

XXXII.

**Ueber die thermischen Wirkungen experimenteller Eingriffe
am Nervensystem und ihre Beziehung zu den
Gefässnerven.**

Von Alb. Eulenburg und L. Landois,
Professoren in Greifswald.

(Hierzu Taf. XXII. Fig. 1.)

I.

**Die thermischen Wirkungen peripherischer Reizung und
Durchschneidung der Nervenstämmе.**

Ueber die Wirkung der Gefässnerven sind in der neueren Zeit verschiedene Untersuchungen zur Ausführung gelangt, durch welche zum Theil Anschauungen begründet wurden, welche mit den bisher geläufigen keineswegs übereinstimmen, ja zumeist denselben geradezu widersprachen. Unter diesen Verhältnissen konnte es nicht fern liegen, wenn wir uns zur abermaligen Bearbeitung eines Feldes anschickten, welches schon früher unsererseits in Angriff genommen wurde. Vornehmlich schien es nothwendig, den zeitlichen Verlauf der Reactionerscheinungen nach Reizung und Lähmung der Vasomotoren festzustellen. Wir haben hierbei zunächst die Wärmeverhältnisse im Auge gehabt.

Zu den Untersuchungen über die Wärme der Körpertheile nach den betreffenden Eingriffen an den Gefässnerven bedienten wir uns des von G. Meissner und Meyerstein construirten Electrogalvanometers. Die bedeutenden Vorzüge dieses Instrumentes bestehen nicht allein in der grossen Empfindlichkeit, vermöge deren selbst minimale Temperaturunterschiede nachgewiesen werden können, sondern auch ganz besonders darin, dass die Einstellung des Magneten schnell und prompt erfolgt. Dieser Umstand gestattet es nun, dass die Temperaturveränderungen in den Geweben bei schnellem Wechsel auch da sicher erkannt werden können, wo selbst das empfindlichste Thermometer bei Weitem nicht zu folgen

im Stande ist. Die Gesichtspunkte, welche Meissner und Meyerstein bei der Herstellung des Werkzeuges geleitet haben, sind in Kürze die folgenden. Die Tangente des Winkels φ , um welchen der freischwebende Magnet aus seiner Ruhelage im magnetischen Meridian abgelenkt wird durch einen an demselben vorbeigeführten galvanischen Strom, ist bekanntlich gleich dem Verhältnisse der galvanischen Directionskraft G zu der magnetischen Directionskraft D .

$$\text{Also: } \tan \varphi = \frac{G}{D}.$$

Um also bei gleich gross bleibendem G die $\tan \varphi$ möglichst gross zu erhalten, muss die magnetische Directionskraft möglichst vermindert werden. Bezeichnet man mit m den Magnetismus der Nadel und mit T den Erdmagnetismus, so ist die magnetische Directionskraft $D = Tm$. Hieraus ergibt sich, dass D auf zweifache Weise verkleinert werden kann, nemlich erstens durch Verkleinerung des magnetischen Moments der Nadel (wie dies durch das astatische Nadelpaar des Nobili'schen Multiplicators erreicht worden ist), zweitens aber auch durch Schwächung des Erdmagnetismus durch einen festliegenden in der Nähe des schwebenden Magneten in gleichem Sinne angebrachten sogenannten Hilfsmagneten nach dem von Wilh. Weber aufgestellten Principe.

Der freischwebende Magnet hat die Form eines ovalen Ringes, welcher möglichst nahe von der inneren Circumferenz der Drahtwindungen der ungeschlitzten Thermorolle umgeben ist, theils um eine möglichst starke Wirkung des Stromes in den Drahtwindungen auf den Magneten zu erlangen, theils aber auch, um eine möglichst starke Wirkung von Seiten des später zu erwähnenden Dämpfers auf den in Schwingung versetzten Magneten zu erhalten.

Der Hilfsmagnet (Hauy'sche Stab), wie der dem Erdmagnetismus entgegenwirkende Magnet genannt werden soll, hat eine feste Lage auf einem Träger (an unserem Instrumente) oberhalb des freischwingenden. Sein Nordpol ist dem des freischwingenden gleich gerichtet. Der Hilfsmagnet kann an einem senkrechten mit einer Scala versehenen Balken auf- und abwärts, d. h. den schwingenden Magneten näher und ferner gebracht werden. So lässt es sich bei passender Einrichtung leicht erreichen, dass dem beweglichen Magneten nur ein äusserst geringer Rest seiner Directionskraft gelassen wird, der allein eben noch hinreicht, ihm

eine constante Ruhelage zu gewähren. Um in dieser Beziehung möglichst fein abzustufen zu können, kann man sogar zwei Hilfsmagneten übereinander anbringen, welche je nachdem man sie in gleichnamigen oder in ungleichnamigen Sinne anordnet, noch fernere Modificationen der Abstufung zulassen.

