

## II.

## Ueber das Zittern.

Von

Dr. A. Freusberg.

Indem ich als Assistent am physiologischen Institut zu Strassburg Theil nahm an den Versuchen des Herrn Professor Goltz über die Funktionen des Lendenmarks und über die Gefässinnervation\*), hatte ich die Gelegenheit, nach denselben und ähnlichen Richtungen hin weitere Untersuchungen, zum Theil an denselben Versuchsthieren, zu machen.\* ) Denn die Versuchsobjecte, um die es sich vorzugsweise handelte, nämlich Hunde, denen das Rückenmark am letzten Brustwirbel vollständig durchschnitten war, boten eine solche Fülle von interessanten, bei aller Gesetzmässigkeit individuell verschiedenen deutlich ausgeprägten Erscheinungen dar, dass die Aufmerksamkeit immer nur auf einzelne Punkte gerichtet werden und dass die ganze Menge des zu Beobachtenden erst allmälig und an grossen Versuchsreihen genauer untersucht und erklärt werden konnte, und dass endlich immerfort neue, unerwartete Thatsachen aufstießen, welche die Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen und die auf sie gerichteten Untersuchungen lohnten.

So beobachtete ich wiederholt bei den in der genannten Weise vorbereiteten Versuchsthieren, dass Zittern im Hinterkörper auftrat. Die Achtsamkeit auf die Bedingungen, unter denen dasselbe gesehen wurde, ergab, dass diese vollständig entsprachen jenen, unter denen Zittern im unversehrten Organismus entsteht. War nun gleich

\*) Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. VIII., IX., X.

\*\*) Pflüger's Archiv, Bd. VIII. Reflexbewegungen beim Hunde. — Bd. X. Erregung und Hemmung der Thätigkeit der nervösen Centralorgane. — Archiv f. Pharmacologie und exper. Pathol. Bd. IV. Ueber Strychninwirkung und reflectorische Erregung der Nervencentren.

das kaum anders zu erwarten, so scheint mir dennoch die Auslösung des Zitterns vom Lendenmark aus einer Besprechung werth und ein geeigneter Anlass zur Besprechung des Zitterns überhaupt. — Zu dieser Besprechung der längst gemachten Beobachtungen komme ich erst jetzt, und bin Herrn Professor Goltz, der dieselben zum Theil gesehen und mir auch nach meinem Abgang überliess, zu Dank verpflichtet. — Die Fälle sind folgende:

1) Hühnerhund, 6 Monat alt. — Das Rückenmark wurde am 10. Juli 1873 durchschnitten und zwar, wie bei den folgenden, an der Grenze des Brust- und Lendentheils. — Die verschiedenen bei derartigen Thieren vorkommenden reflectorischen Thätigkeiten — Reflexbewegungen des Hinterkörpers, Ausleerungen u. s. w. — entwickeln sich zu hohem Grade. Nach einiger Zeit entsteht bedeutender decubitus und Abmagerung.

Den 5. August Mastdarmtemperatur 40,2. — Zum Zweck der Reinigung wird der Hinterkörper, ohne Benetzung des Vorderkörpers\*), gebadet in Wasser von 22° C., was innerhalb einiger Minuten ein Sinken der Mastdarmtemperatur auf 38,7 bewirkt. Dabei entstand Zittern der Hinterbeine; die gleichmässig vibrirenden Bewegungen wurden in Zwischenräumen unterbrochen durch ruckweise stärkere Zuckungen. — Etwa zwei Minuten nach der Entfernung aus dem Bade und unter möglichstem Trockenreiben des Hinterkörpers verschwand hier das Zittern, um erst jetzt im Vorderkörper zu beginnen (die Mastdarmtemperatur ist 39,0). Im Vorderkörper hielt das Zittern lange Zeit — bis zum vollständigen Trocknen der Haut und bis zur Erhebung der Mastdarmtemperatur auf 40,0 — an.\*\*)

2) Einem Schoosshündchen wurde das Rückenmark durchschnitten am 18. November 1873. — Tags darauf sehr elendes Befinden; Mastdarmtemperatur auf 35,0 gefallen. Reflexbewegungen auf Kneifen der Pfote werden nur langsam ausgeführt. — Das Thierchen zittert von selbst im Vorderkörper und ebenso stark im Hinterkörper. Das Beben der Hinterbeine ist nach der Ausführung jeder Reflexbewegung bedeutend verstärkt, und solehe Bewegungen selbst geschehen unter hochgradigem Zittern, gleichsam mit grosser Unsicherheit.

3) Von einer nach Durchschneidung des Rückenmarks 8 Monate

---

\*) Ich meine mit diesen Bezeichnungen natürlich überall die vom isolirten Lendenmark aus innervirten Körpertheile gegenüber den mit dem vorderen Abschnitt des Centralnervensystems zusammenhängenden.

\*\*) Dieser Fall ist schon von Herrn Prof. Goltz erwähnt. Pflüger's Archiv. VIII. 496. —

am Leben erhaltenen Hündin, deren Reflexbewegungen ich im Archiv für die ges. Physiologie beschrieb (VIII. S. 360 ff.) habe ich dort schon erwähnt, dass beim Waschen mit lauwarmem Wasser im Hinterkörper Zittern eintrat; ferner dass, wenn man längere Zeit oder intensiv die Hinterpfote electricisch oder mechanisch durch Quetschen reizte, ein starkes Zittern die eintretenden Reflexbewegungen begleitete und lange überdauerte.

4) Einem jungen Hunde wurde am 30. April 1874 der Nv. ischiadicus sinister durchschnitten und am 15. Mai das Rückenmark. Von Reflexbewegungen entwickelte sich die Ab- und Adduction bei Kitzeln der Rücken- und Bauchhaut sehr vollkommen, wie auch clonische Beugung und Streckung bei Druck auf die Bauchgegend. — Dazu gesellte sich nach einiger Zeit folgende Erscheinung. Wenn das Thier am Vorderkörper empor gehalten wurde, geriethen die frei hinabhängenden Hinterbeine in ein anhaltendes Beben. Geringer Druck auf den Bauch verstärkt dasselbe, während auf stärkeres Drücken die angeführten ausgiebigen clonischen Zuckungen eintraten. Wenn das linke Bein an der der sensiblen Nerven beraubten Pfote nach abwärts gezerrt wurde, so gerieth das rechte Bein zuerst in krampfhaftre Streckung und verfiel dann in ein bedeutend verstärktes Zittern bei mittlerer Beugestellung. Als nach 2 Monaten das Thier von Kräften kam und die Reflexbewegungen sehr zurückgingen, blieb das Zittern beim Herabhängen des Hinterkörpers bis zuletzt bestehen. Dies war der einzige Hund von ungefähr 80 operirten, bei dem sich nach dem Tode ein Abscess im Lendenmark vorfand; derselbe, erbsengross, befand sich dicht unterhalb der Durchschneidungsstelle.

Die aufgeföhrten sind nicht alle überhaupt beobachteten Fälle; sie sollen nur als Beispiele dienen, um zu zeigen, auf welche Veranlassungen hin das Zittern des Hinterkörpers auftritt. Immerhin gehört dieses zu den selteneren, nicht bei jedem Hund, dem das Rückenmark durchschnitten wurde, zu beobachtenden Erscheinungen. Ich sah dasselbe bei 10 Hunden auf die angegebenen Weisen — Durchnässung, sensible Hautreizung, Muskelzerrung — entstehen. Daran schliessen sich noch folgende Fälle;

5) Einem Hunde, dem am 28. Januar 1874 das Rückenmark durchschnitten worden, und bei dem die schon gut entwickelten Reflexe nach einiger Zeit sehr gering wurden unter Sinken der Bluttemperatur (bis  $34,0^{\circ}$  C), wurde am 7. Februar Strychnin nitr. 0,002 injicirt. Noch bevor im Vorderkörper die Vergiftung sich geltend machte, geriethen die Hinterbeine spontan, d. h. ohne jede äussere Reizung, in rhythmische

Zuckungen, die allmälig, in zunehmender Frequenz und abnehmender Exkursionsweite sich folgend, in ein anhaltendes Beben übergingen. Erst jetzt erfolgten die Streckkrämpfe des Vorder- und Hinterkörpers.

6) Eine Hündin wurde 2 Tage nach der Durchschneidung des Rückenmarks bei einer Mastdarmtemperatur von 35,2° mit Strychn. nitr. 0,002 vergiftet. Vorher zitterte das Thier, in Folge seiner Blatabkühlung, im Vorderkörper, aber nicht im Hinterkörper. Als bald begannen rhythmische Beugung und Streckung der Hinterbeine, die immer schneller und mit geringerer Excursion sich folgend in ein lange anhaltendes Zittern übergingen. Dieses ging unmittelbar über in die tetanische Streckung, die bis zum Tode dauerte. Während des Zitterns des Hinterkörpers war jenes des Vorderthieres geringer geworden.

7) Ein kleines Hündchen, dem Tags vorher das Rückenmark durchschnitten war, und das bei einer Mastdarmtemperatur von 40,8 mit Strychnin 0,002 vergiftet wurde, zeigte in einem frühen Stadium der Vergiftung heftiges Zittern des ganzen Körpers, das vorübergehend im Hinterkörper sogar stärker war, als im Vorderkörper.

