

## XXXIII.

## Ueber Calorimetrie.

Offener Brief an Herrn Professor Liebermeister in Tübingen.

Von Dr. Wilhelm Winternitz in Wien.

Hochgeehrter Herr Professor!

Der Vogel Strauss steckt den Kopf unter die Flügel, in der Meinung seine Verfolger sähen ihn nicht, wenn er sie nicht sieht. Eine ähnliche Logik kann man von einem so vielseitig hervorragenden Gelehrten, wie Sie Herr Professor es sind, nicht erwarten, und man muss sich daher nach anderen Gründen umsehen, um es zu eruiren, warum Sie vor den Arbeiten ihrer loyalsten Opposition einfach, aber beharrlich die Augen schliessen.

So aufmerksam ich auch Ihr „Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers“<sup>1)</sup> studirte, so sehr ich mich bemühte, auf oder zwischen den Zeilen eine Widerlegung der von mir gemachten Einwände gegen Ihre calorimetrischen Methoden zu finden, es ist mir dies nicht geglückt. Vielleicht veranlasst Sie, Herr Professor, dieser directe Appell, in welchem ich die wesentlichsten Momente meiner Opposition gegen Ihre Versuche und Anschauungen resumire, mich und meine Gesinnungsgenossen einer Widerlegung zu würdigen.

Ihr Buch hat mir die Ueberzeugung von der Fehlerhaftigkeit meiner Versuche und Argumentationen nicht beizubringen vermocht, obwohl ich es mit der Tendenz, mich überzeugen zu lassen, zur Hand nahm.

Meine wesentlichsten Bedenken gegen ihre directe calorimetrische Methode bestehen, wie Sie wissen, in Folgendem:

## I.

Durch Versuche habe ich nachgewiesen, dass die von dem im Bade befindlichen Körper an das Wasser abgegebenen Wärmemengen nicht genau bestimmbar seien<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers. Von Dr. C. Liebermeister. Leipzig — Vogel — 1875.

<sup>2)</sup> Der Einfluss der Wärmeentziehung auf die Wärmeproduction. Jahrb. d. k. k. Ges. der Aerzte. 1871.

Ich habe mich seither belehren lassen, dass wenn man mit so grossen Cautelen arbeitet, wie dies Murri that, grösseren, als Sie, Herr Professor, sie für nöthig hielten, der hier resultirende Fehler verringert zu werden vermag. Ganz verschwinden wird er nicht, und in dem Resultate erscheint er immer mit der ganzen Wassermasse multiplicirt. Bei der Bestimmung der Fehlergrenzen Ihrer Versuche unterschätzen Sie diesen Factor, wie ich glaube mit Unrecht.

Damit Sie nicht wieder Veranlassung haben mögen, mir einen Vortrag über die Theorie des Wassermischens und Umrührens zu halten, will ich Ihnen nicht neue Ziffernreihen vorführen, aus denen der auf Temperaturverschiedenheiten in den verschiedenen Wasserschichten, namentlich in Metallwannen, wie Sie solche verwenden, zu beziehende Fehler leicht ersichtlich gemacht, aber schwer abgeschätzt zu werden vermag. Ich will Sie nur auf die Beobachtung eines anderen Autors aufmerksam machen, welcher fand, dass trotz guten Umrührens und verlässlicher Mischung des Badwassers, beim Heraussteigen aus der Wanne, die den Körper unmittelbar berührenden, und nun von demselben abfliessenden Wasserpartikel, sich mit dem Badewasser mischen, und dieses in seiner Gesamttemperatur merkbar erwärmen. Es ist diese Angabe Jacobs <sup>1)</sup> eine Stütze für meine Ansicht und Erfahrung, dass die den Körper zunächst berührenden Wasserschichten, sowie die an den Wänden der Wanne haftenden (besonders bei stark Wärme strahlenden Metallwannen) ziemlich bedeutende Temperaturdifferenzen zeigen können, und dass der hieraus resultirende Fehler von Ihnen nur sehr ungenau ermittelt wird.

Mit Sicherheit ist die aus solcher Temperaturdifferenz entstehende Fehlergrenze nicht festzustellen, und ich will bei der Ihnen bald vorzulegenden Rechnung, die von Ihnen selbst zugestandene Zahl dafür einstellen.

Der mögliche Fehler im Ablesen der Temperatur des Badewassers wird von Ihnen mit 0,01 angegeben — Controlversuche dadurch angestellt, dass ich, mit den besten üblichen Thermometern, bei denen die zweite Decimalstelle schätzungsweise veranschlagt wird, von ganz verlässlichen mit Thermometerablesungen vertrauten

<sup>1)</sup> Untersuchungen über die Wärmequantität etc. Dieses Archiv Bd. LXII.

Aerzten Temperaturbestimmungen vornehmen liess, überzeugten mich, dass der hieraus abzuleitende Fehler 0,03 überschreiten könne.

Es ist hier der Subjectivität ein grosser Spielraum gelassen, der um so bedenklicher wird, wenn der Beobachter gleichzeitig ein viel zu guter Rechner ist. Ohne *Mala fides* wird hier die subjectiv erwünschte Beobachtung zur objectiven Selbsttäuschung. „Bei den Werthen für die einzelnen Zeiträume von je 5 Minuten“, so sagen Sie selbst, „sind die möglichen Fehler absolut kleiner, aber relativ beträchtlich grösser. In Folge ungenügender Mischung des Wassers, mangelhaften Ablesens oder ungenauer Zeitbestimmung kann möglicher Weise bei der einzelnen Ablesung ein Fehler bis zu 0,03 (?) entstehen. Dieser Fehler kann, wie Sie hervorheben, sich bis auf 8 und 9 Calorien für den einzelnen Zeitraum belaufen. So weit bin ich mit Ihnen Herr Professor vollkommen einverstanden. Dass aber, wie Sie weiter behaupten, „jeder derartige Fehler durch den vorhergehenden und den folgenden Zeitraum compensirt werde<sup>1)</sup>“, will mir nicht einleuchten.

Compensirt dürfte wohl nur der von der ungenauen Zeitbestimmung abhängige Factor des Gesamtfehlers werden, der von dem ungenauen Ablesen herrührende dürfte verkleinert werden, die von der unvollständigen Mischung der Wasserschichten herrührende Ungenauigkeit wird in den für jede Zeiteinheit berechneten Calorien mit der Wassermasse multiplicirt, und in dem Endresultat als Summe der Einzelfehler erscheinen.