Durch einen Messingbügel befestigt trägt der schwingende Magnet oberhalb der Drahtrolle ein Spiegelchen. Diesem gegenüber ist zur Beobachtung ein Fernrohr mit einer Scala in 3 Meter Entfernung aufgestellt, deren Zahlen der Beobachter durch das Fernrohr im Spiegelchen erblickt. Die Entfernung des Spiegelbildes von der Scala beträgt also 6 Meter und 1 Theil (1 Mm.) der Scala entspricht dann 34 Bogensecunden. Von der allergrössten Wichtigkeit für die schnelle Einstellung des schwingenden Magneten und damit zugleich für die schnelle und sichere Beobachtung ist die Anbringung der sogenannten Dämpfung von Gauss. Dieselbe besteht aus einem dicken kupfernen Hohlcyliner, auf welchem der Draht gewickelt ist, und der an beiden Endflächen überdies dicke kupferne Scheiben trägt. Diese Kupfermasse kann bekanntlich angesehen werden als ein geschlossener Multiplicator von nur Einer Windung mit sehr grossem Querschnitt. Der in Schwingung versetzte Magnet inducirt in dieser in sich geschlossenen Kupfermasse einen Strom, dessen Intensität am stärksten ist, wenn die Schwingungsgeschwindigkeit des Magneten am grössten ist, und welcher die entgegengesetzte Richtung annimmt, sobald die Nadel umkehrt. (In geringerem Maasse wirkt auch schon der Multiplicator selbst, sobald er geschlossen ist in gleicher Weise als Dämpfer.) Diese inducirten Ströme bedingen eine Verminderung der Schwingungen des Magneten in der Art, dass der Schwingungsbogen in sehr rascher, wie auch fast nahezu geometrischer Progression, d. h. mit nahezu gleichbleibendem, aber sehr grossen logarithmischen Decrement abnimmt, Der inducirte dämpfende Strom ist um so kräftiger, je geringer der Widerstand in dem geschlossenen Kreise ist, bei dem Dämpfer selbst daher je grösser der Querschnitt des Kupferringes ist. (Die Dämpfung von Seiten des Multiplicators selbst kommt bei thierisch-electrischen Versuchen, bei denen die Widerstände im Multiplicatorkreise oft so sehr bedeutend sind, nicht oder nur in unerheblichem Maasse in Betracht.) Durch diese Dämpfungseinrichtung ist das langwierige Hin- und Heroscilliren des Magneten äusserst beschränkt, die Ein-

stellung erfolgt nach 3—4 sehr kleinen Schwingungen schnell und prompt und hiermit die Beobachtung scharf und ohne Zeitverlust. Für die Beobachtung selbst ist noch zu bemerken, dass sich die Ablenkungswinkel innerhalb so kleiner Grössen halten, dass die Winkel geradezu statt der Tangenten genommen werden können. (Genauere Einzelheiten des Instrumentes siehe Zeitschr. f. rat. Med. XI. — Beschreibung von Meissner und Meyerstein.)

Als thermoelectrische Elemente wurden zwei sogenannte Dutrochet'sche Nadeln ¹⁾ in den Kreis eingeschaltet, welche der Länge nach an der Spitze aus Eisen und Neusilber (nach Poggendorff's Vorschlag) zusammengelöthet sind. Am oberen Ende weichen die Metallhälften auseinander, um mittelst Klemmschrauben mit dem dicken Kupferdraht der Kette verbunden zu werden. Die Nadeln sind mit einem braunen Lack stets gut gefirnisst, damit nicht die etwa durch Benutzung der ungleichartigen Metalle durch die Parenchymflüssigkeiten entstehenden Ströme die gewonnenen Thermostrome stören.

Wir bedienen uns auch solcher Elemente in Form Dutrochet'scher Nadeln, welche in einer an der Spitze zugeschmolzenen dünnen Glasröhre mit Siegellack fest eingeschmolzen sind. Der Glasüberzug isolirt natürlich in vollkommenster Weise, allein die Wärmeleitung geschieht durch das Glas und durch den Lack hindurch nicht so schnell zur Löthstelle. Je nach der Art der Versuche wird man die Wahl treffen. Ganz vortrefflich werden gewiss auch die von Heidenhain construirten Elemente sein, die wir nur aus der Beschreibung kennen.

Es muss nun weiterhin festgestellt werden, einen wie grossen Ausschlag an der Scala eine bestimmte Temperaturdifferenz an den Nadelementen zur Folge hat, also etwa 1° C. Um dieses festzustellen verbanden wir mittelst einer Schnur mit jedem der beiden Thermonadeln ein empfindliches Thermometer, steckten beide sodann in ein trockenes Reagenzglas, das durch einen Wattepfropf oben verstopft wurde und stellten endlich die beiden Reagenzgläser in zwei Wasserbehälter von verschiedenen Wärmegraden. Die beiden Thermometer zeigten die Wärmedifferenz an, welche gleichfalls den beiden Thermonadeln zukam. Wurde nun die Kette geschlossen

¹⁾ Physique méd. Paris 1855. p. 26.

und der definitive Ausschlag notirt, so entsprach natürlich die Differenz der beiden Zahlen der Scala der Wärmedifferenz innerhalb der beiden Reagenzgläser.

So wurde bestimmt, dass der Wärmedifferenz von 1°C an den Elementen 13,8 Cm. ($= 138\text{ Mm.}$) der Scala entsprach, also 1 Mm. der Scala $= \frac{1}{138}^{\circ}\text{C}$.

Vor dem Versuche ist sodann noch darauf zu achten, nach welcher Richtung bei Erwärmung des einen oder des anderen Elementes die Scala sich verschiebt. Es genügt hierzu allein nur die Hand der einen der Nadeln zu nähern und sofort erfolgt die Ablenkung. Der in der erwärmten Nadel vom Neusilber zum Eisen gehende Strom lenkt sofort den Magneten ab. Für schwache Temperaturdifferenzen ist, was noch erwähnt werden mag, die thermoelectrische Kraft stets der Temperaturdifferenz beider Nadelelemente proportional.

