

(Aus dem physiologischen Institut in Innsbruck.)

Zeitmessende Versuche über den Temperatur- und Drucksinn.

Von

M. v. Vintschgau und **E. Steinach.**

Mit 1 Holzschnitt.

Einleitung.

(Methode, Versuchsanordnung.)

Während über die physiologische Reactionszeit der verschiedenen Sinnesempfindungen zahlreiche Arbeiten vorliegen, fehlen derartige eingehende Studien in Bezug auf den Temperatursinn, wenn wir von einigen später zu besprechenden, spärlichen und unvollständigen Andeutungen über diese Frage absehen wollen.

Wir unterzogen uns daher der Aufgabe, diese Lücke womöglich auszufüllen. Letztere empfand auch Goldscheider, der sich, wie wir aus einem kürzlich veröffentlichten, kleinen Berichte¹⁾ erfahren, gleichzeitig und unabhängig von uns mit demselben Gegenstande beschäftigt hat.

1) Goldscheider, Ueber die Reactionszeit der Temperaturempfindungen. Vortrag, gehalten am 17. Juni 1887 in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin. Der Auszug dieses Vortrages wurde am 15. Sept. 1887 im biologischen Centralblatt, VII. Bd. Nr. 14, p. 446 veröffentlicht.

Der Mittheilung unserer Versuchsergebnisse senden wir eine Schilderung der Apparate und Methoden voraus, deren wir uns bei unseren Beobachtungen bedienten.

Zu einer möglichst vorwurfsfreien Ermittlung¹⁾ der Reactionszeit einer Temperaturempfindung ist vor Allem eine Vorrichtung wünschenswerth, welche gestattet:

1. verschiedene Temperaturen anzuwenden,
2. die Temperatur zu jeder Zeit zu controlliren,
3. den zeitmessenden electrischen Strom in jenem Momente herzustellen, in welchem der die Wärme- resp. Kälteerregung besorgende Theil die Haut berührt.

Diese Bedingung erfüllt eine kleine Vorrichtung, welche V. nach dem Muster der Pinselvorrichtung für Tast- und Geschmacksreize vor einigen Jahren construiren liess¹⁾ und nach mehreren zumeist an Dr. Sa. vorgenommenen Versuchsreihen demonstrirt und in Kürze beschrieben hat²⁾. Wir nennen sie Thermophor.

Die Feder der Pinselvorrichtung wurde etwas stärker genommen und an Stelle des kurzen, dünnen Pinsels ein kleines cylindrisches, metallenes Gefäss angebracht.

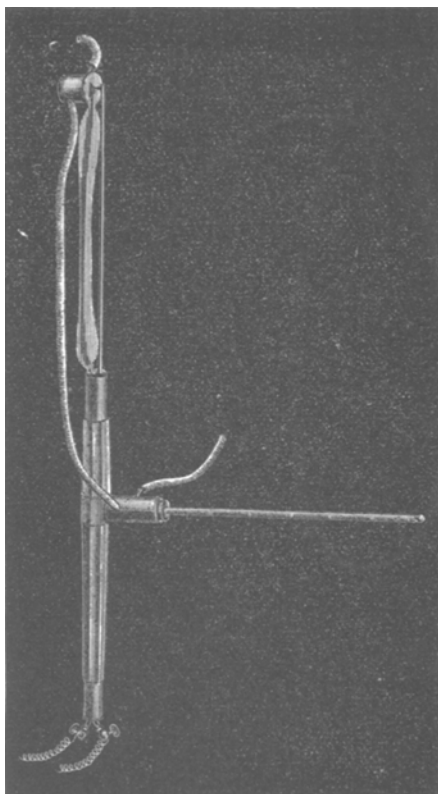
In dieses Gefäss — Federgefäss — münden zwei Röhren in verschiedenen Höhen; das eine etwas schief³⁾ von oben eingesetzt, nahe der freien unteren Basis, das zweite oben nahe der an die Feder gelötheten Grundfläche. Letztere vermittelt auch den Contact, indem sie im Momente der Application des Thermophors auf ein Stiftchen drückt, welches knapp über ihr an einem ins Heft gesteckten Metallstäbchen angebracht ist.

1) M. v. Vintschgau und J. Hönigschmied, Versuche über die Reactionszeit einer Geschmacksempfindung. I. Th. d. Arch. Bd. X, p. 2 u. folg.

2) M. v. Vintschgau, Vortrag über den Temperatursinn. IX. Sitzung (16. Febr. 1883) des naturwissenschaftlich medicinischen Vereins in Innsbruck. XIII. Jahrg.

3) Ein Ruhen der Wasserschicht an der freien unteren Basis des Federgefässes wird unmöglich a) durch die Handhabung des Thermophors selbst, die eine Erschütterung der im Federgefässe enthaltenen Flüssigkeit unvermeidlich macht; b) durch die Kraft des unter hinreichender Geschwindigkeit durch das schief eingesetzte Röhren einströmenden Wassers, das die untersten Flüssigkeitsschichten in fortwährender Bewegung unterhält und dadurch deren Wechsel veranlasst.

Die Grundfläche des Federgefässes hat einen Durchmesser von 10mm und eine Höhe von 13mm.



Das Heft des Thermophors trägt ein zweites cylindrisches Gefäss — Heftgefäss — gleichfalls mit zwei in verschiedenen Abständen mündenden Röhrchen; es misst in der Höhe 28, im Durchmesser 14mm und ist oben wasserdicht durch einen Korkpfropf verschlossen, durch den noch ein kleines, in Fünftelgrade eingetheiltes Thermometer hineinragt.

Die Röhrchen des Feder- und des Heftgefässes sind in geeigneter Weise durch Schläuche verbunden und zwar unter sich und ausserdem mit einem grossen hochstehenden Behälter, der Quelle des durch den Apparat fliessenden warmen beziehungsweise kalten

Wassers und mit dem zum Auffangen der ausströmenden Flüssigkeit bestimmten Recipienten.

Die Art und Weise der Verbindung der einzelnen Theile mit einander ergibt sich, wenn wir die Stromrichtung des Wassers verfolgen. (Vergl. auch vorstehende Zeichnung.)

Das Wasser des Standgefäßes wird mittelst eines Schlauches durch das obere Röhrchen ins Heftgefäß geleitet, bespült den Quecksilberrecipienten des Thermometers. von diesem strömt es durch einen kurzen Verbindungsschlauch, der vom unteren Röhrchen des Heftgefäßes zum unteren des Federgefäßes führt, in das letztere und endlich durch dessen oberes Röhrchen und einen langen Schlauch zu dem am Boden befindlichen Recipienten.

Aus Bequemlichkeitsrücksichten, so wie vorzugsweise zur Erzielung einer hinreichenden Stromgeschwindigkeit ist es von Vortheil, das Standgefäß ziemlich hoch zu stellen.

Um ferner eine genaue Controlle über die Temperatur des Federgefäßes üben zu können, musste das Thermometer in einem Abschnitte der Strombahn angebracht werden, welcher dem genannten Gefäße möglichst nahe war. Dieser Bedingung wurde entsprochen durch Einfügen des Thermometers in das Heftgefäß.

Die Entfernung des Heft- vom Federgefäße beträgt ungefähr 16 cm.

Nachdem die Temperatur im Standgefäße constant erhalten wird, so kann das Wasser, sobald es eine Weile den Apparat durchströmt hat, in dem kurzen Verbindungsschlauche keine wesentliche Temperaturänderung erfahren. Ein so geringfügiger Unterschied, der übrigens für alle Beobachtungen fast constant bleibt, beeinträchtigt die Versuchsergebnisse, wie dies später (S. 165 u. f.) des genaueren erwiesen wird, in keiner Weise und kann demnach vernachlässigt werden. Wir wollten diesen Umstand nur aus dem Grunde nicht unberührt lassen, weil wir in den Tabellen die Temperatur des Heftgefäßes an Stelle der thatsächlichen Erregungstemperatur gesetzt haben.

Der Stand des Thermometers im Heftgefäße wurde nach jeder zweiten oder dritten Beobachtung einer Versuchsreihe abgelesen, um nach seiner Angabe die Temperatur im grossen Standgefäße zu reguliren, in welchem sich ebenfalls ein Thermometer befand. In jeder Versuchsreihe schwankte die Temperatur höchstens zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{3}{5}$ ° C.

Als zeitmessendes Instrument wurde das Hipp'sche Chronoscop benützt und zwar der Art, dass die Zeiger beim Schliessen des zeitmessenden Stromes in Bewegung gesetzt wurden, beim Oeffnen desselben dagegen ausser Thätigkeit kamen.

Die Anordnung der Apparate war im Allgemeinen ähnlich, wie sie in einer früheren Arbeit näher beschrieben wurde¹⁾.

Im Hauptkreise befanden sich das Chronoscop, eine kleine Busssole, das Thermophor und ein Taster. Der durch Application des Thermophors geschlossene Strom wird vom Reagirenden durch Niederdrücken des Tasters in jenem Momente unterbrochen, in welchem die Temperaturempfindung zur Wahrnehmung gelangt.

Zur Regulirung der Stromstärke wurde in einer Nebenleitung ein Rheochord eingeschaltet.

Schliesslich haben wir an passender Stelle den Fallapparat nach Hipp eingefügt, um zu jeder Zeit nach gewissen Contactänderungen die Exactheit des Chronoscopes prüfen zu können.

Die Leitungen zwischen den verschiedenen Apparaten waren nun in der Weise eingerichtet, dass der Fallapparat benützt werden konnte, wenn das Thermophor und der Taster geschlossen, dagegen das Thermophor, wenn beide Nebenleitungen des Fallapparates geöffnet waren.

Wir haben auch bei diesen Versuchen, wie bei den früheren¹⁾ das Chronoscop vor und nach jeder Versuchsreihe und wo es uns nöthig schien auch während einer Versuchsreihe controllirt.

Bezüglich der Fehler, welche bei Anwendung obiger Apparate unterlaufen können, sei folgendes erwähnt: Es kann ein kleiner Fehler in der Anzeige des Chronoscopes vorkommen; dieser lässt sich aber bis auf 0.002 bis 0.001 Sec. reduciren, wenn man die Stromstärke vor jeder Versuchsreihe unter fortwährender durch den Fallapparat ermöglichter Controlle mittelst des Rheochords regulirt. Es kann weiter ein kleinster Zeittheil verstreichen von dem Momente, wo die Basis des Federgefässes die Haut eben zu berühren anfängt bis zu dem, in welchem die Feder die darüber stehende Spitze berührt. Sobald aber, wie schon in einer früheren

1) M. v. Vintschgau, Die physiologische Zeit einer Kopfmultiplication von zwei einzifferigen Zahlen d. Arch. Bd. 37, p. 129 u. folg.

Abhandlung (cit. ob. pag. 153 sub 1) erwähnt, die Berührung der Haut mit einer gewissen Raschheit erfolgt, so ist diese Zeit verschwindend klein und kommt nicht in Betracht. Es erscheint demnach die Behauptung gerechtfertigt, dass die Beobachtungsfehler von Seite der Apparate nicht in die Wagschale fallen im Hinblick auf die ziemlich grossen Schwankungen der Reactionszeiten.

