

**Zur Kenntniss der Wärmeregulirung bei den warmblütigen Thieren :
Programm zum Eintritt in die medicinische Facultät und in den Senat der
königl. Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen / von J. Rosenthal.**

Contributors

Rosenthal, I. 1836-1915.
Royal College of Surgeons of England

Publication/Creation

Erlangen : Eduard Besold, 1872.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/n5wvw3pn>

Provider

Royal College of Surgeons

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by The Royal College of Surgeons of England. The original may be consulted at The Royal College of Surgeons of England. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

8
Zur

Kenntniss der Wärmeregulirung bei den warmblütigen Thieren.



PROGRAMM

zum

Eintritt in die medicinische Facultät und in den Senat der königl.
Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

von

Dr. J. Rosenthal,

o. ö. Professor der Physiologie und Director des physiologischen Instituts
zu Erlangen.

Erlangen 1872.

Verlag von Eduard Besold.

Die früher übliche Eintheilung der Thiere in kaltblütige und warmblütige oder in poikilotherme und homiotherme, wie man sie genannt hat, ist in ihren Grundlagen schon längst erschüttert worden. Nach den dieser Eintheilung zu Grunde liegenden Annahmen sollten nämlich die zu der zweiten Gattung gehörigen Thiere, die Warmblüter oder Homiothermen eine constante oder doch nur innerhalb enger Grenzen schwankende Eigenwärme besitzen und diese vermöge geeigneter Regulirungsvorrichtungen selbst bei erheblichen Schwankungen der äusseren umgebenden Temperatur bewahren. Insbesondere beim Menschen wurde auf diese Constanz der Eigenwärme in den verschiedensten Klimaten viel Gewicht gelegt, obgleich gerade bei diesem die erheblichen Unterschiede in der Bekleidung und in der Ernährungsweise in den verschiedenen Zonen der Erde und in den verschiedenen Jahreszeiten in einer und derselben Gegend darauf hindeuten, dass jene Regulirungsvorrichtungen doch kaum hinreichen können, um ohne Aenderung der äusseren Bedingungen für die Wärmeabgabe und Wärmeerzeugung eine hinreichende Constanz der Eigenwärme zu erhalten. Andererseits ist gerade für den Menschen dargethan worden, dass selbst geringe Abkühlungen, wie sie z. B. durch blosse Entkleidung in mitteltemperirten Zimmern bewirkt wird, hinreicht, die Körperwärme erheblich herabzusetzen ¹⁾. Und an Thieren, ist bei physiologischen Versuchen leicht zu beobachten, dass ihre Eigenwärme sehr erheblichen Schwankungen unterliegt, sobald

¹⁾ Vgl. Senator., Virchow's Arch. XLV. 351 ff.; L. 354 ff.

die Bedingungen für die Wärmeabgabe sich ändern. Kaninchen insbesondere, welche bei ihrer geringen Körpermasse und der in Folge dessen nach einem bekannten geometrischen Satze vergleichsweise sehr grossen Oberfläche erhebliche Wärmemengen verlieren, zeigen schon beim blossen Aufbinden auf ein Brett eine beträchtliche Abnahme der Eigenwärme, wie dies von vielen Beobachtern angegeben wird. Beim Eintauchen in kaltes Wasser werden sie so erheblich abgekühlt, dass der Tod erfolgen kann; junge Katzen sterben, wie ich gesehen habe, nach einem kalten Bade in Folge des beträchtlichen Wärmeverlustes durch die Verdunstung sehr leicht. Kurz, es lässt sich nicht läugnen, dass das Vermögen der warmblütigen Thiere, ihre Eigenwärme unter verschiedenen Umständen zu bewahren, in nicht allzuweite Grenzen eingeschlossen ist, während andererseits innerhalb dieser engen Grenzen die Regulirung eine sehr vollständige zu sein scheint.

Welches aber sind die Mittel die zu diesem Behufe in Anwendung kommen? Während die Einen den Hauptton auf die Regulirung der Wärmeabgabe legen, wie sie in den Veränderungen der Athmung, der Circulation und Secretion und dem dadurch veränderten Verlust an Wärme durch Strahlung, Leitung, Verdunstung gegeben sind, legen andere besonderen Werth auf die Wärmeproduction und glauben, dass Einrichtungen vorhanden seien, welche die Wärmebildung steigern, sobald die Wärmeabgabe zunimmt. Ja durch Liebermeister ist sogar die Lehre aufgestellt worden, dass diese Regulirung mehr leiste, als nöthig, indem nach ihm bei vermehrter Abkühlung die Eigenwärme steigen soll, und zwar, wie Liebermeister und Gildemeister¹⁾ und neuerdings auch Röhrig und Zuntz²⁾ gefunden haben, in Folge gesteigerter Oxydationsvorgänge, welche sie aus der bei der Abkühlung vermehrten Sauerstoffaufnahme und

1) Ueber Kohlensäureprod. bei Anwend. kalter Bäder. Basel 1870.

2) Pflüger's Arch. IV. Dasselbe haben übrigens schon Lavoisier und Seguin beobachtet. S. Wagner's Handwörterbuch IV. 81.

Kohlensäureausscheidung schliessen. Wir werden auf diese Frage noch zurückzukommen haben, vorerst genüge es, auf die beiden entgegenstehenden Ansichten hingewiesen zu haben.

Diese Versuche und Erfahrungen betreffen alle den Einfluss der Abkühlung. Viel weniger bekannt ist das Verhalten der Thiere in höher temperirter Umgebung. Ackermann erwärmte Hunde und sah dabei ihre Eigenwärme steigen, aber eine Untersuchung über das Verhalten bei verschiedenen, hohen Temperaturen ist meines Wissens noch nicht vorhanden. Es schien mir nicht unwichtig, diese Lücke auszufüllen. Durch ältere Versuche ist bekannt, dass in höheren Temperaturen vorzugsweise die Wasserverdunstung durch die Haut regulirend wirkt, so dass der Aufenthalt in heisser trockener Luft sehr gut ertragen wird, während in heisser aber feuchter Luft die Eigenwärme steigt. Hoppe ¹⁾ beobachtete auch, dass Thiere, welche in höher temperirter Umgebung eine höhere Eigenwärme angenommen hatten, nach der Rückkehr in die Luft von gewöhnlicher Zimmerwärme nicht nur ihre frühere Temperatur wieder annahmen, sondern eine niedrigere, eine Beobachtung, auf welche wir noch zurückkommen werden.

Ehe wir nun zur Besprechung unserer Versuche übergehen können, ist es nöthig, einige Bemerkungen über die Bestimmung der Eigenwärme vorausszuschicken. Messen wir diese mit dem Thermometer, so erhielten wir eine richtige Vorstellung doch nur dann, wenn die gemessene Temperatur die aller Theile des Körpers wäre. Dies ist aber bekanntlich niemals der Fall, da die Temperatur an verschiedenen Körperstellen verschieden ist. Von den kleinen Unterschieden freilich zwischen den Temperaturen des rechten und linken Herzens, der Pfortader und Leberarterie u. d. g. können wir absehen, aber wenn wir uns irgend einen Punkt auswählen, um an ihm zu messen, so fragt es sich doch, wie weit dieser Punkt gerade geeignet ist, uns

¹⁾ Virchow's Arch. XI. 456.

einen richtigen Mittelwerth zu geben, dass wir nach seiner Wärme gerade die Gesamtwärme des Körpers schätzen wollen. Noch wichtiger aber wird die richtige Wahl des Messungsortes, wenn es sich um die Bestimmung von Veränderungen der Eigenwärme handelt. Um aus den an dem gewählten Orte beobachteten Veränderungen Schlüsse ziehen zu können, müssten wir Gewissheit darüber haben, dass entweder alle Theile des Körpers ihre Temperatur in gleichem Sinne geändert haben, oder dass doch wenigstens die Aenderung der Temperatur des Beobachtungsortes in demselben Sinne mit der der Mehrzahl der Körpertheile geschehen sei. Anderenfalls könnte vielleicht an dem Beobachtungsorte die Temperatur steigen, während sie an allen übrigen oder den meisten übrigen Theilen des Körpers fällt, und wir würden offenbar einen Fehlschluss machen, wenn wir in diesem Falle auf ein Steigen der Eigenwärme schliessen wollten. Dass solche Irrthümer begangen worden sind und zu ganz falschen Vorstellungen geführt haben, darauf haben u. A. Senator¹⁾ und Winternitz²⁾ aufmerksam gemacht. Ich werde versuchen den Grund dieser Abweichung nachzuweisen.

Zur Messung der Körperwärme hat man beim Menschen hauptsächlich die Achselhöhle, ferner die Mundhöhle und den Mastdarm oder die Scheide benutzt, bei Thieren vorzugsweise den Mastdarm. Von diesen Orten ist beim Menschen die Mundhöhle um 0,25 bis 0,5 C., der Mastdarm und die Scheide um 0,8 bis 1,1 C. höher temperirt als die Achselhöhle, nach den Angaben von Hallmann, v. Bärensprung, L. Fick, Berger und Davy. Nach meinen Untersuchungen ist bei Thieren die Angabe der Temperatur im Mastdarme eine unsichere, so lange nicht angegeben wird, wie tief das Thermometer in den Mastdarm eingeführt worden ist. Denn bei oberflächlicher Einführung erhält man niedrigere Temperaturen als bei tieferer, und erst bei Einführung bis zu einer gewissen Tiefe erreicht das

¹⁾ A. a. O.

²⁾ Wien. med. Jahrb. 1871. 180 ff.

Thermometer ein Maximum, auf welchen es dann auch bei noch tieferer Einführung bleibt. Die Tiefe, bei welcher dieses Maximum erreicht wird, ist natürlich von der Grösse des Thieres abhängig; die Schwankung des Thermometers beim Verschieben in der Längsrichtung des Mastdarmes kann zuweilen $0,5^{\circ}$ C. und darüber betragen.

Da alle warmblütigen Thiere wärmer sind als ihre Umgebung und deswegen an ihrer Oberfläche Wärme abgeben, so ist es klar, dass diese Oberfläche stets kälter sein muss als das Innere. Wäre das Thier eine Kugel von gleichförmiger Beschaffenheit, und wäre die Wärmeproduction auf einen einzigen Ort, im Mittelpunkte der Kugel, beschränkt, so müsste dieser Mittelpunkt die höchste Temperatur im Körper haben, und diese müsste, gleichen Wärmeverlust auf allen Seiten vorausgesetzt, vom Mittelpunkte aus nach allen Seiten gleichmässig abnehmen, so dass die geometrischen Orte gleicher Temperaturen concentrische Kugelschalen wären. Ein in der Richtung eines Radius sich verschiebendes Thermometer würde von der Oberfläche nach der Mitte zu immer höhere Temperaturen zeigen, und um die mittlere Temperatur der Kugel zu bestimmen, müssten wir das Thermometer in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche anbringen. Jede Aenderung der Gesamtwärme, sei es in Folge veränderter Wärmeproduction, sei es in Folge veränderter Abgabe, könnte, nach wiederhergestelltem Gleichgewichtszustand, durch eine einzige Messung an diesem Punkte bestimmt werden.

