

IV. Bemerkungen zur Mechanik des Nervensystems. (Die oxygene, organische, Energie.)

Von Professor O. Rosenbach in Breslau.

(Schluss aus No. 44.)

III. Der Mechanismus der Degenerationszustände peripherer Nerven.

Acceptirt man die Thatsache, dass die Ganglienzellen Accumulatoren oder eigentlich Transformatoren und Accumulatoren zugleich sind, so müssen auch zwei Thatsachen der Nervenphysiologie von anderen Gesichtspunkten aus als bisher betrachtet werden; es ist dies einmal die Lehre von den sogenannten trophischen Centren und zweitens die Lehre von dem Wesen der Leitung motorischer Reize. Wenn die Nerven nur Leitungsbahnen wären, d. h. nur durch gewisse Formen kinetischer Energie, die in sie einstrahlen, in gewisse Schwingungen der kleinsten Theilchen geriethen, so wäre eine Degeneration der Bahnen nach Abtrennung vom Centrum nicht gut erklärlich; denn was wird mit dem Ausdrucke trophisch überhaupt erklärt? Wenn man jedoch weiss, dass auch die Nerven nicht Leitungsbahnen, sondern Maschinen sind, deren labiler (dynamischer) Gleichgewichtszustand, d. h. ihre Arbeitsthatigkeit, erhalten werden muss, wenn nicht stabile und indifferente Isodynamie der Theilchen, also Stillstand der Maschine und Zerfall in ein Moleculaggregat, d. h. Lähmung und Tod eintreten soll, so ist es erklärlich, dass der motorische Nerv, der vom Centrum der Energieanhäufung des Körpers, dem Rückenmark, abgetrennt ist, peripher degeneriren muss; nur so ist es erklärlich, dass Spinalnerven die vom Rückenmark, Gehirnnerven, die vom Mittelhirn abgetrennt sind, entarten. Die Transformatoren, die den motorischen Nerven bilden, können nur centrifugal geladen werden und müssen degeneriren, sobald der sie speisende, d. h. ihr labiles Gleichgewicht bewirkende, Nervenstrom unterbrochen ist; denn da sie ja die oxygene Energie wieder in Muskelelregung und Bewegung umwandeln, so können sie nur vermittels der Form kinetischer Energie, auf die sie eingestellt sind, dauernd arbeiten. Arbeiten sie aber nicht mehr, so tritt Isodynamie und Gewebestod ein. Die normale Innervation vom Centrum aus befördert nun den Verbrennungsprocess, sie liefert gewissermassen kleinste Funken, die die Verbrennung reguliren und verstärken. Der motorische Nerv, dessen einziges Kraftreservoir das Rückenmark ist, muss also nach der Abtrennung degeneriren; aber auch der Muskel wird theilweise degeneriren, wenn nach Abtrennung des Kraftreservoirs die Möglichkeit schwindet, in ihm Anlösungsvorgänge in grösserer Ausdehnung zu erregen.

Die Trennung des motorischen Nerven vom Rückenmark bringt also nicht hypothetische, trophische Centra in Wegfall, sondern sie bewirkt den Stillstand der Maschine, weil die Anlösungsvorgänge anfhören, die die Voraussetzung des labilen Gleichgewichtszustandes jeder organischen Maschine sind. Wenn aber die Maschine aus dem labilen in den stabilen Gleichgewichtszustand übergeht, so steht sie eben still, und wenn ihre Theile dann allmählich in den indifferenten Gleichgewichtszustand eintreten, so ist sie eben keine Maschine mehr, sondern ein Moleculcomplex, der nicht mehr zum Leben zu bringen ist, denn Leben heisst Arbeit leisten.