Bei unseren Versuchen wurde wechselweise experimentirt; dem einen — dem Reagirenden — oblag einzig die Aufgabe, die Empfindung zu signalisiren; der andere — der Experimentator — dagegen überwachte die Apparate, applicirte das Thermophor und notirte die Zahlen des Chronoscopes wie auch die Angaben des Reagirenden (vergl. später pag. 160). Es schien uns nützlich, obige Methode auch diesmal bewahren zu sollen, um jede wie immer geartete Theilung der Aufmerksamkeit¹⁾ des Reagirenden zu vermeiden. Wenn V. als Reagirender functionirte, wurde kurz vor der Berührung der Haut mit dem Thermophor ein verabredetes Signal gegeben; dieses entfiel dagegen, wenn die Beobachtungen an St. vorgenommen wurden.

Versuchsbedingungen. Vorversuche.

Wir gehen zur Besprechung einiger beim Experimentiren einzuhaltender Vorsichtsmassregeln und Versuchsbedingungen über, indem wir vorerst auf einen Umstand aufmerksam machen, der bei Wärmeversuchen Berücksichtigung verdient. Das Thermophor darf während des Zielens auf eine bestimmte Hautpartie nicht zu nahe derselben verweilen. An sehr temperaturempfindlichen Stellen kann nämlich die strahlende Wärme eine wenn auch schwache Wärmeempfindung verursachen, welche dann die Reinheit der Beobachtung beeinträchtigt.

Ferner lehrt die tägliche Erfahrung (und das bestätigten auch unsere Versuche), dass die Eigentemperatur der Haut das Urtheil über die Temperatur eines berührten Körpers zu trüben pflegt, indem sie die Intensität der Empfindung und die Raschheit der Wahrnehmung wesentlich beeinflusst. Es wäre daher für ideale, mit einander vergleichbare Versuche über die Reactionszeit einer

1) Es sei bemerkt, dass der Ton der Feder des Uhrwerkes die Aufmerksamkeit des Reagirenden nicht beeinträchtigt, sobald die Feder vollkommen regelmässig schwingt.

Temperaturempfindung wünschenswerth, dass die untersuchten Hautstellen bei jeder Beobachtungsreihe ganz gleiche Temperatur hätten. Das lässt sich nun nicht verwirklichen; wenn auch alle äusseren Bedingungen vollkommen gleich wären, so bleibt doch die Eigentemperatur einer oberflächlichen Körperstelle in fortwährender Schwankung begriffen. Allerdings finden solche nicht kontrollirbare Schwankungen innerhalb bestimmter enger Grenzen statt; sobald sie nämlich zunehmen oder mit grosser Raschheit erfolgen, werden wir ihrer sofort bewusst und können davon Notiz nehmen.

Um nun diesen Umständen einigermassen Rechnung zu tragen und über grössere Schwankungen der Eigentemperatur beiläufig unterrichtet zu sein, haben wir die subjektive Temperaturempfindung des Reagirenden in den Protokollen angedeutet. Aus ähnlichen Gründen wurde jedesmal die Temperatur des Versuchszimmers notirt ¹⁾.

Bei der Berührung der Haut mit einem warmen oder kalten Körper treten zwei (Tast- und Temperatur-) Empfindungen auf, von denen die erste bei unseren Beobachtungen vernachlässigt wird, nachdem der Reagirende nur auf die zweite zu reagiren hat. Wir haben somit dasselbe Verhältniss wie beim Betupfen des Geschmacksorgans mit einer schmeckenden Substanz.

Wo zwei Reize gleichzeitig applicirt werden, bedarf es anfangs einiger Uebung, um auf einen derselben zu reagiren und den anderen vollständig zu vernachlässigen, worauf es vorzugs-

1) Die Zimmertemperatur schwankte an den Tagen, an welchen wir Versuche vornahmen, meist zwischen 15°—16° C., nur selten sank dieselbe auf 13° bis 14° oder stieg auf 17° bis 18° C. Wir wollen hier gleich hinzufügen, dass nach unseren Versuchsergebnissen ein Einfluss dieser zwei extremen Temperaturen auf die Reactionszeit für Hautstellen, welche für Temperaturreize besonders empfindlich sind (Gesicht), nicht mit Sicherheit zu constataren war. Es scheint wohl, dass bei der Zimmertemperatur von 13° bis 14° C. die Reactionszeit sowohl für einen warmen wie auch für einen kalten Temperaturreiz etwas länger sei, als bei jener von 17° und 18°. Die Unterschiede sind aber zu gering und zu schwankend, um bei der geringen Anzahl der diesbezüglichen einzelnen Beobachtungen einen verlässlichen Schluss zu gestatten.

Hie und da wurden über subjective Temperaturgefühle Angaben notirt wie: Wangen etwas warm, Hände etwas kühl; beide Empfindungen verschwanden im Verlaufe des Versuches; die Reactionszeit aber erlitt durch diese schwachen subjectiven Empfindungen keine Veränderung.

weise ankommt. Man eignet sich bald die Fähigkeit an, genau in jenem Augenblicke zu reagiren, in dem die Temperaturempfindung eben beginnt merklich zu werden. Auf diesen Moment allein hat der Reagirende seine ganze Aufmerksamkeit zu concentriren; hiebei ist jeder Zeitverlust ausgeschlossen, der etwa durch ein Wählen, ein Unterscheiden zweier Empfindungen verursacht werden könnte, nachdem jener vor jeder Versuchsreihe unterrichtet ist, ob mit warm oder kalt experimentirt wird.

Es handelt sich bei diesen Versuchen thatsächlich um die Reactionszeit einer einfachen Sinnesempfindung.

Die Reactionszeit einer Temperaturempfindung erfährt im Allgemeinen durch folgende Hauptfactoren eine wesentliche Verlängerung: durch schwachen Reiz, Dicke der Epidermis, mehr weniger schlecht entwickelten Temperatursinn.

Diese drei Factoren beeinflussen in gleicher Weise das Zeittheilchen, welches von der Application des Reizes bis zu dem Momente verstreicht, wo die Erregung des thermischen Apparates den für die Auslösung einer eben wahrnehmbaren Empfindung genügenden Intensitätsgrad erreicht hat. Es ist daher für die Exactheit der Beobachtungen von vorneherein nothwendig, geeignete Massregeln zu beobachten, welche die Ausdehnung jenes Zeitintervalls möglichst einzuschränken im Stande sind.

Man kann sich auch ohne irgend eine messende Vorrichtung überzeugen, dass ein Temperaturreiz um so langsamer eine deutliche Empfindung auslöst, je mehr die Temperatur des erregenden Körpers sich der des berührten Körpertheils nähert. Wir wandten daher gute Wärmeleiter an mit Temperaturen, die von der Hauttemperatur ziemlich weit entfernt waren.

Wenn auch der Epidermis als schlechtem Wärmeleiter unstreitig eine Bedeutung für die Verzögerung der Reaction zukömmt, so kann sie doch für viele Hautstellen nicht die ausschliessliche Ursache hiefür sein, nachdem sich manche Partien mit auffallend langer Reactionszeit finden, ohne dass deren Epidermis eine besondere Dicke¹⁾ besitzt (vergl. sp. S. 183 u. f.). In beiden Fällen erhält

1) Nach A. Goldscheider (Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven, Arch. f. Physiol. Jahrg. 1885, Suppl.-Band pag. 58) entsprechen die regionären Dickenunterschiede der Epidermis nicht überall denjenigen der Temperaturempfindlichkeit.

man sehr grosse und sehr schwankende Zahlen, so dass sich die Beobachtungen an solchen Gegenden überhaupt als wenig verlässlich erweisen.

Da die Temperaturempfindung beim Entfernen eines kalten oder eines warmen Körpers nicht augenblicklich verschwindet, sondern oft geraume Zeit anhält, so ist es unerlässlich, zwischen je zwei Beobachtungen an derselben Hautstelle eine längere Zeit verstreichen zu lassen.

Um uns über diese Verhältnisse genauer zu unterrichten, haben wir specielle Beobachtungen vorgenommen.

Wir wählten hierzu nur zwei Stellen: die Stirnmitte und die rechte Wange in der Gegend des Jochbeins und prüften an beiden, meistens an gleichen Tagen, das Verhalten der Reactionszeit durch ungefähr eine $\frac{1}{4}$ St. von Minute zu Minute. Die Beobachtungen wurden sowohl mit Kälte ($2\frac{2}{5}^{\circ}$ bis $6\frac{2}{5}^{\circ}$ C.) wie auch mit Wärme (48° bis 49° C.) angestellt.

Der Beobachter (St.) setzte am Ende jeder Minute das Chronoscop in Gang, gab dann ein verabredetes Zeichen, damit der Reagirende (V) seine Aufmerksamkeit erhöhen solle und betupfte nun die zu prüfende Stelle. Sobald der Reagirende die Empfindung signalisirt hatte, entfernte der Beobachter das Thermophor und arretirte das Chronoscop. Für die ganze Manipulation vom Beginne bis zum Schlusse eines solchen Einzelversuches genügte die kurze Zeit von 10 bis 15 Sec. Das Thermophor blieb mit der Haut durchschnittlich 2 bis 3 Sec. in Berührung. Nach jeder Beobachtung gab der Reagirende an, wie er reagirt hatte und wurde dies in den Protokollen wie folgt notirt: gut, früh, spät reagirt, Empfindung deutlich, schwach¹⁾.

Es ist selbstverständlich, dass der Beobachter immer dieselbe Stelle der Haut zu berühren sich bemühte, was auch fast immer geschah; nur 2 bis 3 Mal wurde eine eng benachbarte betupft.

Da es sehr umständlich wäre, die Versuchsprotocolle ausführlich mitzutheilen, so haben wir im Anhange nur die Protocolle von je zwei Versuchen entsprechend der zwei angewandten Temperaturen für jede untersuchte Stelle beigefügt. Im Texte sind

1) Wir bemerken, dass solche Angaben von den Reagirenden auch bei allen übrigen Beobachtungen gemacht wurden.

dagegen alle Versuche tabellarisch zusammengestellt. Wir haben gewöhnlich den Mittelwerth aus je drei sich folgenden Beobachtungen berechnet und diesen Mittelwerth in die entsprechende Columne der Tabellen eingetragen. Schlechte Beobachtungen wurden natürlich ausgeschlossen; hierzu gehörten jene, bei welchen man angab: „zu spät reagirt“; wir behielten dagegen solche, wobei der Reagirende ansagte: „zu früh reagirt“, da diese Beobachtungen a fortiori die Ergebnisse der Versuche bestätigen.

Wir betrachten zuerst die Ergebnisse bei Kälteerregung.

Tabelle I.
Kälte. Stirnmitte.

Versuch 1. 25. Mai 1887 Vorm. Zimmertemperatur 17° C. Subjective Gefühle normal.			Versuch 2. 4. Juli 1887 Nachm. Zimmertemperatur 20° C. Subjective Gefühle normal. Der Tag war ziemlich schwül.			Versuch 3. 12. Juli 1887 Nachm. Zimmertemperatur 21° C. Subjective Gefühle normal.		
Zahl der Beob.	Temper.	Mittel- werth	Zahl der Beob.	Temper.	Mittel- werth	Zahl der Beob.	Temper.	Mittel- werth
3	$2\frac{2}{5}$ — $2\frac{3}{5}$	0.141	2	$4\frac{1}{5}$	0.162	3	$6\frac{2}{5}$ —6	0.134
3	$2\frac{3}{5}$	0.184	3	„	0.147	2	6— $6\frac{1}{5}$	0.151
3	$2\frac{3}{5}$ — $2\frac{4}{5}$	0.272	3	„	0.143	1	$6\frac{1}{5}$	0.157
3	$2\frac{3}{5}$ — $2\frac{4}{5}$	0.433	3	„	0.165	3	$6\frac{1}{5}$ — $6\frac{2}{5}$	0.200
			3	„	0.190	3	$6\frac{1}{5}$ — $6\frac{2}{5}$	0.281
			3	„	0.253	1	$6\frac{2}{5}$	0.285
						1	„	6.333
Der Versuch dauerte 15 Min. Drei Beobach- tungen konnten nicht be- rücksichtigt werden. Kälte- und Berührungsempfindung lang andauernd.			Der Versuch dauerte 17 Min. Kälteempfindung nicht lang andauernd wohl aber jene der Be- rührung.			Der Versuch dauerte 19 Min. Fünf Beobach- tungen konnten nicht be- rücksichtigt werden. Kälte- empfindung mässig und nicht lang andauernd, wohl aber jene der Be- rührung.		

