

XII.

Beiträge zur Lehre von der Wärmeregulation.

Vom Docenten Dr. Wilhelm Winternitz in Wien.

In einer früheren Arbeit¹⁾ habe ich gezeigt, dass Wärmeentziehungen von der äusseren Körperoberfläche die Wärmevertheilung im Körperinneren erheblich verändern. Ich habe in der eben citirten Schrift den Nachweis geliefert, dass locale thermische Einflüsse eine Veränderung in der Wärmevertheilung bewirken. Taucht man nehmlich den einen Vorderarm bis zum Ellbogengelenke in Wasser von verschiedener Temperatur, so macht sich alsbald in beiden Achselhöhlen ein sehr ungleicher Temperaturlanggang bemerklich. Obwohl schon unter gewöhnlichen Verhältnissen die Temperaturen beider Achselhöhlen sich nicht absolut gleich verhalten und Differenzen bis zu $0,1^{\circ}$ — $0,2^{\circ}$ C. nicht zu den Seltenheiten gehören, so wird doch der Gang der Temperatur an diesen beiden Körperstellen erst dann zu einem sehr ungleichen, ja öfters zu einem geradezu entgegengesetzten, wenn der eine Vorderarm einem thermischen Reize ausgesetzt wird. Ich habe gezeigt, dass das Eintauchen des einen Vorderarmes, also beispielsweise des rechten, ein rascheres Ansteigen der Temperatur in der linken Achselhöhle, die dem nicht eingetauchten Arme entspricht, bewirkt. Die Temperatur der anderen dem eingetauchten Arme entsprechenden Achselhöhle stieg meist auch, doch viel weniger als die der anderen Seite. Oefters blieb die Temperatur in der dem eingetauchten Arme entsprechenden Achsel constant, öfters sank sie sogar. Ich habe dabei Temperaturdifferenzen zwischen beiden Seiten bis zu der Höhe von $0,8^{\circ}$ C. gefunden. Es fiel mir nicht schwer den Nachweis zu führen, dass dieses Steigen der Temperatur in der einen oder in beiden Achselhöhlen, von einer durch die locale Wärmeentziehung bedingten Steigerung der Wärmeproduction nicht

¹⁾ Der Einfluss von Wärmeentziehungen auf die Wärmeproduction — kritisch-experimentelle Studie von Dr. W. Winternitz. Med. Jahrb. Wien 1872. 2. Heft.

abhängen könne; da auch bei dem Eintauchen des Vorderarmes in ein so warmes Wasser, dass das eingetauchte Glied erwärmt wurde, sich ein ähnliches Verhalten der Achselhöhlen-Temperaturen zeigte, Ja ich vermochte ähnliche Veränderungen in dem Gange der Achselhöhlen-Temperaturen herbeizuführen durch andere als thermische Einwirkungen. Es gelingt die Temperatur der einen Achselhöhle um $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$. in die Höhe zu treiben, durch einfaches Frottieren des Vorderarmes der entgegengesetzten Seite. Es gelingt dieser Versuch selbst dann, wenn auch der Arm um jeden bedeutenderen Wärmeverlust hintanzuhalten bei der Friction nicht entblösst wurde.

Um nun die Veränderungen der Wärmevertheilung im Körper und die Ursachen derselben genauer zu erforschen, habe ich eine grosse Anzahl von Versuchen theils mit localen, theils mit allgemeinen die ganze Körperoberfläche treffenden thermischen und mechanischen Einwirkungen angestellt. Da ich nun einige der Bedingungen für die Veränderungen der Wärmevertheilung, sowie die Bedeutung derselben für die Wärmeregulation erkannt zu haben glaube, so will ich mit der Veröffentlichung nicht länger zögern.

I. Versuchsreihe.

Einfluss combinerter thermischer und mechanischer Reize auf die Körpertemperatur und die Wärmevertheilung.

Bei einer grösseren Anzahl von Individuen verschiedenen Alters und sehr verschiedener Körperbeschaffenheit in Bezug auf Grösse, Fettreichtum und Temperament habe ich theils einmal theils wiederholt folgenden Versuch angestellt.

Ich liess die betreffenden Individuen in einem auf $14-18^{\circ}$ erwärmten Raum völlig entkleiden. Ein Thermometer wurde in die rechte Achselhöhle eingelegt, ein zweites 4 Cm. tief in das Rectum eingebracht. Der Beobachtete wurde auf einen Divan gelagert und in eine Wolldecke gehüllt. Das Rectum-Thermometer wurde durch ein Loch der Wolldecke durchgeführt, um stets abgelesen werden zu können, ohne die Hülle des Versuchsindividuums lüften zu müssen.

Die Thermometer sind genau mit einem Normalthermometer verglichen und auf dieses reducirt. Zeigte sich eine constante oder annähernd constante Temperatur an den beiden Beobachtungsstellen,

so wurden die Thermometer meistens entfernt, der Beobachtete rasch enthüllt, in ein mittelst einer Vorrichtung ausgewundenes (also stets gleich viel Wasser von bestimmter Temperatur haltendes) Leintuch gehüllt, und in demselben kräftig durch eine bestimmte Zeit abgerieben. Nach der Abreibung und Abtrocknung wurden die Thermometer wie früher eingelegt, der Beobachtete wieder wie zuvor gelagert und eingehüllt. Die Thermometer wurden nun abermals bis zur Erreichung eines Constanzenpunktes abgelesen. Darauf wurde meist ohne die Lage zu verändern, und ohne die Thermometer zu entfernen der Körper entblösst, und demselben von zwei Wärtern, mit einem Leintuche durch eine verschieden lange Zeit Luft zugefächelt. Nach neuerlicher Einhüllung wurden sodann die Thermometerstände bis zur Beendigung des Versuches weiter abgelesen und notirt.