Von diesem einfachsten Schema weicht der Thierkörper zunächst in drei Richtungen ab. Erstlich ist seine Gestalt eine unregelmässige, so dass die Abkühlung nicht nach allen Richtungen gleichmässig sein kann. Zweitens ist in ihm die Wärmeerzeugung nicht auf einen Punkt beschränkt, sondern geschieht an den verschiedensten Orten und wahrscheinlich mit verschiedener und wechselnder Intensität. Drittens endlich wird durch die Circulation des Blutes eine theilweise Ausgleichung der verschiedenen Temperaturen verschiedener Körperstellen bewirkt,

so dass diese nicht bloß durch Leitung erfolgt. Durch diese Umstände wird bewirkt, dass der Einfluss der Abkühlung von der Oberfläche her sich nur in eine verhältnissmässig geringe Tiefe erstreckt, nämlich so weit, als die durch die Wärmeabgabe bedingte Abkühlung stärker ist, als die ausgleichende Wirkung der Blutcirculation. Zweitens muss in Folge dessen ein innerer Kern von verhältnissmässig grosser Ausdehnung ziemlich gleichmässige Temperatur haben, abgesehen von geringen Schwankungen, welche bedingt sind von der ungleichen Wärmeerzeugung an verschiedenen Orten, welche die Circulation nicht vollkommen auszugleichen vermag, da die Unterschiede hier immer wieder von neuem erzeugt werden, so z. B. die höhere Wärme des Blutes in der V. cava inferior u. d. g. Endlich drittens muss sich zwischen diesem inneren, gleichmässig warmen Kern und der äusseren kalten Rindenschicht eine Zwischenzone befinden, in welcher die allmählichen Uebergänge von der höheren Temperatur des Kernes zu der niederen Temperatur der Rinde zu finden sind. Führt man daher ein Thermometer von Aussen nach Innen in radialer Richtung, so muss dasselbe allmählich immer höhere Temperaturen zeigen, bis es in den inneren Kern gelangt, wo dann seine Temperaturangaben constant werden. Diesen Versuch können wir ausführen am Rectum, welches einen radial ins Innere des Körpers führenden Kanal vorstellt. (Von der Krümmung des S. romanum sehen wir ab, da sich dieses bei vorsichtiger Einführung des Thermometers gerade streckt und ein sehr tiefes Einführen desselben ermöglicht). Alle anderen zur Messung beim Menschen benutzten Körperstellen, Mundhöhle, Scheide, Achselhöhle, liegen der Körperoberfläche näher; sie gehören zu der Zwischenschicht und geben eine Temperatur an, welche geringer ist als die des Kernes. Am oberflächlichsten von ihnen liegt die Achselhöhle. Sie ist besonders nach vorn und hinten hin dem Einflusse der Oberflächenabkühlung sehr stark ausgesetzt. Ihre Temperatur ist deshalb nicht nur die niedrigste von allen gewöhnlich zur Mes-

sung benutzten Orten, sondern sie ist auch mehr als die anderen allerlei Schwankungen ausgesetzt.

Aus dem Gesagten geht so viel hervor, dass Angaben über die Körperwärme, welche nur aus Messungen an einem Orte der Zwischenschicht gemacht sind, jedenfalls mit grosser Vorsicht zu verwerthen sind. Ob eine Messung in der Zwischenschicht oder in dem inneren Kerne geschehen ist, lässt sich nur entscheiden durch Verschieben des Thermometers in radialer Richtung, indem solche Verschiebung keinen Einfluss auf den Stand des Thermometers haben darf, wenn dasselbe in dem inneren Kerne gelegen ist; wogegen eine Annäherung an das Centrum ein Steigen, eine Entfernung vom Mittelpunkte ein Fallen des Thermometers zur Folge haben muss, so lange das Thermometer sich in der Zwischenschicht bewegt. Dieser Versuch ist, wie gesagt, nur am Rectum ausführbar, doch halte ich es für zweifelhaft, ob in allen Messungen am Rectum des Menschen das Thermometer auch hinreichend tief eingeführt worden sei, um wirklich den inneren Kern zu erreichen. Alle bisherigen Temperaturangaben, insbesondere aber die in der Achselhöhle gewonnenen, sind daher nur als Annäherungen zu betrachten, welche nicht die wahre Körperwärme angeben, sondern nur eine Grenzbestimmung von mehr oder weniger grosser Genauigkeit.

Die äussere Grenzschicht, welche unmittelbar durch Wärmeabgabe abgekühlt wird, muss im Allgemeinen der Körperoberfläche nahezu parallel sein. Verwickelter aber ist die Gestalt der mittleren Zwischenschicht, und ihre Dicke kann an verschiedenen Körperstellen erhebliche Abweichungen zeigen. Im Grossen und Ganzen kann soviel im Voraus festgestellt werden, dass diese Zwischenschicht um so dicker werden, das heisst um so tiefer nach innen sich erstrecken muss, je stärker die Abkühlung an der Oberfläche ist, dass sie also an hervorragenden, dünnen Körpertheilen, wie die Extremitäten, dicker sein muss als am Rumpfe, dass ferner bei verstärkter allgemeiner Wärme-

abgabe die Dicke der Zwischenschicht wachsen muss. Gleichbleibende Wärmeerzeugung vorausgesetzt, würde in diesem Falle, d. h. wenn durch vermehrte Wärmeentziehung die Oberfläche abgekühlt wird, ein in der Zwischenschicht liegendes Thermometer um so früher und um so stärker sinken, je oberflächlicher es liegt; ein im inneren Kern liegendes Thermometer könnte entweder gleichfalls sinken oder auch unverändert bleiben. Letzteres würde dann der Fall sein, wenn die Abkühlung nicht stark genug wäre, den ganzen Kern merklich abzukühlen. Nichtsdestoweniger hätte die Gesamtwärme des Thieres in diesem Falle dennoch abgenommen, da ein Theil desselben seine Wärme unverändert behalten, ein anderer aber kälter geworden ist. Man sieht aber, dass um die Abnahme der Gesamtwärme in diesem Falle festzustellen, die Messung nicht in zu grossem Abstände von der Oberfläche geschehen darf, nämlich höchstens in der Tiefe, welche für gewöhnlich schon zum inneren Kerne gehörig, bei der vermehrten Wärmeabgabe aber in den Bereich der veränderlichen Zwischenschicht gezogen wird. Aehnliches tritt auf bei verminderter Wärmeabgabe. Die Zwischenschicht wird hier dünner, während der Kern zunimmt, und ein an der Grenze beider liegendes Thermometer würde steigen, während ein tiefer liegendes möglicher Weise unverändert bliebe, trotzdem die Gesamtwärme des Thieres sicher zugenommen hat.

Diese Verhältnisse werden aber noch verwickelter, wenn wir auf die Veränderungen der Circulation Rücksicht nehmen, welche nicht nur den Grad der Abkühlung im Allgemeinen bestimmen, sondern auch die Vertheilung der Wärme innerhalb des Körpers erheblich ändern kann. Wir wollen, um diesen Einfluss kennen zu lernen, annehmen, die Gefässe des ganzen Körpers würden plötzlich weiter. Das Blut, welches aus dem Herzen in die Arterien einströmt, kommt aus dem inneren Kern und hat im Allgemeinen dessen hohe Temperatur. Indem es in die Oberflächenschicht einströmt, erwärmt es diese. Letztere wird daher um so wärmer sein müssen, je mehr Blut sie em-

pfängt. Indem die Oberfläche aber wärmer wird, giebt sie bei gleichbleibender Wärme der Umgebung mehr Wärme an dieselbe ab, und dieser Wärmeverlust wird um so mehr gesteigert, als ja jetzt viel grössere Blutmengen durch die Oberfläche fliessen und mit der kälteren Umgebung in Wechselwirkung treten. Das ganze Thier kühlt so allmählich ab, während die Unterschiede in den Temperaturen des Kernes, der Zwischenschicht und der Oberfläche geringer werden. Dieser Fall tritt ein bei Lähmung sämtlicher vasomotorischer Nerven, wie sie nach Rückenmarksdurchschneidung erfolgt, und so erklärt sich die beträchtliche Abkühlung der Thiere nach dieser Operation, wie dies in einer auf meine Veranlassung unternommenen Untersuchung von Tscheschichin¹⁾ dargelegt ist. Die Gesamttemperatur des Thieres sinkt hier, während die Unterschiede zwischen der Temperatur des Kernes und der Oberfläche geringer werden, ja ganz verschwinden können, wenn man das Thier in Baumwolle einwickelt und so die Oberfläche etwas vor der Abkühlung schützt, wodurch das Sinken der Gesamtwärme aufgehalten, aber nicht verhindert werden kann. Bei vermehrter Abkühlung dagegen, wie beim Eintauchen des Thieres in kaltes Wasser, sinkt die Körperwärme viel schneller, und ein solches Thier giebt in gleicher Zeit viel mehr Wärme an das Wasser ab, als ein normales Thier unter sonst gleichen Umständen, indem bei letzterem die Wärmeabgabe durch die engeren Gefässe der Oberfläche eine geringere ist. Aehnlich wie Rückenmarksdurchschneidung wirken nach diesen Versuchen auch andere Einflüsse, welche die vasomotorischen Nerven lähmen, wie Nicotin und Curare. Von dem ersteren habe ich nachgewiesen, dass es die Gefässnerven lähmt²⁾, von dem anderen fand Claude Bernard dasselbe. Obgleich nun nicht geläugnet werden kann, dass die Rückenmarksdurchschneidung

¹⁾ Reichert's und du Bois Reymond's Arch. 1866. 151.

²⁾ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. 737.

vielleicht auch einen Einfluss auf die Wärmeproduction ausübt, so ist jedenfalls zur Erklärung der Wärmeabnahme die vermehrte Abgabe in Folge der Gefässlähmung vollkommen ausreichend. Ja, wenn es sich bestätigen sollte, was Einige behaupten, dass die Wärmeproduction nach dieser Operation erhöht sei, so wäre der Einfluss der Gefässlähmung um so mehr dadurch bewiesen. Wir wollen diese Frage nach den etwaigen Veränderungen der Wärmeproduction nach Rückenmarksdurchschneidung jedoch hier nicht weiter untersuchen, da wir noch an einer anderen Stelle auf sie zurückkommen müssen.