Selbstverständlich verwechsle ich nicht ein actives Zittern des Hinterkörpers mit passiven, vom Vorderkörper her mitgetheilten Schüttelbewegungen des Hinterkörpers.

---

Um die Uebereinstimmung des Entstehens des hier beschriebenen Zitterns mit dem sonst zu beobachtenden zu zeigen, muss ich zuvor auf das Zittern überhaupt eingehen.

Physiologen wie Pathologen haben sich verhältnissmässig noch wenig Rechenschaft über das Zittern gegeben, wenigstens in der Literatur. Vielfach wird gar nicht streng von einander gehalten fibrilläres Muskelzucken und eigentliches Zittern; dieselben sind einander gegenüberzustellen, da das erstere eine periphere, das letztere eine centrale Entstehung hat. Wenn ein motorischer Nerv und mit ihm die zugehörigen Muskeln degeneriren, z. B. nach der Durchschneidung des Nerven, so sehen wir diesen Process, wie Schiff fand, und wie es mit der grössten Reinheit an der Zunge nach Durchschneidung des Nv. hypoglossus zu sehen ist, begleitet von fibrillärem Muskelzucken. Bald hier, bald dort gerathen einzelne Muskelbündel in Contraction, und so entsteht ein ungeordnetes wirres Wogen und Beben des Muskels.

Dem am entsprechendsten ist das bei der Bleilähmung bekannte

fibrilläre Zucken, am entsprechendsten dadurch, dass durch die neuesten anatomischen Untersuchungen, in Uebereinstimmung mit dem klinischen Bilde, der peripherer Nerv (meist der radialis) als der erste Angriffspunkt der Schädlichkeit nachgewiesen zu sein scheint. Hierher gehört dann noch das bei der acuten Vergiftung mit Substanzen, welche die Nervenendigungen im Muskel zerstören, zu beobachtende fibrilläre Muskelzittern. So sieht man im Lähmungsstadium der Strychnin- und noch mehr der Nicotinvergiftung an den ganz schlaff und ohne Ortsveränderung ausgestreckten Extremitäten, wie auch an der Rumpfmusculatur zerstreut und unregelmässig aufschiesende, beim Frosch durch die Spiegelung der Haut sehr deutlich erkennbare fibrilläre Zuckungen; die Zermalmung des Lendenmarks macht dieses Ver-giftungssymptom nicht aufhören.

Das wirre, ungeordnete Zucken und Flimmern der einzelnen Muskeltheile ist leicht verständlich und darauf zu beziehen, dass der Degenerationsprocess die einzelnen Nervenfasern und -endigungen nicht in jedem Augenblick gleichmässig betrifft. Während der in der Degeneration gegebene Reizvorgang das eine Muskelbündel gerade zur Contraction bringt, verharren andere Büddel schlaff, geht in wieder anderen die Contraction gerade zurück.

Fraglich aber ist es, ob die Erscheinung der unmittelbare Ausdruck von Reizvorgängen ist, die im degenerativen Process begründet sind, und die zeitweise zur vorübergehenden Thätigkeitserregung der einzelnen Muskelfasern und -bündel anschwellen. Sollte nicht vielmehr die Degeneration gerade durch die Ausübung eines schwachen beständigen Reizes, eine erhöhte Erregbarkeit der Muskelfasern beziehungsweise ihrer Nervenendigungen setzen, sodass schon äusserst schwache, im physiologischen Zustand unwirksame hinzukommende Reize — z. B. schon die Circulations- und Ernährungsvorgänge — contractionserregend wirken? Dieses von Schiff\*) bei der Erklärung des nach der Nervendurchschneidung sich einstellenden fibrillären Zuckens aufgestellte und von Eulenburg\*\*) für das Auftreten derselben Erscheinung in pathologischen Fällen beim Menschen geltend gemachte Verhalten möchte ich, wegen der Analogie mit dem Verhalten der gangliösen Apparate, glauben, indem, wie ich an anderer Stelle\*\*\*) ausgeführt, es als allgemeines Gesetz gelten darf,

\*) Schiff, Lehrbuch der Physiologie. p. 179.

\*\*) Eulenburg, Lehrbuch der funct. Nervenkrankheiten. p. 630.

\*\*\*) Pflüger's Archiv. X. Erregung und Hemmung der Thätigkeit der nerv. Centralorgane.

dass jede schwache und mittlere Reizung die Erregbarkeit centraler Elemente für jede neue Reizung erhöht. Ferner spricht für diese Auf-fassung der Umstand, dass Luftzutritt zu dem freigelegten Muskel, dessen Nerv durchschnitten ist, und dass die mechanische Berührung desselben, selbst die mittelbare durch die Haut, das Zucken verstärkt, und dass auch ebenso bei Lähmungen, z. B. bei der Bleilähmung, wenn die Leitung von centralen Impulsen gehindert ist, äussere Reize, Be-rühring, Kälteeinwirkung bei Entblössung, das fibrilläre Muskelspiel verstärken oder überhaupt erst zur Erscheinung bringen.

Für unsere Frage bleibt dieses innere Geschehen des bündelweisen und fibrillären Muskelzitters nebensächlich: es muss nur festgehalten werden an seiner peripheren Entstehung. Natürlich hat eine der-artige ungeordnete Thätigkeit der Muskeln keine ortsverändernde Wirkung auf die Extremitäten.

Dem gegenüber characterisirt sich das eigentliche Zittern durch die gleichzeitige, zusammenwirkende Thätigkeit aller Theile der ergriffenen Muskeln, und durch die Erstreckung auf ganze Muskelgruppen bis zu der Intensität, dass eine geringe Bewegungsleistung (wenigstens für die Gliedmassen) daraus erfolgt. Dies kann nur bewirkt werden durch einen alle beteiligten Elemente entsprechend treffenden Impuls, der im Organismus nur vom Centralorgan aus gegeben werden kann. Das Zittern ist mithin eine Thätigkeitsleistung des nervösen Cen-tralorgans.

Es kann hier die Frage entstehen, ob das Zittern beruht auf stoss-weise rasch sich folgenden Contractionen gewisser Muskeln mit nur passiver Beteiligung ihrer Antagonisten, oder auf der abwechselnden Anspannung der antagonistischen Muskeln.

Die erste Möglichkeit, als die einfachere, ist vielfach ange-nommen. So fasst auch Romberg\*) das Zittern auf und stützt sich auf Volkmann's Angabe, dass ein in gewissen Tempo intermittirender electrischer Strom, durch den man das Rückenmark oder einen peripheren Nerv reizt, eine dem Zittern gleiche rasche Folge von Contraction und Erschlaffung der Muskeln verursache.

In solcher Weise sind entschieden manche Fälle von Zittern, im Allgemeinen die nachher in der zweiten Kategorie zu besprechenden, aufzufassen. Das Zittern entspricht da rückweisen, in Schwächezu-ständen des Centralorgans wurzelnden Schwankungen der Innervation.

Aber für andere Fälle von Zittern liegt die Sache nicht so ver-

---

\*) Lehrbuch der Nervenkrankheiten. 3. Aufl. S. 711.

hält nissmässig einfach. Für viele Fälle, im Allgemeinen für die unter der ersten zu besprechenden Kategorie zusammengefassten, trifft schon die Anwendbarkeit jenes physiologischen Experimentes und die unmittelbare Vergleichung mit demselben nicht zu: trifft der Strom doch auch die zu den antagonistischen Muskeln gehörigen motorischen Ganglienzellen und Nervenfasern; und wenn auch in der That die rasch intermittirende Anspannung und Erschlaffung einer Muskelgruppe (z. B. die der Beuger einer Extremität) eine dem Zittern gleichende Bewegungsleistung hervorbringt, so kann man doch nicht ohne Weiteres das Gleiche sagen von der abwechselnden Contraction und Erschlaffung, die gleichzeitig alle Muskeln einer Extremität ergreift.

Dem langsam unterbrochenen Strom gleich sah ich zweimal beim Meerschweinchen schon die blosse Nervendurchschneidung wirken. In unmittelbarem Anschluss an die Durchschneidung des Nv. ischiadicus am Oberschenkel geriethen Unterschenkel und Fuss in ein etwa 2 Minuten lang anhaltendes deutliches Zittern. Man kann sich vorstellen, dass hier der Reizzustand an der Schnittstelle periodisch zu thätigkeitsregender Stärke anwuchs, dass also gleichfalls eine Art intermittirender Reizung des beim Meerschweinchen so ausserordentlich reizempfindlichen Nerven bestand. Aber auch diese Reizung von der Durchschneidungsstelle aus, musste doch die Beuger und Strecker des Fusses gleichmässig treffen.

Mithin muss man, um die genannte Ansicht über den Vorgang des Zitterns theilen zu können, von einer weiteren Annahme ausgehen, nämlich, dass bei antagonistischen Muskelgruppen die eine leichter als die andere auf einen beide gleichmässig treffenden Reiz reagirt. Hierfür kann man in der That manche Stützen anführen; so die zuckende Beugebewegung im Moment der Ischiadicusdurchschneidung; in weiterem Sinne gehört auch hierher, dass die Reflexbewegungen der Extremitäten auf geringe Reize sich als Beugungen zeigen, während starke das Centralorgan treffende Reize Streckungen (mit oder ohne voraufgehende Beugungen) erzeugen. Besonders aber ist zu erwähnen, worauf Rollet\*) neuerdings aufmerksam gemacht, dass die schwache electrische Reizung eines Nervenstammes oder Nervenplexus, der ein grösseres Muskelgebiet — Extremitäten-, Schulter-, Hüftmusculatur — versorgt, Begebewegungen, und dass die starke Reizung ebenderselben Streckung verursacht; — beziehungsweise gilt dasselbe für andere antagonistische Bewegungen, Ab- und Adduction u. s. w.