Die Fehlergrenze in dieser Richtung kann nur annähernd indirect bestimmt werden. Wir werden nemlich noch von einer anderen Seite auf die Ungenauigkeit Ihrer Methode der Bestimmung der Grösse der Wärmeabgabe hingewiesen. Von 5 zu 5 aufeinander folgenden Minuten schwankt nemlich die Grösse der Wärmeabgabe an das Badewasser in Ihren zwei hier mitgetheilten Musterversuchen, nach Ihren eigenen Berechnungen, zu einer Zeit, wo von Ihnen schon eine annähernde Gleichheit der Wärmeabgabe für die Zeiteinheit postulirt wird, bis um fast 6 Calorien. Dabei ist es besonders bezeichnend, dass in den späteren Zeiteinheiten der Wärmeverlust öfters um so viel beträchtlicher als in den vorhergehenden

<sup>1)</sup> Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers, von Dr. C. Liebermeister. 1875. S. 209.

ist. Es scheint mir dies besonders deutlich für die Ungenauigkeit der Methode zu sprechen. Eine Berechnung der mittleren Schwankungsdifferenzen der Wärmeabgabe, mit Ausschluss der ersten 20 Minuten in Ihrem zweiten Badeversuche <sup>1)</sup> ergibt 3,3 Calorien für die Zeiteinheit von 5 Minuten. Es würde dies für die 18 Zeiteinheiten der Badedauer einen Fehler von 59 Calorien betragen können.

So finden wir hier eine neuerliche Bestätigung dafür, was Jürgensen schon vor mir betonte, was ich im Jahre 1871 aussprach, was von Ackermann und And. bestätigt wurde, was seither auch Johannes Jacob fand, dass die von Ihnen angenommene Gleichheit der Wärmeabgabe, nach einer kürzeren oder längeren Badedauer, aus Ihren Versuchen nicht ersichtlich ist.

Da aber eine solche annähernde Gleichheit der Wärmeabgabe in den späteren Zeiträumen, einer unter ziemlich constanten Bedingungen stattfindenden Wärmeentziehung, a priori höchst wahrscheinlich ist, so sprechen die aus Ihren Versuchen ersichtlichen grossen Differenzen nach Plus und Minus in der Zeiteinheit, für Ungenauigkeit und Fehlerhaftigkeit der Untersuchungsmethode.

„Etwas grössere Fehler können bei der Correction der spontanen Abkühlung erwartet werden <sup>2)</sup>.“

Sie haben in Ihren früheren Versuchen die Grösse für die spontane Abkühlung berechnet, aus einer Mittelzahl, die Sie aus den vor und nach dem Bade beobachteten Abkühlungswerthen des Wassers fanden. Jetzt berechnen Sie die spontane Abkühlung für jede Zeiteinheit mit Rücksicht auf die jeweilige Temperaturdifferenz. Es ist dies eine Veränderung in Ihrer Versuchsmethode, die Sie sehr gering zu veranschlagen scheinen, da Sie bei der ersten Mittheilung des nach dieser Methode berechneten Musterversuches, in dem 10. Bande des deutschen Archivs für klinische Medicin <sup>3)</sup> Folgendes darüber sagen: „Uebrigens würde auch die weniger genaue Rechnung, wie ich sie früher auszuführen pflegte, ein im Wesentlichen gleiches Resultat ergeben.“ Ich habe mir nun die Mühe gemacht, eine Berechnung der spontanen Abkühlung für Ihren in Rede stehenden zweiten Musterversuch <sup>4)</sup> nach Ihrer früheren und nach Ihrer jetzigen Berechnungsweise anzustellen, und kam zu dem Resultate, dass für Letztere das Ergebniss ein um 17 Calorien

<sup>1)</sup> l. c. S. 207.

<sup>2)</sup> l. c. S. 208.

<sup>3)</sup> S. 445.

<sup>4)</sup> S. 206.

grösseres ist. Mir scheint auch hier der Fehler durch Addirung der einzelnen mit kleineren Fehlern behafteten Summanden so beträchtlich anzuwachsen. Ich wiederhole daher was ich schon 1871 bewiesen habe: „An die eine Grundlage der Methode, die genaue Bestimmung der an das Wasser abgegebenen Wärmemengen, dürfen wir keinen zu strengen Maassstab anlegen. Die weitere Betrachtung wird uns lehren, dass auch die übrigen Grundlagen Ihrer calorimetrischen Forschungen einer strengeren Kritik nicht Stich halten.“

„Die Zuverlässigkeit einer Methode hängt viel weniger ab von ihrer Empfindlichkeit“ sagen Sie „als vielmehr von dem Grade der Sicherheit, mit welcher die Grösse des möglichen Fehlers bestimmt werden kann. Unzuverlässig ist jede Methode, auch die feinste, wenn sie keine Bestimmung der Fehlergrenzen zulässt und zuverlässig ist jede Methode, auch die grösste, wenn man die Grenzen der möglichen Fehler genau kennt, und bei allen Schlüssen berücksichtigt<sup>1)</sup>.“

Sie bestimmen die äusserste mögliche Fehlergrenze, bei Ihrem zweiten, wegen seiner grossen Beweiskraft uns besonders interessirenden Musterversuche mit 28 Calorien. Ich glaube gezeigt zu haben, dass der betreffende Fehler ein Vielfaches von dem von Ihnen bestimmten Grenzwerte betragen konnte.

Also dieser Maassstab, die Möglichkeit der genauen Bestimmung der Fehlergrenzen, dürfte wohl nicht bei der Frage nach der Verlässlichkeit Ihrer Versuchsmethode angelegt werden. Noch weit grösser sind aber die Fehlergrenzen und Fehler bei Ihrer Berechnung der Wärmeproduction unter Wärmeentziehungen, wie ich Ihnen nun nachweisen will.

## II.

Ein Mann von Ihrer Exactheit und kritischen Schärfe, sollte nicht einen notorisch falschen Satz zum Ausgangspunkte und zur Basis seines ganzen Gebäudes machen, und allen anderen Forschungen nur insoweit eine Berechtigung zugestehen, als sie mit den eigenen stimmen.