In diesem Falle sind alle, oder doch fast alle Gefässnerven gelähmt. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn nur ein Theil derselben gelähmt wird, z. B. wenn das Rückenmark an einer tieferen Stelle oder wenn einzelne vasomotorische Nerven, z. B. ein Sympathicus durchschnitten wird. Je kleiner der dadurch gelähmte Gefässbezirk ist, desto geringer wird der Einfluss dieser Lähmung auf den Gesamtblutdruck sein. Wenn z. B. nur ein Sympathicus am Halse durchschnitten und dadurch die Gefässe der einen Kopfhälfte gelähmt sind, so hat dies keinen merklichen Einfluss auf den Gesamtblutdruck. In die erweiterten Gefässe der betreffenden Kopfhälfte strömt daher desto mehr Blut, und da diese Theile kälter sind, als das aus dem inneren Kerne kommende Blut, so werden sie jetzt erheblich wärmer. Sie geben nun natürlich gleichfalls mehr Wärme an die Umgebung ab als gewöhnlich; bei der Kleinheit der in Frage kommenden Oberfläche hat dies aber nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtwärme des Thieres, welche allerdings ein Weniges abnimmt, so aber, dass sich bald wieder ein Gleichgewichtszustand herstellt zwischen der Wärmeproduction und der um ~~ein~~ gesteigerten Wärmeabgabe und bei dieser neuen Gleichgewichtslage bleibt der betreffende Theil dauernd wärmer. Je grösser aber dieser Theil ist, desto erheblicher ist auch sein Einfluss auf die Gesamttemperatur, und wenn die Wärmeabgabe grösser wird, als die

Wärmeproduction, so tritt ein allmähliches Sinken der Körperwärme ein.

Diese Folge ist aber dann besonders stark, wenn zwar nur ein Theil des Gefäßsystems gelähmt ist, wenn dieser Theil aber gerade die oberflächlichen Gefäße umfasst, an denen die Abkühlung erfolgt. Diese Gefäße erhalten dann noch mehr Blut, als wenn das ganze Gefäßsystem gelähmt wäre, und sie geben daher noch mehr Wärme an die Umgebung ab, als in jenem Falle. Die Folge davon muss also ein schnelles Sinken der gesamten Körperwärme sein. Von diesen Betrachtungen ausgehend versuchte ich das Sinken der Körperwärme bei gewissen Eingriffen auf die Haut zu erklären, und diese Anschauungen haben sich auch in zwei auf meine Veranlassung ausgeführten Untersuchungen über die Ursachen der Temperaturabnahme bei Firnissung der Haut und bei ausgedehnten Verbrennungen bewährt. In der ersteren dieser Untersuchungen fand Laschke-witsch ¹⁾, dass bei theilweiser Firnissung der Hautoberfläche die Temperatur an den gefirnissten Stellen unter der Haut stieg, und dass diese Stellen in kalter Umgebung mehr Wärme abgaben als die entsprechenden ungefirnissten Körpertheile. Die Gefäße unterhalb der gefirnissten Stellen waren stark erweitert. Calorimetrische Versuche lehrten, dass gefirnisste Thiere mehr Wärme abgaben als gleich grosse ungefirnisste in gleicher Zeit. Wurde die Wärmeabgabe durch Einhüllung in schlechte Wärmeleiter verhindert, so sank die Körpertemperatur nicht und die Thiere blieben am Leben. Durch diese Versuche ist also bewiesen, dass die Körperwärme bei der Hautfirnissung nur in Folge vermehrter Wärmeabgabe sinkt, und dass diese auf Rechnung der Gefäßlähmung zu setzen ist. Auf diese Weise erklärt sich auch die Beobachtung von Valentin, dass gefirnisste Thiere in einer Temperatur von 20 — 25° C. keine abnormen Erscheinungen zeigen ²⁾.

¹⁾ Reichert's und du Bois-Reymond's Arch. 1868, S. 61.

²⁾ Arch. f. physiol. Heilk. XL 433.

Während wir aber über die Ursache der Gefässerweiterung bei Firnissung der Haut im Unklaren sind, ist diese Erweiterung bei Verbrennungen ganz selbstverständlich. Und so stellte sich denn auch in den von Falk hierüber angestellten Versuchen¹⁾ heraus, dass die verbrannten Hautstellen wärmer werden, und dass verbrannte Thiere unter sonst gleichen Umständen mehr Wärme abgeben, so dass die Abnahme der Körperwärme bei umfangreichen Hautverbrennungen unbedingt als Folge dieser vermehrten Wärmeabgabe anzusehen ist. Die Gefässerweiterung durch Verbrennungen ist viel bedeutender als die durch Nervendurchschneidung erzeugte, wahrscheinlich weil die Gefässmuskulatur auch nach Lähmung ihrer Nerven noch einen gewissen Grad von Contractilität behält, während sie nach Verbrennungen vollkommen gelähmt wird. Demgemäss sinkt auch der Blutdruck in den grossen Arterien um so beträchtlicher, je umfangreicher die Verbrennung ist, und die dadurch herbeigeführten Störungen in der Circulation erklären, wie die Temperaturabnahme, so auch die übrigen schädlichen Einwirkungen der Verbrennung, ohne dass man die Retention schädlicher Stoffe wegen unterdrückter Hautathmung anzunehmen braucht, welche hier ebensowenig nachgewiesen ist, wie nach der Firnissung.

Eine eben solche Erweiterung der Hautgefässe tritt aber auch ein, wenn Thiere in höher temperirte Luft gebracht werden, und auf diese Weise kann es zu Stande kommen, dass trotz des geringeren Wärmeunterschiedes zwischen Thier und Umgebung dennoch gleich viel Wärme abgegeben wird, wie bei gewöhnlicher Temperatur, und dass also bei gleichbleibender Wärmeproduction die Temperatur des Thieres ungeändert bleibt. Neben dieser Wärmeregulation können ausserdem noch andere Mittel, wie Aenderung der ~~Wasser~~verdunstung u. s. w. mitwirken. Ehe jedoch auf die Untersuchung dieser näher eingegangen werden kann, ist es nöthig, zu untersuchen, inner-

¹⁾ Virchow's Arch. LIII, 27.

halb welcher Grenzen überhaupt eine Regulation zur Erhaltung der mittleren Normaltemperatur noch möglich ist.

Zur Untersuchung des Verhaltens der Thiere in höheren Temperaturen wurden diese in einen „Wärmekasten“ gebracht, welcher nach Art eines Brütofens oder chemischen Trockenapparates eingerichtet war, nämlich in einen parallelepipedischen Kasten mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum mit Wasser gefüllt war. Der Kasten maas 40 cm. in der Höhe, 46 in der Breite, bei einer Tiefe von 58 cm. im Lichten, die Dicke der Wasserschicht, welche ihn an 5 Seiten umgab, betrug 4 cm. Vorne war er durch eine einfache Thür geschlossen, die mit einem grossen Glasfenster versehen war, um die Thiere beobachten zu können, und eine durch eine Drehscheibe zu deckende Oeffnung nahe ihrem unteren Rande hatte, theils um das Thermometer durchzulassen, welches die Temperatur des Thieres mass, theils zur Zuführung frischer Luft. Der obere Theil war mit einigen durch den Wasser-raum hindurchgehenden Röhren versehen, theils um Thermometer in den Raum einzuführen, theils um zusammen mit der vorerwähnten Oeffnung der Thüre eine durch die höhere Temperatur des Raumes erzeugte Ventilation desselben zu unterhalten, welche für das normale Verhalten der Thiere von Nutzen zu sein schien. Das Ganze stand auf einem eisernen Gestell und wurde durch untergesetzte Gasflammen erwärmt. Bei der beträchtlichen Wassermasse, welche den Luftraum umgab, blieb dessen Temperatur bei passender Regulirung der Flamme viele Stunden lang ungemein constant und schwankte nur innerhalb weniger Zehntel eines Grades. In einigen Versuchen wurde auch ein anderer Apparat von etwas anderer Construction angewandt, doch will ich diese Versuche, als zu wenig zahlreich, hier unerörtert lassen und übergehe deshalb auch die Beschreibung des Apparates.

Die Versuche wurden meistens an Kaninchen und nur einige wenige an Hunden und einige an Tauben angestellt,

Die gewöhnlich angegebene Regel, dass man zu thermophysiologischen Versuchen nur grosse Thiere anwenden solle, weil diese ihre Temperatur besser constant erhalten, halte ich für unseren Fall für ungiltig, da ja hier gerade Temperaturschwankungen, falls solche bestehen, beobachtet werden sollen, und kleine Thiere daher eher vorzuziehen sein dürften, weil sie gleichsam ein empfindlicheres Werkzeug darstellen für die Bestimmung der Einflüsse, welche Temperaturschwankungen erzeugen, als grosse Thiere, gerade wie ein Thermometer mit kleiner Kugel schnelle Schwankungen der Lufttemperatur genauer angeben wird, als eines mit grosser Kugel. Die Thiere wurden zuweilen gefesselt in den Apparat gebracht, und dann der Gang ihrer Temperatur an dem dauernd im Mastdarm gelegenen Thermometer abgelesen, meistens aber wurden sie frei in den Wärmekasten gesetzt, unmittelbar nachdem ihre Temperatur gemessen war, und wurden von Zeit zu Zeit herausgenommen, wenn eine neue Messung gemacht werden sollte. Dies konnte ohne Bedenken geschehen, da die Temperatur der Thiere bei diesem kurzen Verweilen in der Zimmerluft sich nicht merklich änderte. Auf die Temperatur des Wärmekastens freilich hatte das zum Herausnehmen und Wiedereinbringen der Thiere nothwendige Oeffnen der Thüre einen erheblichen Einfluss, doch ging dieser in so ausserordentlich kurzer Zeit vorüber, dass er ohne Einfluss auf den Verlauf der Versuche blieb und vernachlässigt werden konnte.

Diese Versuche lehrten nun zunächst, dass die Thiere ihre Eigenwärme innerhalb sehr viel weiterer Grenzen constant zu erhalten vermögen, wenn sie frei sind, als im gefesselten Zustande. Und dieser Umstand beruht einfach darauf, dass die Thiere je nach der äusseren Temperatur ihrem Körper durch Zusammenkauern oder durch Ausstrecken sehr verschiedene Oberflächen zu geben verstehen, und so die Wärmeabgabe schon erheblich regeln können. So sieht man sie bei höheren Temperaturen mit weitausgespreizten Beinen platt auf dem Bauche

liegen, während sie bei niederen Temperaturen sich fast zu einer Kugel zusammenrollen. Es beweist dies jedenfalls, wie viel zur Erhaltung constanter Eigenwärme die Abgabe von Wärme durch die Haut durch Strahlung und Leitung beitragen muss, denn alle anderen Regulierungsmittel, Wasserverdunstung, veränderte Athmung u. d. g. können auch beim auf ein Brett gebundenen Thiere in gleicher Weise wirken wie beim freien, die Gefässerweiterung in der Haut aber kann ihre Wirkung zur Abkühlung nur dann in vollem Maasse entfalten, wenn eben die Hautoberfläche gross ist. Diese Regulirung durch die Körperhaltung kann man übrigens an Menschen und Thieren oft genug beobachten. Man vergleiche nur die Haltung, welche ein Schlafender im kalten Winter oder an einem heissen Sommertage annimmt, wie er in letzterem Falle kaum Berührungspunkte genug zwischen seiner Haut und den umgebenden Medien zu finden weiss. Dieser Einfluss kann auch bei mässiger Zimmerwärme nicht so unbedeutend sein, wenigstens empfinde ich, wenn ich im Bette bei leichter Bedeckung mit ausgebreiteten Armen still liege, leicht ein Frösteln, und Senator sah in ähnlichen Fällen die Körperwärme sinken ¹⁾, während bekanntlich durch mässiges Zusammenkauern diesem Frostgeföhle abgeholfen werden kann.