\*) Referat im „Naturforscher“, VII. 8. aus den Wiener akademischen Anzeiger. 1874.

Man sieht, dass durch diese Thatsachen die besprochene Entstehungsweise des Zitterns eine experimentelle Stütze gewinnt und als möglich erscheinen muss. Das Zittern in den Fällen also, wo es sich nicht auf das oben angegebene ruckweise Schwanken der Intensität eines gegebenen, gleichsinnigen Impulses beziehen lässt, wäre danach zu definiren als eine Entladung der Innervationskraft in häufigen, aber so geringen Portionen, dass nur die mit der grösseren Erregbarkeit ausgestatteten Muskelgruppen, vor Allem die Beuger, in leichte Contractionen gerathen, resp. dass nur diese Impulse erhalten.

Dennoch möchte ich beim Zustandekommen des Zitterns lieber an ein alternirendes Spiel der antagonistischen Muskeln resp. ihrer Innervationsheerde glauben. Denn clonische Zuckungen und Zittern gehen direkt in einander über und aus einander hervor. Für clonische (reflectorisch durch Reizung eines Ichiadicus erzeugte) Zuckungen des Frosches zeigte aber Nothnagel\*), dass dieselben nicht auf periodischer Anspannung nur einer Muskelgruppe, sondern auf abwechselnder Anspannung antagonistischer Muskelgruppen beruhen, und die clonischen Beinbewegungen beim Hunde, welche ich im Auge habe, zeigen schon durch die Ausgiebigkeit und Stärke der Beugungen und Streckungen dieselbe Weise des Zustandekommens.

Jenen Uebergang von clonischen Zuckungen und von Zittern sah ich nun experimentell in folgenden Fällen:

1) Einige Zeit nach der Durchschneidung des Rückenmarks beim Hunde stellten sich pendelnde Bewegungen der Hinterbeine ein, sobald man das Thier am Vorderkörper so emporhält, dass die Hinterbeine frei herabhängend, durch ihre eigene Schwere eine als Reflexreiz wirkende geringe Zerrung erfahren. Diese vollkommen taktmässigen, bei manchen Hunden sehr gewaltsamen activen Beugungen und Streckungen werden bei einem Theil derselben durch folgende Erscheinungen eingeleitet. Beim Emporheben vom Lager fallen die Hinterbeine in eine mehrere Secunden dauernde maximale Streckung; diese geht über in ein starkes Zittern, das sich unmittelbar durch Vergrösserung der Excursionen zu den clonischen erwähnten Bewegungen umgestaltet.

2) In den oben angeführten Beobachtungen 5 und 6 gingen bei strychninisirten Hunden clonische Bewegungen der Hinterbeine in Zittern derselben über, an welches letztere sich Tetanus unmittelbar anschloss — dies bei völlig unberührt und ruhig daliegendem Thier.

3) Bei Fröschen, denen das Rückenmark unterhalb der Arm-

---

\*) Virchow's Archiv. XXXIV. Zur Lehre vom clonischen Krampf.

anschwellung durchschnitten wurde, sieht man oft auf geringere sensible Reize ein Zittern eintreten, statt dessen erst bei längerer Dauer oder grösserer Intensität des Reizes eine mehrmalige Beugung und Streckung, bei noch höherer Intensität des Reizes sofort Streckung erfolgt. Auch diese grösseren, die Lage der Gliedmassen verändernden Bewegungen sieht man bei solchen Thieren, bei denen nur noch ein so beschränktes centrales Gebiet mit dem Hinterkörper zusammenhangt, von Zittern begleitet.

4) Ganz ähnlich sind die Erscheinungen, wenn man Frösche, denen das Rückenmark gar nicht oder hoch oben durchschnitten ist, mit minimalen, zur Krampferzeugung nicht hinreichenden Dosen Nicotin vergiftet. —

Ich schliesse daraus, dass, wie es clonische Krämpfe giebt, die in alternirender Anspannung entgegengesetzter Muskeln bestehen, so es auch ein Zittern giebt von derselben Entstehungsweise; ferner dass, wie clonische und tetanische Krämpfe nur als graduell verschiedene Entladungen von Innervationskraft angesehen werden, so auch diese Form des Zitterkrampfes nur gradweise von central entstehendem clonischen Krampf sich unterscheidet.

Ich habe aufgestellt\*) und, wie ich glaube, wahrscheinlich gemacht, dass bei sich in regelmässiger Reihenfolge abspielenden und cyklisch wiederholenden Extremitätenbewegungen je die eine Leistung durch eine Art Reflex die folgende, entgegengesetzte hervorruft; die Streckung giebt den Anstoss zur Anspannung der Beugemuskeln und diese umgekehrt veranlasst die Contraction der Strecker. Kaum hätte ich gewagt, dieses Verhalten auf das Zittern, diese schnelle Abwechselung von Beugung und Streckung zu übertragen; darum interessirte mich sehr, in Spiess' Physiologie des Nervensystem's\*\*) folgende Bemerkung zu finden: „Je leichter beweglich die Glieder sind, je näher bei einander die antagonistischen Muskeln sich befinden, je mehr die Glieder nur von wenigen Muskeln in entgegengesetzten Richtungen hin- und herbewegt werden, desto leichter entsteht in ihnen das Zittern, weshalb denn auch vorzugsweise nur die Extremitäten zum Zittern geeignet sind.... Man könnte hierdurch auf den Gedanken kommen, dass beim Zittern die Thätigkeit eines Muskels oder einer zusammengehörigen Muskelgruppe die Ursache abgabe, durch welche die unmittel-

---

\*) Pflüger's Archiv f. Physiologie. IX. S. 375.

\*\*) Braunschweig 1844. S. 218.

bar darauf folgende Thätigkeit des antagonistischen Muskels oder einer antagonistischen Muskelgruppe angeregt werde.“

Doch entschieden ist weder die eine noch die andere Entstehungsweise des Zitterns die allein mögliche und immer vorkommende. Neben dem auf alternirender Thätigkeit verschiedener Muskeln beruhenden Zittern giebt es, so gut wie krampfartige Zuckungen sich auf eine Muskelgruppe beschränken, in der Abwechslung zwischen Erschlaffung und Anspannung bestehen können, auch ein Zittern, das auf periodischen Innervationsschwankungen beruht. Diese verschiedenen Weisen des inneren Geschehens beim Zittern werden, wie gesagt, im Allgemeinen zusammenfallen mit den zweierlei sogleich zu besprechenden Gruppen von Veranlassungen für das Zittern.

Die Unterschiede des Zitters kann man sich veranschaulichen durch Vergleichung mit folgendem Experimente. Fügt man einem decapitirten Frosch rasch nacheinander wiederholte, kurzdauernde, leichte sensible Reize zu, so führt das Bein jeder Reizung entsprechend eine Beugung aus und fällt nach jeder solchen wieder in Ruhe; wendet man jetzt aber einen genügend starken oder langdauernden Reiz an, so tritt ein mehrmaliger Wechsel von Beugung und Streckung ein. Wie zwischen diesen Reflexthätigkeiten besteht zwischen den Formen des Zitterns kein principieller, sondern nur ein gradueller Unterschied, und vor Allem kommen sie darin überein, dass beidemal das Zittern eine Leistung des Centralorgans ist, zum Unterschied von dem peripher entstehenden Vibriren der Muskeln.

Diese letztere Art bebender Muskelthätigkeit wird sich mit dem eigentlichen Zittern natürlich überall da vielfach vergesellschaften und ein scharfes Voneinanderhalten und Unterscheiden erschweren, wo die zitternerregende Affection des Centralorgans die zugehörigen peripheren nervösen und muskulösen Apparate, sei es gleichzeitig, oder consecutiv, nicht unberührt lässt. So bei Intoxicationen, bei denen das gemeinsame Ergriffenwerden der centralen und peripheren Apparate sicher ein allgemeineres Vorkommen ist, als in der Regel hervorgehoben wird. Denn da nirgends weniger als gerade bei den Intoxicationsen die mit unseren Hülfsmitteln nach dem Tode erkennbaren Veränderungen zur Erklärung des Symptomenbildes ausreichen, so muss um so mehr aus der Untersuchung der während des Lebens bemerkbaren Functionsveränderungen auf die Angriffspunkte der Schädlichkeit, die freilich unter sich verschieden frühzeitig und verschiedenen schwer ergriffen werden können, geschlossen werden. Solche Untersuchungen aber zeigen vielfach die gemeinsame unmittelbare Beein-

trächtigung centraler und peripherer Apparate. Ich erinnere an Harnack's Untersuchungen,\*) die ergaben, dass alle Emetica, welcher Art sie sind, die quergestreifte Musculatur lähmen.