Alle Versuche und Beobachtungen, die gegen Sie sprechen, werden als unrichtig bezeichnet oder einfach nicht beachtet.

<sup>1)</sup> l. c. S. 133.

Notorisch, nachweisbar, und nachgewiesenermaassen falsch ist nehmlich der Satz: „Die Körpertemperatur eines gesunden Menschen bleibt, wenn derselbe ein gewöhnliches kaltes Bad nimmt, während längerer Zeit unverändert, oder zeigt sogar ein geringfügiges Steigen<sup>1)</sup>“, „trotz dem enormen Wärmeverlust, wird der im Innern des Körpers bestehende Wärmevorrath nicht vermindert<sup>2)</sup>.“

Von den verschiedensten Seiten und auch von mir wurde wiederholt in der überzeugendsten Weise nachgewiesen, dass Achsel- oder Rectum-Messungen allein, oder auch beide gleichzeitig, keinen Maassstab für das Verhalten der Körpertemperatur, namentlich für das Verhalten des Wärmevorrathes im Körper unter wärmeentziehenden Bedingungen abgeben können. Ich habe es nachgewiesen<sup>3)</sup>, dass bei sehr mässigen Wärmeentziehungen, die auch Sie nicht unter die excessiven rechnen werden (trockene Frottirung der Körperoberfläche) ein Steigen der Achselhöhlen-, ein Sinken der Rectum-Temperatur beobachtet werden kann. Senator, Riegel und And. haben Ihnen Aehnliches vorgehalten. Sie, der es so sehr liebt, die Fehlergrenzen seiner Experimente und Methoden mathematisch genau festzustellen, berechnet die wirkliche bei den Badeversuchen stattfindende Abkühlung durchaus von unrichtigen Prämissen ausgehend. — Die Rechnung ist richtig, das Resultat ist grundfalsch. —

Selbst wenn nur die eine Beobachtung Riegel's vorliegen würde, dass bei Wärmeentziehungen die Hohlvenentemperatur rascher und tiefer sinkt, als die im Rectum, und diese beträchtlich tiefer als die Achselhöhlenwärme, was ja auch durch Heidenhain's, Senator's, Rosenthal's, Ackermann's und meine Untersuchungen Bestätigung findet, so dürften Sie, auf eine Achselhöhlen- oder Rectum-Messung allein gestützt, nicht mehr von einem Constantbleiben oder Steigen der Körpertemperatur sprechen, und aus so ungenügenden Daten die während einer Wärmeentziehung stattfindende Wärmeproduction berechnen wollen.

Wenn wir die von Riegel gefundenen Zahlen für die relative Abkühlung der einzelnen Gewebe und Körperschichten, bei der Berechnung der Wärmeproduction in dem einen oder dem anderen

<sup>1)</sup> l. c. S. 203.

<sup>2)</sup> l. c. S. 215.

<sup>3)</sup> Dieses Archiv Bd. LVI.

Ihrer Musterversuche einführen, so ergibt sich ein ganz anderes Resultat für die Grösse der Wärmeproduction in denselben, als Sie es fanden. Riegel constatirte nemlich, dass sich die Abfallsgrössen der Temperatur in den verschiedenen Körperschichten eines Hundes, in einem 25° Vollbad, von 18 Minuten Dauer, folgendermaassen verhielten:

Abfallsgrösse:

Vena cava	Rectum	Axilla	Schenkelhaut
2°,0	1°,32	0°,7	7°,78.

Analoge Differenzen in dem Temperaturabfall der verschiedenen Körperschichten sind bei Wärmeentziehungen auch am Menschen seit Fiedler und Hartenstein vielfach beobachtet worden. Ihnen ist es nicht gelungen, irgend ein Argument gegen diese Thatsachen beizubringen, und deshalb beliebt es Ihnen sie einfach zu ignoriren. Es dürfte sich daher wohl nichts Stichhaltiges dagegen einwenden lassen, dass sich auch bei Ihren Versuchsindividuen die Wärmevertheilung nach den Wärmeentziehungen ähnlich verhalten haben werde. Betrachten wir von diesen Gesichtspunkten aus das Resultat Ihres zweiten so beweisenden Musterversuches. Bei diesem Versuche hatte Herr Cand. med. Fisser, ein 24jähriger 84,8 Kgr. wägender Mann, 90 Minuten in einem Bade von 20°,92 zugebracht, und dabei nach Ihrer Berechnung einen Wärmeverlust von 441 Calorien, respective nach Hinzurechnung der durch Respiration und Kopf abgegebenen Wärme von 467 Calorien erlitten. — Dass diese Ziffer um Vieles zu hoch gerechnet sein kann, habe ich früher erörtert. In diesem Versuche sank die Achselhöhlentemperatur nur um 0,2° C.

Wir werden vielleicht das Verständniss für die folgenden Auseinandersetzungen erleichtern, wenn wir eine approximative Abschätzung des Wärmevorrathes versuchen, der im Körper des Herrn Fisser vor dem Bade vorhanden gewesen. Die Temperatur der Achselhöhle des genannten Versuchsobjectes betrug vor dem Bade 37,5. Herr F. war also vor dem Bade wahrscheinlich etwas wärmer, als dies der Norm und den im Rectum gefundenen Tagesmitteln der betreffenden Stunde entspricht. Da Herr F. sich keiner Abkühlung vor dem Bade aussetzte, ist anzunehmen, dass seine Peripherie zu dieser Zeit ziemlich warm gewesen sei. Unter den bestehenden normalen Verhältnissen dürfte gleichzeitig das Rectum um 0,3—0,5° höher temperirt gewesen sein als die Achselhöhle, und auch die Blutwärme

dürfte um noch einige Zehnthelle eines Grades wärmer gewesen sein als das Rectum. Wir rechnen daher gewiss nicht zu günstig, wenn wir die Durchschnittstemperatur des Körpers mit  $37^{\circ}$  annehmen.