Da alle diese Versuche im Grossen und Ganzen eine auffallende Uebereinstimmung in ihrer Wirkung auf die Körpertemperatur und die Wärmevertheilung zeigten, so werde ich mich darauf beschränken, aus meinen Versuchsprotokollen nur den einen oder den anderen Versuch in Extenso mitzutheilen.

Hervorheben will ich, dass bei mehreren Experimenten die Herren Doctoren Lubinoff aus Moskau, R. Müller aus Dresden und Ising aus Würzburg anwesend waren. Diesen Herren, sowie Herrn Cand. med. Max Möller, der sich wiederholt mit grosser Bereitwilligkeit zum Versuchsobjecte hergab, sage ich für ihre werthältige Unterstützung meiner Arbeit den besten Dank.

I. Versuch, angestellt am 13. Januar 1872 an Herrn Cand. med. Max Möller.

Herr Möller ist 27 Jahre alt, mittelgross, ziemlich wohlgenährt, und bis auf leichte gastrische Erscheinungen und zeitweilige Kopfcongestionen gesund.

Herr M. hat vor Beginn des Versuches eine halbstündige Bewegung gemacht. Seit einer halben Stunde verhält sich M. bereits ruhig.

Um 9 Uhr 40 Minuten wurden bei einer Temperatur von $14,6^{\circ}\text{C}$. die Thermometer in die Achselhöhle und das Rectum eingeführt.

Die übrigen Versuchsbedingungen waren ganz die oben angegebenen.

Die beobachteten Thermometerstände vor und nach der Abreibung und dem Luftbade gibt die folgende Tabelle.

I. Tabelle. Verhalten der Achsel- und Rectum-Temperatur — vor und nach einer 10°C. Abreibung in der Dauer von 4 Minuten und einem Luftbade von 2 Minuten (zu Vers. No. I.).

Vor der Abreibung.					Nach der Abreibung.					Nach dem Luftbade.				
Zeit.	Temperatur.		Pulsfrequenz.	Anmerkung.	Zeit.	Temperatur.		Pulsfrequenz.	Anmerkung.	Zeit.	Temperatur.		Pulsfrequenz.	
	Sdn.	Min.				Axilla.	Rectum.				Sdn.	Min.	Axilla.	Rectum.
9 47	36,8	37,45	60		10 28	35,7	36,9	60		11 17	36,90	36,35	64	
9 50	37,0	37,4	—		10 30	36,2	36,95	—		11 20	36,90	36,55	—	
9 52	37,1	37,35	—		10 33	36,5	36,95	—		11 25	37,0	36,65	—	
9 55	37,2	37,30	—		10 35	36,7	36,95	—	Behagliches Wärmegefühl.	11 27	37,0	36,69	—	
9 57	37,25	37,30	—	Zimmer temp. 16,6.	10 38	36,89	36,95	—		11 30	37,06	36,70	—	
10	37,25	37,25	64	Die Füsse mit einer zweiten Decke bedeckt.	10 40	36,89	36,90	64		11 32	37,0	36,70	60	
					10 43	36,79	36,80	—		11 35	37,0	36,70	—	
					10 45	36,80	36,75	66		11 37	37,0	36,70	—	
10 2	37,29	37,20	—		10 48	36,85	36,78	—		11 40	37,09	36,70	—	
10 5	37,29	37,20	—		10 50	36,85	36,78	—		11 42	37,09	36,70	—	
10 7	37,28	37,20	—		10 53	36,85	36,78	—		11 45	37,1	36,70	60	
10 10	37,28	37,15	—		10 55	36,85	36,78	—		11 47	37,09	36,70	—	
10 12	37,29	37,16	—		10 58	36,89	36,75	64		11 50	37,1	36,70	—	
10 15	37,29	37,15	—		11	36,89	36,75	—		11 52	37,1	36,70	—	
10 17	37,29	37,15	—		11	36,9	36,75	—		11 55	37,1	36,70	—	
10 20	37,29	37,15	68	Von 10h 20m bis 10h 24m Abreibung in einem in 10gra- diges Wasser getauchten Leintuche.	11	36,9	36,75	—		11 57	37,08	36,70	—	
					11	8	36,9	36,75	64	12	37,08	36,7	60	
					11	10	36,9	36,75	—					
					11	13	36,9	36,75	—					
					11	15	36,9	36,75	—					
									Der Beobach- tete entblößt, Luftbad 2 Min.					