Bei den sensiblen Nerven liegen die Verhältnisse etwas complicirter. Wenn wir erwägen, dass das centripetale Nervensystem mit seinen Endapparaten ein Sammler kinetischer Energie von grösster Feinheit und Exactheit ist, wenn wir erwägen, dass die Sinnesapparate bereits die geringsten Lichtwellen auffangen und zur Umwandlung in Nervenenergie und als Anlösungsvorgänge für unbegrenzte Arbeitsleistung verwerthen — ein kaum messbarer Lichteindruck vermag die ganze Summe der Muskelearbeit des Körpers anzulösen — so ist klar, dass Schutzapparate in besonderer Stärke vorhanden sein müssen, um die auftreffende kinetische Energie (Erschütterung, Stoss) für die Centralorgane möglichst unmerklich in die oxygene Energie überzuführen oder die Thätigkeit der Apparate, die damit betraut sind, beim Eintreffen neuer Energiemengen möglichst wenig zu stören. So ist als erster Hemmnungsapparat, als erstes Reservoir, gewissermassen als Damm das sensible Wurzelganglion eingefügt, um jedenfalls einen Theil der Energie durch Aufspeicherung und Ableitung vom Rückenmark und Gehirn — es findet ja auch eine Verbindung mit Fasern der vorderen Wurzeln statt — fernzuhalten. Neben diesem Zwecke dient es aber noch einem anderen, nämlich die Maschinen der sensiblen (centri-

petalen) Nerven in beständigem Gange zu erhalten. So paradox es klingt, es ist höchst wahrscheinlich, dass in den centripetalen Nerven auch recht umfangreiche centrifugale Impulse — und zwar hemmende und beschleunigende — geleitet werden; denn das, was wir Aufmerksamkeit nennen, ist nichts anderes, als ein starker centrifugaler Impuls, der in sogenannten sensiblen (centripetalen) Nerven geleitet wird und diese erst aufnahmefähig macht für die Leitung feinsten Reize. Aufmerksamkeit ist also die Aufhebung der Hemmung, die das Gehirn beständig auf den Accumulator des Rückenmarks ausübt, und erst nach dem Anfhören dieser Hemmung oder mit der Eröffnung einer Nebenschliessung zum Gehirn können selbst die schwächsten centripetalen Reize in das Gehirn einstrahlen.

Dass wir im Schlafe nicht fühlen und empfinden — die bewusste Empfindung tritt doch jedenfalls erst im Augenblicke des Erwachens ein, wie gewisse Tranmerlebnisse beweisen — beruht nicht etwa bloss darauf, dass das Grosshirn primär, z. B. durch Ermüdungsstoffe, unerregbar wird und nur deshalb von peripheren Reizen unbeeinflusst bleibt, sondern vor allem darauf, dass vom Gehirn während des Schlafs beständig hemmende Impulse nach der Peripherie gehen, die die Leitung nach dem Gehirn einerseits durch Verschluss der sensiblen Bahnen (Herabsetzung der Erregbarkeit der peripheren Nerven), andererseits durch Verschluss der Eingangspforten (Reizung der Sphincteren) verhindern. Ich habe bereits in früheren Arbeiten über das Verhalten der Reflexe im Schlafe¹⁾ und bei Anstellung einer Theorie des Cheyne-Stokes'schen Phänomens²⁾ auf diese scheinbar paradoxe Erscheinung hingewiesen und will hier nur bemerken, dass eben im Schlafe die Maschinen der sensiblen Nerven nach Möglichkeit „abgestellt“ sind, während der Verschluss der Sphincteren der denkbar stärkste ist. Während also im wachen Zustande das Grosshirn die höchste Feinheit der sensiblen Leitung dadurch erzielt, dass es die hemmenden Impulse, die es fast beständig durch die Hinterstränge nach der Peripherie sendet, fortfallen lässt (Aufmerksamkeit), bewirkt es im Schlafe das Umgekehrte, indem es die hemmenden Impulse so verstärkt, dass Reize, die sonst in die centripetalen Bahnen geleitet werden, jetzt nicht zum Gehirn gelangen, weil sie in der Peripherie angesammelt werden. Einen Theil der Energie, die es während des Schlafes an motorischen Impulsen (in den Pyramidenbahnen) erspart, veransgibt es dann zu centrifugalen Impulsen in centripetalen Nerven. Wie stark diese Hemmung sein muss, ersieht man aus der Thatsache, dass so viele Personen, namentlich Kinder, die ans festem Schlafe erweckt werden, sich ans Leibeskräften am ganzen Körper zu kratzen anfangen — ein Zeichen dafür, dass sich in den während des Schlafs verschlossenen Bahnen der peripheren Nerven sehr beträchtliche Mengen von Reiz angesammelt haben müssen.