A. Versuche am Halssympathicus des Kaninchens.

Die Versuche am Halssympathicus des Kaninchens wurden in folgender Weise hergerichtet. Dem auf dem Rücken liegenden, an den 4 Füßen mit Stricken, an dem Kopfe mittelst des Czermak'schen Kopfhalters befestigten Thiere wird in sorgfältigster Weise der N. sympathicus eine Strecke weit am Halse blossgelegt. Unmittelbar vor der Reizung wird er durch ein untergeschobenes Glasstäbchen isolirt. Als Electroden dienen zwei Platindrähte, über welche der Nerv gebrückt wird. Das Vivisectionsbrett ist auf einem Gestelle schräg aufgerichtet, die Ohren des Thieres hängen durch eine Oeffnung im Brette frei abwärts.

Von den beiden thermoelectrischen Elementen wird das eine, durch einen Träger gehalten, einer constanten Wärmequelle ausgesetzt, indem die Spitze desselben in einem bestimmten Abstände von einer gleichmässig brennenden Petroleumlampe fixirt wird, das andere Element ist der Länge nach zwischen die Ohrmuschel gelegt und wird durch eine an der Spitze des Ohres angebrachte Klammer festgehalten.

Es gilt nun zunächst das eine Element der Petroleumflamme so nahe zu bringen, dass dieselbe dem Elemente die gleiche Wärme mittheilt, wie das Ohr dem anderen Elemente. Man erkennt dies daran, dass nach Schluss der Kette die Scala keinen Ausschlag zeigt

und in der Ruhe verharret; doch ist zu bemerken, dass ein längeres Verweilen der Scala in vollkommener Ruhe nicht erwartet werden kann, da selbst geringfügige periodisch-regulatorische Bewegungen an den Gefäßen zu Schwankungen Veranlassung geben müssen. Solche fallen jedoch hier nicht wesentlich in's Gewicht.

Ist solchergestalt nun die Einstellung gewonnen, so geschieht die Reizung des Nerven mit dem Dubois-Reymond'schen Schlittenapparat. Während des Versuches wird von 5 zu 5 Secunden der Stand der Scala notirt.

Es mögen nun einzelne Versuche über Reizung des Hals-sympathicus in der Continuität, sowie über Durchschneidung und Reizung des peripherischen Endes als Beispiele folgen.

I. Rechtes Ohr. Einstand der Scala nach Schluss der Kette: 41. (Das Herabgehen der Scala in diesem Versuche entspricht einem Sinken der Temperatur.)

Reizung des rechten Sympathicus in der Continuität: 40, 39, 38, 38 (Aufhören der Reizung) 38, 36, 34, 39, 41, 45, 49, 52, 54, 55, 53, 52, 51. —

Linkes Ohr desselben Thieres. Einstand der Scala nach Kettenschluss: 37.

Reizung des linken Sympathicus in der Continuität: 37, 32, 28, 26, 22, 18, 16, 14, 11, 9, 7, 5 (Aufhören der Reizung) 5, 4, 2, 6, 7, 11 u. s. w.

Resultat: Reizung des Halssympathicus in der Continuität bewirkt sofortige Abkühlung des Ohres der gereizten Seite, die auch nach Aufhören der Reizung noch einige Zeit (15—20 Secunden) andauert, und dann einer Temperaturerhöhung bis über das ursprüngliche Niveau hinaus Platz machen kann.

Die Abkühlung betrug bei der Reizung des rechten Sympathicus, die nur 20 Secunden hindurch vorgenommen wurde $0,5^{\circ}\text{C}$. — bei der längere Zeit (60 Secunden) unterhaltenen Reizung des linken Sympathicus $2,5^{\circ}\text{C}$. ($1^{\circ}\text{C} = 13,8$). Die Erwärmung über das ursprüngliche Niveau betrug bei Reizung des rechten Sympathicus fast genau 1°C ., das Maximum trat ein 50 Secunden nach Aufhören der Reizung, dann wieder allmähliches Sinken.

II. Rechtes Ohr. Einstand der Scala nach Kettenschluss: 48 (Steigen der Scala in diesem Versuche = Sinken der Temperatur).

Reizung des rechten Sympathicus in der Continuität: 48, 52, 57, 57 (Aufhören der Reizung) 58, 60, 66, 65, 63, 60, 50, 41, 25, 19, 14, 11, 7, 3.

Dasselbe Resultat wie im ersten Versuche. Das Maximum der Abkühlung betrug $1,2^{\circ}\text{C}$., dasselbe trat 15 Secunden nach Aufhören

der Reizung ein; darauf Temperaturerhöhung bis weit über das ursprüngliche Niveau (um $2,6^{\circ}\text{C.}$).

III. Linkes Ohr. Stand der Scala nach Kettenschluss: 68. (Steigen der Scala = Sinken der Temperatur.)

Reizung des linken Sympathicus in der Continuität: 68, 69, 71, 73, 75, 77, 79 (Aufhören der Reizung) 79, 80, 81, 82, 83, 86, 86, 85, 85, 87, 88, 88, 87, 87, 87, 86, 84, 84, 83, 82, 81, 80, 79, 77, 76, 76, 76, 75, 72, 70, 67, 65, 60, 57, 57, 56, 54, 53, 51, 51, 50, 48, 47, 46, 45, 45, 44, 44, 44, 44, 43, 43, 42, 41, 40, 40, 40, 39, 39, 38, 38, 38, 38, 38, 38, 38, 38. [Das linke Ohr fühlbar bedeutend wärmer als das rechte, die Arterie deutlich pulsierend.]