Ich entnehme der vorstehenden Tabelle, dass schon die Entblössung des Körpers, die Einwirkung der kühlen Zimmerluft, vielleicht auch der kühlen Wolldecken, eine Veränderung der Wärmevertheilung im Körper bewirkten. Die Achseltemperatur, welche im Beginne des Versuches um $0,65^{\circ}$ C. niedriger stand, als die Rectumtemperatur, stieg in 27 Minuten um $0,49^{\circ}$ C., während die Rectumwärme gleichzeitig um $0,3^{\circ}$ C. sank; so dass nach dieser Zeit an dem letzteren Orte die Temperatur niedriger stand, als in der unter gewöhnlichen Verhältnissen niedrigeren Achselhöhle. Dabei fühlte sich der Beobachtete durchaus behaglich und keineswegs besonders kühl.

Noch auffälliger wurde der geradezu entgegengesetzte Temperaturgang an den beiden beobachteten Körperstellen, nachdem das

Versuchsobject durch 4 Minuten mit einem in zehngradiges Wasser getauchten Leintuche abgerieben worden war.

Vier Minuten nach der Abreibung zeigte die Achselhöhle, die durch das nasse Tuch direct gekühlt worden war eine Temperatur von blos $35,7^{\circ}$ C. — In 35 Minuten stieg die Temperatur in dieser Höhle um $1,2^{\circ}$ C. — Die Rectum-Temperatur war unmittelbar nach der Abreibung um $0,2^{\circ}$ C. gesunken und sank nach weiteren zwanzig Minuten noch um $0,15^{\circ}$ C., um mit nur unbedeutenden Schwankungen auf dieser Temperaturstufe zu verharren, bis durch eine weitere Wärmeentziehung, vermittelt durch ein sogenanntes Luftbad, die Temperatur im Rectum zu noch tieferem Abfall, die Achseltemperatur zu einem weiteren deutlichen Ansteigen veranlasst wurden. Unmittelbar nach dem Luftbade war die Rectumwärme um $0,4^{\circ}$ C. gesunken, während die Achsel erst einige Minuten später zu steigen begann. Die Temperaturdifferenz zwischen Rectum und Achsel betrug unmittelbar vor dem Luftbade $0,15^{\circ}$ C. unmittelbar nach demselben $0,55^{\circ}$ C., und nach 38 Minuten nach dem Luftbade noch immer $0,4^{\circ}$ C. zu Gunsten der Achselhöhle.

Fassen wir das Ergebniss dieses Versuches im Allgemeinen zusammen, so sehen wir, dass die Entkleidung, die Einwirkung der kühlen Zimmerluft, auf den entblößten Körper vielleicht auch die der kühlen Woldecke hinreichte, um den Gang der Temperatur in Axilla und Recto zu einem geradezu entgegengesetzten zu machen. Die Rectumtemperatur sank die Achselhöhlentemperatur stieg. Jede weitere Wärmeentziehung machte den entgegengesetzten Gang der Temperatur an den beiden beobachteten Körperstellen immer auffälliger.

Die Mittheilung eines anderen Versuches möge obige Angaben noch weiter erhärten.

II. Versuch angestellt am 10. December 1871 an Karl Stenzel einem 16jährigen mittelgrossen, mässig fettreichen, jungen Menschen, Schneidergesellen, dessen Körpergewicht 72 Pfund betrug.

Um 10 Uhr Vormittags bei einer Zimmertemperatur von 16° wurden die beiden Thermometer in Axilla und Rectum eingelegt. Horizontale Lage, Bedeckung wie in den anderen Versuchen.

II. Tabelle. Verhalten der Achsel- und Rectum-Temperatur vor und nach einer 10° Abreibung in der Dauer von 3 Minuten und einem Luftbade von 4 Minuten.

Zeit.	Vor der Abreibung.			Nach der Abreibung.			Nach dem Luftbade.				
	Stdn.	Temperatur.		Anmerkung.	Stdn.	Temperatur.		Anmerkung.	Stdn.		
		Axilla.	Rectum.			Axilla.	Rectum.				
10 10	37,0	37,5			10 26	37,3	37,1		10 38	37,4	36,9
10 12	37,05	37,45		Von 10h 22m bis 10h 25m Abreibung in einen in 10° getauchten Leintuch kräftig.	10 28	37,35	37,1		10 40	37,4	36,9
10 14	37,1	37,45			10 30	37,4	37,1		10 42	37,4	36,95
10 16	37,1	37,4			10 32	37,4	37,05		10 44	37,35	37,0
10 18	37,1	37,4			10 34	37,35	37,0		10 46	37,3	37,0
10 20	37,2	37,35						Von 10h 34m bis 10h 38m Luftbad.	10 48	37,3	37,05
10 22	37,2	37,35							10 50	37,25	37,05

Auch hier sehen wir jeder Wärmeentziehung ein Steigen der Achsel- ein Sinken der Rectumtemperatur folgen.

Dass Wärmeentziehungen von der äusseren Körperoberfläche auch bei Fieberkranken eine beträchtlichere Temperaturherabsetzung im Mastdarm als in der Achselhöhle zu bewirken vermögen, hatte ich in der jüngsten Zeit zu constatiren Gelegenheit.

Herr Karl Fröschel ein 24jähriger hochgewachsener nicht fettricher Mann erkrankt am Typhus, der in der ersten Woche abendliche Exacerbationsspitzen bis zu $40,2^{\circ}$ C. und geringe morgendliche Remissionen darbot. Jede Exacerbation wird vom 5. Erkrankungstage an mit Bädern und Umschlägen bekämpft.