Wie dem auch sei, in Luft von $+ 11^{\circ}$ bis $+ 32^{\circ}$ C. zeigen freie Kaninchen keine erhebliche Aenderung ihrer Eigenwärme und auch keine erhebliche Veränderung in ihrem sonstigen Verhalten. Geringe Steigerungen der Eigenwärme können bei Temperaturen von $26-32^{\circ}$ wohl vorkommen, sie sind aber vorübergehend, und auch nicht immer zu beobachten. Bei Temperaturen zwischen 32 und 36° C. dagegen steigt die Eigenwärme auf $41-42^{\circ}$, dann tritt wieder ein Gleichgewichtszustand ein. Die Thiere können diese Temperaturen sehr lange Zeit ertragen, ohne dass ihr Leben gefährdet wäre. Sie neh-

1) Virchow's Arch. L. 354.

men dabei die oben bezeichnete Stellung ein, die Respiration ist sehr beschleunigt und oberflächlich, der Herzschlag kaum zu zählen, die Gefässe sind sehr erweitert, wie man an den Ohren und an anderen geeigneten Stellen deutlich sehen kann. Noch viel auffallender werden alle diese Erscheinungen bei Temperaturen über 36° bis zu 40° . Die Temperatur der Thiere steigt dabei äusserst schnell und erreicht in kurzer Zeit die Höhe von 44° — 45° . Die Athembewegungen sind dabei enorm beschleunigt, die Pulsfrequenz unzählbar, alle Gefässe sind erweitert, alle Muskeln erschlafft, die Pupille erweitert. Nimmt man das Thier in diesem Zustande aus dem Apparat, so sinkt seine Temperatur in der Zimmerluft, und damit kehrt die Fähigkeit zu Muskelcontractionen wieder. Bei zu langem Verweilen in diesen hohen Temperaturen tritt äusserst leicht der Tod ein. Man findet dann an der Leiche kein Zeichen, das für die Art des Todes pathognomonisch wäre. Die Todtenstarre tritt sehr früh ein, das Blut ist sehr dunkel und gerinnt äusserst schnell, die Organe zeigen eine bedeutende Hyperämie, sonst Nichts abnormes. Alle diese Erscheinungen können leicht erklärt werden aus der Herzlähmung, welche unmittelbar vor dem Tode eintritt, und der Gefässlähmung.

Wenn aber nicht der Tod eintritt, so sinkt die Temperatur nach dem Uebergange aus der heissen Luft in die gewöhnliche, mitteltemperirte Zimmerluft nicht blos auf die Norm, sondern sogar beträchtlich unter dieselbe, so dass ein Thier, welches im Apparat eine Wärme von 42° — 44° C. hatte, nachher in der Zimmerluft auf 36° und darunter kommt und diese niedere Temperatur Tage lang behält.

Diese Thatsache ist, wie schon bemerkt, unter ähnlichen Verhältnissen von Hoppe wenigstens andeutungsweise beobachtet worden ¹⁾. Hoppe brachte einen Hund zwei mal in heisse, mit Wasserdampf gesättigte Luft und ein Mal in Wasser von

1) Virchow's Arch. XI. 453.

48° und sah in beiden Fällen die Temperatur im Rectum steigen, nach Beendigung des Versuches aber unter den ursprünglichen Stand sinken. In den beiden ersten Versuchen trat eine Erhöhung der Temperatur um 1—2° innerhalb 35—40 Minuten ein, im letzten Versuche um 2°,7 binnen 3 Minuten. Das Wasser hatte dabei einen halben Grad von seiner Temperatur verloren. In den beiden ersten Versuchen sank die Temperatur des Hundes um 0,45 und 0,75° unter den ursprünglichen Werth, im letzten Versuche um 1,20 unter die Anfangstemperatur. Hoppe sieht hierin einen Beweis für das Vorhandensein einer Wärmeregulation, welche „in Folge der von aussen wirkenden Wärmezufuhr die Wärmeproduction im Organismus inhibirt.“ Ich glaube kaum, dass dieser Schluss gerechtfertigt ist. Bei Hoppe's letztem Versuch sank die Temperatur des Badewassers um $\frac{1}{2}$ Grad, die Temperatur des Hundes nahm um 2°,7 zu. Es ist ganz unwahrscheinlich, dass diese Zunahme nur auf Kosten jener Abnahme erfolgt sei, d. h., dass der Hund seinen gesammten Wärmezuwachs einfach nur aus dem Badewasser aufgenommen habe, zumal dessen Menge, nach der Beschreibung des Versuches zu urtheilen, nur eine sehr geringe gewesen sein kann. Wir müssen vielmehr annehmen, dass der Hund auch in der heissen Umgebung fortgefahren hat, Wärme zu produciren, und dass diese, weil sie nicht, wie unter gewöhnlichen Verhältnissen, nach aussen abgeleitet wurde, den Hundekörper selbst erwärmte. Zu beurtheilen, ob die producirte Wärmemenge grösser oder geringer gewesen als bei gewöhnlicher Temperatur, ist ganz unmöglich, da hierzu die gegebenen Daten nicht ausreichen.

Vergleichen wir die Hoppe'schen Versuche mit den unsrigen, so sehen wir, dass eine Steigerung der Wärme des Thieres auch unter Umständen eintritt, wo von einer Wärmezufuhr von aussen gar keine Rede sein kann, sondern wo das Thier jedenfalls noch Wärme verliert, wenngleich weniger als normal. Da die Temperaturen, in denen die Thiere sich befanden,

immer niedriger waren als ihre eigenen, so mussten sie unter allen Umständen Wärme abgeben, und wenn ihre Eigenwärme dabei stieg, so konnte dies nur von einem Ueberschuss der producirten über die abgegebene Wärme herrühren. Es gilt dies selbst für solche Versuche, wo die Temperatur der Umgebung der des Thieres gleichkam oder sie gar übertraf. Die Temperatur des Thieres stieg dann sehr schnell, so dass sie höher wurde, als die der Umgebung, und so konnte das Thier jedenfalls wieder Wärme verlieren. Bei den Temperaturen von $32-36^{\circ}$ aber, wo die Temperatur des Thieres nur wenig stieg (auf $41-42^{\circ}$) trat sehr bald Gleichgewicht ein, so dass nun die Wärmeproduction und der Wärmeverlust wieder einander gleich waren. Da nun der Wärmeverlust, Alles Andere gleichgesetzt, um so grösser ist, je grösser der Unterschied der Thierwärme von der der Umgebung ist, so müsste jedenfalls das Thier bei den Temperaturen von $32-36^{\circ}$ weniger Wärme verlieren, als bei Zimmerwärme, und seine Temperatur müsste viel höher steigen, als sie in Wirklichkeit thut, wenn nicht Regulirungsvorrichtungen ins Spiel kämen. Diese können nun bestehen in einer Verminderung der Wärmeproduction oder in solchen Veränderungen, welche den Wärmeverlust begünstigen trotz der verminderten Differenz der Thierwärme und Umgebungswärme. Ob das Erstere stattfindet, könnte nur durch calorimetrische Bestimmungen ausgemacht werden, welche ich bisher noch nicht angestellt habe. Dass aber das letztere stattfindet, glaube ich mit Bestimmtheit nachweisen zu können.

Zunächst muss nach dieser Richtung hin schon die Gefässerweiterung wirken, welche leicht nachweisbar ist. Indem diese den Unterschied in der Wärme der Hautdecken und des inneren Kernes des Thieres verringert, und eine reichlichere Strömung von wärmerem Blut durch die oberflächlichen Gefässe veranlasst, wird sie den Wärmeverlust durch die Oberfläche erheblich steigern. Dies kann so erheblich sein, dass es den geringeren Verlust in Folge der verringerten Temperaturdifferenz

zum grossen Theile aufwiegt. Dazu kommt aber noch die erhebliche Steigerung der Wasserverdunstung, welche in Folge der Gefässerweiterung und bei der hohen Capacität der warmen Umgebungsluft für Wasserdampf eintreten muss, und welche eine beträchtliche Wärmemenge zu binden im Stande sein wird. Ob auch die vermehrte Respiration und die dadurch gesteigerte Wasserverdunstung von der Lungenoberfläche merklich zur Bindung von Wärme beiträgt, muss ich unentschieden lassen. Ackermann glaubt dies aus seinen Versuchen ableiten zu können ¹⁾, während Lombard ²⁾ und neuerdings Heidenhain ³⁾ den Einfluss der Lunge auf die Blutwärme läugnen. Lombard glaubt nachweisen zu können, dass die Temperatur des Arterienblutes sich nicht ändert, wenn heisse, mit Wasserdampf gesättigte Luft geathmet wird. Die Versuche von Lombard können aber keine erhebliche Beweiskraft beanspruchen, da er auf die Blutwärme nur aus der Temperatur der Haut über der Radialarterie schloss, wogegen Ackermann angiebt, dass er die Eigenwärme von Hunden steigen sah, sobald diese warme, mit Wasserdampf gesättigte Luft von derselben Temperatur wie ihre eigene, athmeten, während ihr übriger Körper gewöhnlicher Zimmertemperatur ausgesetzt war. Wenn hieraus unmittelbar auf eine abkühlende Wirkung der gewöhnlichen Athmungsluft geschlossen werden kann, so ist doch nach den Versuchen von Heidenhain der gewöhnlich vorhandene Unterschied in der Wärme des rechten und linken Herzens keineswegs durch eine Abkühlung des Blutes in den Lungen zu erklären, sondern rührt nur her von einer Mittheilung von Wärme von Seiten der Leber an die benachbarte und dünnwandige rechte Herzkammer. Wie dem auch sei, die vermehrte und äusserst frequente Athmung, welche bei höheren Temperaturen

¹⁾ Deutsch. Arch. f. klin. Med. VI. 359.

²⁾ Arch. de physiol. norm. et pathol. I. 479.