Die in neuester Zeit von Adamkiewicz gefundene Thatsache, dass die specifische Wärme des Muskels eine bedeutend höhere sei als selbst die des Wassers, lässt es glaublich erscheinen, dass wir sehr ungünstig rechnen, wenn wir die Wärmecapacität des Körpers wie üblich mit 0,83 veranschlagen. Der Wärmevorrath im Körper des nahezu 85 Kgr. schweren Herrn F. ist demnach mindestens gleich  $37 \times 85 \times 0,83 = 2610$  Calorien. Wie viel von dieser Wärmemenge konnten die Haut und das Unterhautzellgewebe enthalten? Aus den Untersuchungen von Rosenthal und namentlich Adamkiewicz lässt sich entnehmen, dass der Temperaturabfall erst in den peripherischsten Schichten ein schroffer ist. Wenn wir Haut- und Unterhautzellgewebe mit  $\frac{1}{8}$  des Körpergewichtes beziffern, was nach Ranke's Gewichtsbestimmungen für Herrn F. nicht zu hoch genommen sein dürfte, und die Hälfte davon, also 7,08 Kgr. blos auf  $36^{\circ}\text{C.}$  schätzen, die anderen 7,08 Kgr. auf  $37^{\circ}$  veranschlagen, was bei 37,5 Achselhöhle gewiss nicht übertrieben gerechnet ist, so werden wir wohl der Wahrheit nahe kommen. Nach dieser Berechnung würden Haut- und Unterhautzellgewebe etwa 429 Calorien enthalten.

Wie viel von dieser Wärmemenge konnte die Haut in dem  $1\frac{1}{2}$  stündigen  $20,92^{\circ}$  Bade abgegeben haben?

„So lange die oberflächlichen Schichten des Körpers noch eine sehr hohe Temperatur haben, müssen sie grosse Mengen von Wärme an das kältere Wasser abgeben, wenn sie in Folge dessen bis auf einen gewissen Grad abgekühlt sind, muss die Wärmeabgabe nothwendig geringer werden, und endlich können sie, wenn wir von ihrer eigenen Wärmeproduction absehen, an das Wasser nur noch in dem Maasse Wärme abgeben, als ihnen dieselbe vom Inneren her zugeführt wird<sup>1)</sup>“.

Ich bin vollkommen mit dieser Ihrer Anschauung einverstanden, nur glaube ich, dass der Moment, wo die peripherischen Schichten aufhören können von dem eigenen Wärmeinhalte abzugeben, erst dann eintreten kann, wenn die Temperatur derselben mit der berührenden Wassertemperatur sich vollständig ausgeglichen haben

<sup>1)</sup> l. c. S. 211.



wird. Es ist dieses Postulat eine physikalische Nothwendigkeit. Wie gross also konnte nach dieser Voraussetzung die Wärmeabgabe der Peripherie, der Haut- und des Unterhautzellgewebes in dem  $1\frac{1}{2}$  stündigen Bade gewesen sein?

Murri hat uns gezeigt, dass die Temperatur unter der Doppelhaut des Präputiums schon nach wenigen Minuten sich mit der Umgebungstemperatur fast in's Gleichgewicht setzt, öfters kaum um 0,1 von dieser differirt. Wenn wir dazu berücksichtigen, dass nach Klug's Untersuchungen die Wärmeleitungsfähigkeit der Haut nicht allzugerings ist, so werden wir es immerhin für möglich halten können, dass bei der im kalten Bade so sehr beschränkten peripherischen Circulation, bei einer Dauer des Bades von  $1\frac{1}{2}$  Stunden, nach diesem, Haut- und Unterhautzellgewebe nur um wenige Zehnthelle eines Grades wärmer sein dürften, als das Badewasser.

Erst in der Muskelschicht, was ja mit der von mir im Jahre 1871 entwickelten, auch von Adamkiewicz neuestens<sup>1)</sup> acceptirten Theorie der Wärmeregulation stimmt, finden sich höhere Temperaturen.

Nach unserer früheren Berechnungsweise konnte  $\frac{1}{12}$  des Körpers, die äusserste Peripherie von  $36^{\circ}$  bis  $23^{\circ}$ , — das zweite  $\frac{1}{12}$  von  $37^{\circ}$  bis  $23^{\circ}$  abgekühlt worden sein, was einem Wärmeverlust von 158 Calorien entsprechen würde. Nach Ihrem eigenen oben citirten Ausspruche muss und kann die peripherische Abkühlung wenigstens so hoch gerechnet werden.

Nach dieser höchst ungünstigen Berechnungsweise würde sich die peripherische Abkühlung auf weniger als  $\frac{1}{3}$  des gesamten Wärmeverlustes im Bade belaufen, während Jacobs aus seinen Versuchen sich zu dem Schlusse berechtigt glaubt, dass die locale Abkühlung der Körperoberfläche, mindestens  $\frac{2}{3}$ , wahrscheinlich aber sogar  $\frac{3}{4}$  der gesamten an das Bad abgegebenen Wärmequantität beträgt, was wohl auch dafür spricht, dass sie den Wärmeverlust im Bade fehlerhaft berechnen, wie ich ja früher nachzuweisen versuchte.

Dass die Quantität der peripherischen Abkühlung grösser gewesen sein müsse, als sie hier berechnet wurde, wird wahrscheinlich, wenn man bedenkt, dass die peripherischen Theile, Hände, Füsse, wie aus den Untersuchungen von Stromaier und Esmarch her-

<sup>1)</sup> Die Wärmeleitung des Muskels, Studien über thierische Wärme. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. S. 235.

vorgeht, bis in die Knochenhöhle hinein bei längeren Wärmeentziehungen Temperaturerniedrungen erkennen lassen.

Abzuschätzen ist die hier nicht wiederersetzte Wärmemenge nicht einmal annähernd; dass sie aber auch ein mehrfaches der von Ihnen supponirten peripherischen Abkühlung, die sie mit 95 Calorien schätzen, betragen haben konnte, ist nicht so absurd, wie Sie glauben machen wollen.

Dass auch die inneren Theile in dem hier besprochenen Versuche eine Abkühlung erfahren haben, geht aus dem Sinken der Achselhöhlenwärme während des Bades um 0,2 hervor.