Am 9. Krankheitstage um 9 Uhr 30 Minuten Abends zeigt die Achselhöhle eine Temperatur von $38,9^{\circ}$ C., das Rectum eine solche von $39,3^{\circ}$ C. Es wird ein Halbbad von $21-18^{\circ}$ C. in der Dauer von 6 Minuten mit kräftiger Friction der ganzen Körperoberfläche gegeben und nach 15 Minuten abermals eine Temperaturmessung in Axilla und Recto vorgenommen. Beide Messungen hat Herr Dr. Urbantschich unter meiner Controle ausgeführt. An beiden Stellen wurde nun mit den genau verglichenen Thermometern eine Temperatur von $38,9^{\circ}$ C. gefunden.

Es war demnach die Temperatur in der Achselhöhle durch das Bad $0,6^{\circ}$ C., im Rectum um einen ganzen Grad gesunken.

Wenn ich nun zunächst auf Basis dieser und meiner früheren

Beobachtungen nochmals einen Maassstab an den Werth der calorimetrischen Methode Liebermeister's anzulegen versuche, so ergiebt sich, dass selbst durch die so ungnädige Besprechung meiner Arbeit durch Liebermeister¹⁾ die von mir hervorgehobenen Fehlerquellen seither nicht an Gewicht verloren haben.

Die Grundlagen der Liebermeister'schen Calorimetrie sind durch den von mir geführten von Akermann bestätigten Nachweis, dass die an das Wasser abgegebenen Wärmemengen nur höchst ungenau berechnet werden können, und durch die Darlegung, dass der im Körper vorhandene Wärmeverrath, und die Veränderung desselben, nach einer Temperaturbeobachtung an einer oder der anderen Körperstelle nicht einmal annähernd abzuschätzen ist, wesentlich erschüttert.

Wenn man unmittelbar nach einer Wärmeentziehung eine Zunahme oder Constanz der Achselhöhlentemperatur, eine gleichzeitige Herabsetzung der Rectumtemperatur beobachtet, so heisst es den Thatsachen einen wohl nicht gerechtfertigten Zwang anthun, wenn man daraus schliesst, dass die Körpertemperatur nur peripherisch abgekühlt worden sei, und dass in einer Tiefe die der Entfernung der Achselhöhle von der Oberfläche entspricht der Körper keinerlei weitere Temperaturveränderung erfahren habe. Es heisst auf falschen Prämissen seine Rechnungen und weiteren Folgerungen aufzubauen, wenn man die Temperaturzunahme oder Abnahme in der Achselhöhle oder im Rectum auf den ganzen Körper überträgt, und dieses Rechnungsergebnis als einen Factor zur Berechnung der während einer Wärmeentziehung stattfindenden Wärme production in Anschlag bringt.

Ich wiederhole es und betone es, nicht die an das Badewasser abgegebenen Wärmemengen, noch weniger aber die gleichzeitig producirten Wärmequantitäten sind nach der Liebermeister'schen Methode abzuschätzen.

Liebermeister hat die Bedeutung der Constanz der Achseltemperatur verkannt oder missdeutet. Seit Fiedler und Hartenstein²⁾ zuerst die Beobachtung machten, dass nach einem kalten Bade, der gleichzeitige Gang der Achsel- und Rectumtemperatur

¹⁾ Dieses Archiv Bd. LIII.

²⁾ Mittheilungen aus dem Stadtkrankenhouse in Dresden. Archiv der Heilkunde. II. Jahrgg. 2. Heft.

ein geradezu entgegengesetzter werden könnte, liess es sich nicht mehr vertheidigen, dass ein Constantbleiben oder selbst ein Ansteigen der Temperatur der Achselhöhle bei Wärmeentziehungen von der Peripherie die Bedeutung habe, die Liebermeister dieser Erscheinung beimass.

Weder als ein Zeichen dafür konnte diese Constanz nunmehr angesehen werden, dass die Temperaturherabsetzung nur die peripherischen Theile getroffen habe, noch als ein Zeichen gesteigerter Wärme production, da doch die Mastdarmtemperatur gleichzeitig tief gesunken sein konnte. Es mussten auch für die von Liebermeister entschieden überschätzte Constanz der Wärmeabgabe in den späteren Zeiträumen des Bades andere Gründe aufgefunden werden können, als eine Constanz der Wärme production. Es könnte eine solche aus constanten Bedingungen der Wärmeabgabe für die kurze Badezeit wohl auch erklärliech sein.

Es handelte sich für mich zunächst darum, zu ergründen, worin die Ursache der Veränderung der Wärmevertheilung bei Wärmeentziehungen von der äusseren Körperoberfläche gelegen sein konnte?

Zahlreiche Versuche die ich mit den verschiedensten hydriatischen Prozeduren anstellte, haben mich belehrt, dass unter sonst gleichen Umständen die Veränderung der Wärmevertheilung, oder präziser die Temperaturdifferenz zwischen Achselhöhle und Rectum eine um so grössere war, ein je mächtigerer der mit dem thermischen Reize verbundene mechanische Reiz gewesen.