Durch vorstehende Tabellen wird gezeigt, wie sich die Reactionszeiten in Folge solcher von Minute zu Minute applicirter Kältereize verlängern. Das allmähliche Wachsen der Zeiten während eine Versuchsreihe geschieht in demselben Maasse als die Intensität der Empfindung an jenen Stellen abnimmt.

Zu bemerken ist, dass die Kälteempfindung nur kurze Zeit anhält, während die Berührungsnachempfindung weniger rasch ver-

schwindet. Trotz des Fehlens einer subjectiven Kälteempfindung war schon nach den ersten Applicationen des Thermophors das Sinken der Empfindlichkeit bemerkbar und auch die Reactionszeit verlängert.

Tabelle II.

Kälte. Rechte Wange.

Versuch 1. 25. Mai 1887 Vorm. Zimmertemperatur 17°. Subjective Gefühle normal.			Versuch 2. 4. Juli 1887 Nachm. Zimmertemperatur 20°. Subjective Gefühle normal. Der Tag war ziemlich schwül.		
Zahl der Beob.	Temper.	Mittelwerth	Zahl der Beob.	Temper.	Mittelwerth
1	$2\frac{4}{5}$	0.145	3	$4\frac{1}{5}$	0.161
3	$2\frac{3}{5}$ — $2\frac{2}{5}$	0.225	2	4 — $3\frac{4}{5}$	0.204
3	$2\frac{3}{5}$	0.365	2	$3\frac{4}{5}$	0.442
3	$2\frac{3}{5}$ — $2\frac{4}{5}$	0.385	3	„	0.359
3	„	0.485	1	„	0.439
Der Versuch dauerte 15 Min. Zwei Beobachtungen konnten nicht benützt werden. Kälteempfindung nicht lang andauernd, wohl aber jene der Berührung.			Der Versuch dauerte 15 Min. Vier Beobachtungen konnten nicht benützt werden. Kälteempfindung mässig andauernd, länger jene der Berührung.		

Es wird kaum jemand einwenden, dass diese Verlängerung der Reactionszeit von einer Ermüdung des Reagirenden herrühre. Dagegen sprechen mehrere Gründe: einmal beginnt die Verlängerung schon nach den ersten Beobachtungen; ferner ist die Reactionszeit am Ende der Versuchsreihe (d. i. schon nach einer $\frac{1}{4}$ St.) dreimal so lang als im Beginne; überdies waren zwischen den einzelnen Erregungen Pausen von nahezu einer Minute.

Wir haben, wie oben mitgetheilt, auch gleiche Versuche mit Wärme vorgenommen und die Ergebnisse derselben in folgenden zwei Tabellen zusammengestellt.

Tabelle III.

Wärme. Stirnemitte.

Versuch 1. 21. Mai 1887 Vorm. Zimmertemperatur 14° C. Subjective Gefühle normal.			Versuch 2. 4. Juli 1887 Nachm. Zimmertemperatur 20° C. An der Stirne und im Ge- sichte geringe Schweiss- sekretion. Der Tag war ziemlich schwül.		
Zahl der Beob.	Temper.	Mittel- werth	Zahl der Beob.	Temper.	Mittel- werth
3	48—48 ¹ / ₅	0.142	3	49	0.116
1	48—48 ³ / ₅	0.186	3	48 ⁴ / ₅	0.122
1	48—48 ² / ₅	0.236	3	49	0.258
1	„	0.384	3	„	0.184
			2	„	0.281
			3	„	0.301
Der Versuch dauerte 10 Min. Vier Beobach- tungen als unbrauchbar ausgeschieden. Gleich nach der ersten Beobachtung stellte sich eine locale Wärmeempfindung ein.			Der Versuch dauerte 19 Min. Zwei Beobach- tungen unbrauchbar.		

An der Stirne zeigt sich bei Anwendung der Wärme genau dieselbe Erscheinung wie bei der Kälte; nach kurzer Zeit erfährt die Reactionszeit eine wesentliche Verlängerung. Eine solche tritt aber nicht ein an der Wange. Vergl. Tab. IV. Die Reactionszeit ist am Ende einer Versuchsreihe, nachdem diese Gegend durch eine $\frac{1}{4}$ St. von Minute zu Minute in oben beschriebener Weise erregt wurde, nicht länger als am Anfange. Der Reagirende hat niemals angegeben, dass die Temperaturempfindung schwach gewesen wäre; auch in der subjectiven Temperaturempfindung wurde keine Veränderung beobachtet. Dem entsprechend finden wir auch für die Wange, dass die zwei Mittelwerthe (I. Reihe 0.166, II. Reihe 0.144 Sec.) aus allen Beobachtungen einer Reihe mit dem Mittelwerthe, den wir bei den definitiven Versuchen ermittelten, ziemlich gut übereinstimmen (vergl. später p. 180 Tab. XVI).

Tabelle IV.

Wärme. Rechte Wange.

Versuch 1. 21. Mai 1887 Vorm. Zimmertemp. 14° C. Subjective Gefühle normal.			Versuch 2. 4. Juli 1887 Nachm. Zimmertemp. 20° C. An der Stirne und im Gesichte geringe Schweiss- secretion; der Tag war ziemlich schwül.		
Zahl der Beob.	Temper.	Mittel- werth	Zahl der Beob.	Temper.	Mittel- werth
3	48 ² / ₅ —48 ³ / ₅	0.177	3	48 ⁴ / ₅	0.155
3	48 ² / ₅	0.169	3	48 ⁴ / ₅ —49	0.162
3	48 ¹ / ₅ —48 ² / ₅	0.157	3	49	0.161
2	48 ² / ₅ —48 ³ / ₅	0.161	3	49	0.156
2	48	0.165	3	49	0.137
Der Versuch dauerte 15 Minuten. Zwei Beob- achtungen unbrauchbar. Es wurde keine Aende- rung in dem Wärmege- fühl beobachtet. Die Be- rührungsempfindung lang andauernd.			Der Versuch dauerte 16 Minuten. Die erste Beobachtung unbrauchbar. Keine Aenderung in dem Wärmegefühl.		

Das Anwachsen der Reactionszeiten bei den geschilderten Versuchen findet eine genügende Erklärung einestheils in der That-
sache, dass sich die Gefässe durch die Kälte zusammenziehen,
wodurch die Ernährung der betreffenden Partie leidet, und ander-
seits darin, dass die Eigentemperatur des thermischen Apparates
sinkt.

Auch durch wiederholte Wärmeerregungen werden in der
Haut und in den Nerven Veränderungen gesetzt, die eine Ver-
längerung der Reactionszeit — wie wir es an der Stirne erfahren
— verursachen können. An der Wange aber reichten dieselben
nicht hin, die Temperaturempfindlichkeit irgendwie abzustumpfen.

Unter allen Umständen rechtfertigen die mitgetheilten Ver-
suchsergebnisse das durchwegs verfolgte Princip, zwischen je zwei

Beobachtungen an derselben Stelle eine längere Frist verstreichen zu lassen. Sie dienen ferner auch als Beweis für die oben aufgestellte Behauptung, dass die Hauttemperatur, oder anders ausgedrückt, der jeweilige Zustand des thermischen Apparates in der Haut einen bestimmenden Einfluss auf die Reactionszeit ausübt.

Es ist weiterhin empfehlenswerth, keine angrenzenden Hautstellen in derselben Versuchsreihe zu untersuchen, nachdem erstens in Folge thermischer Irradiation die Reinheit der Beobachtungen leidet und ausserdem (z. B. an der Stirne) unangenehme, oft lang andauernde subjective Gefühle sich einstellen.

Bei einigen vorläufigen Versuchen, welche schon im Jahre 1883 V. an Herrn Sa. vornahm, ereignete es sich, dass z. B. die Hand, an der viele Stellen hintereinander mit Kälte ($5-8^{\circ}\text{C.}$) erregt wurden, in kurzer Zeit so kalt war, dass die Untersuchungsreihe unterbrochen werden musste.

Bei St. traten wiederum nach 2 bis 3 Versuchsreihen eigenthümliche schmerzliche Empfindungen auf, als an drei Stellen der Stirne und an beiden Schläfen hintereinander Wärme applicirt wurde.

In diesen Angaben liegt theilweise die Begründung für die Wahl (vergl. später S. 167) der untersuchten Stellen, bei der uns auch die Angaben Goldscheider's¹⁾ einen Anhaltspunkt gewährten. Wir entschieden uns nämlich für Stellen, die immer entblösst sind und die nach diesem Forscher einen gleich gut entwickelten Wärme- und Kältesinn aufweisen. Regionen, die fortwährend bedeckt sind, haben wir vermieden, um nicht durch das Entblößen der Haut in dieser Veränderungen herbeizuführen, welche vielleicht störend auf die Richtigkeit der Beobachtungsergebnisse hätten einwirken können.

Aus dem, was oben S. 159 erwähnt, geht ferner hervor, dass es von Vortheil ist, Temperaturen anzuwenden, welche sich von der mittleren Hauttemperatur weit entfernen.

Bei den ersten Versuchen, die wir vornahmen, benutzten wir

1) A. Goldscheider, neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven, Archiv für Physiologie. Jahrgang 1885 Suppl.-Band pag. 60.

eine Temperatur zwischen $5-6^{\circ}\text{C.}$ und erhielten verhältnissmässig lange Reactionszeiten. Wir haben bei einer Anzahl späterer Beobachtungsreihen eine Temperatur von $2-3^{\circ}\text{C.}$ applicirt und nun war die Reactionszeit kürzer.

Die Erklärung dieser Erscheinung kann eine zweifache sein. Bei den Beobachtungen mit einer Temperatur von $5-6^{\circ}\text{C.}$, die zugleich die ersten waren, konnte möglicherweise die Uebung im Reagiren noch nicht hinreichend sein, oder es genügt thatsächlich ein so kleiner Temperaturunterschied, um die Reactionszeit zu beeinflussen.

Um diesen Zweifel zu heben, nahmen wir eine dritte Serie von Beobachtungen vor und zwar mit der anfangs benutzten Temperatur von $5-6^{\circ}\text{C.}$; wir erhielten nun Mittelwerthe, welche von den bei der II. Serie ($2-3^{\circ}\text{C.}$) ermittelten wenig abwichen, in einigen Fällen sogar mit ihnen vollkommen übereinstimmten.

Ein Blick auf die eingeschaltete Tabelle wird daher erklären, warum wir bei der endgiltigen Zusammenstellung der Resultate die erste Serie nicht berücksichtigten und somit bei der Berechnung der Mittelwerthe die zwei letzten Beobachtungsreihen zusammenwarfen.

Tabelle V.

V.

