilstränge) verlaufen (pg. 751). Von den motorischen Ganglien endlich treten die Fasern für die erregten Muskeln natürlich durch die vorderen Wurzeln aus.

Störungen bei der atactischen Form der Tabes.

Die atactische Tabes dorsalis, — bei welcher eine Entartung der Hinterstränge angetroffen wird, ist durch eine charakteristische Bewegungsstörung bemerkenswerth. Die willkürlichen Bewegungen können zwar mit voller Kraft ausgeführt werden, allein es fehlt denselben durchaus die feine harmonische Abstufung nach Intensität und Extensität. Diese wird zum Theil von dem normalen Bestehen der Tastempfindungen und des Muskelgefühls geleitet, deren Bahnen in den Hintersträngen liegen. Nach Entartung der letzteren tritt nicht allein Anästhesie ein, sondern auch Störung in der Auslösung der tactilen Reflexe, für welche ja der centripetale Bogenschenkel unterbrochen ist. Aber auch eine gleichzeitige Läsion der einfach sensiblen Nerven kann in analoger Weise durch Analgesie und Wegfall der pathischen Reflexe das Ebenmaass der Bewegungen wesentlich mit stören (§. 357). Da die Fäden der hinteren Wurzeln die weissen Hinterstränge durchsetzen, so ist auch hierdurch erklärlich, dass Störungen in der Gefühlssphäre während der Entartung dieser Theile auftreten (Charcot u Pierret). Aber auch die hinteren Wurzeln selbst können von der Entartung mitbefallen werden und auch ihr Ergriffensein vermag die Störungen in der Gefühlssphäre zu erklären (pg. 741). Letztere bestehen theils in einer abnormen Steigerung der Tast- oder Schmerz-Empfindungen verbunden mit lancinirenden Schmerzen, theils können dieselben bis zur Tast- oder Schmerz-Empfindungslosigkeit gesteigert sein. Zugleich ist die Tastempfindung (in Folge der Reizung der Hinterstränge) alterirt (Taubsein, Pelzigsein, Gefühl der Formication oder Constriction). Oft ist die Gefühlsleitung verlangsamt (pg. 692). Auch das Gefühl der Muskeln, Gelenke und innerer Theile ist alterirt. Liegen endlich wirklich in den Keilsträngen Fasern für die Leitung des ausgebreiteten wohlgeordneten Reflexes, so erklärt auch eine Unterbrechung dieser Leitungen zum Theil die Ataxie.

4. Die Hemmung des tactilen Reflexes erfolgt durch die Bahn der Vorderstränge; in dem betreffenden Markniveau tritt die Leitung aus dem Vorderstrang in die graue Substanz hinein, um sich mit den Leitungen des Reflexapparates zu verbinden. *Hemmung der tactilen Reflexe.*

5. Die Leitung der schmerzhaften Empfindungen geschieht durch die Hinterwurzeln und von da durch die ganze graue Substanz. Zum Theil findet daher bereits im Rückenmark Kreuzung der Fasern statt, die von einer Seite zur anderen übertreten. [Ueber den weiteren Verlauf zum Gehirn siehe §. 367.] *Schmerzempfindung.*

Nach den Untersuchungen von N. Weiss an Hunden, denen an der Grenze von Brust- und Lenden-Mark der Seitenstrang durchschnitten war, ergab sich, dass je ein Seitenstrang sensible Bahnen gleichmässig für beide Seiten führt. Die Hauptmasse der motorischen Bahnen bleibt auf derselben Seite; diejenigen, die für die contralaterale Seite bestimmt sind, werden erst nach einigen Wochen, wenn sie allein functioniren sollen, hierzu befähigt. Durchschneidung beider Seitenstränge vernichtet Empfindung und Beweglichkeit beiderseits völlig. Die Vorderstränge und die graue Substanz sollen zur Unterhaltung dieser nicht ausreichen.

Wird die graue Substanz durchschnitten bis auf eine nur kleine, übriggebliebene Verbindungsstelle, so genügt diese allein schon, die Schmerzempfindungen aufwärts zu leiten. Nur soll nach Schiff in diesem Falle die Leitung verlangsamt sein. Erst wenn die graue Substanz total durchtrennt ist, hört jede Schmerzempfindung von den unterhalb belegenen Körpertheilen auf. Es entsteht so der Zustand der Analgesie, bei welchem (wenn die Hinterstränge intact sind) die Tastempfindungen noch bestehen. Man beobachtet denselben Zustand nicht selten bei Menschen in der unvollkommenen Chloroformnarkose, namentlich auch in der Narkose durch combinirte Darreichung von Chloroform und Morphin (Thiersch). Da diese Gifte eher die, die Schmerzempfindungen vermittelnden Nerven betäuben, als die Tastnerven, so behaupten die Operirten, sie hätten wohl den operativen Eingriff als Tastempfindung (als Druck u. s. w.) wahrgenommen, aber nicht als Schmerz (Schiff). — Da die Schmerzleitung überall durch die ganze graue Substanz stattfindet, da ferner die Schmerzerregung um so weiter sich innerhalb der grauen Substanz ausbreitet, je intensiver der schmerzhafte Eingriff ist, so erklärt sich die sogenannte Irradiation der Schmerzempfindungen. Bei heftigen Schmerzen scheint nämlich vom Orte der Einwirkung der Schmerz auf grössere Terrains auszustrahlen, so z. B. irradiirt bei heftigem Zahnschmerze, der von einem bestimmten Zahne ausgeht, alsbald der Schmerz auf die ganze Kiefergegend, ja selbst bis über die ganze Kopfhälfte. *Analgesie.* *Irradiation der Schmerzen.*