Die Intensität der Wärmeentziehung ist dabei auch von Einfluss, indem ceteris paribus niedrigere Temperaturen bei gleicher mechanischer Einwirkung grössere Differenzen zwischen Rectum und Achselhöhle bewirken als relativ höhere. Von Wichtigkeit schien es nun, zu entscheiden, ob der mechanische Reiz allein ohne Verbindung mit einer gleichzeitigen Wärmeentziehung genüge, um eine ähnliche Veränderung in der Wärmevertheilung, eine ähnliche Temperaturdifferenz zwischen Achsel und Rectum hervorzubringen.

Einen von den zahlreichen Versuchen, die ich zur Erforschung dieses fraglichen Punktes angestellt, und die gleichfalls zumeist ganz ähnliche Resultate ergaben, will ich hier anreihen.

II. Versuchsreihe.

Einfluss isolirter mechanischer Reize auf die Körpertemperatur und die Wärmevertheilung.

Um möglichst wenig Wärme zu entziehen und einen kräftigen mechanischen Reiz allein auf die Haut auszuüben, wurde am 21. Januar 1872 Herr Cand. med. Max Möller, nach seiner raschen Entkleidung in einem auf 18° erwärmten Raume in ein mässig gewärmtes Leintuch und die Wolldecke eingehüllt. Herr M. wurde mit dem Thermometer in Axilla und Recto versehen auf einen Divan gelagert.

Nach erreichter Constanz der Temperaturen, wurde blos die Wolldecke gelüftet, der Körper blieb in dem Leintuche eingehüllt, und wurde nun durch zwei Minuten allseitig kräftig frottirt.

Die beobachteten Temperaturveränderungen in Axilla und Recto unter diesem vorwaltend mechanischen Hautreize giebt die folgende Tabelle.

III. Tabelle. Veränderungen der Wärmevertheilung nach einer stärkeren Frottirung der Haut.

Zeit.	Vor der Frottirung.			Anmerkung.	Nach der trockenen Frottirung.		
	St. Min.	Axilla.	Rectum.		Zeit.	St. Min.	Axilla.
11 15	36,9	37,0			11 49	36,9	36,7
11 20	36,7	37,0			11 50	36,9	36,8
11 25	36,9	37,1			11 52	36,9	36,8
11 30	36,9	37,1			11 55	36,9	36,8
11 35	36,9	37,05			11 57	36,9	36,85
11 40	36,9	37,0			12	36,9	36,85
11 45	36,9	37,0		Um 11 Uhr 46 Min. wurde die trockene Frottirung begonnen und bis 11 Uhr 48 Min. fortgesetzt.	12 2	37,0	36,8
					12 5	37,0	36,8
					12 7	37,0	36,7
					12 10	37,0	36,7
					12 15	37,0	36,7

Das Resultat der trockenen Abreibung der Körperoberfläche war also ein ziemlich analoges mit dem bei der Einwirkung eines combinirten thermischen und mechanischen Reizes beobachteten, mit dem Unterschiede absolut geringerer Temperaturveränderungen.

Die Achseltemperatur war constant geblieben, stieg sogar einige Zeit nach der Friction um $0,1^{\circ}$ C. Die Temperatur im Rectum erschien unmittelbar nach dem mechanischen Reize um $0,3^{\circ}$ C. gesunken. Während sie vor der Friction die Achseltemperatur übertraf, stand sie nachher unter dieser.

Wird es nach dem Vorausgeschickten zu eruiren sein, auf welche Ursache diese auffallende Veränderung der Wärmevertheilung im Körper, nach einer Wärmeentziehung oder nach einem mechanischen Reize, oder nach einer solchen combinirten Einwirkung, der die Körperoberfläche trifft, zurückzuführen sei? Thermische sowohl als mechanische Hautreize bewirken eine Veränderung in den Gefässen der getroffenen Körperpartien. Wir beobachten zunächst eine schon durch den Farbenwechsel der Haut sich kennzeichnende Veränderung in der peripherischen Circulation. Es wird im Beginne der Einwirkung, namentlich nach thermischen Reizen eine Contraction in den Hautgefässen beobachtet. Diese Contraction der Hautgefässen wurde ganz richtig schon von Bergmann¹⁾ in ihrem Einflusse auf die Körpertemperatur theoretisch gewürdigt, indem er darin das Mittel zur Verminderung der Wärmeabgabe von der Haut erblickt. Es ist so viel mir bekannt bisher von Niemandem der Versuch gemacht worden, auch nur approximativ ziffermässig die Grösse der Herabsetzung des Wärmeverlustes von der Haut, durch die Contraction der Gefässer derselben zu bestimmen. Ich habe diesen Versuch unternommen, um dadurch einen genaueren Begriff von dem Werthe des in der Haut gelegenen Factors der Wärmeregulation zu erlangen.²⁾ Ich habe durch directe Versuche erwiesen, dass die Wärmeabgabe von der Haut mit der Erweiterung oder Verengerung ihrer Gefässer, um mehr als 40 pCt. variiren kann, bei selbst sehr geringen Schwankungen ihrer Oberflächen-Temperatur.