Die Abkühlung tieferer Körperschichten muss mehr als die der Achselhöhle betragen haben, was nach dem früher Angeführten, nicht nur wie Sie glauben nicht anzunehmen, sondern sogar sehr wahrscheinlich wird. Würden wir Riegel's relative Abfallszahlen hier in die Rechnung einführen, so hätte die Abkühlung des Blutes 0,57, die des Rectum 0,37 betragen. Es wäre dies aber bestimmt zu niedrig veranschlagt, da Riegel's Ziffern aus den Resultaten eines 25° Bades von nur 18 Minuten Dauer abgeleitet sind. Ein im Durchschnitt um 5° kälteres und 5 mal so lange dauerndes Bad muss die Temperatur der inneren Organe vielmehr herabgesetzt haben. — Ein Versuch den ich mit einem 20° Bade in der Dauer von 30 Minuten bei einem 72 Kilogramm schweren 30jährigen Manne anstellte, setzte die Achselhöhlentemperatur von 37°,3 auf 37°,1 herab. Die Rectumtemperatur, die vor dem Bade 37°,6 zeigte, war unmittelbar nach dem Bade auf 36,9 gesunken. Also während die Achselhöhle um 0,2 sank, hatte im Rectum die Temperatur um 0,7 abgenommen, um noch durch eine halbe Stunde bis auf 36°,4 herabzugehen.

Nehmen wir in Ihrem Versuche an Herrn F. die um 0°,2 herabgesetzte Achselhöhlentemperatur als den Ausdruck der Abkühlung der Muskelschicht an, die etwa 38 pCt. des Körpergewichtes = 32,3 Kilo ausmacht, so beträgt dies einen nicht wiederersetzten Wärmeverlust von 5,36 Calorien. Die übrigen 39,7 Kilogramm Körper sind nach meinem und Riegel's Versuchen tiefer als die Achselhöhle abgekühlt worden. Rechnet man nach Riegel, so konnte die Abkühlung von Blut-Eingeweiden, Knochen und drüsigen Gebilden bis 16,5 Calorien betragen.

Rechnet man nach meinem oben mitgetheilten Versuche, so

konnte die Abkühlung dieser Gebilde bei Herrn F. bis über 23 Calorien betragen. Also von den nach Ihrer Rechnung an das Bad abgegebenen 467 Calorien sind 175 Calorien durch die normale Production während der Badedauer geliefert worden, 158 Calorien betrug mindestens die peripherische Abkühlung. Die Abkühlung der inneren Organe konnte 22—28 Calorien ausmachen, die noch fehlenden 106—112 Calorien, wenn wir die von Ihnen gefundene Grösse der Wärmeabgabe als richtig acceptiren würden, mussten aber auch nicht völlig auf eine während der Badedauer gesteigerte Wärmeproduction bezogen werden.

Sie selbst geben einen möglichen Beobachtungsfehler von 28 Calorien für den hier behandelten Versuch zu, ich glaubte denselben nach den früheren Erörterungen mit 59 Calorien, vielleicht noch viel mehr, bewerthen zu sollen.

Ausserdem ist die nicht zu unterschätzende, aber nicht abzuschätzende, weit grössere peripherische Abkühlung nicht in Rechnung gestellt.

Es würde dies die während des Bades stattfindende Steigerung der Wärmeproduction auf 78, ja auf 47 Calorien und noch tiefer herabdrücken. Die Mehrproduction an Wärme in diesem Musterversuche dürfte demnach weit geringer gewesen sein, als Sie, Herr Professor, dieselbe veranschlagen, ja bei der Unsicherheit der Bestimmung der Fehlergrenzen ist es ganz gut möglich, dass die Wärmeproduction gar nicht beträchtlich gesteigert gewesen sei. Es versteht sich von selbst, dass ich den absoluten Werth meiner Ziffern ebenso wenig vertheidige und dass die ganze Aufstellung der Rechnung bloss den Zweck hat zu zeigen, dass ihre Ziffern nicht beweiskräftiger sind, als die meinigen.

Der Umstand, dass unmittelbar nach dem Bade die Achsel- und Rectumtemperaturen meist sehr tief herabgehen, ein Factum, das Sie aus der supponirten, nicht begründeten, verminderten Wärmeproduction nach dem Bade abzuleiten versuchen, dürfte sich weit natürlicher, weil einfach physikalisch, aus dem nach dem Bade stattfindenden Ausgleich zwischen der tief abgekühlten Peripherie und den weniger abgekühlten inneren Organen erklären, wie dies schon von verschiedenen Autoren Ihnen vorgehalten wurde.

Die Grösse der Temperaturherabsetzung im Rectum nach dem Bade, wenn wir dieselbe auf die  $\frac{1}{2}$  des weniger als die Peripherie

abgekühlten Körpers beziehen, giebt einen weiteren Anhaltspunkt dafür, dass die von mir approximativ berechnete Grösse der peripherischen Abkühlung als wahrscheinlich noch viel zu niedrig gerechnet anzusehen sei, und einen Beweis, dass die Wärmeproduction während des Bades nicht sehr hoch gesteigert sein konnte.

Oft sah ich nemlich in der ersten Stunde nach dem Bade die Rectumtemperatur um  $1\frac{1}{2}$ — $2^{\circ}$  sinken.

Abstrahirt von der noch tieferen Herabsetzung der Bluttemperatur und der verminderten Wärmeabgabe, mussten, um das Sinken der Mastdarmwärme zu erklären, die inneren Organe der Peripherie 141 Calorien mittheilen.

Wenn, wie Sie annehmen, die Wärmeproduction, um die Zeit, wo Körper- und Bluttemperatur wirklich herabgesetzt sind, auch noch beträchtlich vermindert wäre, dann würde wohl die Wiedererwärmung nach Wärmeentziehungen weit grösseren Schwierigkeiten unterliegen, als dies wirklich der Fall ist.

Aus der Constanz der Körpertemperatur bei gesteigertem Wärmeverlust können Sie demnach nicht auf die Grösse der Wärmeproduction während der Wärmeentziehung schliessen, noch weniger sie dem Verluste gleichsetzen, denn eine solche Constanz des Wärmeverrathes besteht eben unter den angegebenen Bedingungen nicht.

Es hat dies besonders schön der schon mehrfach citirte Adamkiewicz mit folgenden Sätzen ausgesprochen:

„So mannichfaltig auch die Mittel sein mögen, die die Natur den höher organisirten Thieren verliehen hat, die Wärme ihres Körperinneren dem Wechsel äusserer Temperaturen möglichst zu entziehen, und so sehr sie sie selbst durch ihren Instinct zu unterstützen wissen; — es genügen dieselben ihrem Zweck doch nur in den engen Grenzen günstiger Bedingungen. Ausserhalb derselben fehlt der Eigenwärme des Warmblüters in der That jene gerühmte Beständigkeit, die man für eine der „wunderbarsten Thatsachen“ in der Natur zu halten geneigt war. Schon älteren Forschern, wie Edwards und Legallois war es bekannt, dass die Temperatur von Säugern und Vögeln unter Umständen den Einflüssen ihrer Umgebung nicht widersteht.