Hautregion	Temp. $5^{\circ}-6^{\circ}$		Temp. $2\frac{1}{5}-3^{\circ}$		Temp. $5^{\circ}-6$	
	Zahl der Beob.	Mittelwerth	Zahl der Beob.	Mittelwerth	Zahl der Beob.	Mittelwerth
Rechte Wange . .	9	0.211	26	0.143	12	0.143
Linke Wange . . .	11	0.235	23	0.151	11	0.151
Mitte Ulnarrand D.	7	0.327	23	0.207	12	0.212

Nachdem obige Erscheinung an allen untersuchten Stellen mehr weniger auffallend hervortrat, so begnügten wir uns, die Werthe für beide Wangen und für die Mitte der Dorsalfäche des fünften Mittelhandknochens — also für in hohem und für in geringerem Grade temperaturempfindliche Stellen — in der Tabelle anzuführen.

Die Uebung, als gewichtiger Factor bei allen Reactionsversuchen, scheint demnach bei Bestimmung der Temperaturreactionszeit vielleicht noch erhöhte Berücksichtigung zu verdienen.

Als Wärmereiz haben wir fast in allen Beobachtungsreihen eine Temperatur von 48—49° C. gewählt. Temperaturen von über 50° verursachten an einem von uns unangenehme Empfindungen und wurden daher bald aufgegeben.

Einige wenige Beobachtungen haben wir auch bei einer Temperatur zwischen 49° und 50° C. vorgenommen. Ein grösserer Unterschied in der Reactionszeit war für diese drei Temperaturen nicht zu constatiren.

Wir bevorzugten Stellen mit glatter faltenloser Haut, wie sie sich im Gesichte über Knochen finden; an der Hand gaben wir den zu prüfenden Partien durch eine geeignete Stellung jenen mässigen Spannungsgrad, der erforderlich ist, damit bei der Application die Ausdehnung der berührten Fläche so ziemlich mit der der erregenden Fläche des Thermophors übereinstimme.

Am meisten untersuchten wir folgende Körperstellen: die beiden Schläfen zwischen Augenbrauen- und Kopfhaargrenze; die Stirnmitte über der Glabella nasi; die beiden Wangen in der Gegend des Os zygomaticum. An der Volarseite der Hand: die Mitte der Carpalgegend, den Daumenballen, die Mitte des Antithenars. An der Dorsalseite der Hand: Mitte des fünften Mittelhandknochens (in den Tab. kurzweg Mitte des „Ulnarrandes D.“); Mitte der Radialseite des zweiten Mittelhandknochens (in den Tabellen kurzweg mit „Mitte des Radialrandes D.“ bezeichnet).

Jede der genannten Partien ist von der benachbarten so weit entfernt, dass eine thermische Irradiation von der einen zur anderen ausgeschlossen ist.

Wir haben gewöhnlich im Verlaufe eines Vor- oder Nachmittags drei, selten vier Versuchsreihen der Art vorgenommen, dass in einer solchen die zehn bezeichneten Punkte hintereinander geprüft wurden, was 9—12 Minuten in Anspruch nahm. Während dieser kurzen Zeit erfahren die Versuchsbedingungen des Reagirenden kaum eine irgendwie erhebliche Aenderung; die einzelnen Beobachtungen einer Reihe sind somit untereinander und daher auch der Gesamtmittelwerth an einer Hautstelle mit dem an einer anderen vergleichbar.

Zwischen je zwei bei demselben Reagirenden auf einander folgenden Reihen war eine Pause von 20—30 Minuten, welche wir entweder im Versuchszimmer oder in gleichmässig temperirten Nebenzimmern zubrachten. Da wir abwechselnd experimentirten, war es möglich in 2—3 Stunden sechs resp. acht Reihen zu vollenden.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass wir die Reihenfolge der zu prüfenden Stellen von Zeit zu Zeit wechselten, um erstens den Einfluss zu eliminiren, den bekanntlich Uebung und Gewohnheit bei Vornahme solcher Beobachtungen zu verursachen pflegen und zweitens, um auch die von einigen Forschern gemachte Erfahrung zu berücksichtigen, dass die erste Beobachtung einer Reihe manchmal weniger verlässlich ist.

Nachdem die Werthe der Temperaturreactionszeiten an Interesse gewinnen dürften, sobald es ermöglicht wird, dieselben mit Werthen von Druckreactionszeiten¹⁾ derselben Stellen vergleichen zu können, so haben wir deren Bestimmung an mehreren der oben angeführten Gegenden vollzogen.

Zu diesem Zwecke diente eine Vorrichtung, welche in Form und Construction dem Thermophor gleicht. Es fehlen natürlich die kleinen Gefässe und an Stelle des Federgefässes ist ein cylindrisches Holzklötzchen befestigt, dessen 10 mm breite Basis mit feinem Rehlleder überzogen ist. Auf diese Weise erhielten wir einen Erreger, der thermisch indifferent bleibt, und dessen Druckfläche mit der des Thermophors vollkommen übereinstimmt.

Theoretische Erörterung.

In der Reactionszeit sowohl einer Druck- als einer Temperaturempfindung lassen sich folgende Zeittheilchen unterscheiden:

- a) Erregung der nervösen Endapparate;
- b) Fortpflanzung der Erregung bis zum Gehirne;
- c) Auslösung einer Empfindung und Umwandlung derselben in einen Willensimpuls;

1) Wir benützen ausdrücklich das Wort Druckempfindung und Druckreactionszeit, da bei Application der geschilderten Vorrichtung weniger eine Tast- als thatsächlich eine Druckempfindung hervorgerufen wird.

d) Fortpflanzung des motorischen Impulses bis zu den Fingermuskeln;

e) Beginnende Bewegung des signalgebenden Fingers.

Es ist unzweifelhaft, dass die zwei letzten Zeittheilchen bei der Reaction auf einen Druck- wie auf einen Temperaturreiz gleichwerthig sind.

Wir wollen aber auch die Zeittheilchen c und b als für beide hier interessirenden Vorgänge äquivalent annehmen, nachdem wir erstens keine Vorstellung haben, wie und wo der Umwandlungsprocess vor sich geht und zweitens auch über den Weg und Ablauf der Erregungswellen im Centralnervensystem nicht viel genauer unterrichtet sind.

Das Zeittheilchen a aber ist in den zwei Reactionszeiten entschieden ungleich, und wenn wir die beiden mit einander vergleichen, so prüfen wir nach unserer Voraussetzung thatsächlich nur den Unterschied der zwei Zeittheilchen a.

Wir haben schon oben S. 159 darauf hingewiesen, dass die Grösse des Zeittheilchens a bei der Temperaturreactionszeit abhängt von der Dicke der Epidermis, von dem Grade der Erregungstemperatur, und von der Menge der temperaturempfindlichen Nervenendigungen. Dieses Zeittheilchen a kann bei der Temperaturreactionszeit als aus folgenden zwei Summanden zusammengesetzt betrachtet werden: aus α) der Zeit, welche die Wärmeleitung von der Applicationsstelle des Thermophors durch die verschiedenen Epidermisschichten hindurch bis zum thermischen Apparate beansprucht und β) der Zeit, welche verstreicht, bis die Erregung desselben jenen Intensitätsgrad erreicht hat, der genügt, um eine eben wahrnehmbare Empfindung auszulösen.

Anders bei der Druckreactionszeit; hier entfällt eine dem Zeittheilchen α analoge Grösse. Durch Application der Druckvorrichtung erleiden die Schichten der Epidermis einen Stoss, einen Druck, den sie den in oder unter ihnen befindlichen Endorganen direkt übertragen. Dieser Umstand würde daher zur Vermuthung berechtigen, dass an einer und derselben Stelle die Reactionszeit einer Temperaturempfindung im Allgemeinen länger sein müsse als die einer Druckempfindung. Nur bei sehr dünner Epidermis, besonders gut entwickeltem Temperatursinn und intensivem Reiz wäre der Fall denkbar, dass zwischen den beiden Reactionszeiten keine oder nur minimale Unterschiede obwalten. Unsere Voraus-

sicht wurde, wie wir später sehen werden, durch die Thatsachen bestätigt.

Vorerst wollen wir die Ergebnisse der Druckreactionsversuche näher besprechen.

Druckreactionszeit.

Die Reactionszeit für eine Druckempfindung haben wir an folgenden Hautstellen bestimmt:

1. Stirnmitte;
2. Rechte Wange am os zygomaticum;
3. Mitte Carpus Volarseite der linken Hand;
4. Mitte der Radialseite des zweiten Mittelhandknochens der linken Hand.

Diese vier Stellen dürften als Vertreter der bei den Temperaturreactionsversuchen geprüften Gegenden zum Vergleiche vollkommen genügen. Die Ermittlung der Druckreactionszeit an allen jenen Stellen hätte für diesen Zweck keinen besonderen Werth gehabt, nachdem die Differenzen zwischen den verschiedenen Druckreactionszeiten eines Bezirkes (Hand, Gesicht) doch zu gering sind im Verhältniss zu den weit grösseren Werthen der Temperaturreactionszeiten.

Mehr Gehalt hätte der Einwand, dass die Druck- und Temperaturreactionsversuche nicht an gleichen Tagen angestellt wurden.

Wenn wir auch zugeben, dass die Reactionszeit je nach den physischen und psychischen Zuständen des Organismus sich ändert — es bot sich ab und zu Gelegenheit, sich davon zu überzeugen — so glauben wir doch, dass der von uns eingeschlagene Weg hinreichend verlässliche Resultate lieferte.

Wir haben nämlich: 1. die Reactionszeit einer Druckempfindung zu verschiedenen Zeiten im Verlaufe dieser Untersuchung ermittelt; 2. wurden meistens alle vier Hautstellen am selben Tage untersucht; schliesslich 3. zeigen die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen, dass im Allgemeinen die Mittelwerthe der einzelnen Reihen für eine bestimmte Hautstelle nicht wesentlich von einander verschieden sind.

V. In den vier Tabellen, die wir hier einschalten, sind alle Mittelwerthe enthalten, die wir bei jeder Versuchsreihe an den vier angegebenen Hautstellen bei V. erhielten.

Tabelle VI.

Mitte der Stirne.

Nr. der Reihe	Ohne Ausscheidung ¹⁾		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth
38 V.	15	0.145	14	0.141
62 V.	16	0.121	13	0.111
72 N.	15	0.098	15	0.098
93 N.	17	0.128	16	0.125
94 N.	17	0.118	17	0.118
	80	0.122	75	0.119
Nr. 38 ausg.	65	0.117	61	0.113

Tabelle VII.

Rechte Wange.

Nr. der Reihe	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth
40 N.	15	0.139	13	0.141
65 V.	17	0.103	16	0.106
73 N.	15	0.109	14	0.102
93 N.	17	0.132	17	0.132
94 N.	17	0.113	16	0.112
	81	0.119	76	0.119
Nr. 40 ausg.	66	0.115	63	0.114

1) Diese Bezeichnung bedeutet, dass in dieser Abtheilung der Mittelwerth aus allen Beobachtungen berechnet wurde.

Tabelle VIII.

Carpus.

Volar-Seite L. H.

Nr. der Reihe	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth
42 N.	15	0.145	15	0.145
66 V.	16	0.122	13	0.112
75 N.	13	0.127	11	0.117
93 N.	17	0.126	16	0.123
94 N.	17	0.132	16	0.128
	78	0.131	71	0.126
42 ausgel.	63	0.127	56	0.121

Tabelle IX.