Es ist deshalb ganz gut denkbar, dass wenn eine Kälteinwirkung von der äusseren Haut den Wärmeverlust gegen die Norm beträchtlich zu erhöhen strebt, der in Thätigkeit tretende Regulator diesen Verlust verhindert, unter Umständen ganz zu compensiren vermag. So kann vielleicht bei Wärmeentziehungen von der Ober-

¹⁾ Nicht chemischer Beitrag zur Kritik der Lehre vom Calor animalis. Müller's Archiv 1845.

²⁾ Die bezügliche Untersuchung wird eben zum Drucke vorbereitet.

fläche an nahegelegenen Körperstellen, wie in der Achselhöhle kein Sinken ja selbst ein Steigen der Temperatur eintreten, ohne zu der Erklärung desselben eine Steigerung der Production postuliren zu müssen.

Die Verengerung der Hautgefässe kann für eine kurze Zeit, durch verminderte Blutzuströmung zur Peripherie, und durch verminderte Wärmeabgabe daselbst, eine Constanz der Temperatur der Achselhöhle, ja selbst eine Steigerung erklären, wenn die Vergrösserung des Wärmeverlustes kleiner ist, als die Verminderung der Abgabe.

Bei längerer Dauer der Wärmeentziehung oder unter isolirtem oder gleichzeitigem kräftigen mechanischen Reize, in dessen Folge eine Erweiterung der Hautgefässe, kenntlich an der mehr oder weniger intensiven Röthung der Haut eintritt, wobei Blut in vermehrter Menge der Peripherie zugeführt, der Abkühlung ausgesetzt wird; wobei der Wärmeverlust von der Peripherie, wie mich directe Versuche belehrten, um 40 pCt. und mehr zunehmen kann, lässt sich ein Constantbleiben oder sogar ein Steigen der Achselhöhlen-temperatur gleichfalls erklären, ohne zu der aus falschen Methoden errechneten Annahme einer absolut gesteigerten Wärme-production greifen zu müssen. Es werden dabei ausserdem die eintretenden Veränderungen in der Wärmevertheilung erklärlieh. —

Wenn durch Erweiterung der Hautgefässe mehr Blut an der Peripherie abgekühlt wird, und mit erniedrigter Temperatur in den Venen strömt; kann die Achselhöhle nur dadurch einer Temperaturherabsetzung entgehen, dass die oberflächlichen Hautvenen der fest aneinandergepressten Hautflächen der Achselhöhle comprimirt sind. Das abgekühlte Blut der oberflächlichen Venen schlägt andere Wege, vielleicht an der Streckseite des Schultergelenkes ein, um zu den Stammgefässen zu gelangen. Zur Achselhöhle und durch dieselbe tritt nur arterielles Blut und warmes venöses aus den tiefen Muskel-lagen des Armes.

Dies ist der eine Grund für das Constantbleiben oder Ansteigen der Achseltemperatur. Ein wichtigerer Factor für dieses Phänomen und die Wärmeregulation überhaupt aber ist das Verhalten der Gefässe in den Muskeln während der Wärmeentziehungen von der Körperperipherie.

Es ist aus zahlreichen Gründen, zum Theil aus directen Ver-

suchen, zum Theil aus zufälligen Beobachtungen, und endlich aus mannigfachen Analogien zu einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit gediehen, dass sich die Gefässe der quergestreiften Muskeln auf Kältereize nicht contrahiren, vielleicht sogar sich erweitern.

In der jüngsten Zeit spricht es Riegel¹⁾ aus, dass es für die Muskelarterien sehr wahrscheinlich geworden sei, dass sich dieselben bei Abkühlung der Körperperipherie nicht contrahiren, wie es Hafix²⁾ für dieselben Gefässe auch bei Halsmarkkreisung nachwies.

Noch andere Beobachtungen haben es wahrscheinlich gemacht, dass bei Kälteinwirkungen von der Peripherie die willkürlichen Muskeln hyperämisch werden, dass eine vermehrte Blutzuströmung zu denselben stattfindet. Wir wissen durch Helmholz, dass der Muskel bei seiner Contraction Wärme entwickelt. Es ist durch Röhrig und Zuntz³⁾ wahrscheinlich gemacht worden, dass bei einer selbst nicht bis zu sichtbarer Contraction gesteigerten Innervation, eine mächtige Wärmeproduction zur normalen Muskelfunction gehört. Diese normale Muskelfunction wird wahrscheinlich gesteigert durch Kälteinwirkungen von der Peripherie. Wir können uns vorstellen, dass der thermische Reiz durch Vermittlung des Nervensystems einen vermehrten Blutzufluss zu den Muskeln bewirkt, und dieser erhöht wie überall auch hier die Function — die Wärmebildung. —

Ist der Kältereiz ein mächtiger, so sehen wir die reflectorische Muskelregung so sehr gesteigert werden, dass selbst deutlich sichtbare Muskelcontraktionen eintreten — Schüttelfrost. —

Während die Contraction der Hautgefässe den Wärmeverlust vermindert, nehmen die nicht contrahirten Muskelgefässe zunächst das für das Hautorgan bestimmte Blut auf, und durch reflectorischen Nervenreiz zu erhöhter Thätigkeit incitirt, wie jedes Organ bei gesteigerter Function, mehr Blut. Diese vermehrt den Muskeln zu-

¹⁾ Untersuchungen über den Einfluss des Nervensystems auf den Kreislauf und die Körpertemperatur. Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. IV. 1871.