J. Davy wies nach, dass die Temperatur des Warmblüters schon beim Uebergang in ein wärmeres Klima um  $0,5$ — $1,0^{\circ}$  C. zunimmt.

Den Forschungen der neuesten Zeit aber ist das Dogma von der unerschütterlichen Temperaturconstanz des Warmblüters vollends unterlegen<sup>1)</sup>).

Ich kann es darum nur wiederholen, was ich schon 1872 Ihnen an mehreren Stellen meiner Arbeit zurief, dass die Möglichkeit einer Steigerung der Wärmeproduction bei Wärmeentziehungen nicht abzuweisen ist. Nach Ihren calorimetrischen Methoden aber sind weder die an das Badewasser abgegebenen Wärmengen, noch weniger die gleichzeitig producirtten Wärmequantitäten auch nur annähernd abzuschätzen.

Dass Sie Murri's mit grossen Cautelen nach Ihrer Methode angestellte Versuche, in denen der genannte Autor die Steigerung der Wärmeproduction im kalten Bade nicht zu bestätigen vermochte, in ihrer Beweiskraft abzuschwächen versuchen mussten, war wohl vorauszusehen.

Sie thun dies damit, dass Sie es bemängeln, die spontane Abkühlung sei nicht bei jedem einzelnen Versuche, sondern unter den nöthigen Cautelen mit Beibehaltung aller Versuchsbedingungen im Vorhinein festgestellt worden. Sie sagen mit Rücksicht darauf, dass, wenn die Abkühlung des Wassers nur einigermaassen unregelmässig vor sich geht, das ganze Resultat in Frage gestellt wird<sup>2)</sup>.

Ist aber eine solche Unregelmässigkeit der Abkühlung des Wassers unter den gleichen Versuchsbedingungen zu vermuthen, so ist ja die ganze Basis solcher Versuche erschüttert, indem ja während der Badedauer solche Unregelmässigkeiten mit weit mehr Wahrscheinlichkeit, wie ich schon im Jahre 1871 entwickelt habe<sup>3)</sup>, zu erwarten sind, und deshalb auch die unmittelbar vor und nach dem Bade gefundenen Werthe für die spontane Abkühlung nur der sehr ungenaue Ausdruck derselben für die Badezeit sein werden, demnach das ganze Resultat, wie Sie selbst sagen, in Frage stellen können. Uebrigens hat Murri mit Holzwannen gearbeitet, in denen diese Unregelmässigkeiten weniger gross sind, als in Metallwannen, mit denen Sie arbeiten.

Sie sind demnach auch gar nicht in der Lage, die Murri'schen Ziffern auf Basis Ihrer Beobachtungen zu corrigiren

<sup>1)</sup> Die Analogien zum Dulong-Petit'schen Gesetz bei Thieren, Studien über thierische Wärme. Du Bois-Reymond u. Reichert Arch. 1873.

<sup>2)</sup> l. c. S. 230.

<sup>3)</sup> l. c.

Ich läugne es übrigens nicht, dass den Versuchen von Murri, trotz seiner grossen Umsicht bei der Anstellung, die Fehler anhaften, die in dem Principe Ihrer Calorimetrie gelegen sind. Zur Widerlegung Ihrer Versuchsergebnisse jedoch sind sie vollkommen geeignet: sie zeigen so sicher, als dies nach Ihrer Versuchsmethode möglich ist, dass die Wärmeproduction im kalten Bade nicht oder nicht wesentlich gesteigert ist, jedenfalls nicht in dem Grade, wie Sie es behaupten. Dagegen schwächt das eine, nach einer von Ihnen willkürlich modificirten Methode angestellte Experiment die Beweiskraft der Murri'schen nicht im Geringsten.

Um den Wärmeverlust im kalten Bade möglichst gross zu finden, lassen Sie Ihr Versuchsindividuum aus einem der Achsel- oder der Rectumwärme gleich temperirten Bade erst in das kalte Bad steigen und berechnen darnach die Wärmeproduction.

Wie bei einer solchen Versuchsanstellung die Fehlerquellen vervielfacht werden, wissen Sie selbst viel zu gut, als dass ich darauf noch näher eingehen müsste.

Das Endresultat aller Ihrer Argumentationen bleibt ja doch immer dasselbe: Wer zu anderen Resultaten kommt, als ich, der kann nicht experimentiren, und der soll lieber von vornherein solche Versuche bleiben lassen. Bis jetzt will man in der Wissenschaft noch immer nicht, nicht einmal in der Calorimetrie, ein solches unfehlbares Papstthum gelten lassen.

### III.

Es gelang Ihnen ferner durch den Nachweis, dass die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung unter Wärmeentziehungen gleichfalls zunimmt, Ihrer Theorie eine scheinbar sehr feste Stütze zu geben. Ja noch mehr, es stimmt Ihnen, wenn auch mit einiger Schwierigkeit die Rechnung, dass die Vermehrung der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung hinreiche, die vermehrte Wärmebildung zu decken. Dass die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung während und nach Wärmeentziehungen kein Maassstab sein könne für die gleichzeitige Wärmeproduction, habe ich Ihnen schon in einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> vorgehalten. Ich habe darauf hingewiesen, dass  $\text{CO}^2$ -Ausscheidung nicht identisch ist mit  $\text{CO}_2$ -Production. Die Vermehrung derselben im kalten Bade ist die wahrscheinliche Folge

<sup>1)</sup> Die Bedeutung der Hautfunction für die Wärmetemperatur und Wärmeregulation. Jahrb. d. k. k. Ges. der Aerzte in Wien. 1875.

einer vollkommeneren Ausathmung, und, wie namentlich von Berthelot erwiesen wurde, ist die  $\text{CO}_2$ -Bildung kein genügender Maassstab der Wärmeproduction.