L. H. Dorsalseite nahe dem Rad.-Rande.

Nr. der Reihe	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth
45 N.	16	0.134	15	0.123
69 N.	16	0.120	14	0.122
76 N.	15	0.114	15	0.114
93 N.	17	0.137	17	0.137
94 N.	15	0.124	14	0.122
	79	0.126	75	0.123
45 ausgel.	63	0.124	60	0.123

Bei näherer Betrachtung der angeführten Tabellen findet man allerdings, dass Schwankungen der einzelnen Mittelwerthe für eine bestimmte Hautregion vorkommen; dieselben überschreiten aber nur in Ausnahmefällen die für ähnliche Versuche erfahrungsgemäss beobachteten Grenzen. Nur der Mittelwerth der ersten Beobachtungsreihe ist fast bei jeder Hautstelle im Vergleiche zu den folgenden etwas hoch; aber auch durch Ausscheidung der ersten Reihe erleidet der erhaltene Gesamtmittelwerth (wie die Tabellen zeigen) keine bemerkenswerthe Aenderung. Wir benutzten daher zu den vergleichenden Studien die Werthe:

Stirne-Mitte	0.119
Rechte Wange	0.119
Volarseite des Carpus l. H.	0.126
Radialrand Dorsalseite l. H.	0.123.

Im Anschlusse an diese an V. ermittelten Zahlen für die Druckreactionszeit können wir nicht umhin, auf eine Wahrnehmung aufmerksam zu machen, die sich mehr auf das Verhalten der Reactionszeit im Allgemeinen bezieht.

Bei einer anderen Gelegenheit¹⁾ hat V. mitgetheilt, dass seine mittlere normale physiologische Tast- resp. Druckreactionszeit an der Volarseite der dritten Phalanx des rechten Mittelfingers 0.1532 bis 0.1564 Sec. beträgt.

Aus den gegenwärtigen Beobachtungen geht dagegen hervor, dass sie an der volaren linken Carpalgegend und der dorsalen linken Radialrandmitte (zweiter Metacarpus) zwischen 0.123 und 0.126 Sec. schwankt; somit ist der gegenwärtige Mittelwerth wesentlich kleiner als der damalige. Der Unterschied beläuft sich auf 0.027 bis 0.033 Sec.

Für diesen auffallenden Unterschied zwischen den damaligen und gegenwärtigen Ergebnissen könnten verschiedene Factoren verantwortlich gemacht werden und zwar:

1. Der Umstand, dass damals mit der linken, jetzt mit der rechten Hand reagirt wurde; es sei aber hervorgehoben, dass nach

1) M. J. Dietl und M. v. Vintschgau, das Verhalten der physiologischen Reactionszeit unter dem Einfluss von Morphinum, Caffée und Wein, d. Arch. Bd. XVI pag. 350.

den Beobachtungen von Donders¹⁾ das Signalisiren mit der linken Hand nur 0.009 Sec. länger dauert als mit der rechten. Es wäre denkbar, dass bei V. der Unterschied beim Signalisiren mit der rechten und der linken Hand möglicher Weise etwas grösser sei, als der von Donders ermittelte; aber keinesfalls ist anzunehmen, dass derselbe 0.03 Sec. betrage, nachdem damals die linke Hand durch das viele Reagiren gewiss eine ebenso grosse Uebung erlangt hatte, wie gegenwärtig die rechte.

2. Wurde bei unseren Versuchen an Stellen der Hand experimentirt, die mit den seiner Zeit geprüften nicht identisch sind. Wir glauben aber, dass auch dieser Umstand keine genügende Erklärung zu bieten vermöge. Es war nämlich bei einer vorläufigen Beobachtungsreihe, bei welcher V. mit der linken Hand die Druckempfindung der Volarseite der III. Phalanx des rechten Mittelfingers signalisirte, der Mittelwerth der Reactionszeit ebenfalls kleiner (0.126 S.) als damals (0.1532—0.1564).

3. Bei den gegenwärtigen Versuchen ist der schmale Pinsel der Reizvorrichtung ersetzt durch ein cylindrisches, 10 mm breites Holzklötzchen.

Es könnte die etwas grössere Reizfläche und der mit dem harten Klötzchen ausgeübte stärkere Druck die Erscheinung verursacht haben. Gegen diese Auffassung wäre aber einzuwenden, dass nach einigen Vorversuchen, wobei wir theils mit Pinsel, theils mit Klötzchen dieselbe Hautstelle erregten, in den Mittelwerthen kein in die Augen fallender Unterschied zu erkennen war.

4. Endlich ist es möglich, dass sich die Reactionszeit einer bestimmten Empfindung bei einem Individuum im Verlaufe der Jahre in bestimmter Weise ändert.

Welche von den angeführten Punkten das ausschlaggebende Moment für die Verkürzung der Reactionszeit war, ob alle Umstände zusammen diese Erscheinung hervorriefen, sind wir zu entscheiden nicht in der Lage. Hierzu müssten eigene Versuche angestellt werden.

St. In den folgenden vier Tabellen haben wir die an St. ermittelten Druckreactionszeiten zusammengestellt. Wir konnten

1) F. C. Donders, Die Schnelligkeit psychischer Prozesse. Arch. f. Anat. Physiol. etc. Jahrg. 1868 pag. 665.

nicht so viele einzelne Beobachtungen für jede Stelle vornehmen, als bei V.

Tabelle X.

Stirnmitte.

Nr. der Reihe.	Mit Ausscheidung		Ohne Ausscheidung	
	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth	Zahl der Beobachtungen	Mittelwerth
37 V.	15	0.111	13	0.111
63 V.	16	0.106	15	0.104
	31	0.109	28	0.107

Tabelle XI.

Rechte Wange.

44 N.	14	0.105	13	0.100
64 V.	17	0.101	17	0.101
	31	0.103	30	0.101

Tabelle XII.

L. H. Carpus Volarseite.

41 N.	15	0.136	13	0.137
67 V.	16	0.120	16	0.120
	31	0.128	29	0.128

Tabelle XIII.

L. H. Radialrand Dorsum.

68 N.	16	0.105	15	0.109
43 N.	15	0.113	15	0.113
	31	0.109	30	0.111

Es wurden folgende Mittelwerthe erzielt :

Stirnmitte 0.107.
 Rechte Wange 0.101.
 Volarseite des Carpus l. H. 0.128.
 Radialrand Dorsalseite l. H. 0.111.

Diese Zahlen bestätigen wiederum die Angabe, dass die Reactionszeiten zweier wenig weit von einander entfernter Stellen verschieden sind, worauf Buccola¹⁾ und einer von uns²⁾ anderenorts hingewiesen haben.

Wir gehen nun zur Betrachtung der Versuchsergebnisse über, die wir nach Application thermischer Reize erhielten.

Temperaturreactionszeit.

a) Kältereiz.

Der leichteren Uebersicht wegen besprechen wir die an beiden ermittelten Resultate gleichzeitig.

Es sind in den folgenden zwei Tabellen (pag. 177) die Reactionszeiten auf Kältereize der verschiedenen Hautstellen eingereiht.

Bei V. haben wir zur Berechnung der Mittelwerthe sowohl die mit $2\frac{1}{5}$ — $2\frac{4}{5}$ ° C., als auch die mit 5 — $5\frac{4}{5}$ ° C. angestellten Beobachtungen verwerthet; der Umstand, der uns dies gestattet, ist schon pag. 166 erörtert.

Bei St. waren die Einzelbeobachtungen weniger zahlreich. Nachdem derselbe aber in jener Periode eine grosse Uebung im Reagiren hatte, wie das die kleinen Zahlen beweisen und auch die einzelnen Werthe für eine und dieselbe Hautstelle nur sehr unbedeutend schwankten, so erachten wir die gewonnenen Mittelwerthe für vollkommen verlässlich und zu weiteren Schlussfolgerungen geeignet. (Dasselbe gilt auch für die Druckreactionszeiten.)

In der ersten Columne der folgenden Tabelle sind die Mittelwerthe angeführt, wie sie sich aus der Summe aller, auch der mehr weniger mangelhaften Beobachtungen ergeben. Diese Angabe dient zur Beurtheilung in wie weit dieselben den richtigen Mittelwerth beeinflussen konnten.

Zur Grundlage aller unserer Deductionen werden selbstverständlich nur jene Mittelwerthe benützt, welche in der letzten Columne enthalten sind.

1) Dott. G. Buccola. Sulla relazione del tempo fisiologico col senso locale cutaneo. (Lettura fatta alla R. Accademia di medicina) Torino 1881 pag. 11.

2) Vintschgau, die physiologische Reactionszeit und der Ortssinn der Haut, d. Arch. Bd. XXII 1880 pag. 87.

Tabelle XIV.

V.

 Temperatur $2\frac{1}{5}$ — $5\frac{4}{5}$ ° C.

Körpergegend	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beob.	Mittelwerth	Zahl der Beob.	Mittelwerth
Rechte Schläfe	38	0.162	37	0.160
Linke Schläfe	38	0.183	35	0.170
Stirnmitte	38	0.147	34	0.143
Rechte Wange	38	0.143	38	0.143
Linke Wange	38	0.162	34	0.151
Mitte Carpus V. S.	31	0.203	27	0.186
Antithenar	31	0.206	27	0.206
Daumenballen	31	0.206	26	0.185
Mitte des Ulnarrandes D. .	38	0.211	35	0.208
Mitte des Radialrandes D.	38	0.209	36	0.204

Tabelle XV.

St.

 Temperatur 2 — $2\frac{4}{5}$ ° C.

Körpergegend	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beob.	Mittelwerth	Zahl der Beob.	Mittelwerth
Rechte Schläfe	18	0.124	16	0.116
Linke Schläfe	18	0.135	16	0.124
Stirnmitte	18	0.116	18	0.116
Rechte Wange	17	0.125	14	0.114
Linke Wange	17	0.116	17	0.116
Mitte Carpus V. S.	17	0.152	17	0.152
Antithenar	18	0.197	14	0.186
Daumenballen	18	0.194	18	0.194
Mitte des Ulnarrandes D. .	18	0.172	15	0.179
Mitte des Radialrandes D.	17	0.172	13	0.170

Aus den in der letzten Columnne angeführten Mittelwerthen entnimmt man, dass die Reactionszeit sowohl bei V. wie auch bei St. für alle im Gesichte untersuchten Hautstellen wesentlich kürzer ist, als die an der Hand.

Bei V. beträgt der grösste Unterschied zwischen Gesicht und Hand 0.065 S., der kleinste 0.015 S. Bei St. dagegen ist der

grösste Unterschied 0.08 S., der kleinste 0.03 S. Diese Unterschiede sind demnach etwas grösser als die bei V. beobachteten.

Wenn wir nun die Kältereactionszeiten der im Gesichte untersuchten Stellen überblicken, so finden wir, dass bei V. die Reactionszeit für die Stirnmitte und für die rechte Wange am kürzesten; für beide Schläfen dagegen am längsten ist.

Für die einzelnen Stellen im Gesichte beträgt der grösste Unterschied 0.027 S., der kürzeste 0.009 St.

Bei St. sind die Differenzen zwischen den Zeiten der genannten Regionen ziemlich klein, da der grösste Unterschied nur 0.01 S. ausmacht.

In den vorliegenden Zahlen (Gesicht) ist ferner eine Erscheinung ausgeprägt, die besonders hervorgehoben zu werden verdient. Wie aus folgender kleiner Tabelle ersichtlich, sind die Reactionszeiten beider Reagirender, insbesondere V.'s auf der rechten Seite kürzer als auf der linken.