In den sensiblen Nerven gehen also beständig centripetale und centrifugale Wellen, und die Arbeit der Maschine der peripheren Nerven wird nach zwei Richtungen hin angeregt, durch kinetische (centripetal geleitete) Energie, die transformirt werden soll, und durch oxygene (centrifugal geleitete), in „Nervenkraft“ transformirte Energie, die allein den Tonns, die Labilität der Maschine erhält: Der Reiz also, der die nthätige Maschine erst zur eigentlichen arbeitenden Maschine macht, da er das labile Gleichgewicht erhält, kommt auch für den sensiblen Nerven vom Centrum, und daher muss auch der centripalleitende Nerv degeneriren, wenn er von seinem Kraftreservoir, den Spinalganglien, getrennt ist. Dass auch der zwischen Ganglion und Rückenmark gelegene Stumpf des sensiblen Nerven atrophirt, kann niemanden Wunder nehmen, da ja die im Stumpfe befindlichen Maschinchen nicht mehr Energiemengen von der Peripherie her erhalten, also der Functionsatrophie anheimfallen müssen, während der periphere Stumpf, der noch am Ganglion hängt, natürlich nicht atrophiren wird, da er Impulse jeder Art empfängt und mit dem Kraftreservoir zusammenhängt.

Hier ist noch eine Frage zu berühren, die von grosser Wichtigkeit ist, nämlich die Reizleitung. Die Wellen der Energie im Gewebe pflanzen sich von den Reservoirs, den Accumulatoren, nach allen Richtungen hin gleichmässig fort, und nur dort, wo es sich um allerfeinste Vorgänge der isolirten Fortleitung der Energie handelt, findet wahrscheinlich eine Fortpflanzung nur in longitudinaler Richtung, in geschlossenen Bahnen, in isolirten Nervenröhren statt. Von dem Kerne aus pflanzt sich die Erregung nach der ganzen Umgebung hin fort, von einer Ganglienzelle auf alle mit ihr in Verbindung stehenden Nerven, ohne dass gerade ein Fortsatz nöthig ist, der direkt mit einer bestimmten Faser in Verbindung steht.

¹⁾ Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 1 p. 358.

²⁾ Ibid. Bd. 1 p. 583.

IV. Die Mechanik der Degeneration des Rückenmarks.

Dass aus der eben dargelegten Ansicht von dem Mechanismus der Nervenarbeit auch eine wesentlich veränderte Auffassung der Ursache von Nervenkrankheiten, d. h. der Veränderung der Arbeitsleistung einzelner Theile des Nervensystems resultirt, mag hier nur angedeutet werden. Eine Krankheit, wie z. B. die Tabes, die eine Einstellung der Arbeitsleistung eines grossen Theiles der nervösen Transformatoren und Accumulatoren darstellt, kann nur dann entstehen, wenn die Energiebildung, die Umformung und die Aufspeicherung der Energie so wesentliche Veränderungen erfahren haben, dass keine Energie für wesentliche Arbeitsleistung mehr vorhanden ist, weil für ausserwesentliche Arbeit zu viel verausgabt wurde. Die Zeit muss kommen, in der man zur Bildung eines natürlichen Systems der Krankheiten ebenso gelangen wird, wie die Botanik zu ihrem natürlichen Systeme gelangte. Man wird die bisherigen Standpunkte der Eintheilung nach äusserlichen, pathognomonischen Kennzeichen verlassen und sich dazu entschliessen müssen, die solidarpathologischen, humoralpathologischen, ätiologischen und pathologisch-anatomischen Gesichtspunkte bei der Aufstellung der Krankheitsbegriffe zu verlassen, um die Leistung (Functionsveränderung) der arbeitenden Maschine allein ins Auge zu fassen. Von Wichtigkeit ist ja doch nur die Betriebsleistung des Gewebes, und deshalb muss die functionelle Diagnostik, die allein aus dem Maasse der ausserwesentlichen Leistung das Verhältniss der inneren wesentlichen Arbeit der Protoplasmamaschinen zu erschliessen bestrebt ist, an Stelle der bisherigen Diagnostik treten, der es genügt erst die letzten Folgen gestörter Arbeit aus den bereits eingetretenen Veränderungen der Form und Beschaffenheit der Gewebe zu erschliessen. Das Gewebe selbst, das specifische Protoplasma, ist die arbeitende Maschine, deren Gesamtleistung das ist, was wir Körperhaushalt nennen. Die Blutversorgung und die Beschaffenheit der Säfte ist einzig und allein der Ausdruck der Thätigkeit des Gewebes, wenn ja auch nicht geleugnet werden soll, dass auch eine primäre Disposition in der Anlage des Circulationsapparates in gewissem Sinne die Arbeit der Theile beeinflussen kann (angeborene Enge des Aortensystems, Missbildungen). Was für alle Theile gilt, gilt auch für das Nervensystem. Da alle seine Maschinen wesentliche und ausserwesentliche Arbeit leisten, so reguliren sie selbst primär den Blutzufluss und gehen zugrunde, nicht weil der Blutzufluss durch primäre Gefässerkrankung stockt — dies kommt nur unter den seltensten Bedingungen (bei Embolien) vor — sondern weil sie durch zu grosse Ausgaben für ausserwesentliche Arbeit eine Verringerung der zu ihrem eigenen Betriebe nöthigen Energie erfahren und somit unter Einschränkung des Betriebes allmählich zur minimalsten Leistung gelangen, ja der Zerstörung anheimfallen müssen, weil sie ja die zu ihrem Betriebe nöthige Energie, die oxygene Kraft nur aus ihrer vollen Arbeit gewinnen können.