Erb\*\*) spricht sich dahin aus, dass bei der Bleilähmung neben der erwiesenen peripheren Degeneration auch centrale Störungen angenommen werden müssen. Dafür spricht nun gerade auch das Verhalten des Zitterns bei der Bleintoxication. Mehr im Beginne des Leidens sich einstellend, tritt dasselbe, unter Ueberhandnehmen der peripheren Nervendegeneration zurück, während zugleich das fibrilläre Muskelzucken sich einfindet. Vom Lähmungsstadium der Strychninvergiftung wird allgemein das Auftreten von fibrillärem Muskelzucken angegeben, welches auch, wenn vorher das Rückenmark ausgebohrt wurde, nicht ausbleibt. In voraufgehenden Stadien der Vergiftung habe ich aber bei strychninisirten Thieren deutliches wirkliches Zittern gesehen, wie oben gesagt. Ebenso habe ich das in diesem Punkte übereinstimmende Verhalten bei der Nicotinvergiftung schon erwähnt.

Ich wollte die Uebereinstimmung des vom isolirten Lendenmark des Hundes ausgelösten experimentell beobachteten Zitterns mit dem anderweitig im physiologischen und pathologischen Organismus vorkommenden Zittern besprechen und zwar die Uebereinstimmung betreffs der verursachenden und gelegenheitlichen Ursachen des Auftretens. Ich finde eine solche Uebereinstimmung nach drei Richtungen hin.

Erstens. Zittern schliesst sich an an active Zustands- und Thätigkeitsveränderungen des Blutgefäßapparates.

Wir zittern, wenn Kälte auf uns einwirkt und die Hautgefässe verengert. Daran schliesst sich der Frost und das Zittern bei der als Fieber bezeichneten pathologischen Störung der Wärme- und Gefäßregulation. Der grosse Einfluss, den die Einwirkung sensibler Reize auf den Zustand der Blutgefässe haben, lässt das Zittern nach heftigem Schmerz hierher gehören. Gewissen psychischen Erregungen, Schreck, Angst, Zorn, die sich äusserlich kund geben durch Beben der Muskeln, Wanken der Knie, gehen einher mit bedeutendem Er-

\*) Archiv f. Pharmakol. und exper. Pathol. Bd. III.

\*\*) Krankheiten des Nervensystem's in Ziemmssen's Pathologie und Therapie.

griffensein des Gefässapparates, welches als Herzklopfen, Kälte- und Hitzegefühl subjectiv empfunden, als Wechsel der Hautfarbe äusserlich erkenntlich wird.

Bei Intoxicationen endlich, die Zittern verursachen, z. B. der Alcoholintoxication, kommt ja gleichfalls der Gefässapparat aus dem Gleichgewicht.

Auf die Art und Weise der veränderten Gefässinnervation und Gefässspannung brauche ich hier nicht näher einzugehen, es handelt sich hier nur um das Zusammentreffen der veränderten Gefäss- und Muskelthätigkeit, ein Zusammentreffen, das Niemand für zufällig hält, dem vielmehr ein innerer physiologischer Zusammenhang zu Grunde liegt.

Bei der herrschenden Neigung, für weithin über den Körper verbreitete Vorgänge local umschriebene Centren in der Medulla oblongata zu suchen und anzunehmen — hat man doch schon ein Schweiß- und Schweißhemmungscentrum dort hypothetisch vorhanden sein lassen — und bei der immer noch nicht fallen gelassenen Annahme, dass die Medulla oblongata die ausschliessliche Beherrcherin der Gefässe sei, könnte die Versuchung nahe liegen, gerade wegen des innigen Zusammengehens von Zittern mit activen Gefässveränderungen, in der Medulla oblongata und in der Nachbarschaft jenes „vasomotorischen Centrum's“ eine local umgrenzte Stelle von specifisch zitternerregender Funktion und Fähigkeit anzunehmen. Eine Stütze für eine derartige Annahme konnte man dann fernerhin darin sehen, dass die Zitterbewegung sich mit Vorliebe an die Inspirationsbewegungen anschliesst, diese Erfahrung so deutend, dass das hypothetische Zittercentrum Fühlung habe mit dem Athmungscentrum des verlängerten Marks.

Aber jede solche Annahme eines specifischen und ausschliesslichen Einflusses höherer Centraltheile auf das Zittern muss fallen gelassen werden, wenn man Hunde mit durchschnittenem Rückenmark bei vollständiger Ruhe des Vorderkörpers im Hinterkörper zittern sieht; und statt der Thätigkeit eines besonderen eigenthümlichen centralen Apparates wird man im Zittern Nichts weiter sehen, als einen bestimmten geringen Thätigkeitszustand der allüberall im Centralorgan angeordneten nächsten Innervationsheerde der quergestreiften Musculatur.

Die in diese Kategorie des Zitters, deren Characteristikum das deutliche Hand in Handgehen mit Änderungen der Blutcirculation ist, gehörigen Fälle des experimentell beobachteten Zitters sind von den oben angeführten jene, wo das Zittern des Hinterkörpers nach

Durchnässung und bei Vergiftungen\*) auftrat. Indem aber der innere Zusammenhang des Zitterns und der Kreislaufsänderung in diesen Fällen nicht zu erkennen ist, bilden sie ein interessantes Seitenstück und eine neue Stütze, wenn es deren bedürfte, für den Satz, dass die Innervation der Gefässe nicht ausschliesslich von der Medulla oblongata ausgeht, dass vielmehr die Blutgefässer, gerade wie die willkürlichen Muskeln, ihre nächsten und unmittelbaren Innervationsapparate an entsprechenden nahe liegenden Punkten des Rückenmarks besitzen.

Ich muss auf die Natur des mehrerwähnten inneren Zusammenhangs zwischen dem Zittern und Kreislaufsänderungen noch eingehen und hole, weil dabei eine principielle Frage berührt werden muss, weiter aus.

Ausserordentlich oft begegnet man der Neigung, die Functionirung und die Functionsänderungen nervöser Apparate auf Schwankungen in der Blutzufuhr als auf ihre Ursachen zurückzuführen. Man glaubt alle Schwierigkeiten gehoben, man glaubt das Verständniss eines nervösen Vorganges erschlossen und klar, wenn es gelungen, bei jenem Vorgang eine Hyperämie oder Anämie nervöser Theile zu constatiren.

Ich brauche hier nicht im Einzelnen zu verfolgen, wie weit diese, wie ich glaube, allzu bequeme Auffassung in physiologischen und pathologischen Fragen um sich gegriffen; denn den einzelnen Anwendungen jener Erklärungsweise möchte ich nicht blos theoretisch, sondern lieber durch experimentelle Thatsachen die Lücken in der Schlussfolgerung nachweisen, wozu hier nicht der Ort. Ich habe es hier nur mit dem Erklärungsprincip zu thun und nur des Verständnisses dessen, was ich meine, halber muss ich aus der Menge der Beispiele einige herausgreifen.

Der Schlaf soll in einer Anämie des Gehirns beruhen. Die Wirkung mancher toxischer Substanzen hat man in ihrem Einfluss auf die Blutcirculation ganz allein suchen zu dürfen geglaubt. So wurde die Wirkung des Amylnitrit auf die Gehirnthätigkeit mit einer Bestimmtheit, als sei eine directere Wirkung gar nicht denkbar, ganz allein als die Folge der veränderten Spannung der Hirngefässer hingestellt.

Alle solche Annahmen stammen aus der Erkenntniss der grossen Wichtigkeit, welche eine gehörige Speisung der Organe mit gesundem Blut für deren Functionirung hat, des grossen Einflusses, den eine

---

\*) indem ja durch Strychnin sehr früh und stark eine Verengerung der Arterien bewirkt wird.

mechanische oder functionelle Circulationsänderung auf die Ernährung und Thätigkeit der Organe, auf den günstigen oder ungünstigen Ablauf pathologischer Processe zeigt. Aber davon ist es noch ein weiter Schritt zu der Annahme, dass nun die veränderte Circulation, das Plus oder Minus von Blut oder die plötzliche Schwankung des Blutgehaltes ohne Weiteres das Wesen und den Grund physiologischer und pathologischer Thätigkeiten ausmache. Und wenn excessive Schwankungen wirklich Thätigkeiten verursachen, wenn Verblutungs- und Erstickungskrämpfe und manches Andere wirklich in den Folgen der Circulationsstörung seinen Grund hat, so gilt das nicht ohne Weiteres für ein physiologisches und pathologisches Geschehen, das mit innerhalb der Breite des Physiologischen liegenden Schwankungen des Gefässzustandes einhergeht. Erkennt man nicht, dass in Consequenz der Rolle, die man dem wechselnden Blutzufuss zuschreibt, behauptet werden müsste, dass die der Gefässinnervation vorstehenden Ganglien-zellen die wichtigsten und die einzige massgebenden seien, dass irgend eine äussere Veranlassung, ein sensibler Reiz etwa, die Blutvertheilung im Centralorgan ändern und dadurch dessen Thätigkeit, als etwas secundäres, bewirke?