	V.	St.
Linke Schläfe	0.170	0.124
Rechte Schläfe	0.160	0.116
Linke Wange	0.151	0.116
Rechte Wange	0.143	0.114.

Hier kann es sich nicht um blossen Zufall handeln. Erstens zeigt sich ein solcher Unterschied an beiden Personen; zweitens trat derselbe regelmässig an den Wangen wie auch an den Schläfen auf und endlich drittens wird jeder Zweifel durch die Thatsache behoben, dass sich die gleiche Erscheinung bei den Wärmeversuchen (vergl. unten S. 181) an V. wie an St. wiederholt.

Nur an der rechten und linken Wange von St. tritt der Unterschied der Kältereactionszeit weniger auffallend hervor. Aber ein anderer Umstand spricht noch dafür, dass auch bei St. die rechte Wange die Kälte rascher empfand. Als nämlich die Reactionszeit für die linke Wange ermittelt wurde, hat St. in ungefähr $\frac{1}{3}$ der Beobachtungen angegeben, dass die Kälteempfindung eine schwache war; für die rechte Wange sagte er bei allen Beobachtungen „deutlich“ an.

An der Hand beträgt der grösste Unterschied zwischen den Reactionszeiten der einzelnen Stellen bei V. 0.023 und bei St. 0.044. Daraus liesse sich schliessen, dass die Kälteempfindlichkeit an der Hand von St. weniger gleichmässig als bei V. vertheilt sei.

Bei V. wurde die kürzeste Reactionszeit in der Mitte der Volarseite des Carpus und am Daumenballen, bei St. in der Mitte des Carpus Volarseite beobachtet.

Wir haben, wie schon oben S. 160 erwähnt, bei jeder Beobachtung notirt, ob die subjective Empfindung eine deutliche oder schwache oder sehr schwache war; letzterer Ausdruck wurde selten gebraucht.

Beim Durchblättern unserer Versuchsprotocolle finden wir, dass bei V. an den Wangen die Kälteempfindung bei jeder Beobachtung als deutlich bezeichnet wurde. An allen übrigen Hautstellen traf es sich wenigstens einige Male, dass die subjective Empfindung als „schwach“ angegeben war. Dieser Bezeichnung begegneten wir am häufigsten bei den Beobachtungen an der Mitte der Radialseite des zweiten Mittelhandknochens.

Bei St. war die subjective Kälteempfindung der rechten Wange bei allen Beobachtungen sehr deutlich, wie schon oben S. 178 erwähnt. Für die übrigen Hautregionen wurde die Bezeichnung „schwach“ am meisten an der linken Schläfe, linken Wange und am Daumenballen gebraucht.

Solchen Angaben über die subjectiven Empfindungen ist zwar im Allgemeinen kein hoher Werth beizulegen; in diesem Falle aber sind sie geeignet, zu überzeugen, dass an Stellen, an denen das Temperaturgefühl immer deutlich auftrat, auch die Reactionszeiten kürzer ausfielen.

Bezüglich der Schwankungen der einzelnen Beobachtungen ist zu bemerken, dass bei V. die geringsten an den Wangen und der Stirnmitte (Maximum 0.1 S.) vorkommen; die grössten an der Dorsalseite der Hand, da dieselben hier 0.2 S. übersteigen.

Bei St. sind die Schwankungen am kleinsten an der Stirnmitte, an der rechten und linken Wange und am Carpus Volarseite; an diesen Stellen erreichen dieselben niemals 0.1 S.; am Antithenar betragen sie 0.17 S.

Diese Angaben beweisen, dass St. im Allgemeinen etwas gleichförmiger reagirte als V.

b) Wärmereiz.

Die Hautstellen, die wir mit Kälte, haben wir auch mit Wärme geprüft. Die bei beiden Reagirenden erzielten Resultate sind in folgenden zwei Tabellen zusammengestellt.

Tabelle XVI.

V.

Temperatur 48—49° C.

Körpergegend	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beob.	Mittelwerth	Zahl der Beob.	Mittelwerth
Rechte Schläfe	44	0.171	40	0.166
Linke Schläfe	41	0.189	37	0.185
Stirnmitte	44	0.163	36	0.144
Rechte Wange	44	0.159	43	0.154
Linke Wange	45	0.161	43	0.158
Mitte Carpus V. S.	30	0.218	26	0.205
Antithenar	30	0.216	29	0.208
Daumenballen	30	0.251	30	0.251
Mitte des Ulnarrandes D. . .	45	0.252	41	0.246
Mitte des Radialrandes D. .	43	0.242	39	0.233

Tabelle XVII.

St.

Temperatur 48—49° C.

Körpergegend.	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung	
	Zahl der Beob.	Mittelwerth	Zahl der Beob.	Mittelwerth
Rechte Schläfe	27	0.136	26	0.132
Linke Schläfe	27	0.153	25	0.138
Stirnmitte	34	0.133	32	0.128
Rechte Wange	33	0.134	30	0.117
Linke Wange	34	0.154	32	0.146
Mitte Carpus V. S.	11	0.173	11	0.173
Antithenar	11	0.206	11	0.206
Daumenballen	11	0.175	11	0.175
Mitte des Ulnarrandes D. . .	30	0.201	26	0.199
Mitte des Radialrandes D. .	31	0.206	27	0.196

Vor Allem ist aus diesen Tabellen zu entnehmen, dass bei beiden Reagirenden die Wärmeempfindung im Gesichte rascher signalisirt wird, als an der Hand. Es bietet sich also die gleiche Erscheinung, wie bei den Kälteversuchen.

Der grösste Unterschied zwischen der Reactionszeit im Gesichte und an der Hand beträgt bei V. 0.107 S., bei St. 0.089 S., der kleinste bei V. 0.060, bei St. 0.027 S.

Vergleichen wir diese Zahlen mit den für die Kältereactionszeit (vergl. oben S. 177) angeführten, so ergibt sich, dass bei St. der Unterschied der Kälte- und Wärmereactionszeit zwischen Gesicht und Hand gleich bleibt; bei V. hat sich dagegen dieser Unterschied für den Wärmereiz wesentlich vergrössert. Es scheint demnach, dass an der Hand V.'s die Empfindlichkeit für Wärme geringer entwickelt sei als für Kälte.

Bei beiden Reagirenden wird der Wärmereiz von den verschiedenen Gesichtsstellen aus ungleich rasch signalisirt. Bei V. fanden wir die Reactionszeit am kürzesten in der Mitte der Stirne, etwas länger an den beiden Wangen, am längsten an den beiden Schläfen. Bei St. die kürzeste Reactionszeit an der rechten, die längste an der linken Wange. Der grösste Unterschied beträgt bei V. im Gesichte 0.41, der kleinste 0.010; bei St. der grösste 0.029, der kleinste 0.004 S.; es ist somit bei St. dieser Unterschied weniger auffallend als bei V.

Wenn wir diese Zahlen mit jenen vergleichen, die wir oben pag. 178 beim Kältereiz erhielten, so ergibt sich, dass die Unterschiedswerthe der Wärmereactionszeiten sich höher stellen.

Ferner äussert sich wieder bei unseren Wärmeversuchen die bereits erwähnte Erscheinung, dass die Reactionszeit an der rechten Seite durchwegs kürzer als an der linken ausfällt, in prägnanter, durch beifolgende kleine Uebersicht veranschaulichter Weise.

	V.	St.
Linke Schläfe	0.185	0.138
Rechte Schläfe	0.166	0.132
Linke Wange	0.158	0.146
Rechte Wange	0.154	0.117.

Wenn auch die Unterschiede zwischen rechts und links in manchen Fällen nicht gross sind, so spricht doch die Constanz der Erscheinung bei beiden Reagirenden dafür, dass wir es hier mit einer physiologischen Thatsache zu thun haben, die bald mehr bald weniger ausgeprägt ist¹⁾.

Das Vorherrschen der längeren Reactionszeiten an der linken Gesichtshälfte lässt sich auch, abgesehen vom Vergleiche der Mittel-

1) Vergl. auch Tab. XXIII, in welcher für Schläfe und Wange beider Gesichtsseiten die zwei Gesamtmittelwerthe angeführt sind.

werthe, sehr deutlich durch eine zuerst von R. Tigerstedt und J. Bergqvist¹⁾ angegebene Methode illustriren.

Wir haben nach diesem Principe zwei Tabellen entworfen, eine für den Kälte-, die andere für den Wärmereiz. In der obersten horizontalen Columnne ist die Zeit von je 20 zu 20 Tausendstel Sekunden eingetragen, während die Zahl der in die entsprechenden Zeitintervalle fallenden Beobachtungswerthe in den verticalen Reihen registrirt ist²⁾. Goldscheider (cit. ob. pag. 165), der an sich selbst experimentirte, giebt an (pag. 60), dass bei ihm die Temperaturempfindlichkeit an der Wangenmitte und Jochbogen links stärker sei als rechts.

Tabelle XVIII.

Kältereiz.

Reagirende	Körpergegend	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	Gesamtzahl
V.	Rechte Schläfe.	—	4	7	7	9	5	2	3	—	—	—	37
	Linke Schläfe..	—	3	6	5	9	4	1	3	2	—	2	35
	Rechte Wange.	1	5	9	14	9	—	—	—	—	—	—	38
	Linke Wange..	—	3	5	16	6	4	—	—	—	—	—	34
St.	Rechte Schläfe.	4	5	5	1	—	1	—	—	—	—	—	16
	Linke Schläfe..	3	5	4	2	1	1	—	—	—	—	—	16
	Rechte Wange.	4	4	4	2	—	—	—	—	—	—	—	14
	Linke Wange..	2	9	4	2	—	—	—	—	—	—	—	17

Tabelle XIX.

Wärmereiz.

Reagirende	Körpergegend.	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	Gesamtzahl.
V.	Rechte Schläfe.	—	2	5	11	9	7	5	—	1	—	—	40
	Linke Schläfe.	—	—	2	8	7	11	2	5	1	1	—	37
	Rechte Wange.	1	2	10	15	10	2	2	—	1	—	—	43
	Linke Wange.	1	4	5	15	9	6	3	—	—	—	—	43
St.	Rechte Schläfe.	3	5	9	6	1	2	—	—	—	—	—	26
	Linke Schläfe.	3	2	8	7	4	1	—	—	—	—	—	25
	Rechte Wange.	8	6	13	3	—	—	—	—	—	—	—	30
	Linke Wange.	2	7	8	7	3	2	—	1	1	1	—	32

1) Dr. R. Tigerstedt und stud. med. J. Bergqvist, zur Kenntniss der Apperceptionsdauer zusammengesetzter Gesichtsvorstellungen, Zeitschrift für Biologie Bd. XIX pag. 23 des Separatabdruckes; (die Methode, die Versuchsergebnisse zu berechnen).

2) Da die Zahl der Beobachtungen für die zwei miteinander verglichenen Stellen nahezu dieselbe ist, so unterliessen wir die Berechnung in ‰.

Wir analysiren nun die Resultate für die Stellen an der Hand.

Bei V. fanden wir die kürzeste Reactionszeit an der Carpusmitte, Volarseite und Mitte der Radialseite des zweiten Mittelhandknochens, der grösste Unterschied beträgt 0.046 S.; er übertrifft also den für die Kältereactionszeiten ermittelten.

Bei St. wurde die kürzeste Reactionszeit am Carpus Mitte Volarseite und am Daumenballen gefunden; der grösste Unterschied beträgt 0.033 S., stimmt somit ziemlich mit jenem, den wir für die Kälte erhielten.