6. Die Leitung der krampfartigen, unwillkürlichen, uncoordinirten Bewegungen geschieht durch die graue Substanz; von letzterer überall durch die vorderen Wurzeln. *Unwillkürliche Krampfbewegung.*

Sie findet z. B. statt bei der Fallsucht und bei manchen Vergiftungen, z. B. durch Strychnin, bei der urämischen Intoxication, dem Starrkrampfe (§. 362. II). Auch die anämischen und dyspnoeischen Krämpfe werden vom verlängerten Mark durch die ganze graue Substanz abwärts geleitet.

7. Die Leitung des ausgebreiteten Reflexkrampfes findet von den hinteren Wurzeln zu den Ganglien der Hinter- und sodann der Vorder-Hörner und endlich in die vorderen Wurzeln statt, und zwar unter den Bedingungen, welche bei der Besprechung dieser Reflexform bestimmt wurden (vgl. §. 362. II). *Reflexkrampf.*

Hemmung des pathischen Reflexes.

8. Die Hemmung des pathischen Reflexes erfolgt durch den Vorderstrang abwärts und sodann in die graue Substanz zu den Verbindungsbahnen der Reflexorgane, in welche hinein dieselben Widerstände übertragen.

Vasomotoren.

9. Die Vasomotoren verlaufen durch die Seitenstränge (Dittmar) und verlassen, nachdem sie in der entsprechenden Höhe in Ganglien der grauen Substanz eingetreten sind, das Rückenmark durch die vorderen Wurzeln. Weiterhin treten sie an die muskelhaltigen Gefässe entweder einfach durch die Bahn der Spinalnerven oder durch die Rami communicantes in den Sympathicus und von diesem zu den Gefässgeflechten.

Durchschneidung des Rückenmarkes lähmt alle Vasomotoren unterhalb dieses Schnittes; Reizung des peripheren Rückenmarkstumpfes bewirkt umgekehrt Contraction aller jener Gefässe.

Pressorische Fasern.

10. Pressorisch wirkende Fasern treten durch die hinteren Wurzeln ein, laufen dann im Seitenstrange empor und erleiden eine unvollkommene Kreuzung (C. Ludwig u. Miescher).

Ihr endlicher Zielpunkt ist das dominirende Vasomotorencentrum in der Medulla oblongata, welches sie somit reflectorisch anregen. — Analog wirksame depressorische Fasern müssen zwar auch im Rückenmarke ihre Leitung haben, doch ist über dieselben nichts ermittelt.

Athemnerven.

11. Vom Athmungscentrum im verlängerten Marke laufen abwärts in den Seitensträngen derselben Seite die Athemnerven, welche, ohne vorher noch zu Ganglien der grauen Substanz zu treten (?), durch die vorderen Wurzeln in die motorischen Nerven der Athmungsmuskeln übertreten (Schiff).

Einseitige oder totale Durchschneidungen des Rückenmarkes höher und höher hinauf lähmen demgemäss successiv stets höher entspringende Athmungsnerven derselben oder beider Seiten. Durchtrennung oberhalb der Phrenicusursprünge wirkt allein schon wegen der Lähmung dieser vornehmsten Inspiratoren tödtlich (§. 119. A. 1.).

Pathologisches.

In pathologischen Fällen, — bei Entartungen oder directen Verletzungen des Rückenmarkes oder einzelner Theile desselben, ist darauf zu achten, inwiefern Störungen der dargelegten physiologischen Verhältnisse auftreten. Hierbei ist besonders zu beachten, dass nicht selten Reizerscheinungen und Lähmungserscheinungen in dicht benachbarten Rückenmarkstheilen neben einander vorkommen können, wodurch die Analyse des Krankheitsbildes erschwert wird.

Das Gehirn.

367. Allgemeines Schema des Gehirnbaues.

Für einen in so hohem Grade verwickelten Bau, wie den des Gehirnes, ist es von der grössten Bedeutung, dass man sich über den Grundriss desselben, wenn auch nur in kurzer Skizze, orientire. Es ist ein grosses Verdienst von Meynert, einen derartigen brauchbaren Orientirungsplan auf Grund eingehender Forschungen vorgezeichnet zu haben. Auch wir legen denselben mit Berücksichtigung der, durch neuere Arbeiten gelieferten Ergänzungen und Berichtigungen unserer Besprechung zu Grunde. Und wenn auch weitere Forschungen in dem labyrinthischen Wunderbau noch andere Wege und Bahnen auskundschaften, so bleibt nichtsdestoweniger der Werth des leitenden Grundrisses erhalten.