Dasselbe Resultat wie in I und II. Bei der Reizung sofortige Abkühlung, die, wahrscheinlich in Folge der sehr prolongirten Reizung, erst 55 Secunden nach Cessation der letzteren ihr Maximum erreicht; dann allmähliche Erwärmung bis weit über das ursprüngliche Niveau hinaus. Das Letztere wurde erreicht 155 Secunden nach Aufhören der Reizung. Das Maximum der Abkühlung betrug $1,5^{\circ}\text{C.}$ — der Erwärmung $2,2^{\circ}\text{C.}$

IV. Dasselbe Thier und dieselbe Seite wie im vorigen Versuche wurde eine halbe Stunde später zu einer Wiederholung des Versuches benutzt. Stand der Scala nach Kettenschluss: 35. (Steigen der Scala = Sinken der Temperatur.)

Reizung des linken Sympathicus in der Continuität: 35, 35, 35, 39, 42, 44, 46, 49, 51, 53 (Aufhören der Reizung) 56, 58, 61, 63, 65, 68, 69, 68, 67, 66, 64, 63, 62, 58, 58, 57, 56, 55, 54, 52, 51, 49, 49, 48, 46, 46, 46, 47, 46, 45, 45, 45, 45, 44, 44, 43, 43, 42, 42, 42, 42, 43, 43, 42.

Demnach dasselbe Resultat wie in Versuch III; nur ein etwas längeres Latenzstadium im Beginne der Reizung (15 Secunden) — wahrscheinlich in Folge der Erschöpfung des schon einmal längere Zeit faradisirten Nerven. Die Abkühlung erreichte ihr Maximum 35 Secunden nach Beginn der Reizung; dasselbe betrug $1,7^{\circ}\text{C.}$ Die Erwärmung ging nicht bis auf das ursprüngliche Niveau, das wahrscheinlich noch abnorm erhöht war, zurück, sondern verharrte circa $0,5^{\circ}\text{C.}$ unter demselben.

V. Rechtes Ohr. Einstand der Scala nach Kettenschluss: 52. Steigen der Scala = Sinken der Temperatur.

Reizung des rechten Sympathicus in der Continuität: 56, 63, 64, 67, 69, 73, 79 (Aufhören der Reizung) 83, 89, 94, 94, 98, 98, 94, 90, 87, 84, 82, 80, 78, 76, 74, 72, 73, 72, 70, 68, 66, 62, 60, 58, 57, 56, 55, 55, 53, 51, 50, 49, 48, 47, 46, 46, 47, 46, 46, 45, 45, 44, 44, 43, 43, 42, 42, 42, 41, 40, 40, 40, 39, 38, 38, 38, 38, 38.

Dasselbe Resultat wie in I—IV. Das Maximum der Abkühlung betrug $3,4^{\circ}\text{C}$. — Dasselbe wurde 25 Secunden nach Aufhören der Reizung erreicht. Die secundäre Erwärmung ging bis $1,1^{\circ}\text{C}$. über das ursprüngliche Niveau. — Dieses Maximum wurde erreicht 275 Secunden nach Aufhören der Reizung.

VI. Rechtes Ohr. Stand der Scala nach Kettenschluss: 78. (Reizen der Scala = Sinken der Temperatur.)

Durchschneidung des rechten Sympathicus: 81, 80, 77, 69, 61, 56, 49, 44, 37, 27, 14, 7, 2, 0 — —. Eine halbe Stunde später Einstellung der Scala auf 10. — Reizung des peripherischen Sympathicusendes: 12, 14, 15, 17, 21, 24 (Aufhören der Reizung) 28, 30, 32, 35, 40, 44, 47, 46, 43, 41, 40, 38, 34, 33, 32, 33, 34, 34 (Wiederholte Reizung des peripherischen Endes) 34, 36, 37, 39, 40 (Aufhören der Reizung) 41, 45, 46, 47, 49, 46, 44, 44, 42, 41, 40, 40, 41, 42, 41, 42.

Resultate: Durchschneidung des Halssympathicus bewirkt nach einer minimalen und ganz flüchtigen Abkühlung ($0,1$ — $0,2^{\circ}\text{C}$. — 10 Secunden Dauer) ein stetiges und rapides Steigen der Temperatur des entsprechenden Ohres. Die Scala sank in diesem Falle bis unter den Nullpunkt, was einer Erwärmung des Ohres um mehr als 6°C . gleichkam, innerhalb 75 Secunden nach der Durchschneidung.

Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Sympathicus wirkt genau wie Reizung in der Continuität: sofortige Abkühlung, die nach Aufhören der Reizung noch einige Zeit (20—25 Secunden) anwächst, dann allmähliche Erwärmung. Letztere erreichte jedoch nicht das ursprüngliche Niveau. Das Maximum der Abkühlung auf Reizung des peripherischen Endes betrug $2,6^{\circ}\text{C}$. — bei bald darauf wiederholter Faradisation desselben Nerven noch $1,1^{\circ}\text{C}$.¹⁾

¹⁾ Im Anschlusse an die Versuche am Sympathicus wollen wir noch kurz einer Versuchsreihe erwähnen, welche von Herrn Dr. Piotrowski über den weiteren Verlauf der Temperaturverhältnisse am Kaninchenohr nach Ausrottung des Halssympathicus angestellt wurde. Es wurde dabei theils der eine Sympathicus allein extirpirt, theils auch die Carotis derselben Seite, oder die der anderen Seite, oder die Carotis auf beiden Seiten gleichzeitig unterbunden. In allen Fällen wurde die Temperatursteigerung nach der Operation allmählich geringer, die vorhandene Differenz beider Ohren verlor sich vom zweiten bis achten Tage, oder machte sogar einer Differenz im entgegengesetzten Sinne Platz. Die künstliche Erregung febriler Muskelbewegungen beschleunigte

B. Versuche am Hüftnerve des Hundes.

Die Versuche am N. ischiadicus des Hundes wurden in folgender Weise hergerichtet. Nach Einbindung einer Trachealcantile wird das Thier durch Infusion einer filtrirten schwachen Curarelösung in die Vena jugularis externa gelähmt. Man hat hierbei darauf zu achten, dass die Dosis nicht zu stark genommen wird: die Vergiftung darf nur so weit gehen, dass die quergestreiften Muskeln auf Reizung ihrer Nerven nicht mehr reagiren, während die Vasomotoren noch functioniren. Greift man in der Dosis zu hoch, so werden auch letztere gelähmt und der Versuch ist dadurch vereitelt. Nach eingetretener Lähmung wird von den Assistenten die künstliche Respiration ausgeführt. Das Thier wird nun auf die untere Körperseite mit ausgestreckten Beinen hingelegt. Die beiden thermoelectrischen Elemente werden zwischen die Zehen je eines Hinterfusses eingeschoben und durch Anlegung einer Klammer an den Krallen der Zehen fixirt. Hat sich nach geschlossener Kette die Scala auf eine bestimmte Zahl eingestellt, so wird der N. ischiadicus freigelegt und der Versuch wird verfolgt, indem von 5 zu 5 Secunden der Stand der Scala notirt wird.

Die Vergiftung mit Curare hat den Zweck, die Zuckungen der Muskeln während der Reizung der Nerven auszuschliessen. Da der contrahirte Muskel Wärme producirt, so würde hierdurch natürlich eine Störung des Versuches statthaben.

Von den mit Durchschneidung des Ischiadicus und Reizung seines peripherischen Endes an Hunden angestellten Versuchen mögen ebenfalls einige Beispiele folgen.

I. Rechter Ischiadicus. Stand der Scala nach Kettenschluss: 40. (Steigen der Scala = Sinken der Temperatur der Pfote.)

Durchschneidung des rechten Ischiadicus: 39, 38, 38, 38, 37, 37, 38, 38, 37, 36, 35, 34, 32, 30, 28, 27, 25, 22, 21, 19, 18, 16, 15, 15, 14, 13, 12, 10, 9, 7, 6, 3, 1, 0 —. Eine halbe Stunde später Einstellung der Scala

dieses Resultat. Wurden beide Carotiden unterbunden und der eine Sympathicus extirpirt, so war die Temperatur schon nach kurzer Zeit auf der Seite der Exstirpation constant niedriger; man kann daraus schliessen, dass die Exstirpation das Zustandekommen des Collateralkreislaufs erschwert oder verhindert. Wir werden später noch genauer auf diese Verhältnisse zurückkommen.

auf 9. Reizung des peripherischen Ischiadicusendes: 9, 9, 9, 10, 10, 10, 11, 11, 11, 11, 12, 12, 13, 14, 14, 15, 16, 17, 17, 18, 19, 19, 20, 21, 21, 22, 23, 24, 24, 25, 26, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 30 (Aufhören der Reizung) 30, 31, 31, 32, 32, 32, 33, 33, 33, 34, 34, 35, 34, 34, 34, 34, 34, 34, 34, 34, 34, 34, 34, 33, 33, 33, 32, 32, 32, 32, 32, 32, 32, 32, 32, 32, 31, 31, 31, 30, 30, 30, 30, 29, 29, 29, 28, 28, 28, 28, 28, 28, 28, 27, 27, 27, 27, 26, 27, 26, 26, 26, 26, 26, 25, 26, 25, 25, 25, 25. (Wiederholte Reizung des peripheren Endes): 25, 24, 24, 25, 25, 25, 26, 26, 26, 27, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 30, 31, 32, 33, 33 (Aufhören der Reizung) 33, 34, 35, 36, 36, 37, 38, 38, 38, 38, 39, 39, 39, 39, 39, 40, 40, 40, 40, 39, 39, 39, 39, 39, 38, 38, 38, 38, 38, 38, 38, 37, 37, 37, 37, 36, 36, 36, 36, 35, 35, 35, 35, 35, 34, 34, 34, 34, 34, 33, 33, 33, 33, 32, 32, 31, 31, 30, 30, 30, 30, 29, 29, 29, 28, 28, 28, 28, 27, 27, 26, 26, 26, 25, 25, 24, 24, 24, 24.

Resultate: Durchschneidung des Ischiadicus bewirkt unmittelbar eine langsam, aber stetig zunehmende Erwärmung der entsprechenden Pfote. (Die Scala sank in diesem Falle binnen 275 Secunden bis unter den Nullpunkt, was einer Erwärmung von über 3° C. gleichkommt.)