Da Ihnen jedoch mein Zeugniß, sowie Senator's zwingende Argumente keiner Beachtung werth erschienen, und Sie Ihre kunstvollen (ich hätte fast gesagt, künstlichen) Rechnungen dadurch nicht für erschüttert erachteten, dieselben vielmehr in Ihrer neuesten Arbeit wieder als eine Stütze für Ihre nach anderen, wie ich nachgewiesen zu haben glaube, fehlerhaften Methoden gefundenen Resultate hinstellen, so erkläre ich Ihnen, dass diese Uebereinstimmung zwischen Rechnungen und Beobachtung ein gewichtiges Argument für die Unrichtigkeit derselben abgiebt. Bei einiger Ueberlegung können Sie sich überzeugen, dass Ihre Rechnung, wenn sie richtig wäre, gar nicht stimmen dürfte. Um dies zu beweisen, ist mein Gewährsmann Claude Bernard.

Claude Bernard hat nachgewiesen, dass das venöse Blut aus einer functionirenden Speicheldrüse mit hellrother Farbe und mit höherer Temperatur zurückkehrt. Das aus einem in Thätigkeit befindlichen Muskel ausfliessende venöse Blut zeigt gleichfalls eine Temperatursteigerung im Vergleiche zu dem zugeführten arteriellen Blute, dagegen ist die Farbe desselben dunkel. Das hellrothe wärmere venöse Blut der secernirenden Drüse enthält weniger  $\text{CO}_2$  und mehr O, als das aus dem thätigen Muskel zurückkehrende. Trotz der Wärmezunahme von Drüse und Muskel bei ihrer Function ist die Oxydation des Blutes vermindert in der ersteren, vermehrt in dem letzteren. Die Oxydation des Blutes kann demnach kein verlässlicher Maassstab sein für die Wärmeproduction. Man muss darauf verzichten, die Intensität der Wärmeerzeugung und der chemischen Vorgänge abzuschätzen nach der mehr oder weniger tiefen Veränderung der Blutmasse.

Die Vorgänge, die die Wärme erzeugen, sind chemische Reactionen der verschiedensten und complexesten Art, die bei Function und Nutrition der Gewebelemente entstehen.

Nicht blos Oxydationsvorgänge erzeugen Wärme, sondern die verschiedensten chemischen Vorgänge, wie Verdoppelungen, Fermentationen etc. Ja, es giebt sogar Oxydationen, die ohne Wärmebildung einhergehen, wie die Oxydationen von Chlor und Stickstoff. Man schreibt diesen Oxydationen die Fähigkeit zu,

Wärme zu absorbiren. Um die im Körper von Warmblütern entwickelte Wärme zu berechnen, genügt es nicht, den verbrauchten O und die ausgeschiedene  $\text{CO}_2$  zu kennen, es müsste der Zustand des Organismus am Ende des Experimentes identisch sein mit dem im Beginne desselben. Diese absolute Identität ist jedoch nicht zu erreichen. Ferner werden die in den Organismus eingeführten Stoffe im Körper nicht vollkommen zu Wasser und  $\text{CO}_2$  verbrannt, ein Theil derselben gelangt, unvollständig verbraucht, als Excrementialproduct zur Ausscheidung.

Cl. Bernard citirt hier wortgetreu die Ausführungen Berthelot's, denen er sich anschliesst, und auch wir wollen die betreffende Stelle im Originaltexte hersetzen:

„1) L'oxydation d'un composé organique par un même poids d'oxygène fournit souvent d'autant moins de chaleur que la combustion du composé est plus complète; ce qui montre l'importance de la relation entre les éléments et les produits excrémentitiels; les variations peuvent aller du simple au double, pour les corps gras par exemple.

2) Au contraire, l'oxydation complète, par un même poids d'oxygène, des composés les plus simples comparés aux composés plus compliqués, fournit souvent beaucoup plus de chaleur: resultat qui pourrait bien trouver une application importante dans l'inégale sécrétion de l'urée et des corps congénérés.

3) La formation d'un même poids d'acide carbonique avec un même poids d'oxygène, par oxydation, dégage des quantités de chaleur fort inégales, et qui vont croissant avec l'élévation de la formule dans la série des corps gras.

4) Au cas même où le volume de l'acide carbonique formé est égal au volume de l'oxygène consommé, ce qui est à peu près réalisé, pendant la respiration, la chaleur dégagée peut varier du simple au double dans les oxydations complètes. On peut observer, dans les oxydations incomplètes, des substances différentes, des inégalités encore plus considérables et cette circonstance est applicable aux animaux qui consomment des aliments différents. Les aliments étant les mêmes, ainsi que l'oxygène consommé, la chaleur dégagée peut varier dans des limites fort étendues, si les produits brûlés, tantôt fixés dans le corps, tantôt éliminés au dehors ne sont pas identiques.



5) Enfin, les phénomènes d'hydratation et de deshydratation, en dehors de toute consommation d'oxygène, donnent lieu à des dégagements de chaleur parfois considérables: phénomènes d'autant plus importants, que les trois catégories des substances alimentaires, c'est à dire les corps gras neutres, les hydrates, le carbon et les principes azotés, peuvent être transformés par simple hydratation<sup>1)</sup>."

Cl. Bernard gelangt zu dem Schlusse, dass das chemische Phänomen, welches die animalische Wärme erzeugt, nicht mit dem Ausdrucke Verbrennung im gewöhnlichen Sinne gedeckt wird, es wird nicht gedeckt durch die Production von  $\text{CO}_2$  und das Verschwinden von Oxygen. Die functionirende Drüse verbraucht weniger O und bildet mehr Wärme. Die Grösse der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung kann demnach unmöglich ein Maassstab für die gesammte Wärmeproduction im Körper sein.

Wir aber sind demnach wohl berechtigt, anzunehmen, dass, wenn die von Ihnen gefundene Grösse der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung mit der von Ihnen gefundenen Steigerung der Wärmeproduction stimmt, Rechnung, Beobachtung oder beide unrichtig sein müssen.

Nach dem Gesagten ist es wohl ganz unnöthig, auf die zahlreichen, in der Versuchsanstellung selbst gelegenen Fehlerquellen, auf die willkürliche Zeitbestimmung, auf welche Production und Ausscheidung der betreffenden  $\text{CO}_2$ -Mengen bezogen werden, auf die Ungenauigkeiten bei Berechnung des Wärmewerthes der ausgeschiedenen  $\text{CO}_2$  näher einzugehen; das Factum allein, dass das Resultat mit der auf anderen Wegen gefundenen Grösse der Wärmeproduction stimmt, lässt es als falsch erkennen.