³⁾ Pflüger's Arch. IV. 558.

eintritt, kann bei Athmung relativ trockener Luft jedenfalls etwas zur Abkühlung beitragen. Dass dieses nicht in sehr erheblichem Grade der Fall ist, scheint mir aus dem Umstande zu folgen, dass die Erwärmung nicht erheblich gesteigert wird, wenn die Thiere statt trockener, feuchte warme Luft athmen. Doch davon wird bald weiter die Rede sein. Zunächst genügt es uns, nachgewiesen zu haben, dass in abnorm heisser Luft die Temperatur des Thieres zwar steigt, aber weniger als zu erwarten wäre, wenn die Wärmeproduction gleichbliebe und wenn der Wärmeverlust einfach entsprechend der verringerten Wärmedifferenz zwischen Thier und Umgebung verringert würde. Dass nun dies letztere nicht der Fall ist, sondern dass Mittel ins Spiel kommen, welche den Wärmeverlust grösser machen, als er bei der verringerten Wärmedifferenz sein würde, geht ausser anderem schon aus dem nachmaligen Sinken der Temperatur unter die Norm hervor, welches beim Zurückkehren des Thieres in die gewöhnliche Zimmerwärme auftritt. Ich erkläre mir dieses Sinken folgender Maassen: In der hohen Temperatur werden die Gefässe des Thieres gelähmt, es strömt viel mehr Blut durch die Haut als normal, und das Thier verliert trotz der verringerten Wärmedifferenz doch so viel Wärme, dass seine Eigenwärme nur verhältnissmässig wenig steigt. Kommt es nun in gewöhnliche Zimmerwärme, so bleiben seine Gefässe noch für einige Zeit gelähmt und zwar um so länger, je höher die Temperatur war, der es vorher ausgesetzt gewesen, und je länger es in dieser hohen Temperatur verweilt hat. Bei der jetzt wieder beträchtlichen Differenz zwischen seiner eigenen und der Umgebungswärme muss das Thier nun viel mehr Wärme verlieren als ein normales Thier bei gleicher Umgebungswärme verlieren würde; seine Eigenwärme sinkt also und zwar nicht blos auf die Norm, sondern sogar beträchtlich unter dieselbe.

Die Ursache dieses Sinkens ist also meiner Meinung nach vorzugsweise in der Gefässlähmung zu suchen. Hierzu bedarf

es keiner Hypothese, denn wir sehen die Gefäßlähmung deutlich, und sie genügt zur Erklärung der Erscheinungen, während die Annahme einer verminderten Wärmeproduction durch keine Thatsache gestützt ist, und ohne calorimetrische Untersuchungen nicht erhärtet werden kann. Letztere aber sind mit so erheblichen Schwierigkeiten verbunden, dass die meisten der bisher angestellten gar wenig zu beweisen im Stande sind. So lange aber eine Thatsache vorliegt, welche die Erscheinungen hinreichend zu erklären vermag, ist es nach den Regeln der Logik unstatthaft, andere Annahmen zu machen, zumal solche, welche nicht erwiesen werden können.

Die Thatsache des nachträglichen Sinkens der Temperatur scheint mir geeignet, Licht zu werfen auf einen Theil der Vorgänge, welche man in der Pathologie als „Erkältung“ bezeichnet. So häufig auch dieses Wort gebraucht wird (und es giebt ja kaum eine Krankheit, unter deren Veranlassungen nicht auch die „Erkältung“ aufgezählt wird), so sieht man sich doch vergebens nach einer klaren Begriffsbestimmung der Erkältung um, noch war es bisher möglich, eine physiologische Erklärung dieses so bezeichneten Vorganges zu geben. Nur darin sind alle einig, dass eine Erkältung am leichtesten eintritt bei dem plötzlichen Uebergange aus hoher zu niedriger Temperatur. Da wir nun in unserem Falle eine wirkliche Veränderung unter diesen besonderen Umständen nachgewiesen haben, so liegt es nahe, zu versuchen, ob aus dieser Veränderung etwa der Vorgang der Erkältung erklärt werden kann.

Zunächst ist wol nicht zu bezweifeln, dass der von uns beobachtete Fall des Sinkens der Eigenwärme unter die Norm auch beim Menschen vorkommen könnte, wenn derselbe so hohen Temperaturen ausgesetzt und dann in mässige Temperaturen zurückversetzt würde. Temperaturen von 30 — 35° C. sind aber in Tanz- und anderen Räumen gar nicht unmöglich, und aus diesen hohen Temperaturen gelangen die Menschen häufig in noch viel niedrigere, als dies mit unseren Versuchs-

thieren der Fall war. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dass die Temperatur des Menschen in jenen heissen Räumen einerseits über die Norm steigen, andererseits nachher unter die Norm sinken kann, zumal die Wirkung noch unterstützt wird einerseits durch heftige Bewegung beim Tanz u. s. w., andererseits durch Bewegung der kalten Luft („Zugluft“), welche den Wärmeverlust beträchtlich steigert. Aber eine solche Abkühlung stellt noch an sich keine „Erkältung“ dar, sonst müsste ein blosser Aufenthalt in kalter Luft oder im kalten Bade, welcher den Körper um eben so viel unter die Norm abzukühlen vermag, als dies in unseren Fällen beobachtet wird, ebenso wirken, was doch nicht der Fall zu sein scheint. Es muss eben noch ein Moment hinzukommen, um die Schädlichkeit zu bewirken, und dies ist die Plötzlichkeit des Ueberganges. Wenn nämlich der erhitzte Körper mit seinen enorm erweiterten Oberflächengefässen plötzlich der Kälte ausgesetzt wird, so wird ihm nicht nur sofort eine beträchtliche Wärmemenge entzogen, sondern das so plötzlich abgekühlte Blut der Oberfläche kommt auch kurze Zeit darauf in die inneren Organe und kühlt diese viel plötzlicher ab, als dies bei der blossen Einwirkung der Kälte ohne vorhergegangene Einwirkung hoher Wärme der Fall gewesen wäre. Die gesammte Abkühlung wird deshalb nicht nur eine beträchtlichere sein, sondern sich auch viel schneller ausbilden. Wenn wir daher aus einem heissen Zimmer in eine kühle Umgebung treten, empfinden wir bald eine beträchtlichere Abkühlung als bei dem Uebergang aus einer mässigen Temperatur in eine ebenso kalte Luft, und wir empfinden im ersteren Falle leicht ein Schauern. Die plötzliche Abkühlung eines Organes kann nun schon an sich als Schädlichkeit wirken, und eine Erkrankung dieses Organes bewirken, zumal wenn dasselbe schon geschwächt und weniger widerstandsfähig ist („locus minoris resistentiae“). Sind die äusseren Hautgefässe vollkommen gelähmt, was vielleicht nur bei den allerhöchsten Temperaturen auftritt, so werden sie dem

Wärmeverlust gar kein Hinderniss entgegenstellen; im anderen Falle werden sie sich, wenngleich schwächer als im normalen Zustande bei Einwirkung einer gleich kalten Luft, zusammenziehen. Dies ist von Bedeutung für die Haut selbst und für den übrigen Körper. In der Haut selbst wird die plötzliche Wärmeentziehung jedenfalls sehr bedeutend sein, und die Haut kann daher durch diesen schroffen Wechsel selbst erkranken (phlegmonöse und ähnliche Hautentzündungen), zumal wenn ein Theil der Hautoberfläche ganz besonders stark betroffen wird, durch einen kalten Windstoss z. B., der ihn trifft und so plötzlich abkühlt. Im übrigen Körper aber wird durch die plötzliche Zusammenziehung der Hautgefäße eine collaterale Hyperämie entstehen, welche neben dem Zufluss plötzlich abgekühlten Blutes gleichfalls schädlich wirken kann. Auf diese Hyperämie hat L. Hermann¹⁾ die Gefahren des kalten Trunkes zurückzuführen versucht, indem er nachwies, dass plötzlich in den Magen gebrachtes kaltes Wasser den Blutdruck in den Arterien anderer Körperstellen steigert. Es ist aber zu bemerken, dass in Hermann's Versuchen die Gefäße ihren normalen Tonus hatten. In den Fällen aber, welche wir betrachten, und welche ja besonders zu Erkältungen Veranlassung geben, sind die Gefäße mehr oder weniger gelähmt und contrahiren sich deshalb weniger. Dadurch wird jedenfalls die collaterale Hyperämie gemindert, während die Abkühlung dadurch vermehrt wird. Beide Momente wirken daher zum Theil einander entgegen, und wenn auch in einem bestimmten Falle das eine das andere unterstützen kann, so scheint mir doch die Abkühlung das wesentliche, die collaterale Hyperämie dagegen das nebensächliche Moment zu sein. Hierfür scheint mir auch folgender Umstand zu sprechen. Collaterale Hyperämieen werden in Fällen von Schwäche der Gefäßwandungen vorzugsweise zu Zerreißungen derselben, also zu Apoplexieen Veran-

¹⁾ Pflüger's Arch. III. 8.

lassung geben. Diese treten aber verhältnissmässig selten als Folgen von Erkältung auf, obgleich dieselben Leute, welche vielleicht in Folge einer heftigen Muskelanstrengung oder einer zu starken Mahlzeit oder dergl. einen Bluterguss erleiden, sich gewiss eben so häufig einer Abkühlung nach vorheriger Erhitzung ausgesetzt haben. Hier scheint mir also die Erhitzung und darauf folgende Gefässlähmung einen Schutz gegen die collaterale Hyperämie zu gewähren. Wenn aber bei Tuberculösen nach einem Tanz ein Blutsturz erfolgt, so genügt die Muskelanstrengung zur Erklärung der Drucksteigerung, die zur Gefässzerreissung führte, und der kalte Trunk wird, wenn er in einem solchen Falle als ursächliches Moment mitwirkt, bei sehr erhitztem Körper vielleicht weniger gefährlich sein als bei mässig erhitztem.