Was zuerst für die Speicheldrüse durch klassische Versuche nachgewiesen, und was bei einer Reihe anderer Organe sich bestätigt, dass nämlich die Thätigkeit derselben von einer vermehrten Blutzufuhr begleitet ist, ist keine Besonderheit einzelner Vorgänge, sondern beruht auf einem allgemeinen Gesetz. Die Organe functioniren aber dabei nicht deshalb, weil ihnen mehr Blut zuströmt; zwar bedürfen sie zur Leistung einer Thätigkeit, wenigstens einer anhaltenden Thätigkeit, des vermehrten Zuflusses von Ernährungsmaterial; aber dieser ist darum noch nicht der Grund und das Wesen ihrer Functionirung. Jene nervösen Apparate, die der Drüse, dem Muskel den Impuls geben zur Thätigkeit, sind in engster, functioneller, im physiologischen Geschehen nicht trennbarer Verknüpfung mit jenen, die die Blutzufuhr und die Gefässzustände in jenen Organen beherrschen. So auch beim Centralorgan des Nervensystem's. Eine nervöse Thätigkeit geschieht unter reichlicherem Blutzufuss zum thätigen centralen Heerd; und wenn wir einen sensiblen oder psychischen Eindruck oder irgend welche Ursache sowohl eine Thätigkeit nervöser Apparate, als eine Ernährungsänderung derselben hervorbringen sehen, so ist, denke ich, der nächstliegende Gedanke, dass dies Coëffecte, dass beide Wirkungen directe seien, und nicht der, dass die thätigkeitserregende Wirkung auf das Nervensystem erst die Folge sei aus der veränderten Thätigkeit der

Circulationsapparate; denn die innervirenden Vorrichtungen der letzteren können sich doch unmöglich so fundamental an Erregbarkeit von den übrigen nervösen Gebilden unterscheiden, dass ein Einfluss, der die Gefässnervencentren mächtig erregt, für alle übrige Nervenmasse gleichgültig, wirkungslos ist.

Wenn ich somit der Meinung bin, dass man sich nicht zu leicht bescheiden dürfe bei einem Causalzusammenhang zwischen Gefäss-schwankungen und nervösen Thätigkeiten, wenn mir scheint, dass das Verhältniss der Coordination und der functionellen Zusammengehörigkeit zu sehr ausser Acht gelassen wird, so bin ich doch weit entfernt, diesen letzteren Zusammenhang überall, den causalen nirgends betheiligt und vorhanden zu glauben. Denn es giebt Einflüsse, welche ganz vorwiegend — nur nicht ausschliesslich, darin eben liegt die Differenz — den Gefässapparat afficiren, deren Wirkung auf die übrigen Functionen — während man annähernd beim rein physiologischen Geschehen eine Proportionalität zwischen der Thätigkeit und der Blutzufuhr eines Organes annehmen darf — mit der Wirkung auf die Gefässse nicht gleichen Schritt hält; Einflüsse also, deren Gesammtwirkung sich zusammensetzt aus der Wirkung auf das erregte Organ selbst, und ganz wesentlich auch — nur wiederum nicht ausschliesslich — aus der bewirkten hochgradigen Äenderung des Blutzusses.

Dieses Verhältniss, wo theils durch, theils neben der Kreislaufänderung ein Einfluss auf das Centralorgan bewirkt wird, muss ich nach eigenen Versuchen für die Wirkung der Digitalis auf das Reflexvermögen behaupten, und möchte an dasselbe auch bei den anderen toxischen Substanzen glauben, deren Wirkung auf das Centralorgan man aus der Circulationsänderung allein abzuleiten geneigt ist.

Dagegen möchte ich in der Gleichzeitigkeit von Circulationsänderungen und Zittern ein mehr oder weniger reines causales Verhältniss sehen. Aber zugleich möchte ich darin, dass die in der Breite des Physiologischen geschehenden Änderungen des Gefässzustandes, wie solche bei Kälteeinwirkung oder bei minimalen Vergiftungen mit verschiedenen Substanzen Statt hat, eben nur Zittern und keine gehörigen Muskelleistungen, nur eine klägliche Leistung der motorischen Innervationsheerde und nicht deren volle, specifische Kraftentfaltung hervorruft; und ferner darin, dass erst die absolute Circulationsbehinderung bei Verblutung und Erstickung und erst die starke Giftwirkung gehörige, ortsverändernde Muskelbewegungen und kein Zittern erzeugt, einen Beweis dafür sehen, dass die specifische Function eines Organes und eine wirkliche Thätigkeitsleistung derselben

eben nicht, wie man vielfach thut, auf gleichzeitige geringe oder mässige Schwankungen ihrer Blutspeisung als auf ihre Ursache bezogen werden dürfen, dass vielmehr bei solchen noch ein anderer Grund zur Thätigkeit, und zwar ein von anderer Stelle des Nervensystem's überbrachter Impuls vorliegen muss, welcher dann die Thätigkeitsleistung nicht als Folge der Ernährungsänderung, sondern als Coëffect des dieser zu Grunde liegenden Einflusses erscheinen lässt.

Der Causalzusammenhang zwischen Gefässschwankungen und Zittern ist vielleicht nicht ganz rein beim Zittern, das durch Kälte und durch Vergiftungen ausgelöst wird und eine Fiebererscheinung darstellt. Möglich, dass die in letzteren Fällen direct, im ersten reflectorisch das Centralorgan treffenden, zitternerregenden Ursachen die motorischen centralen Apparate wenigstens dahin disponiren, dass die gleichzeitige Circulationsänderung leichter die geringe Thätigkeitsform des Zitterns verursacht. Ich habe an anderer Stelle\*) gezeigt, wie Reizwirkungen sich summiren, wie ein für sich allein zu einer Thätigkeiterregung nicht ausreichender schwacher Reiz die Erregbarkeit des Centralorgans für einen anderen dieselbe Thätigkeit veranlassenden Reiz steigert, und habe dies u. A. gerade an den Kälte- und an Giftwirkungen ausgeführt. So mag unter Umständen genau dieselbe Gefäss- und Ernährungsschwankung des Centralorgans Statt haben und doch nicht von Zittern gefolgt sein — wenn nämlich die motorischen Apparate einer sie zu dieser Thätigkeit disponirenden directeren Erregung entbehren. Beim Kältereziz darf man vielleicht eine solche mitbeteiligte (Reflex-) Wirkung auf die motorischen Apparate sich auch aussprechen sehen in der unwillkürlichen Neigung zur Beugung aller Gelenke, zum Zusammenkauern.

Indem die alltägliche, gewöhnlichste Ursache des Zitterns, der Kältereziz, unmittelbar übergeht und mit sich führt die weitere in der Abkühlung des Blutes liegende Ursache, und indem das Zittern vor Kälte um so leichter auftritt, je geschwächter und blutärmer der Organismus ist, finden wir einen Uebergang zu der zweiten Gruppe von Veranlassungen des Zitterns, wo dieses geradezu als Schwäche-symptom des Centralorgans sich darstellt.

Am Reinsten ist der besprochene Causalzusammenhang, ist die Entstehung des Zitterns aus der Änderung der Blutzufuhr darin zu erkennen, dass bei profusen Blutverlusten — während völlige Verblutung Krämpfe verursacht, nach dem oben über das Verhältniss von Zittern

---

\*) Pflüger's Archiv f. Physiologie, X.

und Krämpfen Gesagten, und der mächtigeren Ursache entsprechend — Zittern auftritt. Gerade hier liegt aber wieder ein Uebergang zur zweiten Gruppe von Veranlassungen des Zitters.

Einen dritten Uebergang zum Zittern aus Schwäche möchte ich in dem durch psychische Erregungen veranlassten Zittern sehen. Das Beben vor Zorn, Angst u. s. w. ist der Ausdruck einer Unfähigkeit, einer ganz bestimmten functionellen Schwächung der motorischen Nerven-centren, wie denn auch der im zitternerregenden Affect Befindliche momentan unfähig sein kann zu einer Muskelleistung, sogar zu einer instinctiven Abwehrbewegung (bei Schreck vor einer Gefahr). Ich meine natürlich nicht etwa, dass die motorischen Centren activen Theil nehmen an dem in solchen Affecten vorwaltenden Gefühl der psychischen Ohnmacht und Ueberwältigung; ich fasse den Vorgang vielmehr als einen der Reflexhemmung analogen auf. Ich habe anderorts diesen Vorgang der Reflexhemmung ausführlich erörtert und darauf hingewiesen, wie derselbe nicht nur für die vom Rückenmark ausgeösten Reflexbewegungen wichtig ist, sondern auch im psychischen Geschehen eine grosse Rolle spielt. Wie ein sensibler Reiz je nach seiner Stärke nur das zunächst betroffene centrale Gebiet erregt, und ebendadurch zugleich die übrigen Centralapparate in ihrer Erregbarkeit und Thätigkeit herabsetzt und schwächt und andere Male vollständig hemmt und lahmlegt, — oder aber bei mächtigeren Reizstärken seine erregende Wirkung weithin über die centralen Apparate und Thätigkeiten erstreckt und ausbreitet, so verhält es sich mit den psychischen Eindrücken und Thätigkeiten, speciell auch mit den zitternerregenden. Es liegt wie dort in der graduellen Stärkeverschiedenheit des einwirkenden Reizes, so hier begründet in der Mächtigkeit des psychischen Eindrucks — beidemal zusammen mit der bestehenden Erregbarkeit und Disposition des Centralorgans, die ihrerseits das Resultat früherer Eindrücke ist — wenn die Wirkungen verschieden ausfallen, wozu die An- oder Abwesenheit gleichfalls durch Hemmung corrigirender, modifizirender, gleichzeitiger oder im Gedächtniss haftender Eindrücke das Ihrige auch beiträgt. So ist die volle Wirkung des insultirenden, des erschreckenden Eindruckes die Entladung in Bewegungen, der Zornige schlägt blindlings drein, der Erschreckte flieht. Wenn aber der Eindruck sich nicht derart auf die motorische Sphäre überträgt, resp. momentan vor dieser Entladung, dann hemmt die Occupation der Psyche die motorischen Fähigkeiten, der Betroffene ist „angedonnert“, bewegungsunfähig, ganz eigentlich gehemmt; sogar die bestehenden Muskelspannungen lösen sich: der Hand entfällt, was sie