²⁾ Ueber die motorischen Nerven der Arterien, welche in den quergestreiften Muskeln verlaufen. Arbeiten aus dem physiol. Laborat. in Leipzig, herausg. v. C. Ludwig 1870.

³⁾ Zur Theorie der Wärmeregulation und der Balneotherapie. Arch. f. d. g. Physiol. v. Pflüger. 4. Jahrg. 2. u. 3. Heft.

geführte Blutmenge muss, da der Blutgehalt des Körpers sich nicht geändert hat, anderen und zwar den inneren Organen entzogen werden. Aus diesen Gründen findet man bei Thieren die nach mächtigeren Kälteeinwirkungen getötet werden, die inneren Organe namentlich die Eingeweide der Bauchhöhle im Zustande der Anämie.

Die veränderte Blutvertheilung aber ist die wesentliche Ursache der durch Wärmeentziehungen veränderten Wärmevertheilung,

Die verminderte Blutmenge bedingt eine verminderte Function und damit auch eine verminderte Wärmebildung in den inneren Organen. Wir sehen also in diesen Vorgängen eine, so viel mir bekannt, bisher auch noch nicht genügend gewürdigte Vorrichtung der Wärmeregulation. Zwischen der schon früher richtig erkannten, von mir aber zuerst approximativ ziffermässig bestimmten Regulationsvorrichtung in der Haut, und den inneren Organen, ist ein Stratum ungefähr die Hälfte der gesamten Körpermasse betragend eingeschaltet, welches durch gesteigerte Blutzufuhr, durch gesteigerte Wärme production das zu rasche Eindringen der Kälte zu den inneren Organen verzögert. Die inneren Organe sinken aber doch in ihrer Temperatur, wie das Herabgehen der Mastdarmwärme bei gleichbleibender oder selbst gesteigerter Achseltemperatur andeutet. Diese Temperaturabnahme in den inneren Organen ist bedingt durch den verminderten Blutgehalt derselben, welcher eine verminderte organische Leistung also auch eine verminderte Wärme production verursacht. Zum Theil mag das Sinken der Temperatur der inneren Organe auch direct, durch von der Peripherie rückkehrendes abgekühltes Blut mit veranlasst sein; doch dürfte dieses Moment erst im späteren Verlaufe von Abkühlungen und besonders nach solchen seine grösste Bedeutung erlangen.

Nur bei einer solchen Auffassung lässt sich eine Anzahl von Thatsachen erklären, die man nach thermischen und mechanischen Einwirkungen und bei mächtig gesteigerter Muskelaction beobachtet. So ist es ein bekanntes Factum, dass mächtigere Wärmeentziehungen während der Verdauung nachtheilig sind. Die Verdauung wird durch dieselben gestört, verzögert, unterbrochen. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der Ableitung des Blutes von den Verdauungsorganen zu den Muskeln. Im Gegensatze dazu ist das sogenannte Verdauungsfieber, namentlich bei anämischen nach reichlicheren

Mahlzeiten eintretendes Frostgefühl, ein Zeichen, dass den Muskeln und der Peripherie durch die Blutüberfüllung der Unterleibseingeweide und Drüsen Blut entzogen worden ist. In Folge dessen sinkt die Temperatur der Peripherie, die Wärmebildung in diesen Theilen, und, wie ich nachwies¹⁾, die Wärmeabgabe von der Haut.

Ebenso wie eine Wärmeentziehung in der Periode einer erhöhten Thätigkeit der Verdauungsorgane, wirkt auch eine übermässige Muskelanstrengung zu dieser Zeit. Auch eine solche stört die Verdauung in derselben Weise durch Vermehrung der Blutzuströmung zu den angestrengten Organen, und Ableitung des Blutes von den Eingeweiden und Unterleibsdrüsen, wo beschleunigte Circulation und eine grössere Blutmenge behufs der vermehrten Absonderung der Verdauungssäfte und der Aufsaugung des bereits Chymi- und Chylisirten erforderlich ist. Eine weitere Bestätigung für diese Anschauung liefern die Beobachtungen von Lortet und Marcket, die bei dem Besteigen hoher Berge ein Sinken der Temperatur in den inneren Organen constatirten. Da bei einer forcirten Gehanstrengung namentlich die Muskeln der unteren Körperhälfte in erhöhte Thätigkeit gerathen, und daher vorwaltend nur den betreffenden Muskelgruppen Blut in vermehrter Menge zugeführt wird, so geschieht es meist, dass auch die Achseltemperatur hier beträchtlich sinkt.

Eine andere täglich zu bestätigende Erfahrung spricht gleichfalls für die wärmeregulirende Function der Muskeln. Es ist dies die Verscheuchung des Frostgefühls durch einige energische active Muskelcontraktionen. Der frierende Tagelöhner erwärmt sich durch forcirtes Zusammenschlagen der Arme. — Dass auch der heftigste Fieberfrost durch eine kräftige mechanische Einwirkung auf Haut und Muskeln sehr rasch gehoben werden kann, habe ich bei verschiedenen Gelegenheiten betont²⁾.