Aus dem Gesagten ergibt sich auch die grosse Bedeutung, welche die Pflege der Haut durch kalte Bäder, Uebergiessungen u. dergl. als Vorbeugungsmittel gegen Erkältungen haben müssen. Dergleichen mehr oder weniger starke Abkühlungen der Haut werden, wenn sie sich öfter wiederholen, den Tonus der Hautgefässe verstärken und dadurch bewirken, dass selbst nach Einwirkung höherer Hitzegrade die Gefässe nicht so schlaff werden, um nicht bei plötzlichen Abkühlungen sich wieder kräftig contrahiren und dadurch der Erkältung vorbeugen zu können. Auf diese Weise wird der planmässig geeigneten Temperaturwechseln ausgesetzte Körper seine Eigenwärme bei grösseren Temperaturschwankungen besser gleich erhalten können. Die Erfahrung lehrt daher auch, dass Menschen, welche sehr zu Erkältungen geneigt sind, durch täglich wiederholte kalte Uebergiessungen ihre Haut so „abhärten“ können, dass sie später selbst schroffe Temperaturwechsel ohne Schaden ertragen können, während Menschen, die sich ängstlich vor Abkühlung hüten, gerade am meisten Erkältungen ausgesetzt sind. Auch mit dem „Luftzug“ ist es nicht anders. Je ängstlicher man sich vor ihm hütet, desto empfindlicher

wird die Haut, und desto leichter treten Erkältungen ein. Wären unsere Wohnungen, Schulen u. dergl. gehörig ventilirt, so würde mit den Veranlassungen zur Erkältung auch die Empfänglichkeit gegen dieselbe verringert, und die Zahl der durch Erkältung verursachten Krankheiten würde bedeutend abnehmen. Das Verständniss hiefür ist aber in unserem Volke noch wenig entwickelt; man würde sonst nicht staunen müssen, in welchen Atmosphären zuweilen Menschen Stunden lang, und noch dazu häufig des Vergnügens halber, zubringen. Welche Rolle aber die Verwöhnung spielt, hat erst neuerdings Geigel in einem Aufsatze über die Kindersterblichkeit in Würzburg nachgewiesen¹⁾. Nach seinen Ermittlungen sterben im ersten Lebensjahre an Respirationskrankheiten verhältnissmässig mehr ehelich geborene Kinder als uneheliche, während letztere in grösserer Zahl den Ernährungskrankheiten erliegen. Die Todesfälle an Respirationskrankheiten sind am häufigsten in den Monaten März, April und Mai, während die Ernährungskrankheiten in den Monaten Juni, Juli und August die meisten Opfer fordern. Während nun dies letztere ohne Zweifel auf den Einfluss verdorbener Nahrung zu setzen ist, welchem die in den traurigsten Verhältnissen gehaltenen unehelichen Kinder natürlich mehr ausgesetzt sind als die ehelichen und am meisten in der heissen Jahreszeit, kann das Ueberwiegen der Respirationskrankheiten bei den bessergestellten ehelichen Kindern nur auf die grössere Verweichlichung derselben durch die ängstlichen Mütter, welche sie bei jedem rauhen Lüftchen im Zimmer zurückhalten, zurückgeführt werden, und diese Verweichlichung erhöht ihre Neigung so, dass die sonst viel geringere Widerstandsfähigkeit der schlecht ernährten unehelichen Kinder überwogen wird. Dass aber die Todesfälle an Respirationskrankheiten, welche doch zumeist auf „Erkältungen“ zurückzuführen sind, nicht in der kältesten Jahreszeit, sondern

¹⁾ Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspflege. III. 520.

gerade in den Monaten März, April und Mai am häufigsten sind, beweist sehr schlagend, dass nicht gerade strenge Kälte am meisten zu Erkältungen Veranlassung giebt, sondern vielmehr Wechsel der Temperatur, wie sie in jenen Monaten am häufigsten sind.

Doch kehren wir nach dieser Abschweifung zu unseren Versuchen zurück. Wir haben gesehen, dass in sehr hohen Temperaturen die Hautgefäße derart erschlaffen und auch noch längere Zeit nachher erschlafft bleiben, dass daraus eine beträchtliche Abkühlung der Thiere bei mittlerer Zimmertemperatur erfolgen kann. Diese Abkühlung kann Tage lang anhalten, verliert sich aber um so schneller, je niedriger die vorher angewandte Temperatur war und je kürzere Zeit sie eingewirkt hat. Das Ansteigen zur normalen Temperatur erfolgt meistens sehr langsam. Setzt man nun ein solches Thier, welches zu seiner Anfangstemperatur nahezu oder ganz zurückgekehrt ist, von Neuem einer hohen Temperatur aus, so verhält es sich meist ganz anders, als beim ersten Male. Es zeigt weit weniger Unbehagen, seine Respiration wird weniger beschleunigt, es liegt nicht so schlaff da, und seine Temperatur steigt bei weitem weniger als im ersten Versuche. Je längere Zeit zwischen dem ersten und zweiten Versuche verflossen ist, desto weniger deutlich zeigt sich dieser Einfluss, er kann aber noch nach Tagen, wenn auch nur andeutungsweise, vorhanden sein. Auch bei mehrmaliger Wiederholung der Versuche an demselben Thiere zeigt sich dieser Einfluss, ja er kann sich noch steigern, so dass wenn zwei Thiere gleichzeitig bei derselben Temperatur beobachtet werden, von denen das eine zum ersten Male, das andere zu wiederholten Malen dieser hohen Temperatur ausgesetzt ist, beim letzteren nur eine unmerkliche Steigerung erfolgen kann, während beim ersten die Eigenwärme um mehrere Grade zunimmt. Je höher die Temperatur war, welcher ein Thier ein Mal ausgesetzt gewesen, desto mehr widersteht es im Allgemeinen späteren Tem-

peraturerhöhungen, aber selbst Temperaturen bis zu 32° C., welche an und für sich nur unbedeutende Temperatursteigerungen bewirken, können schon in so fern einen Einfluss üben, als sie dasselbe Thier in späteren Versuchen selbst bei höheren Temperaturen etwas vor bedeutenderen Temperatursteigerungen schützen.

Wir sehen also, dass die Thiere sich an den Aufenthalt in höheren Temperaturen gewöhnen, dass sie sich so zu sagen acclimatisiren. Worauf beruht nun aber diese „Gewöhnung“? Welche Veränderungen gehen in dem Thiere vor, die bewirken, dass es beim zweiten oder dritten Versuche weniger erwärmt wird, als unter gleichen Umständen beim ersten? Man konnte annehmen, dass die Regulationsvorrichtungen bei einem solchen Thiere stärker thätig seien. In erster Linie musste auch hier wieder an die Weite der Hautgefäße und die dadurch bewirkte Wärmeabgabe gedacht werden. Da aber alle solchen Versuchen ausgesetzten Thiere ausserordentlich stark abmagern und auffallend viel Wasser verlieren, so musste an die Möglichkeit gedacht werden, dass auch durch die Wärmebindung bei der Wasserverdunstung die Regulirung der Wärme, zum Theil wenigstens, bedingt sei.

Um nun den Einfluss näher zu bestimmen, welchen der Wasserverlust für die Wärme der Thiere hat, wurden zwei Wege eingeschlagen. Erstlich wurde in einem Theile der Versuche der Raum des Wärmekastens ganz mit Wasserdampf gesättigt. Da auf diese Weise ein merklicher Wasserverlust durch Verdunstung vermieden wurde, so war zu erwarten, dass die Thiere sich dabei in gleichen Temperaturen stärker erwärmen würden, als bei trockener Luft. Diese Voraussicht bestätigte sich jedoch durchaus nicht, die Thiere verhielten sich ganz ebenso in feuchter, wie in trockener Luft, namentlich war der Unterschied zwischen gewöhnten und ungewöhnten Thieren derselbe, indem auch in feuchter Luft die ersteren sehr wenig, die letzteren sehr viel an Wärme zunah-

men. Da nun beim Menschen nachgewiesen ist, dass in der That der Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft von wesentlichem Einfluss auf seine Eigenwärme ist, so haben wir es hier jedenfalls mit einem wichtigen Unterschiede zu thun, welcher offenbar von der Verschiedenheit der Hautdecken herührt. Die unbedeckte, reichlich mit Schweissdrüsen versehene Haut des Menschen ist eben viel mehr im Stande, bei höheren Temperaturen durch Wasserverdunstung Wärme zu binden. Wenigstens sind nur so die Angaben zu verstehen, dass in trockener warmer Luft die Temperatur des Menschen weniger steige als in feuchter. Für die Thiere aber, welche zu unseren Versuchen dienten, spielt nach dem eben Gesagten die Wasserverdunstung nur eine untergeordnete Rolle.

Zweitens wurde, um diese Rolle näher zu bestimmen, der Wasserverlust, welchen die Thiere erlitten, unmittelbar bestimmt, und zwar durch Wägungen des Thieres in bestimmten Zeiträumen, mit Berücksichtigung der anderen Verluste durch Defäcation oder dergleichen. Nur der Kohlensäureverlust wurde nicht besonders bestimmt, da er erstlich an und für sich nur gering ist, andererseits aber die zu ziehenden Schlüsse durch die Verrechnung der Kohlensäure mit dem Wasser nicht falsch werden konnten. Nach allen bisherigen Angaben nämlich nimmt die Kohlensäureausscheidung bei höherer Temperatur ab, die Wasserausscheidung aber zu; die Zunahme der letzteren erscheint also in unseren Wägungen geringer als sie in Wirklichkeit ist, was die daraus zu ziehenden Schlüsse nicht beeinträchtigt.

Wie vorausszusehen war, nahm die Wasserausscheidung bei der Erwärmung beträchtlich zu. Sie konnte auf das vier- bis fünffache und mehr steigen, blieb aber dann auch nach der Einwirkung der höheren Temperatur noch lange sehr beträchtlich vermehrt und kehrte nur sehr langsam zur Norm zurück. Vergleicht man nun damit das Verhalten gewöhnlicher Thiere, so zeigt sich bei diesen zwar gleichfalls eine Zunahme der

Wasserverdunstung in höherer Temperatur, aber eine äusserst geringfügige, vielleicht auf das zweifache der normalen, die gleichfalls die hohe Temperatur überdauert, aber doch schneller zum ursprünglichen Werthe zurückkehrt.

Auf alle Fälle kann aus diesem Ergebnisse abgeleitet werden, dass der Wasserverlust keine wesentliche Rolle bei der Wärmeregulirung in höheren Temperaturen spielen kann, da die gewöhnten Thiere viel weniger Wasser verlieren und doch weniger erwärmt werden. Dahingegen bleibt es ungewiss, ob der grosse Wasserverlust, welcher auch nach dem Einfluss der hohen Temperatur noch ziemlich lange nachdauert, für das Zustandekommen der nachträglichen Abkühlung der Thiere von Bedeutung ist. Man kann dies zugeben, ohne dadurch wesentlich den Standpunkt zu verlassen, den wir bisher eingenommen haben, nämlich den, zur Erklärung der Wärmeregulirung lediglich auf die Aenderungen der Wärmeabgabe Rücksicht zu nehmen, die Wärmeproduction aber als wesentlich gleichbleibend anzusehen. Für die Erklärung der Gewöhnung aber scheint dieser Standpunkt nicht ausreichend. Es ist kein Umstand nachweisbar, welcher den Wärmeverlust beim zweiten oder dritten Erwärmen grösser erscheinen lassen könnte als beim ersten. Die Thiere aber, welche so hohen Wärme-graden längere Zeit ausgesetzt waren, sind in der That nicht mehr als normale anzusehen. Sie magern zusehends ab, haben wenig Fresslust und sind träge und unbeweglich. Man kann also annehmen, dass sie auch weniger Wärme produciren als normale. Daraus aber folgt durchaus nicht, dass auch bei letzteren die Wärmeproduction von der Grösse der Wärmeabgabe abhängt.