Starke Reizung des peripherischen Schnittendes bewirkt — nach kurzem Latenzstadium (15 Secunden) — eine stetig zunehmende Abkühlung der Pfote. Dieselbe erreicht auch bei sehr prolongirter Reizung erst einige Zeit nach dem Aufhören der letzteren ihr Maximum, worauf ein sehr langsames Ansteigen der Temperatur folgt. Wird in diesem Stadium, bei noch anwachsender Temperatur, wiederum das peripherische Ischiadicus-Ende stark gereizt, so erfolgt wiederum Abkühlung der Pfote, jedoch erst nach längerem Latenzstadium (30 Secunden) und in schwächerem Maasse als bei der ersten Reizung. Das Maximum der ersten Abkühlung betrug $1,8^{\circ}$ C. und wurde 60 Secunden nach Aufhören der Reizung erreicht; das Maximum der zweiten Abkühlung betrug $1,1^{\circ}$ C., 80 Secunden nach Cessation der Reizung. Auch dieser zweiten Abkühlung folgte eine secundäre Temperaturzunahme; dieselbe ging jedoch nicht bis zu dem ursprünglichen Niveau, die Pfote blieb vielmehr $1,1^{\circ}$ C. kühler als vor der ersten Reizung.

II. Rechter Ischiadicus. Stand der Scala nach Kettenschluss: 48. (Abnahme der Scala == Sinken der Temperatur der Pfote.)

Durchschneidung: 48, 48, 49, 49, 49, 49, 49, 49, 49, 50, 50, 49, 49, 49, 49, 50, 50, 50, 50, 50, 51, 51, 52, 52, 52, 53, 53, 53, 53, 54, 54, 54, 55, 55, 55, 55, 56, 56, 56, 57, 58, 58, 58, 58, 59, 59, 60, 60, 60, 61, 62, 63, 63, 64, 64, 64, 65, 65, 65, 65, 65, 66, 67, 67, 68, 69, 68, 68, 68, 68, 68, 67, 67, 67, 67, 66, 66, 66, 66, 66, 65, 65, 65, 65, 65 (Reizung des peripherischen Nervenendes) 63, 63, 62, 62, 61, 61, 60, 60, 60, 60, 59 (Aufhören der Reizung) 59, 59, 59, 59, 59, 59, 59, 58, 58, 56, 55, 55, 55, 55, 55, 54, 55, 54, 54 (Wiederholte electrische Reizung) 53, 53, 53, 52, 52, 52, 51, 51, 51, 51, 51, 50, 50, 50, 50, (Aufhören der Reizung) 50, 51, 52, 52, 52, 53, 53, 52, 53, 54, 54, 55.

Resultate wie in Versuch I. Die Durchschneidung bewirkte eine langsam aber stetig zunehmende Erwärmung der Pfote; Reizung des peripherischen Schnittendes bewirkte Abkühlung, die nach dem Aufhören der Reizung noch zunahm; die in diesem Stadium wiederholte Reizung hatte ebenfalls noch eine merkliche Abkühlung zur Folge, welche jedoch nach Aussetzen der Reizung sofort wieder verschwand.

III. Linker Ischiadicus. Stand der Scala nach Kettenschluss: 55. (Steigen der Scala = Sinken der Temperatur der Pfote.)

Durchschneidung: 55, 55, 55, 55, 55, 54, 54, 54, 53, 53, 53, 52, 52, 51, 51, 51, 50, 50, 49, 49, 49, 49, 49, 49, 48, 48, 48, 47, 47, 47, 47, 47, 47, 46, 45, 45, 44, 44 (Reizung des peripherischen Endes) 44, 44, 44, 45, 45, 45, 46, 46, 46, 47, 47, 47, 48, 48, 48, 48, 48, 48 (Aufhören der Reizung) 48, 49, 49, 49, 49, 50, 50, 50, 51, 50, 50, 50, 50, 49, 49, 49, 49, 49, 49, 49, 49, 49, 48, 48, 48, 48, 48, 48, 48, 48, 48, 47, 47, 47, 47, 47, 47, 46, 46, 46, 46, 46, 45, 45, 45, 45, 45, 44, 44, 44, 44, 44, 43, 43, 43, 42, 42, 42, 42, 41, 41, 41, 40, 40, 40, 39, 39, 39, 38, 38, 38, 38, 37, 37, 37, 36, 36, 36, 36, 35, 35, 35, 34, 34, 34, 34, 33, 33, 33, 32.

Durchschneidung des Ischiadicus bewirkte demnach auch hier eine stetig zunehmende Erwärmung der Pfote; dieselbe betrug 195 Secunden nach der Durchschneidung $0,8^{\circ}\text{C}$. Die zu dieser Zeit vorgenommene electrische Reizung des peripherischen Schnittendes ergab nach kurzem Latenzstadium (15 Secunden) eine merkliche Abkühlung der Pfote. Das Maximum der Abkühlung ($0,5^{\circ}\text{C}$.) wurde 40 Secunden nach Aussetzen der Reizung erreicht; dann folgte eine bis über das Niveau vor Beginn der Reizung hinausgehende Erwärmung.