Es ist weiter zu bemerken, dass bei beiden Reagirenden die Empfindung an den Wangen ohne Ausnahme als deutlich bezeichnet wurde. An allen übrigen Körperstellen dagegen wurde ziemlich oft „schwach“ angesagt; so wurde z. B. bei V. diese Bezeichnung an zwei Hautstellen (Mitte Carpus Volarseite und am Daumenballen) in zwei Drittel der Fälle gebraucht; St. gab an „schwach“ fast bei allen Beobachtungen am Carpus und an der Mitte des fünften Mittelhandknochens.

Bzüglich der Schwankungen zwischen den einzelnen Beobachtungen gilt folgendes: bei V. sind sie im Allgemeinen grösser als die bei Kältereizen. Im Gesichte übersteigen sie kaum 0.1 S.; an der Hand sind sie am grössten, 0.3 S. und darüber. Bei St. verhalten sich die Einzelbeobachtungen der Art, dass die grösste Schwankung an der Stirne, rechten Wange, in Mitte Carpus und Mitte des Antithenars niemals 0.1 S. betrifft, während sie an allen übrigen Stellen wohl den Werth von 0.1 S. übersteigt, aber nur an der linken Wange 0.2 S. erreicht. Bei St. sind somit die Differenzen zwischen den einzelnen Beobachtungen wesentlich kleiner, woraus hervorgeht, dass St. auf Wärme- wie auf Kältereize gleichmässiger reagirte als V.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Volar- und Dorsalseite der Hand war bei beiden Reagirenden mit Sicherheit nicht festzustellen.

Es erübrigt uns schliesslich, noch auf einige Stellen aufmerksam zu machen, die durch ihre lange Reactionszeit ein gewisses Interesse erwecken. Es sind dies die Dorsalflächen der metacarpalen und phalangealen Gelenke, auf deren geringe Temperaturempfindlichkeit bereits Goldscheider (pag. 61 Tab.) hingewiesen hat. Die Werthe, die wir z. B. am metacarpalen Gelenk

des Mittelfingers erhielten, waren vorzugsweise nach Kältereizen sehr hoch und schwankend; in einigen Fällen wurde die Empfindung selbst nach einer Sekunde nicht signalisirt. Weniger hoch und etwas regelmässiger waren die Wärmereactionszeiten.

Tabelle XX.

Metacarpales Gelenk des Mittelfingers.

Dorsalseite.

Reagirende.	Kältereiz $3\frac{2}{5}-6^{\circ}$ C.				Wärmereiz			
	ohne Aus- scheidung.		mit Aus- scheidung.		ohne Aus- scheidung.		mit Aus- scheidung.	
	Zahl der Beob.	Mit- tel- werth.	Zahl der Beob.	Mit- tel- werth.	Zahl der Beob.	Mit- tel- werth.	Zahl der Beob.	Mit- tel- werth.
V.	10	0.857	8	0.587	12	0.297	12	0.297
St.	14	0.569	11	0.379	8	0.360	8	0.360

Selbstverständlich wurden diese Beobachtungen bei gleicher Haltung und zwar bei mässig gestreckter, auf der Unterlage ruhender Hand vorgenommen. Jede Veränderung der Gelenklage zieht ohne Zweifel einen Wechsel in der Ausdehnung der Betastungsfläche nach sich, wodurch allein schon Veranlassung zu grösseren Schwankungen gegeben wäre.

Für einen so geringen Grad von Temperatursinn, wie er durch obige Zahlenwerthe veranschaulicht wird, kann nun die Dicke der Epidermis nicht verantwortlich gemacht werden, nachdem wir nicht sehr weit von den metacarpalen Gelenken an Stellen, die durchaus keinen dickeren epidermoidalen Ueberzug haben, viel kleinere Werthe ermittelten; wir verweisen auf die Mitte des fünften Mittelhandknochens, und Mitte der Radialseite des zweiten Mittelhandknochens (V. 0.208 und 0.204; St. 0.170 und 0.179 S.).

Vergleich zwischen Kälte- und Wärmereactionszeit.

In folgenden zwei Tabellen ist für je eine geprüfte Stelle die Reactionszeit auf Wärme und auf Kälte nebeneinander gestellt und nebst dem der Unterschied beider angegeben.

Tabelle XXI.

V.

Körpergegend	Temp.	$\frac{dw}{dt}$	Unterschied der Reactions- zeiten
	48—49°	2 $\frac{1}{5}$ —5 $\frac{4}{5}$	
Rechte Schläfe	0.166	0.160	+0.006
Linke Schläfe	0.185	0.170	+0.015
Stirnmittle	0.144	0.143	+0.001
Rechte Wange	0.154	0.143	+0.011
Linke Wange	0.158	0.151	+0.007
Mitte Carpus V. S.	0.205	0.186	+0.019
Antithenar	0.208	0.206	+0.002
Daumenballen	0.251	0.185	+0.066
Mitte des Ulnarrandes D. . .	0.246	0.208	+0.038
Mitte des Radialrandes D. .	0.233	0.204	+0.029

Tabelle XXII.

St.

Körpergegend	Temp.	Temp.	Unterschied der Reactions- zeiten
	48—49°	2—2 $\frac{4}{5}$	
Rechte Schläfe	0.132	0.116	+0.016
Linke Schläfe	0.138	0.124	+0.014
Stirnmittle	0.128	0.116	+0.012
Rechte Wange	0.117	0.114	+0.003
Linke Wange	0.146	0.116	+0.030
Mitte Carpus V. S.	0.173	0.152	+0.021
Antithenar	0.206	0.186	+0.020
Daumenballen	0.175	0.194	—0.019
Mitte des Ulnarrandes D. . .	0.199	0.179	+0.020
Mitte des Radialrandes D. .	0.196	0.170	+0.026

Vor den Zahlen der vierten Columne dieser beiden Tabellen sind die Zeichen + und — angebracht, um auf den ersten Blick erkenntlich zu machen, welche der Reactionszeiten für die betreffende Region länger oder kürzer sei.

Diese zeigen nun, dass auf eine Kälteerregung rascher reagiert wird als auf einen Wärmereiz. Von allen Beobachtungen macht einzig und allein der Daumenballen St.'s eine Ausnahme.

Nachdem übrigens die Differenzen beider Reactionszeiten in einigen Fällen geringfügiger Art sind, so dürfte mehr das constante Auftreten obiger Erscheinung als Stütze für unsere Behauptung dienen.

Bei St. erreicht der Unterschied einmal 0.03 S., bei V. dagegen in einem Falle beinahe 0.07 S.

Bei beiden Reagirenden, vorzüglich bei V. ist der Unterschied beider Zeiten im Allgemeinen grösser an der Hand als im Gesichte.

Wir wollen nun einiger literarischer Angaben Erwähnung thun, die auf unsern Gegenstand Bezug nehmen.

J. Pollitzer¹⁾ hat Messungen vorgenommen, die nach dem uns vorliegenden Berichte allerdings mit unseren Temperaturreactionsversuchen nicht verglichen werden können. Ein zwischen der constanten Wärmequelle und dem zu prüfenden Körpertheil befindlicher Schirm wurde entfernt und nun die bis zur Wahrnehmung der strahlenden Wärme verstreichende Zeit mit einem Chronometer gemessen. Die von Pollitzer auf diese Weise erhaltenen Zeiten sind sehr gross, übersteigen immer eine Sekunde, erreichen sogar an manchen Stellen bei manchen Personen den Werth von 14 S.

Nach dem Berichte über eine italienische Abhandlung²⁾, die uns im Original nicht zugänglich ist, fand Herzen, dass die Reactionszeit einer Wärmeempfindung nahezu doppelt so lang ist als die einer Kälteempfindung. Nach unseren Beobachtungen ergibt sich auch ein Unterschied zwischen Wärme und Kälte; er ist wohl constant, aber viel niederen Grades. In dem angezogenen Refe-rate ist übrigens weder von der Versuchsmethode Herzen's die Rede, noch sind die numerischen Daten und die untersuchten Stellen angeführt. Nachdem dasselbe auch für eine später in diesem Archive von Herzen³⁾ veröffentlichte Mittheilung gilt, in der sich unter anderem nur wenige Bemerkungen über Unterscheidungs-

1) Pollitzer S., On the temperaturesense etc. Journal of physiol. V. pag. 143 nach Hofmann und Schwalbe, Jahresb. über die Fortschritte der Physiol. XIII. Bd. Literatur 1884 II. Abth. Physiol. pag. 229.

2) Herzen A., Nuove osservazioni sul senso termico. Sperimentale XLIV pag. 354. Hofmann und Schwalbe, Jahresber. über die Fortschritte der Physiol. VIII. Bd. Literatur 1879 pag. 181.

3) Herzen A., Ueber die Spaltung des Temperatursinns in zwei gesonderte Sinne d. Arch. Jahrg. 1886, Bd. XXXVIII p. 93.

empfindlichkeit von Kälte und Wärme finden, so entziehen sich diese Angaben einer vergleichenden Verwerthung.

Wir haben bereits mitgetheilt, dass uns die Veröffentlichung des Goldscheider'schen Vortrages¹⁾ zu einer Zeit bekannt wurde als unsere Untersuchung bereits abgeschlossen und das Manuscript in Arbeit war. Um die kurzen Angaben des Vortrages möglichst zu berücksichtigen, wurden sie in den Rahmen dieser Schlussbetrachtungen einbezogen.

Die Mittelwerthe, die Goldscheider für die Gegend des äusseren Augenwinkels und den anliegenden Wangenthail erhielt, sind ganz geeignet, mit unseren Reactionszeiten für Schläfen und Wangen verglichen zu werden. Weniger ist dies der Fall zwischen den Mittelwerthen Goldscheider's für die obere Extremität und den Zahlen, die wir am Carpus Volare ermittelten.

Wir haben nun in folgender Tabelle die von Goldscheider und von uns gewonnenen Mittelwerthe zusammengestellt.

Um den Angaben Goldscheider's bezüglich der geprüften Stellen mehr zu entsprechen, haben wir aus unseren Werthen für Schläfe und Wange beider Gesichtsseiten zwei Gesamtmittelwerthe berechnet und diese unter der Bezeichnung „rechte und linke Gesichtsseite“ in die Tabellen eingetragen.

Tabelle' XXIII.

Körperregion	Nach Goldscheider		Beobachtungen an V.		Beobachtungen an St.	
	Wärme	Kälte	Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
Gesicht	0.190	0.135	—	—	—	—
Rechte Seite des Gesichtes	—	—	0.160	0.152	0.124	0.115
Linke Seite des Gesichtes	—	—	0.170	0.161	0.142	0.120
Obere Extremität	0.270	0.150	—	—	—	—
Carpalgegend . .	—	—	0.205	0.186	0.173	0.152

Die Gruppierung der Resultate zeigt, dass die Goldscheider'schen Mittelwerthe meistens grösser sind als die unsrigen.

1) Goldscheider, cit. ob. pag. 152.

Die Unterschiede scheinen aber im Allgemeinen der Art zu sein, dass sie theils in den immer bestehenden individuellen Verschiedenheiten ihre Erklärung finden, theils durch den Umstand bedingt sind, dass nicht ganz homonyme Stellen untersucht wurden und auch die Versuchsmethoden von einander abwichen.

Vergleich zwischen Temperatur- und Druckreactionszeit.

Zu diesem Vergleiche zogen wir selbstverständlich nur jene Mittelwerthe heran, die nach Ausscheidung aller mehr weniger zweifelhafter Beobachtungen berechnet wurden.

Tabelle XXIV.

V.