trug, und die Sphincteren versagen. Wieder ein anderer gradueller Unterschied in diesen complicirten Vorgängen ist es, — was besonders dann stattfindet, wenn der zur motorischen Entladung strebende Eindruck durch einen anderen im Gehirn wirksamen gehemmt wird, wenn der Zornige nicht schlagen, der Furchtsame nicht fliehen darf — nämlich dass durch die gewaltige psychische Erregung die motorischen Centren, ohne vollständig gehemmt zu sein, doch dahin geschwächt werden, dass nur noch zitternde Bewegungen geleistet werden, dass die Knöte wanken, die Sprache stockt und bebt. — In entsprechender Weise das bei den zitternerregenden Affecten stattfindende Ergriffenwerden der Circulationsapparate auf eine centrale Hemmung und Miterregung zu beziehen, wird erst möglich sein, wenn weniger Meinungsverschiedenheit über die normale Innervation derselben herrschen wird.

---

Die zweite Beziehung, in welcher das vom isolirten Lendenmark des Hundes ausgelöste mit anderweitig auftretendem Zittern übereinkommt, ist die, dass das Zittern ein Ausdruck eines Ermüdungs- und Schwächezustandes der motorischen Apparate ist. Dass die beiden hier künstlich getrennten Gruppen des Zitterns nicht wesentlich und streng von einander zu unterscheiden, beweisen die besprochenen Uebergänge, die Fälle von Zittern, wo dasselbe der ersten wie der zweiten Gruppe mit gleichem Recht beigezählt werden kann. Das Sichanschliessen einerseits an Circulationsänderungen, andererseits an offensichtliche Schwächezustände giebt nur Anhaltspunkte zur Besprechung des Zitterns von zwei Gesichtspunkten aus. An sich kommen beiderlei — seien es Gelegenheits-, seien es veranlassende — Ursachen, darin überein, dass, ganz allgemein gesagt, Circulationsschwankungen und Schwächezustände Abweichungen von der regelrechten physiologischen Ernährung sind.

Gleichwohl wird ein Unterschied sogleich hervorzuheben sein, wenn vorher die auf genannte Weise entstehenden Fälle von Zittern aufgeführt sind.

Gleichsam der Typus dieser Gruppe ist das Zittern, das sich einstellt als Ermüdungserscheinung nach länger dauernder Muskelanspannung. So bebt der lange Zeit ausgestreckte Arm, und die Hand lässt den anfangs fest umschlossenen Gegenstand fallen.

Hierher gehört ferner das Zittern alter Leute, das Zittern durch Blutverlust, schwere Krankheit, Kachexie geschwächter und herunter-

gekommener Personen, das Zittern der Potatoren, deren Bewegungsapparat erst dann seine Energie wiedergewinnt, wenn frisch zugeführter Alcohol einen kräftigenden Reiz auf das Centralorgan übt; ferner das Zittern bei degenerativen Erkrankungen des Centralnervensystems.

Diese selbe Entstehung und Bedeutung des Zitterns als eines Schwächesymptomes finden wir nun wieder bei den Hunden, denen das Rückenmark durchschnitten. Lange andauernde und starke sensible Reize brachten schliesslich nicht mehr normale, kräftige Reflexbewegungen, sondern Zittern zum Vorschein (Fall 3). Bei raschem Sinken der Energieen des Centralorgans nach dessen Durchschneidung, welches Sinken sich am Meisten im Fallen der Bluttemperatur und im Ausbleiben von Reflexbewegungen kund gab, zeigte sich ohne weiteren äusseren Einfluss Zittern im Hinterkörper (Fall 2). Bei dem Thier, dessen Lendenmarksubstanz durch theilweise Abscedirung reducirt war, geschehen alle Bewegungen der Hinterextremitäten unsicher, zitternd (Fall 4). Frösche, bei denen das Rückenmark weit nach hinten durchschnitten, und nur eine beschränkte Menge centraler Substanz mit dem Hinterkörper in Verbindung gelassen ist, zeigen in gleichfalls hierhergehöriger Weise reflectorisches Zittern. Hier entspricht überall dem Zittern des Hinterkörpers ein Schwächezustand, theils des ganzen Organismus, theils des isolirten Lendenmarkes.

Aber nur bei einem Theile dieser Fälle von Zittern aus Schwäche ist die rein centrale Entstehung ausschliesslich und unbestreitbar zu behaupten. Bei anderen besteht eine gleichzeitige Schwächung der peripheren Apparate, der Muskeln, welcher Schwächung ein Anteil am Zittern zugeschrieben werden mag und in der That eine Beteiligung insoweit nicht abgesprochen werden kann, als ein nervöser Impuls nicht die ihm zukommende, an Stärke entsprechende, kräftige und dauernde Contraction bewirkt. Doch auf einer solchen Schwächung und Ermüdung des Muskels allein beruht das Zittern nicht; am nöthigsten ist der Beweis für die wesentlich centrale Entstehung gerade bei dem angeführten gewissermassen physiologischen Beispiel, bei dem Zittern nach erschöpfender Muskelthätigkeit. Seine centrale Entstehung erhellt aus Folgendem: Wenn man den Nerv eines herauspräparirten und durch voraufgehende Reizung ermüdeten Muskels mit verschiedenen Stromstärken electrisch reizt, so liegt zwischen jener Stromstärke, die keine Contraction erzeugt, und jener, die solche noch hervorruft, nicht eine Reizstärke, die Zittern verursacht. Dass solches im ermüdeten Muskel entstehe, dazu ist also gerade wie im nicht

geschwächten Muskel eine vom Centralorgan gegebene Intermission des Reizes erforderlich. Zweitens tritt das Zittern nicht nach jeder Muskelanstrengung ein, sondern gerade dann, wenn eine dauernde Spannung derselben Muskeln bestand, wenn der Arm einen Gegenstand haltend gerade ausgestreckt wird, wenn mit straffen Knieen ein und dieselbe Stellung eine Zeit lang eingehalten wird. Indem nun Kronecker zeigte, dass eine anhaltend gleichförmige Innervation ein Muskelpräparat in weit höherem Masse ermüdet, als ein länger dauerndes periodisches Reizen, könnte wirklich die grössere Muskelermüdung die Ursache des Zitterns bei gleichmässiger Muskelthätigkeit scheinen. Aber indem eine stundenlang fortgesetzte, angestrengte, von langer, tiefer Ermüdung gefolgte und entschieden eine grössere Arbeitsleistung und Kraftverbrauch für jeden einzelnen betheiligten Muskel repräsentirende Thätigkeit die verschiedene Muskeln abwechselnd ergreift, also ein grosser Marsch oder irgend eine Hantirung, sehr viel weniger geeignet ist, Zittern hervorzubringen, als eine nur minutenlange und eine rasch vergehende Müdigkeit erzeugende, gleichmässige Anspannung von Muskeln, so erhellt, dass das Zittern nicht lediglich in der Uebermüdung, in dem durch Ueberanstrengung hervorgebrachten Zustand von Schwächung und Ernährungsschädigung der Muskeln beruhen kann, sondern dass hier eine Veränderung der Innervation vorliegt. Die dauernd gleichmässige, nicht abwechselnde Thätigkeit ermüdet eben, wie wir das auch aus anderen Erfahrungen wissen, gerade wie das periphere Organ, so auch die centralen Innervationsheerde weit mehr, als eine intermittirende, schwankende Thätigkeitsentfaltung; in ihrer Ermüdung sind jene sodann der Ertheilung constanter Impulse unfähig.

In entsprechender Weise sind bei Blutverlust, Kachexie u. s. w. die Muskeln mindestens ebenso sehr als das Centralorgan in ihrer Ernährung und consequentiv in ihrer Leistungsfähigkeit geschwächt. Aber dass diese Schwächung sich gerade in der Form des Zitterns kund giebt, röhrt nicht von dieser Schwächung der Muskeln, sondern in erster Linie von der der innervirenden Apparate her.

Wenn nun der ausgestreckte Arm beim geschwächten Individuum sofort, beim kräftigen erst nach längerer Anspannung zu zittern und zu wanken beginnt, so ist nicht ganz von der Hand zu weisen, dass, dem oben Gesagten entsprechend, hier betheiligt sei ein die tonische Spannung der Strecker unterbrechendes, schwächendes, von ihr selbst verursachtes Zucken der Beuger. Viel wichtiger und plausibler ist aber für alle die auf einer Schwächung des centralen Bewegungs-

apparates bezogenen Fälle von Zittern die Auffassung, dass die Innervation eine stets gleichsinnige, aber dabei lückenhafte sei, dass von dem geschwächten Centrum die Innervationskraft nicht mit der zur gleichmässigen, tonischen Contraction erforderlichen Energie und Gleichmässigkeit abströme. Wenn im Einzelnen vielleicht die beiden oben erörterten Entstehungsweisen des Zitterns durcheinanderlaufen, so liegt doch im Vorwiegen der einen oder der anderen ein Unterschied zwischen den beiden besprochenen Gruppen.