Die Anhänger dieser letzteren Lehre wollen, wie schon erwähnt nachweisen, dass die Wärmeproduction bei vermehrter Abkühlung zunehme. Sie schliessen dies aus der vermeintlich von ihnen nachgewiesenen Zunahme der Wärme in Folge von Abkühlungen (Hoppe, Liebermeister, Röhrig und Zuntz

und Andere) sowie aus der vermehrten Kohlensäureausscheidung bei Abkühlung. Dagegen haben Senator ¹⁾, Winternitz ²⁾ und Jürgensen ³⁾ überzeugend dargethan, dass jene vermeintliche Körpererwärmung gar nicht bewiesen sei. Namentlich Senator's Messungen haben dargethan, dass aus dem Steigen der Temperatur in der Achselhöhle auf eine Zunahme der gesammten Körperwärme durchaus nicht geschlossen werden darf. Vergewärtigen wir uns das in der Einleitung über die Vertheilung der Wärme im Körper Gesagte und nehmen wir an, wie dies in der That der Fall ist, ein in der Achselhöhle liegendes Thermometer messe die Temperatur der Zwischenschicht, welche nahezu, aber nicht ganz die des inneren Kernes ist. Wirkt nun Kälte auf die Hautoberfläche ein, und contrahiren sich die oberflächlichen Gefässe, so wird jetzt die Blutzufuhr zu allen tieferen Theilen, also auch zu der Zwischenschicht, stärker, und da dieses Blut wärmer ist, als die Zwischenschicht bisher war, so muss das in ihr liegende Thermometer steigen. Dies ist in der That die einzig stichhaltige Erklärung des früher von Hoppe, neuerdings von Liebermeister betonten Steigens der Temperatur nach Abkühlung. Aus diesem Steigen des Thermometers in der Achselhöhle auf ein Steigen der gesammten Körperwärme zu schliessen ist aber um so weniger statthaft, als nachgewiesener Maassen an anderen Körperstellen die Temperatur bei Abkühlung der Oberfläche meistens sofort fällt. Röhrig und Zuntz meinen zwar, die Achselhöhle eigne sich gerade deshalb zum Nachweis der (von ihnen angenommenen) Wärmeproduction, weil in ihr das Thermometer grösseren Muskelmassen nahe liege und gerade die Muskeln die Hauptquelle der Wärmeproduction seien. Aber die von mir hervorgehobenen Gründe sprechen wol genügend

¹⁾ Virch. Arch. L. 354. LIII. 111.

²⁾ Wien. med. Jahrb. N. F. II. 180.

³⁾ D. Arch. f. klin. Med. IV. 3. u. 4. Heft.

gegen die Zulässigkeit von Schlüssen, die auf alleiniger Beobachtung der Achselhöhlentemperatur beruhen. Messungen im Rectum bei genügend tiefer Einführung des Thermometers haben noch niemals eine Steigerung der Wärme bei Abkühlung ergeben; und doch sind auch hier die grossen Muskelmassen der unteren Extremitäten durch das aus ihnen der unteren Hohlvene zufließende Blut von sehr bedeutendem Einflusse auf den Stand des Thermometers. Versuche an Thieren haben ebenso wie die am Menschen nachgewiesen, dass in Wahrheit die Körperwärme sinkt, wenn die Abkühlung der Körperoberfläche zunimmt. Die calorimetrischen Bestimmungen von Senator ¹⁾ sind endlich in dieser Beziehung entscheidend, da sie nachgewiesen haben, dass trotz vermehrter Kohlensäureabgabe die Thiere bei vermehrter Wärmeentziehung nicht mehr Wärme produciren als in der Norm.

Während so die von Liebermeister vertheidigte Abhängigkeit der Wärmeproduction von der Hautabkühlung mehr als zweifelhaft erscheint, hat die eifrige Erörterung dieser Fragen wesentlich dazu beigetragen, die Anwendung der methodischen Abkühlung bei fieberhaften Krankheiten, insbesondere bei Typhus, zu verbreiten. Liebermeister legt auch hierbei den Hauptwerth auf die vermeintliche gesteigerte Wärmeproduction, während andere die Wärmeentziehung als das Wesentliche ansehen. Vielfältige Erfahrungen haben gelehrt, dass es gelingt, auch dem fiebernden Körper durch kalte Bäder, nasse Einwickelungen und dergleichen Wärme zu entziehen und die Temperatur desselben herabzusetzen. Ein wirklicher Nachweis einer Steigerung der Wärmeproduction durch die Wärmeentziehungen ist aber auch hier nicht geliefert worden. Nur darüber ist noch jetzt Streit, ob es vorzuziehen sei, seltenere starke, oder häufigere, aber mässige Wärmeentziehungen anzuwenden.

¹⁾ Centralbl. f. med. Wiss. 1871. S. 738.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass bei energischen Wärmeentziehungen Darmblutungen verhältnissmässig häufig auftreten, was als Folge collateraler Hyperämie leicht verständlich ist. Wenn schon aus diesem Grunde die Anwendung mässiger aber längere Zeit einwirkender Kälte vorzuziehen wäre, so wird sie dies um so mehr, als auch diese Methode gute Erfolge aufzuweisen hat. Es scheint mir aber, dass man hier noch einen Schritt weiter gehen und statt der häufigen kühlen Bäder die dauernde Einwirkung mässig temperirter Luft anwenden könnte. Bei gleicher Temperatur wirken Bäder natürlich viel stärker abkühlend als Luft wegen der grösseren Wärmecapacität und besseren Leitungsfähigkeit des Wassers. Es wäre aber leicht möglich, durch dauernde Zuführung frischer Luft von mässiger Temperatur dem Körper eben so viel Wärme zu entziehen, als durch die doch nur zeitweise anwendbaren Bäder. Ehe noch die Kaltwasserbehandlung des Typhus üblich war, hat man Typhen auffallend günstig verlaufen sehen durch energische Lüftung der Zimmer, und ich vermute, dass in diesen Fällen die starke Abkühlung das Wesentliche war, ohne dass ich die wohlthätige Wirkung der allezeit guten Luft unterschätzen will. Man versuche also, ob es nicht gelingt, durch kühle Umgebung das Fieber eben so zu mässigen, wie durch die kalten Bäder. Wenn die Luft nicht kalt genug dazu ist, z. B. an heissen Sommertagen, würde eine fortgesetzte mässige Abkühlung auf anderem Wege zu ermöglichen sein, z. B. indem man die Kranken auf eine Wassermatratze legte, durch welche ein stetiger Strom passend temperirten Wassers geleitet würde. Es wäre das eine Abänderung der von Leube vorgeschlagenen Eiskissen ¹⁾, welche noch zu energisch wirken. Solche mässige, aber stetige Einwirkung scheint mir den Vorthail zu haben, dass sie denselben Zweck viel sicherer und mit weniger Aufwand von Arbeit von Seiten des Wärterpersonals erreicht, und

¹⁾ D. Arch. f. klin. Med. VIII. 355.

dass sie die Gefahren der collateralen Hyperämie vermeidet, indem sie die Hautgefässe immer in einem Zustande nur mässiger Contraction erhält. Eine Controle der Körpertemperatur durch das Thermometer würde ermöglichen, diese immer auf einer normalen Höhe zu erhalten, bald durch Ermässigung der Wärmeentziehung durch bessere Bedeckung des Kranken, bald durch Verstärkung derselben durch schnelleres Strömen des Wassers in der Matratze oder stärkeren Luftzug. Auch bei anderen fieberhaften Krankheiten, bei Wundfieber, Pyämie u. d. g. ist diese Behandlungsart wahrscheinlich von Nutzen, und auch bei diesen Krankheiten spielt die Wärmeentziehung durch bewegte Luft wahrscheinlich eine sehr wesentliche Rolle hinsichtlich der guten Erfolge bei der Behandlung in Zelten und Baracken.

Neben der Haut trägt wahrscheinlich auch die Lunge bei zu der Wärmeabgabe, wie schon Ackermann hervorgehoben hat und wie neuerdings Riegel in einer mir soeben zugegangenen Arbeit¹⁾ besonders betont. Riegel fand eben so wie ich, dass Thiere in Luft von höherer Temperatur erwärmt werden, ja seine Versuche ergeben sogar eine verhältnissmässig bei niederen Temperaturen schon auftretende Erwärmung, weil er die Thiere meist in gefesseltem Zustande der Erwärmung aussetzte, und weil dieselben nicht, wie in meinen Versuchen, auf Metall lagen. Immer fand er, dass die Erwärmung geringer ausfiel, wenn die Thiere sehr schnell athmeten. Bei starker Narkose stieg die Wärme höher, und er schiebt dies auf die geringere Steigerung der Athemfrequenz. Auch nach Rückenmarksdurchschneidung wächst die Athemfrequenz nicht bei Erwärmung, dennoch steigt dann die Temperatur des Thieres weniger als beim unversehrten Thier, was Riegel von der vermehrten Wärmeabgabe durch die Haut ableitet. Diese Angabe Riegel's ist im Widerspruch mit der von Quincke und Naunyn²⁾, welche nach Rückenmarksdurchschneidung eine Temperatursteigerung

¹⁾ Pflüger's Arch. V. 629.

²⁾ Reichert's & du Bois-Reymond's Arch. 1869. 174. 521.

sahen, wenn die Thiere einer Temperatur von etwa 32°C. ausgesetzt wurden. Sie sahen darin einen Beweis, dass im Rückenmarke Fasern verlaufen, welche einen moderirenden Einfluss auf die Wärmeproduction ausüben sollen, und brachten dies Ergebniss ihrer Versuche in Beziehung zu gewissen klinischen Beobachtungen, in denen nach Rückenmarksverletzungen Temperatursteigerungen beobachtet wurden. Auch Fischer¹⁾ kam zu ähnlichen Ergebnissen. Diese Angaben, sowie die von Tscheschichin²⁾ welcher bei Verletzung des verlängerten Markes an der Grenze des Pons die Temperatur steigen sah, gelten als Belege für die moderirende Wirkung des Nervensystems auf die Wärmeproduction. Dagegen glaubt Heidenhain³⁾ eine Temperatursteigerung nach Reizung der Medulla oblongata gesehen zu haben, ist also geneigt, die Existenz von nervösen Centren anzunehmen, welche die Wärmeproduction anregen. Lewizky⁴⁾ konnte die Tscheschichin'sche Angabe nicht bestätigen.