Dieselben Versuche wurden schliesslich auch am Ischiadicus des Kaninchens angestellt. Die Resultate waren im Ganzen dieselben,

nur weniger ausgesprochen und gewissermaassen vermischt: was nicht überraschen konnte, da sich Kaninchen aus bekannten Gründen zu derartigen Versuchen überhaupt weniger qualificiren, und der zur Untersuchung dienende Körpertheil überdies viel weniger blutreich ist als beim Hunde.

Es ist vor allen Dingen von der grössten Wichtigkeit festzustellen, in welchem Verhältnisse die Temperatur eines Gewebes zu dem jeweiligen Durchmesser seiner Gefässe steht. In dieser Beziehung ist zuerst zu betonen, dass es vollkommen verfehlt wäre, schlechtweg eine Gefässerweiterung mit einer Temperaturerhöhung und eine Gefässverengung mit einer Temperaturerniedrigung zu identificiren, und bei dem Vorfinden des einen dieser Factoren schlechthin auf das Vorhandensein des anderen zu schliessen. In dieser Beziehung ist seit der Entdeckung Claude Bernard's vielfach Schiefes behauptet worden, ja selbst die Formel für seine bekannte Entdeckung, dass die Durchschneidung des Hals-sympathicus die Wärme im Ohre des Kaninchens vermehre, ist absolut streng genommen falsch.

Behufs der Analyse der hier in Betracht kommenden Verhältnisse kann man sich mit Vortheil eines Vergleiches bedienen. Wir stellen uns vor, die einzelnen Körperregionen würden durch das in den Adern strömende Blut wie durch eine Flüssigkeitsheizung erwärmt. Das Blut verlässt die linke Herzhöhle mit constanter Temperatur, ergiesst sich in die Gewebe und theilt diesen die Wärme mit. Die Wärmeabgabe wird nun aber beeinflusst zunächst 1) von der Menge des Blutes, welche in einer Zeiteinheit durch das Gewebe strömt. Die Durchströmungsmenge hängt aber von zwei Factoren ab, nemlich von der Weite der Gefässlumina und von der Schnelligkeit des Blutstromes durch dieselben. Die grösste Wärmezufuhr wird demnach das Gewebe erhalten bei stark erweiterten Gefässen und grosser Schnelligkeit des Stromes.

Werden beide Factoren kleiner, so wird natürlich weniger Wärme abgegeben: dünne Röhren und langsame Bewegung des heizenden Fluidums wird geringe Wärmeübertragung nach sich ziehen.

Wird nun ein Factor kleiner, so muss dasselbe in geringerem Maasse eintreten. Allein es kann beim Kleinerwerden des einen

Factors ein Anwachsen des anderen bis zu einem gewissen Grade compensatorisch wirken: die Heizung kann gleich hohe Wärmemengen liefern, wenn bei langsamerem Flüssigkeitsstrom die Röhren dicker sind, oder wenn bei dünneren Röhren die Stromgeschwindigkeit vermehrt wird. Allein diese Compensation ist im Körper nur innerhalb gewisser Grenzen möglich.

Wird endlich der eine der beiden Factoren gleich Null, so hört damit die Wärmequelle auf, dem Theile neue Spenden zu liefern.

Alle diese angedeuteten Verhältnisse können nun in der That in vielfacher Nuancirung in den Geweben des Körpers vorkommen. Einseitig ist es demnach, schlechtweg Gefässerweiterung und Wärmezunahme sowie auch Gefässverengerung und Wärmeabnahme zu parallelisiren.

Es kommt aber 2) in Betracht, ob nicht etwa in den Geweben selbst Wärmequellen, gleichsam locale Nebenheizungen, belegen sind, wodurch nicht allein das Gewebe an Ort und Stelle erwärmt wird, sondern sogar dem durchströmenden Blute Wärme abgegeben werden kann. Der thätige Muskel und die absondernde Drüse, in geringfügigem Grade auch der gereizte Nerv sind als Wärmequellen dieser Art zu betrachten, während der beschränkte Stoffwechsel in den Stützsubstanzen wie auch in der Haut und ihren Nebenorganen keine beachtungswerthen Wärmemengen zu erzeugen vermag. Für die von uns angestellten Versuche sind diese localen Wärmequellen jedenfalls ohne wesentliche Bedeutung, so dass vorzugsweise die unter 1) aufgeführten Factoren als maassgebend angesehen werden müssen.

Die Schlüsse, welche der gewöhnlichen (älteren) Theorie der Gefässnerven entsprechend aus unseren Versuchen gezogen werden können, liegen so nahe, dass sie sich jedem unbefangenen Leser wohl unmittelbar aufdrängen. Doch glauben wir, bei der gegenwärtig so lebhaft geführten Discussion dieses Themas, die volle Darlegung unseres eigenen Standpunktes bis an das Ende des zweiten Theiles dieser Arbeit verschieben zu dürfen, der die thermischen Wirkungen experimenteller Eingriffe auf die nervösen Centraltheile, auf Rückenmark und Gehirn in umfassender Weise behandelt. Ebenso glauben wir einstweilen auch von einer vergleichenden und kritisirenden Recapitulation der älteren und neueren Literatur dieses Gegenstandes absehen zu können. Es liegt uns überhaupt fern, in

eine Polemik über die schwebenden Hauptfragen der Gefässinnervation einzutreten, wobei es sich in letzter Instanz weit weniger um Beobachtungsverschiedenheiten, als um die so missliche Deutung des Beobachteten handelt. Unsere Absicht war und ist vielmehr, für die schliesslich allerdings unvermeidliche theoretische Auseinandersetzung ein zuverlässigeres Beobachtungsmaterial zu gewinnen; einen verbesserten Beobachtungsmodus für den zeitlichen Ablauf der thermischen Erscheinungen nach experimentellen Eingriffen auf das Nervensystem den bisherigen, uncorrecten und uncontrolirbaren Messungen zu substituiren. In dieser Beziehung hat die von uns angewandte Methode nicht nur für Thierversuche, sondern — wie wir beiläufig bemerken — auch für Versuche, die in ähnlicher Richtung mittelst galvanischer Reizung am Menschen angestellt wurden, den gehegten Erwartungen glänzend entsprochen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXII. Fig. 1.