Noch ein Moment, das gleichfalls für eine gesteigerte Wärme-production in den Muskeln bei Wärmeentziehungen spricht, ist eben das Steigen oder Constantbleiben der Achselhöhlentemperatur, das dadurch erklärlich ist, dass diese Stelle nahe bei grossen Muskel-

¹⁾ In meiner oben angekündigten Arbeit.

²⁾ Siehe: Hydrotherapie im Wechselseiter. Wiener med. Presse 1865. Ferner: Die Hydrotherapie im Typhus, ein Beitrag zur Fieberlehre. Wiener med. Presse 1870. und a. a. o.

lagern sich befindet, und von einem mit hoher Temperatur aus den Muskeln zurückkehrenden venösen Blute durchströmt wird.

Die von verschiedenen Autoren gefundenen Veränderungen in den Muskeln, nach bis zur Erfrierung gediehener Wärmeentziehung, deuten gleichfalls darauf, dass im Muskel während der Wärmeentziehung Ernährungsvorgänge stattfanden, wie sie sonst das Fieber oder die hohe Temperatur desselben begleiten.

Wenn wir die bei Wärmeentziehungen eben geschilderten Vorgänge, nochmals summarisch in ihrer Bedeutung würdigen, so ergiebt sich Folgendes:

Eine Wärmeentziehung von der Haut bewirkt durch Contraction der peripherischen Gefässse für kurze Zeit eine bis um 40 pCt. und mehr herabgesetzte Wärmeabgabe von der Haut; bald darauf eine vermehrte Blutzuströmung zu den willkürlichen Muskeln, und eine erhöhte Wärmeproduction in denselben. Diese warme und Wärme producirende Schicht liegt zwischen dem wärmeentziehenden Medium und den inneren Organen und verhindert dadurch ein zu tiefes Eindringen der Kälte, eine zu tiefe Temperaturherabsetzung der inneren Organe.

Die Wärme in den inneren Organen nimmt aber dennoch ab, und zwar zunächst schon während der Abkühlung nach Maassstab des ihnen entzogenen Blutquantums, wodurch auch die Function dieser Organe und daher die damit verknüpfte Wärmebildung sinkt.

Es macht sich hier ein analoger Thätigkeitswechsel der Organe durch die veränderte Blutvertheilung geltend, wie ihn Ranke²⁾ für die Function der verschiedensten Organe erwiesen hat. Hier bezieht sich der Functionswechsel vornehmlich auf den veränderten Ort der Wärmebildung.

Das unter Wärmeentziehungen eintretende Sinken der Temperatur an dem einen Orte, die verminderde Wärmebildung daselbst, das gleichzeitige Steigen der Temperatur an einem anderen Orte, die hier erhöhte Wärmeproduction, sind Compensationsvorgänge, die ihrer Grösse nach auch nicht annähernd bestimmt werden können, und die darum auch eine Berechnung der factisch stattfindenden Wärmebildung unmöglich machen.

¹⁾ Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe, von Johannes Ranke. Leizg. 1871. Engelmann.

So lange die geschilderten Compensationsvorrichtungen, im Vereine mit der in den Muskeln stattfindenden erhöhten Wärme-production, der Wärmeentziehung das Gleichgewicht halten, wird die Achseltemperatur nicht sinken. Die Rectumwärme sinkt schon früher, als Ausdruck der compensatorisch verminderten Wärme und Wärmebildung in den inneren Organen. Ueberwindet die Wärme-entziehung — Compensation und Production —, so sinkt noch während der Wärmeentziehung die Achseltemperatur.

Das Sinken der Achseltemperatur, und die noch weitere Abnahme der Rectumwärme nach Abkühlungen, ist das Zeichen der nun stattfindenden Ausgleichung der veränderten Blutvertheilung, der Ausdruck für die an der Peripherie abgekühlte und nun abkühlend zu den inneren Organen rückkehrenden Blutmasse.

Die Compensationen im Körper, oder der Functionswechsel der Organe, der von den Aerzten einer älteren Schule als das antagonistische Verhalten der Organe bezeichnet wurde, ist die Ursache, dass der Mehrverbrauch von Stoff bei angestrengter Thätigkeit einzelner Organe oder Organgruppen, die Gesammtbilanz des Körpers nicht oder nicht entsprechend alterirt. So sehen wir die Stickstoffausscheidung im Körper bei grossen Muskelanstrengungen nicht zunehmen, weil während derselben der Stoffverbrauch in den inneren Organen, durch die Verminderung ihrer Thätigkeit herabgesetzt ist.

So kann der Gesammtconsum sich gleich bleiben, trotz des Mehrconsumes einer Organgruppe. Darum ist es auch mit den gegenwärtigen calorimetrischen Methoden geradezu unmöglich, es zu entscheiden, ob bei einer Wärmeentziehung die gesammte Wärme-production absolut gesteigert ist, oder ob sie nur in bestimmten Organen zunimmt und vielleicht in anderen Organen um eben so viel abnimmt.

Wir können nur sagen, im Muskel findet während der Wärme-entziehung mit Wahrscheinlichkeit eine gesteigerte Wärme-production statt, die inneren Organe entwickeln gleichzeitig weniger Wärme.

Ob diese Compensation eine vollständige oder unvollständige, überhaupt eine wie mächtige sie sei, bleibt weiteren Untersuchungen zu entscheiden.

Wien, im Februar 1872.