Den Versuch, die Tabes als primäre Gefässerkrankung aufzufassen, können wir ebenso wie den Versuch, sie als alleiniges Product der Lues hinzustellen, nur als einen höchst unbefriedigenden bezeichnen; denn Gefässe können nicht primär erkranken, da die Arbeitsleistung des Blutgefässsystems nur der Ausdruck seiner specifischen Gewebenergie ist. Je mehr das Gewebe (auf irgend welche Reize hin) arbeiten muss, desto grösser ist auch der Blutzufluss, wie aus der obigen Auseinandersetzung über die Thätigkeit der Protoplasmamaschine hervorgeht; aber je mehr chemische (wesentliche und ausserwesentliche Arbeit) das Gewebe leisten muss, desto geringere mechanische kann es leisten und umgekehrt. Je mehr Arbeit dem Nervenorgan schon an und für sich bei Umsetzung der Energie (bei der wesentlichen Arbeit) entsteht, desto schwieriger und ungenügender leistet es seine ausserwesentliche Arbeit, die Reizleitung und Reizumformung, die Innervation, und je mehr Energie es zur Ueberwindung der Widerstände braucht, desto schneller erschöpft sich sein Energievorrath. Die Tabes kann also nur auf Grund der Erschöpfung der Nervenkraft entstehen, und diese ist entweder das Resultat zu geringer Fähigkeit, Energie zu bilden, oder zu grosser (absoluter oder relativer) Ausgaben an Nervenenergie. Je grösser diese ausserwesentliche Leistung der Maschine ist, je mehr Energie für die (äussere) Arbeitsleistung verausgabt wird, desto weniger kann die zur Auslösung der Vorgänge nöthige Energiemenge ersetzt werden, und der Effect ist Verringerung der Auslösungsvorgänge, Verringerung der Arbeit der vom Nervensystem erregten Theile und geringerer Zufluss und verminderte Bildung der Energie, die in Nervenenergie umgeformt werden soll.

Die Lues als Ursache der Tabes anzusehen, ginge nur dann an, wenn bewiesen würde, dass dasluetische Virus eine besondere Vermehrung der ausserwesentlichen und wesentlichen Arbeit des Rückenmarks nöthig machte, etwa wie Strychnin oder andere Gifte; dann wäre die Erschöpfung der Energie, der Stillstand und die schliessliche Vernichtung der Nervenmaschine erklärlich.

Als Ursache der Tabes muss also unserer Ansicht nach vor allem Erkältung angeschuldigt werden, da sie die Wärmebildung in den Muskeln, die Hauptquelle der zur Aufnahme und Transformation gelangenden Wärme, verhindert und vielleicht auch direkt auf die Arbeit der Nervenmaschinen der Peripherie einen ungünstigen Einfluss übt. Die Abkühlung der unteren Extremitäten muss in dieser Beziehung von besonderer Bedeutung sein, da gerade die von den unteren Extremitäten kommende Wärme ja zur Bildung der oxygenen Energie in den unteren Rückenmarksabschnitten vorzugsweise nöthig scheint. Als fernere Ursachen für die Entstehung der tabischen Störung können andauernde starke Muskelanstrengungen (namentlich in feuchter und kalter Umgebung) und besonders auch starke und langandauernde sensible Erregungen etc. in Betracht kommen, da sie besondere Ausgaben an Energie nöthig machen und zudem die Arbeit der Maschine wesentlich erschweren. Jedenfalls aber muss auch hier das Bestehen einer angeborenen Disposition, einer Schwäche der Anlage, die selbst relativ nicht grosse Ausgaben an Nervenenergie nicht wieder zu ersetzen gestattet, in Betracht gezogen werden.