III ist die Temperaturcurve bei Reizung des Halssympathicus beim Kaninchen (Versuch III). √ Beginn der Reizung; — ⤴ Aufhören der Reizung.

VI ist die Temperaturcurve bei Durchschneidung des Halssympathicus beim Kaninchen und nachheriger Reizung des peripherischen Endes (Versuch VI). × Durchschneidung des Nerven; √ Beginn der Reizung; ⤴ Aufhören der Reizung.

Ia, Ib, Ic ist die Temperaturcurve bei Durchschneidung des Ischiadicus beim Hunde und nachfolgender Reizung des peripherischen Endes (Versuch I). × Durchschneidung des Nerven; √ Beginn der Reizung; ⤴ Aufhören der Reizung.

Bei allen Curven entspricht die Steigerung dem Abfalle, hingegen die Senkung dem Ansteigen der Temperatur.

↓ = Reizung; - ↑ = Anfließen der Reizung; - x Durchschneidung.

Tag. XXII.

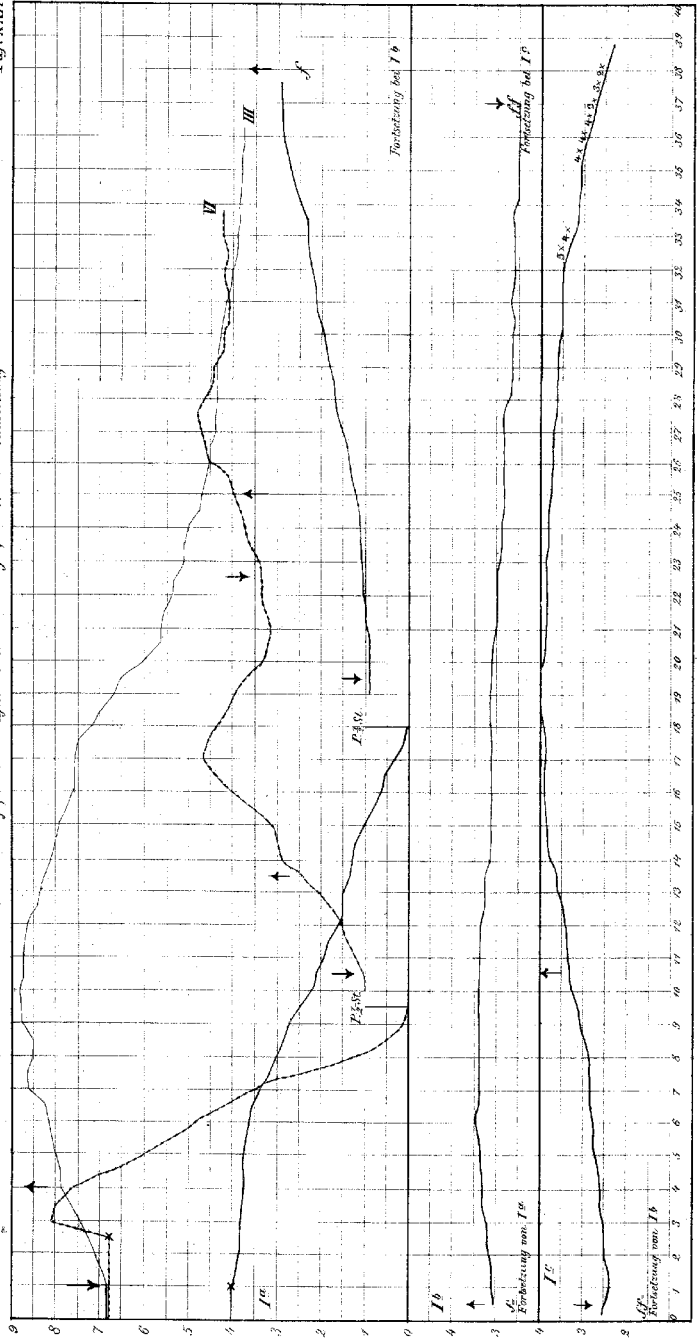


Fig. 2.

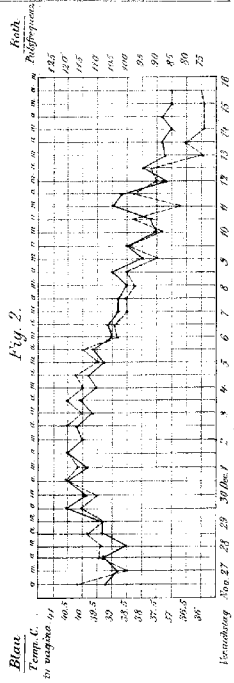


Fig. 3.