Der dritte Punkt, in welchem das vom isolirten Lendenmark des Hundes ausgelöste Zittern mit sonstigem Auftreten dieser Bewegungsform übereinkommt, ist der, dass dieselbe sich anschliesst an gerade stattfindende Bewegungsleistungen. Ist Zittern dauernd vorhanden, so geschieht es bei Ausführung einer Bewegung stärker, noch öfter ist das Zittern bei der Ruhelage der Extremitäten nicht vorhanden und stellt sich erst bei irgend einer willkürlichen oder unwillkürlichen Bewegung begleitend ein. Dass das Kältezittern gerade bei jeder Inspiration den Körper durchschauert, habe ich schon erwähnt und weiss Jeder ans Erfahrung. Viele Male schon nach der Ichiadicus-durchschneidung, regelmässig aber alsbald nach der Rückenmarks-durchschneidung, wenn das Blut von dem erweiterten Gefässgebiet des Hinterkörper's Besitz ergreift, die Mundschleimhaut durch ihre Blässe, die Vorderpfoten durch ihre Kälte die Blutarmuth des Vorderkörpers ersichtlich machen, fängt das Thier im Vorderkörper zu zittern an und zittert so lange, bis nach einigen Stunden die Blutvertheilung sich wieder geändert, die Haut des Vorderkörpers ihre Wärme wiedererlangt und eine fieberhafte Temperatursteigerung ihren Anfang genommen hat. Stets ist dann dieses Zittern bei jeder Inspiration mächtig verstärkt oder ist nur im Anschluss an sie vorhanden. Beim Zittern aus Schwäche des Centralorgans zittert die Extremität, so lange sie unterstützt, nicht; aber jede Bewegung und freie Haltung wird durch Zittern unsicher gemacht. Es bedarf einer hinzukommenden neuen Erregung der Ganglienzenlen, um gleichsam deren schlummernde Tendenz zur zitternerregenden Innervation zu erwecken.

Dieselbe Weise des Auftretens hielte nun das Zittern bei unseren Hunden ein. Waren erst einmal die motorischen Centren des Lendenmarks durch entsprechende Einflüsse (Abkühlung, kaltes Bad, langanhaltende Reflexerregung) gleichsam auf's Zittern abgestimmt, dann geschahen sowohl die verschiedenen Reflexbewegungen, gleichgültig durch welche Reize erzeugt, unter Beben. Ebenso waren aber auch passive Lageveränderungen der Beine von Zittern derselben begleitet und

gefolgt. Das letztere ist nur zu verstehen, wenn man zugiebt, dass jede, auch passive Änderung der Muskelspannung im betreffenden motorischen Innervationsapparat eine Zustandsveränderung, einen Reflexreiz setzt, wie ich dies anderorts besprochen. Dieser Reflexerregung vom Muskelgefühl aus habe ich oben mit Spiess eine Beteiligung beim Zustandekommen der ersten Gruppe von Zittern zugeschrieben, und muss sogleich nochmals darauf zurückkommen.

---

Das Zittern ist durchaus eine unwillkürliche Muskelthätigkeit. Mag es für sich allein bestehen, oder mag es an gerade Statt findende Bewegungsleistungen sich mehr oder weniger störend gleichsam anhängen, stets ist es in allen oben in's Auge gefassten Fällen nicht beabsichtigt, erfolgt ohne unseren Willen, gelegentlich geradezu gegen unseren Willen.

Gleichwohl können wir durch Willensimpuls zu jeder Zeit Zittern in Scene setzen.

Erstens können wir durch rasch sich folgende leichte Contractionen antagonistischer Muskeln Schüttelbewegungen der Extremitäten zu Wege bringen, die, geschickt gemacht, dem Zittern in hohem Grade ähnlich sehen können. Aber dabei geschehen die einzelnen Schwingungen zu langsam und zu einförmig; nicht in Anschluss an raumverändernde Bewegungsleistungen der Extremität, sondern lediglich nach dem Wechsel des den Ablauf des ganzen Vorganges in jedem Augenblick beherrschenden Willens schwankt die Intensität und Ausbreitung dieser Muskelthätigkeit; kurz, dieses Schütteln ist so wenig ein Zittern, als eine noch so gute Simulation eines Krampfanfalls ein Krampf ist.

Wenn wir aber zweitens antagonistischen Muskeln einer Extremität gleichzeitig einen kräftigen Impuls geben, dann tritt ein eigentliches, wirkliches Zittern eiu. Die Beuger, etwa des Armes, erhalten einen Impuls, der bei schlaffer Spannung der Strecker eine Beugung bewirken müsste, zugleich erhalten die Strecker einen Impuls, dem bei schlaffen Beugern eine Streckung des Armes entspräche: der Effect ist, dass keine dieser ortsverändernden Bewegungen eintritt, und dass die Extremität ihre Lage im Allgemeinen beibehält. Aber die Disharmonie zwischen dem erhaltenen Impuls einerseits und dem geleisteten Effect andererseits, die daraus hervorgeht, dass der Muskel den der erhaltenen Innervation entsprechenden

Grad von Spannung und Gestalsveränderung einzunehmen passiv verhindert ist, wird vom Muskelgefühl den Innervationsheeren der beteiligten Muskeln signalisiert, und diese antworten darauf dadurch, dass die eine Muskelleistung die antagonistische erweckt;\*) diese nun geweckten reflectorischen Impulse summiren sich zu den willkürlichen, den antagonistischen Muskeln gleichzeitig gegebenen und dauernden Impulsen in der Weise hinzu, dass ein abwechselndes Ueberwiegen der antagonistischen Innervationen und Muskelcontractionen daraus hervorgeht, welches eben als Zittern in die Erscheinung tritt. Dieses Zittern ist keine Ermüdungsscheinung, weil eine sehr viel beträchtlichere Anspannung und Thätigkeit der einen Muskelgruppe, wenn diese nicht durch die Wirkung der Anatagonisten die genannte Aenderung erfahren, ohne Zittern und sicher geschieht. Wenn Jemand eine schwere Last hebt, etwa selbst eine Last, die für seine Körperkraft zu schwer ist, heben will, und dabei fast die gesammte Körpermusculatur auxiliär zur Mitbeteiligung heranzieht, dann tritt dieses selbe Zittern ein. Darum ist es aber nicht ein Zittern vor Schwäche, d. i. Ermüdung — solches Zittern mag freilich solcher Anstrengung schliesslich nachfolgen, — denn die Schwäche ist hier nur eine relative, die geleistete Arbeit der innervirenden und contrahirenden Apparate kann, wenn auch ungenügend für eine bestimmte Aufgabe, doch an sich eine recht grosse sein. Vielmehr empfangen auch hier, bei der auxiliären Anspannung der gesammten Körpermusculatur unter einander antagonistische Muskeln Impulse, denen wegen der mechanischen Widerstände die eingenommenen Contractionsgrade nicht proportional sind; dieses als sensible Erregung wirkende Missverhältniss schafft central neue Impulse, die, zu den bestehenden sich hinzugesellend, das schwankende, abwechselnde Ueberwiegen der beteiligten Antagonisten, das Zittern der angespannten Extremitäten bewirken.

Das Auftreten von Zittern in tonischen Krämpfen mag oft in gleicher Weise entstehen, als Reflex von Muskelgefühl, als Secundärscheinung, hervorgebracht durch die Gleichzeitigkeit antagonistischer, krampfhafter Impulse und die daraus resultirende Unproportionalität von Innervation und Bewegungsleistung.

Vielelleicht ist eine solche Entstehung des Zitterns überhaupt als eine dritte Kategorie neben die beiden obigen zu stellen.

Auch dieses Zittern ist nicht eigentlich willkürlich. Willkürlich ist in dem vorhin genannten Beispiel nur die so zu sagen grobe, die

---

\*) Pflüger's Archiv. IX. Reflexbewegungen beim Hunde. S. 377 ff.

Stellung und Lage der Extremität beherrschende Muskelleistung, die dann unfreiwillig das Zittern in ihrem Gefolge hat; erst durch Aufhören jener Muskelspannungen schwindet auch dieses Zittern, dessen einzelne, zusammensetzende Schwingungen unserer willkürlichen Beeinflussung ebenso entzogen sind, wie die ganze Erscheinung. Auch ihre Intensität haben wir nicht direct in unserer Gewalt; sie hängt von der Intensität der Muskelspannung und der dieser zu Grunde liegenden Impulse nur in sofern ab, als mit dieser das Missverhältniss zwischen Impuls und Contractionsgrad des Muskels wächst; und wenn der in allen Muskeln angespannte, zitternde Arm durch willkürliche Verstärkung des Impulses für die Beuger eine Ortsbewegung ausführt, so ist es wiederum nur eine indirekte Folge des Willensimpulses, dass diese Bewegung von einer Verstärkung des Zitterns begleitet wird.