#### IV.

Dass die Mängel Ihrer calorimetrischen Versuche und der daraus gezogenen Schlüsse an gesunden Individuen Ihrer Calorimetrie bei Fieberkranken ebenfalls anhaften, dass diese Fehler sich hier sogar noch beträchtlich potenziren, dürfte nicht schwer zu erweisen sein. Zunächst will ich darauf hinweisen, dass es unbestritten ist und auch von Ihnen nicht geleugnet wird, dass in der Fieberhitze die peripherischen Theile, Haut- und Unterhautzellgewebe, wärmer sind als im physiologischen Zustande. Wurde

<sup>1)</sup> Leçons sur la chaleur animale, sur les effets de la chaleur et sur la fièvre par M. Claude Bernard. Paris 1876.

doch auf dieses Factum der geringeren Temperaturdifferenz zwischen Peripherie und inneren Organen von Marey und Claude Bernard sogar eine Fiebertheorie basirt. Ist dies aber der Fall, dann muss im kühlen Bade die auf die peripherische Abkühlung zu beziehende Wärmemenge entschieden beträchtlich zunehmen.

Wenn wir nun in Ihre calorimetrischen Versuche an Fiebernden die der Wahrheit sich annähernden, bestimmt aber auch viel zu niedrigen Ziffern für die peripherische Abkühlung nach unserer Berechnungsweise einführen, so wird sich zeigen, dass der von Ihnen für den Fiebernden gefundene Werth für die Wärme-production im kalten Bade viel zu hoch veranschlagt ist.

Berechnen wir auf diese Art gleich den ersten von Ihnen mitgetheilten Versuch an dem Pneumoniekranken Henzler<sup>1)</sup>.

Henzler hat in einem Bade von 27°,89 C. — 46 Minuten zugebracht. Der 75,2 Kgr. schwere H. hatte vor dem Bade eine Rectumtemperatur von 40°,12, unmittelbar nachher 39°,93 C. Sie berechnen die Wärmeabgabe an das Badewasser mit 236 Calorien. Ich will nun von den bei dieser Bestimmung möglichen, ja wahrscheinlichen Fehlern ganz absehen, und wende mich Ihrer Analyse des betreffenden Versuches zu. „Von der 12. Minute an ist die Abgabe so gleichmässig, dass sie als Maass für den Wärmeverlust der inneren Organe gelten kann<sup>2)</sup>.“

In zwei früheren Arbeiten habe ich mich bemüht zu zeigen, dass dieses stationäre Verhältniss der Wärmeabgaben in den späteren Zeiträumen des Bades nur ausnahmsweise zutrifft; wo dies aber der Fall, sind es wohl nur die viel gleichmässigeren Bedingungen für die Wärmeabgabe von der abgekühlten Peripherie, bei den beschränkten Circulationsverhältnissen, die es verursachen.

Nehmen wir aber mit Ihnen an, es sei die in den späteren Zeiträumen des Bades abgegebene Wärmemenge ausschliesslich auf Wärmeverlust der inneren Organe zu beziehen. In diesem Falle berechtigen Sie mich, anzunehmen, die Peripherie sei bis zur Wassertemperatur bereits abgekühlt.

Sie geben selbst zu, dass man höheren Temperaturen erst an der Oberfläche der Muskelschicht begegnen werde, und nach Murri's Angaben und meinem früher mitgetheilten Versuche wird das fast

<sup>1)</sup> l. c. S. 348 ff.

<sup>2)</sup> S. 350.

zur Gewissheit. Es scheint mir daher ganz unfassbar, dass Sie den gesammten Werth für die peripherische Abkühlung mit 47 Calorien beziffern. Bei einer Rectumwärme von  $40^{\circ},1$  dürfte der bettlägerige H. wohl eine Temperatur der Hautoberfläche von mindestens  $38^{\circ}$  C. dargeboten haben.

Da nach den früheren Auseinandersetzungen der Temperaturabfall erst in der peripherischsten Schicht ein schrofferer ist, so werden wir nicht zu günstig rechnen mit der Annahme, die Hälfte der Masse von Haut und Unterhautzellgewebe habe eine Temperatur von  $39^{\circ}$  C. vor dem Bade gehabt. In dem 46 Minuten dauernden Bade von  $28^{\circ},33$  (die Temperatur des Wassers war im Beginne bloß  $27^{\circ},89$ ) sollen Haut- und Unterhautzellgewebe bloß bis  $28^{\circ},6$  abgekühlt worden sein. Es würde dies einer peripherischen Abkühlung entsprechen von 103 Calorien. In der falschen Schätzung der peripherischen Abkühlung ist einer der wesentlichsten Fehler Ihrer calorimetrischen Versuche gelegen.

Die Abkühlung der inneren Organe beziffern Sie selbst in Ihrer früheren Mittheilung desselben Versuches mit 12 Calorien, in Ihrem hier besprochenen Buche bloß mit 9 Calorien. Wir wollen diese kleinere Zahl einstellen.

Die normale Wärmeproduction während der Badezeit dürfte über 64 Calorien betragen haben. Es würde daher, wenn wir alles Andere als richtig acceptiren wollten, die Wärmemehrproduction in dem kühlen Bade nicht 121 Calorien, wie Sie angeben, sondern kaum 60 Calorien betragen haben. Dass aber diese 60 Calorien gleichfalls zum Theile auf Fehlerquellen zurückzuführen sind, habe ich an Ihren calorimetrischen Versuchen an Gesunden zu zeigen gestrebt.

Also Ihre Berechnung der Grösse der Steigerung der Wärmeproduction am Gesunden wie am Fiebernden muss unrichtig sein:

1. Weil Ihre calorimetrischen Versuche grosse, nicht genau bestimmbare Fehlerquellen haben.

2. Weil Sie Ihre Berechnungen des Wärmevorrathes im Körper auf falsche Principien basiren.

3. Weil die von Ihnen gefundene Grösse der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung mit der von Ihnen gefundenen Steigerung der Wärmeproduction stimmt.

---