Ich muss nun zunächst bemerken, dass ich für die Tscheschichin'sche Behauptung jede Verantwortung ablehne, da ich den betreffenden Versuch nicht gesehen habe, und die denselben betreffende Notiz ohne mein Wissen in den Aufsatz in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv aufgenommen wurde. Ich sehe mich zu dieser Bemerkung veranlasst, da der übrige Inhalt der Arbeit auf meine Veranlassung und unter meiner Theilnahme zu Stande gekommen ist. Was die Angaben von Heidenhain anlangt, so fehlen mir eigene Erfahrungen, um ein Urtheil über diesen Punkt zu fällen. Was aber die Rückenmarksdurchschneidung anlangt, so muss sich nach meinen Erfah-

1) Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869. 259.

2) Reichert's u. du Bois-Reymond's Arch. 1866. D. Arch. f. Klin. Med. II.

3) Pflüger's Arch. III. 578.

4) Virchow's Arch. XLVII. 352.

rungen ebenso wie Riegel läugnen, dass aus ihnen auf eine erhöhte Wärmeproduction geschlossen werden kann. Die Versuche über Erwärmung, von welchen hier die Rede ist, waren schon begonnen, als die Arbeit von Naunyn und Quincke erschien. Ich stellte desshalb gleichfalls Versuche mit Rückenmarksdurchschneidung an, konnte aber keine Erwärmung erhalten, oder doch nur eine geringere, als bei normalen Thieren bei gleicher Temperatur der Umgebung auftritt. Immer waren die Ergebnisse der Art, dass aus ihnen nur ein vermehrter Wärmeverlust im Vergleich zu normalen Thieren gefolgert werden konnte, niemals eine vermehrte Wärmeproduction.

Bei hoher Durchtrennung des Rückenmarkes, d. h. zwischen 6tem und 7tem Halswirbel, sinkt die Temperatur der Thiere bis zu einer Umgebungstemperatur von 32° stetig, wenngleich langsamer als in mittlerer Zimmertemperatur. Bei 32°C . waren die Thiere mit hoher Rückenmarksdurchschneidung in dem von mir angewandten Apparate ungefähr im Gleichgewicht, d. h. sie behielten ungefähr die Temperatur, mit welcher sie in den Apparat kamen, und die stets unter der normalen war. Ueber 32° erwärmten sie sich, aber diese Erwärmung blieb, so lange die Temperatur des Raumes niedriger war als die des Thieres, immer mässig, jedenfalls nicht stärker als die eines normalen Thieres. Bei tiefer Rückenmarksdurchschneidung, d. h. zwischen 6tem und 7tem Brustwirbel, hingegen tritt schon bei 30°C . eine geringe Erwärmung ein und diese wächst noch bei höherer Temperatur der Umgebung. Diese Ergebnisse erhielt man aber nur an frisch operirten Thieren. Wurden diese jedoch durch den Aufenthalt im Wärmekasten am Leben erhalten, so wurde an den folgenden Tagen häufig eine Wärmezunahme gefunden bei Temperaturen, welche anfänglich keine solche ergeben hatten. Aber diese war offenbar Folge eingetretenen Wundfiebers. Da nun auch in den Versuchen von Naunyn und Quincke die Erwärmung häufig erst sehr spät

auftritt, so glaube ich unbedingt, dass auch bei diesen die Fieberhitze, zum Theil wenigstens, an dem Erfolge schuld war.

Noch ein anderer Unterschied aber besteht zwischen meinen Versuchen und denen von Naunyn und Quincke, während Riegel in dieser Beziehung mit ihnen übereinstimmt. In meinem Apparate nämlich lagen die Thiere auf Zink, und dieses wurde durch das umspülende Wasser immer auf gleicher Temperatur erhalten. In den Versuchen der anderen Forscher aber lagen die Thiere auf schlechten Wärmeleitern. Dies hat nun zur Folge, dass die Temperatur in meinen Versuchen sank bei Temperaturen, bei denen sie unter den veränderten Umständen vielleicht gestiegen wäre, mit anderen Worten der Gleichgewichtszustand, der bei meinen Versuchen etwa bei 32°C . für die Thiere mit hoher Rückenmarksdurchschneidung eintrat, wäre bei andersgestalteten Versuchsbedingungen bei einer etwas niederen Temperatur eingetreten. Dies ist insofern gleichgültig, als es sich ja nur um eine Vergleichung normaler Thiere und solcher mit Rückenmarksdurchschneidung handelt. Nun haben wir gefunden, dass in meinem Apparate normale Thiere bis zu 32° hin ihre Temperatur behielten oder unbedeutend erhöhten. Bei diesen Verhältnissen hätte sich also eine erhöhte Wärmeproduction, wenn sie bestände, an den Thieren mit Rückenmarkstrennung zeigen müssen. Nichtsdestoweniger wollte ich es nicht unterlassen, auch unter Bedingungen zu beobachten, wo eine geringere Wärmeentziehung stattfinden musste. Ich legte daher die Thiere auf ein Brett. Hier zeigte sich bei einer Temperatur von 32° eine geringe Temperaturerhöhung, aber normale Thiere zeigten unter gleichen Umständen stets eine bedeutendere Zunahme. Ich muss also, ganz in Uebereinstimmung mit Riegel, läugnen, dass nach Rückenmarksdurchschneidung eine erhöhte Wärmeproduction nachgewiesen sei.

Es fragt sich nun, warum bei Thieren mit tiefer Rückenmarksdurchschneidung der Gleichgewichtszustand bei einer etwas tieferen Temperatur eintritt, als bei solchen mit hoher

Rückenmarksdurchtrennung. Wenn normale Thiere bei Temperaturen von 30—32°C. sich noch im ungefähren Gleichgewichte befinden, und wenn Thiere mit hoher Rückenmarksdurchschneidung bei eben diesen Temperaturen abkühlen, weil sie in Folge der Gefässlähmung mehr Wärme verlieren, so müssten Thiere mit tieferer Rückenmarksdurchschneidung, bei welchen doch auch ein Theil des Gefässbezirkes gelähmt ist, wenigstens etwas mehr Wärme verlieren als normale. In der That sehen wir ja auch, dass solche Thiere bei mittlerer Zimmertemperatur abkühlen, wenn gleich nur unbedeutend, da bald ein Gleichgewichtszustand eintritt, wo sie ebensoviel Wärme produciren als sie verlieren. Man kann dies so erklären, dass mit der Rückenmarksdurchschneidung zugleich die hauptsächlichste Quelle der Wärmeproduction, nämlich die Muskelbewegung, abgeschnitten ist. Bei tiefer Rückenmarksdurchschneidung aber ist ein grosser Theil der Muskeln erhalten, und die Thiere strengen diese Muskeln an, sie bewegen sich viel, offenbar um sich aus ihrer hilflosen Lage mit gelähmten hinteren Extremitäten zu befreien, während die normalen Thiere in höherer Temperatur auffallend still liegen. Die Thiere mit tiefer Rückenmarksdurchschneidung produciren also unter diesen Umständen mehr Wärme als normale und als solche mit hoher Rückenmarksdurchschneidung. Hierzu kommt aber noch ein zweiter Umstand. Bei Thieren mit Rückenmarksdurchschneidung sieht man, dass die Ohren auffallend blass sind und es auch bei hohen Umgebungstemperaturen bleiben. Da nun die noch mit dem vasomotorischen Centrum in Verbindung stehenden Gefässe der Ohren bei hohen Temperaturen doch offenbar auch gelähmt werden, so kann ihre Blässe offenbar nur davon herrühren, dass die übrigen Gefässe nach der Rückenmarksdurchschneidung so stark erweitert werden, dass den Ohrgefässen in Folge dessen nur wenig Blut zufliesst, und sie deshalb sich nicht merklich erweitern. Diese „collaterale Anämie“ der Ohrgefässe kommt aber hauptsächlich durch die Erweiterung

der Gefässe der Baueingeweide zu Stande, welche vermöge ihrer Einlagerung in sehr lockere Gewebe einer enormen Erweiterung fähig sind. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man die Splanchnici durchschneidet oder die Pfortader unterbindet. Besonders im letzteren Falle tritt eine so beträchtliche Erweiterung der Bauchgefässe ein, dass schliesslich fast alles Blut des ganzen Körpers in jenen Gefässen sich anhäuft und dadurch die Thiere, wie ich gefunden habe, an allmählich sich ausbildender Hirnanämie zu Grunde gehen. Etwas ähnliches muss natürlich auch bei tiefer Rückenmarksdurchschneidung erfolgen, wofern nur die Durchschneidung, wie in unseren Versuchen, oberhalb des Abganges der Splanchnici stattgefunden hat. Dann wird also ein sehr grosser Theil der Hautgefässe unerweitert bleiben, das Blut wird in dem grössten Theile der Hautgefässe nur langsam circuliren und die Abkühlung wird im Vergleich zu normalen Thieren bei der Einwirkung höherer Temperaturen geringer ausfallen.

Unsere Versuche und Betrachtungen haben uns also zu dem Schluss geführt, dass eine Aenderung der Wärmeproduction bei Einwirkung verschieden hoher Umgebungstemperaturen nicht nachgewiesen ist, dass aber alle Erscheinungen der Wärmeregulation erklärt werden können durch die unter verschiedenen Umständen veränderte Wärmeabgabe von der Hautoberfläche, bedingt durch die wechselnden Zustände der Hautgefässe. Neben diesem Umstande spielen die anderen Regulationsmittel, Athmung, Wasserverdunstung u. s. w. jedenfalls eine untergeordnete, nebensächliche Rolle. Ich bin mir sehr wohl bewusst, dass noch viele Fragen ungelöst bleiben, welche sich an die hier erörterten anknüpfen. Ich habe auch schon begonnen, den Gegenstand weiter zu verfolgen, namentlich durch Anstellung calorimetrischer Messungen über die Wärmeproduction unter verschiedenen Umständen. Wenn ich aber diese Versuche, welche zum grössten Theile schon im Jahre 1869 unter Mitwirkung des Herrn Dr. Tschatskin aus Odessa

angestellt worden, und deren weitere Fortführung durch äussere Umstände unterbrochen wurde, jetzt schon in ihren Grundzügen veröffentliche, so bewegt mich dazu die Hoffnung, dass die vorliegende Erörterung zur Klärung der augenblicklich gerade sehr lebhaften Meinungsverschiedenheit in diesem Zweige der Physiologie etwas beizutragen im Stande ist. Aus diesem Grunde wird auch die ausführliche Darstellung der theoretischen Grundsätze für die Wärmevertheilung nicht ganz überflüssig erscheinen. Es ist darin eine Darstellung der Wärmeverhältnisse des Thierkörpers enthalten, wie ich sie schon seit Jahren in meinen Vorlesungen zu geben pflegte, wie sie aber meines Wissens bisher noch nicht im Zusammenhange veröffentlicht worden ist.

Erlangen im Juni 1872.