Dieses Zittern erinnert sehr an eine andere Erscheinung, die durch die Gemeinsamkeit der Ursache mit ihm verwandt ist. Wenn wir sitzend den Fuss mit hoch gehobener Ferse nur auf den Metacarpen ruhen lassen, geräth das ganze Bein in rasch sich folgende Hebungen und Senkungen. Kaum anders als durch Einnehmen einer anderen Beinstellung können wir dieses ganz mechanisch und unwillkürlich ablaufende Spiel aufhören machen; nur vorübergehend vermag bei Beibehaltung der genannten Stellung ein Willensimpuls, die, wenn sich selbst überlassen, immer zunehmenden tänzelnden Bewegungen zu hemmen. Gewiss ist es hier auch das Muskelgefühl, was diesen Reflex auslöst und bewirkt, dass die dauernde leichte Spannung der Wadenmuskeln das alternirende Mitspiel der übrigen Unterschenkelmuskeln hervorruft.

Hierher gehört auch das Tischrücken.

Also das Zittern entsteht immer unwillkürlich; aber doch lässt sich das Zittern willkürlich beeinflussen; es kann — zwar wohl nie ganz unterdrückt —, aber doch in manchen Fällen gemässigt werden durch Absicht und Willkür.

Wir erkannten oben in der zweiten Reihe seiner Veranlassungen das Zittern als den Ausdruck einer Lückenhaftigkeit und Intensitätschwankung der vom Centralorgan den Muskeln ertheilten Innervation, also als den Ausdruck eines Schwächezustandes der motorischen Innervationsheerde. Es kann nicht auffallen, dass bei manchen solcher Zustände der Innervationsheerde eine und dieselbe Bewegung, die das eine Mal — wenn unaufmerksam, ohne Controlle seitens des Gehirns und der Sinne, etwa auch bei geschlossenen Augen geschehend — unter Zittern und Unsicherheit ausgeführt wird, ein anderes Mal,

nämlich, wenn ein kräftiger Willensimpuls vorliegt und wenn unter mitwirkender Controlle aller Sinne die volle Aufmerksamkeit ihr Geschehen begleitet und überwacht, sicherer und mit weniger Zittern erfolgt. Die vermehrte Anstrengung compensirt dann bis zu einem gewissen Grade und für einige Zeit die vorhandene Schwäche.

In der ersten Kategorie von Zittern erkannten wir ein Zittern, welches dann als krampfartiges Zittern dem aus Schwäche gegenübergestellt sein mag, einen uneigentlichen und complicirten Reflex, aktiv entstehend aus Erregungen des Centralorgans, die in äusseren oder inneren Ursachen, sensiblen Reizen, Intoxicationen u. s. w. wurzeln, welche letztere neben der directen Affection des Nervensystems eine bei der Hervorbringung des Zittersn wesentlich mitbeteiligte starke active Aenderung der Blutzufuhr zum Centralorgan mit sich führen. Auf das Zittern dieser Art hat die Willkür nur wenig hemmenden Einfluss. Nun vermögen wir die in denjenigen motorischen Apparaten, die unserem willkürlichen Gebranch unterliegen, sich abspielenden Reflexe willkürlich zu unterdrücken. Dass wir hingegen das Zittern vor Frost, oder aus psychischer Erregung nur um ein Geringes hintanhalten, aber nie ganz beherrschen und verhindern können, mag, wenn es gleich kein bindender Beweis ist, gleichfalls dafür sprechen, dass eben jenes Zittern nicht ein reiner, blos auf dem directen Nervenwege entstehender motorischer Reflex ist; dass vielmehr als wesentliches Element die Aenderung des Zustandes der Blutgefässe mitspielt, welche wir eben nicht willkürlich in der Gewalt haben.

Die Machtlosigkeit der Willkür gegen solches Zittern schliesst aber nicht aus, dass unwillkürlich vom Gehirn aus das Zittern vollständig gehemmt werden kann. Die Thätigkeitshemmung (Reflexhemmung) seitens des Gehirns ist ebensowenig als die cerebrale Thätigkeitserregung an bewusste Willkür gebunden, spielt sich vielmehr, gleich jener, oft genug unwillkürlich, unbewusst ab.

Die cerebrale, von psychischen Erregungen stammende Einwirkung auf die Blutcirculation und Gefässinnervation ist ihrem Wesen nach durchaus einem Reflexvorgang gleichzusetzen. Und bei diesem Vorgang fehlt, so wenig man gleich bisher die Reflexhemmung bei der Gefässinnervation beachtet hat, doch nicht die Unterdrückbarkeit und Reflexhemmung.\*)

Ein sensibler Reiz, der die ihm zuständige Reflexbewegung auslöst, verhindert gleichzeitig, dass andere (schwächeren) Reize die ihnen

---

\*) Vergl. Archiv f. Pharmakol. u. exp. Pathol. III. S. 354.

zukommenden von der ersteren verschiedenen Reflexactionen erzeugen. Gerade so geht es bei der reflectorischen Beeinflussung der Gefässinnervation. Besteht, etwa durch einen localen entzündlichen Process erzeugt, ein activer Congestionszustand eines Organes, so wenden wir therapeutisch an näherer oder entfernter Stelle einen Hautreiz, Blasenpflaster, Fussbäder u. s. w. an. Gewiss hat O. Naumann\*) Recht, wenn er behauptet, dass die therapeutische Wirkung solcher Mittel vor Allem auf reflectorischem Wege zu Stande kommt, dass vor Allem, (und mehr als die Applicationsstelle), die relative Stärke des Hautreizes das massgebende Moment sei; dass die erzeugte Hyperämie an der Applicationsstelle an sich und allein die Wirkung nicht erklärt. Ein solcher, hinreichend starker Hautreiz bewirkt reflectorisch eine totale Umstimmung der Innervation aller Körpergefässe, und indem er als directen Reflex eine Hyperämie der nächsten Umgebung bewirkt, modifizirt und hemmt er zugleich central die von anderer Stelle des Centralorgans ausgegangenen, dem pathologischen Congestionszustand einer anderen Körperstelle zu Grunde liegende Innervation. In entsprechender Weise also, durch einen der Reflexhemmung gleichzusetzenden Vorgang, wirken psychische Eindrücke gelegentlich umstimmend auf die Gefässinnervation (wie sie anderemal ja einer Reflexerregung gleich auf die Gefässe wirken). Bei der Erfahrung, auf die wiederholt aufmerksam gemacht ist, dass bei verschiedenen psychischen Zuständen — geistige Erregung, Phlegma, Geisteskrankheit — die Heilung von Wunden verschieden rasch und günstig abläuft, spielt gewiss, wenn auch nicht allein, die indirecte, stetige, nach dem Schema der reflectorischen Miterregung und reflectorischen Hemmung geschehende Beeinflussung der Innervation der Körpergefässe seitens der psychischen Erregungen und der Gehirnthätigkeit eine Rolle. So werden auch die bei der Entstehung des Zitterns betheiligten Zustandsänderungen der Blutgefässe des Centralorgans selbst beeinflusst und beseitigt, wenn ein psychischer Eindruck einbricht, von neuen Wirkungen und Thätigkeitsleistungen centraler Theile gefolgt. Der vor Kälte Zitternde hört auf zu zittern, wenn ein plötzliches Ereigniss ihn in gespannte Aufmerksamkeit oder in Affect versetzt; der aus vager Angst vor bevorstehender Gefahr Zitternde zittert nicht mehr, wenn die plötzlich vor ihm getretene, verwirklichte Gefahr ihn erfasst und seine Abwehr, seine Thätigkeit hervorruft. Sieht

---

\*) Pflüger's Archiv, 1870. S. 196. Prager, Vierteljahrsschrift, 1863 u. 1867.

der Soldat erst einmal den Feind, ist er einmal im Feuer und aus der zuwartenden Stellung in die Beteiligung hineingerissen, und kann er erst einmal selbst schiessen und sich wehren, dann hat alsbald mit dem Gefühle der Angst auch das Zittern und das Schlottern der Kniee von selbst sein Ende erreicht. Der mächtigere psychische Eindruck der handgreiflichen Gefahr hemmt und übertäubt die Wahrnehmung des gleichwohl in seiner Ursache noch fortbestehenden schwächeren Eindrucks, die Wahrnehmung der Kälte oder der gefährlichen Situation im Allgemeinen. Und die durch den neuen mächtigeren Eindruck geweckte Thätigkeit centraler Apparate unterdrückt und hemmt ebenso die Wirkungen jenes anderen, geringeren Eindrucks, auch wenn an und für sich die beiderseitigen Wirkungen nicht unvereinbar sind. Das Zittern also, sonst so gern sich an Extremitätenbewegungen anschliessend, unterbleibt, wenn ein fremder, neuer Eindruck das Centralorgan zu mächtiger Thätigkeitserregung erfasst und hinreisst, es unterbleibt, weil auch der bei seiner Erzeugung thätige Gefässreflex durch die neue centrale Occupation und Thätigkeit gehemmt und unterdrückt wird.

Selbst das Zittern aus Ermüdung und bei geringem Alcoholrausch kann, gleichzeitig mit der Wahrnehmung dieser Zustände, vorübergehend weichen vor der mächtigen Einwirkung, z. B. einer erschütternden Nachricht, die das Auftauchen aller ihr fremden Dinge im Bewusstsein und jede ihr fremde, in schwächerer Ursache begründete Thätigkeitsleistung centraler Apparate durch Hemmung unterdrückt und beseitigt.

Bonn, April 1875.

---