In einem folgenden Artikel soll das Wesen der Reflexbewegung und die Mechanik der Innervation im Gehirn unter normalen Verhältnissen, im Schläfe und im Coma erörtert und namentlich dargelegt werden, wie die Umformung der Energie in bestimmten Apparaten zur Ausbildung von Vorstellungen und zu einer Einwirkung dieser letzteren auf die sogenannte motorische Innervation führen kann. Es soll gezeigt werden, dass das Gehirn nicht eigentlich das Organ der Erregung (der Reizung), sondern das der Hemmung ist, und dass der Vorgang, den wir als motorische Innervation vom Gehirn aus bezeichnen, nur dem Fortfall einer vom Gehirn beständig ausgeübten Hemmung und der Eröffnung einer Nebenschliessung zur eigentlichen Hauptbahn entspricht, welche letztere von der Peripherie zum Rückenmarksaccumulator und von diesem durch das Rückenmark zu dem Muskel führt. Der motorische cerebrale Impuls ist der Fortfall der normalen Hemmung, die die Rückenmarksaccumulatoren in der grauen Substanz an der beständigen Bildung eines nach den Muskeln fliessenden starken Stromes hindert. Es soll ferner gezeigt werden, dass auch die gebräuchliche Nomenclatur der Gehirn- und Rückenmarksbahnen recht deutlich die missverständliche Auffassung der psychomotorischen Thätigkeit documentirt, die die ganze neuere Theorie der Localisation im Gehirn und die Lehre von den Centren des Gehirns beherrscht. Man kann es in der That doch nur als eine Verirrung bezeichnen, wenn gewissen Bahnen die Bezeichnung der „transcorticalen“ beigelegt wird; denn nur eine durchaus missverständliche Auffassung von dem Verhältnisse der Psyche zum Gehirn und zu den sogenannten Centren kann den Grund dafür abgeben, dass man in dem Bestreben, die höchsten Centra für eine bestimmte Form der Innervation zu finden, die letzten bekannten Verbindungen des Reflexbogens — die anatomisch als Endstationen der Innervation zu bezeichnenden Ganglien der Grosshirnrinde — eben noch nicht als letzte körperliche Station ansehen will, obwohl es eben aus räumlichen Gründen doch keine weiteren Centra im Organismus geben kann. Nur das unklare Bestreben, keinen geschlossenen Reflexbogen, wie ihn die räumliche Anordnung der Gehirnmaterie erfordert, anzunehmen, hat zur Aufstellung des Begriffes der transcorticalen Bahnen geführt, eines Begriffes, der ebenso gut durch die Bezeichnung „transcendentale Bahnen“ ersetzt werden könnte; denn über den Cortex hinaus giebt es eben kein anatomisches Organ mehr, also auch keine Bahnen im materiellen Sinne. Die Bahnen, die die einzelnen Organe des Cortex verbinden (die Associationssysteme), können nur als intercorticalen Bahnen bezeichnet werden, und das Organ, der Stoff, den wir als Psyche bezeichnen, kann nicht über den corticalen Centren stehen, sondern muss sich zwischen ihnen befinden. Das psychische Organ muss aus einer Materie bestehen, die wir zwar nicht sehen können, aber die an die sichtbare Materie geknüpft ist, wie das, was wir als „Kraft“ (Energie) bezeichnen, an die Materie geknüpft und nur die Äusserung einer besonderen Form der Materie ist. Das Grosshirn, als Organ der Psyche, ist in den Körper eingeschaltet, an den Körper, dessen motorisches Innervationscentrum das Rückenmark ist, angeschlossen, besitzt aber weder direkte sensorische, noch motorische Bahnen.