Körpergegend	Wärme 48—49	Druck	Unter- schied	Kälte	Druck	Unter- schied
Rechte Schläfe . . .	0.166	} 0.119	0.047	0.160	} 0.119	0.041
Linke Schläfe . . .	0.185		0.066	0.170		0.051
Stirnmitte . . .	0.144		0.025	0.143		0.024
Rechte Wange . . .	0.154	} 0.119	0.035	0.143	} 0.119	0.024
Linke Wange . . .	0.158		0.039	0.151		0.032
Mitte Carpus V. S. .	0.205		0.079	0.186		0.060
Antithenar . . .	0.208	} 0.126	0.082	0.206	} 0.126	0.080
Daumenballen . . .	0.251		0.125	0.185		0.059
Mitte des Ulnar- randes D.	0.246		0.123	0.208	} 0.123	0.085
Mitte des Radial- randes D.	0.233	} 0.123	0.110	0.204		0.081

Tabelle XXV.

St.

Körpergegend	Wärme 48—49	Druck	Unter- schied	Kälte	Druck	Unter- schied
Rechte Schläfe . . .	0.132	} 0.107	0.025	0.116	} 0.107	0.009
Linke Schläfe . . .	0.138		0.031	0.126		0.017
Stirnmitte . . .	0.128		0.021	0.116		0.009
Rechte Wange . . .	0.117	} 0.101	0.016	0.114	} 0.101	0.013
Linke Wange . . .	0.146		0.045	0.116		0.015
Mitte Carpus V. S. .	0.173		0.045	0.152		0.024
Antithenar . . .	0.206	} 0.128	0.078	0.186	} 0.128	0.058
Daumenballen . . .	0.175		0.047	0.194		0.066
Mitte des Ulnar- randes D.	0.199		0.088	0.179	} 0.111	0.068
Mitte des Radial- randes D.	0.196	} 0.111	0.085	0.170		0.059

Aus vorstehenden Tabellen geht hervor, dass auf einen Temperaturreiz durchwegs später reagirt wird als auf einen Druckreiz. Die theoretischen Ausführungen auf pag. 168 u. f. entheben uns, dieses Resultat einer eingehenderen Besprechung zu unterziehen.

Dass bei uns beiden die Differenz von Temperatur und Druckreactionszeit für die Stellen des Gesichtes kleiner ist als für die an der Hand geprüften Partien, findet seine Begründung in der Thatsache, dass von letzteren aus, wie wiederholt hervorgehoben, die thermische Erregung viel langsamer signalisirt wurde.

Aus ähnlichen Gründen sind im Allgemeinen die Differenzen bei St. immer kleiner als bei V.

Es war überhaupt zu erwarten, dass der in Rede stehende Unterschied sich an allen jenen Stellen auf das Minimum reducire, für welche von jenen Bedingungen, die wir pag. 159 ausführlich besprochen, die günstigsten herrschten. Die Versuchsergebnisse haben diese Annahme bestätigt. Es erreicht z. B. die Differenz zwischen Kälte und Druckreactionszeit bei St. im Gesichte niemals 0.02 S., in einigen wenigen (2) Fällen erreicht dieselbe kaum 0.01 S.

Als weitere Belege für die eingangs angeführte Behauptung können ferner jene Beobachtungen gelten, wobei der Reagirende (St.) die ausdrückliche Angabe machte, dass die durch das Thermophor gesetzten Reize, Druck und Temperaturreiz gleichzeitig zur Wahrnehmung gelangten. Aus solchen Beobachtungszahlen wurden folgende Mittelwerthe berechnet:

Den meisten Fällen begegneten wir an der Stirnmitte.

Kältereiz 7 Beob. Mittelwerth 0.142 S.

Wärmereiz 6 „ „ 0.120 „

An der rechten Wange

Kältereiz 3 Beob. Mittelwerth 0.123 S.

Wärmereiz 4 „ „ 0.120 „

An der rechten Schläfe

Kältereiz 4 Beob. Mittelwerth 0.138 S.

Es stellt sich nun heraus, dass alle voranstehenden Werthe grösser sind als die für dieselben Hautstellen erzielten Mittelwerthe der einfachen Druckreactionszeit.

Einfluss des Unwohlseins auf die Druckreactionszeit.

Wir ergriffen zufällig sich darbietende Gelegenheit, um den Einfluss des Unwohlseins auf die Druckreactionszeit zu studiren.

Die Versuche wurden mit der oben pag. 168 beschriebenen Vorrichtung an der Stirnmitte und rechten Wange angestellt. In folgenden zwei Tabellen sind die Mittelwerthe der einzelnen Reihen zusammengestellt und zur Erleichterung des Vergleichs die normalen Reactionszeiten angereiht.

Tabelle XXVI.

St.

Stirnamitte.

	Ohne Ausscheidung		Mit Ausscheidung					
	Zahl der Beob.	Mittelwerth.	Zahl der Beob.	Mittelwerth.	Max.	Min.	Unterschied	
Nr. 37 u. 63.	31	0.109	28	0.107	0.143	0.074	0.069	Normales Befinden. Körperliche Mattigkeit.
Nr. 71 10./V. 1887 N.	14	0.119	14	0.119	0.144	0.078	0.066	
Nr. 77 11./V. 1887 N.	16	0.133	15	0.129	0.149	0.107	0.042	
	30	0.127	29	0.125				Unwohlsein.
Nr. 95 28./VI. 1887 N.	16	0.133	15	0.128	0.168	0.094	0.074	
Nr. 97 28./VI. 1887 N.	15	0.160	14	0.152	0.198	0.110	0.088	
	31	0.146	29	0.139				

Rechte Wange.

Nr. 39 31./III. 1887 V.	15	0.137	13	0.140	0.183	0.109	0.074	Kopfschmerz. Normales Befinden.
Nr. 44 31./III. 1887 N.	14	0.105	13	0.100	0.115	0.078	0.037	
Nr. 64 6./IV. 1887 V.	17	0.101	17	0.101	0.123	0.068	0.055	
	31	0.103	30	0.101				Unwohlsein.
Nr. 74 10./V. 1887.	12	0.131	11	0.124	0.148	0.087	0.061	
Nr. 78 11./V. 1887.	17	0.144	17	0.144	0.174	0.115	0.059	
	31	0.139	28	0.136				

Es ist ersichtlich, dass sich die Reactionszeit in Folge von leichtem Unwohlsein verlängert hat. Die Verlängerung beträgt bei der Stirnmitte 0.032, bei der rechten Wange 0.035 S.

Bei der einen Beobachtung an der Wange trat diese Erscheinung in ein noch helleres Licht.

An einem Vormittag klagte St. über heftige Kopfschmerzen, die mittlere Reactionszeit betrug 0.140 S.; am Nachmittag desselben Tages hatten die Schmerzen vollständig nachgelassen und nun sank die mittlere Reactionszeit auf 0.100 S., welche Zahl auch mit

jener vollständig übereinstimmt, die wenige Tage darauf bei ganz normalem Befinden erhalten wurde.

Folgende Tabellen (nach der Methode Tigerstedt und Bergqvist entworfen) veranschaulichen ferner, dass ebenso wie die beobachteten Maxima und Minima sich auch die einzelnen Reactionszeiten beim Unwohlsein resp. allgemeiner körperlicher Mattigkeit durchgehends höher stellen.

Tabelle XXVII.

St. Stirnmitte.

	Zeit von je 20 zu 20 tausendstel Secunden	60	80	100	120	140	160	180	Zahl der Beobacht.	Anmerkungen
I	Allgemeines Befinden normal . .	1	7	14	5	1	—	—	28	
II	Körperliche Mattigkeit	1	2	7	10	9	—	—	29	
III	Unwohlsein	—	1	6	8	8	4	2	29	Diese Beobachtungen wurden ungefähr 5 Wochen später angestellt, als jene sub II.

St. Rechte Wange.

I	Kopfschmerz . .	—	—	2	6	2	4	1	13	Am Vormittag.
II	Allgemeines Befinden normal . .	1	6	6	—	—	—	—	13	Am Nachmittag desselben Tages von Nr. I.
III	Allgemeines Befinden normal . .	2	6	6	3	—	—	—	17	Einige Tage nach den Reihen I und II.
IV	Unwohlsein	—	1	3	15	5	4	—	28	Ein Monat nach der Reihe III u. zwar an denselben Tagen mit Nr. II der vorhergehenden Tabelle.

An normalen Tagen fielen die meisten Beobachtungen an der Wange und an der Stirne zwischen 0.080 und 0.119 S.; bei abnormalem Befinden hingegen an der Wange zwischen 0.120 und 0.139, an der Stirne zwischen 0.100 und 0.149 S.

Nachdem die gewonnenen Mittelwerthe in den Tabellen und im Texte eine genügende Berücksichtigung gefunden haben, so fassen wir an letzter Stelle die hauptsächlichlichen Resultate in folgenden, allgemeinen Schlussfolgerungen zusammen.

Sehr hoher (Wangen) und sehr niedriger Temperaturempfindlichkeit (Metacarpal-Gelenke) entspricht die Temperatur-Reactionszeit durch auffallend kurze resp. lange Werthe.

Unterschiede in der Erregungstemperatur von 2–4° C. üben auf die Reactionszeit keinen Einfluss.

Wiederholte kurze Kälteapplicationen stumpfen den Kältesinn ab und verlängern in demselben Masse die Kältereactionszeit.

Erhöhung der Eigentemperatur durch wiederholte, kurze Wärme-reize beeinflusst an den Wangen — Stellen mit sehr gut entwickelter Temperaturempfindlichkeit — weder den Wärmesinn noch die Wärmereactionszeit.

Die Temperatur-Reactionszeiten (Wärme und Kälte) an der Hand sind länger als die am Gesichte.

An der rechten Gesichtshälfte wird auf Wärme und auf Kälte rascher reagirt wie an den correspondirenden Stellen der linken Gesichtshälfte.

Für dieselben Körperregionen sind erstens die Temperatur-reactionszeiten (Kälte und Wärme) länger als die Druckreactionszeiten — und zweitens die Wärmereactionszeiten länger als die Kältereactionszeiten.

Unwohlsein beeinflusst die Reaction auf Druckreize im Sinne einer Verzögerung.

Anhang.

I.

25. Mai 1887. Vorm.

Stirnmitte. Kältereiz.

Die Stelle wird von Minute zu Minute betupft. Zimmertemperatur 17°.

Subjective Gefühle normal.

Nr.	Zeit	Temp.	Subjective Empfindung des Reizes	Angabe wie reagirt wurde	Reactionszeit	Anmerkungen
1	11. 10	22 $\frac{2}{5}$	schwach	gut	0.120	eine benachbarte Stelle betupft
2	11	23 $\frac{3}{5}$	"	"	0.160	
3	12	"	"	"	0.142	
4	13	24 $\frac{4}{5}$	deutlich	"	0.206?	
5	14	23 $\frac{3}{5}$	schwach	"	0.211	
6	15	"	"	"	0.145	ausgeschieden
7	16	"	deutlich	"	0.195	
8	17	"	"	"	0.262	
9	18	24 $\frac{4}{5}$	sehr schwach	zu früh	0.178?	
10	19	"	deutlich	gut	0.330	
11	20	23 $\frac{3}{5}$	schwach	zu früh	0.225	
12	21	"	"	gut	0.500	
13	22	"	?	?	?	
14	23	"	schwach	zu früh	0.356	
15	24	24 $\frac{4}{5}$	"	gut	0.442	

II.

25. Mai 1887. Vorm.

Rechte Wange. Kältereiz.

Die übrigen Angaben wie beim vorhergehenden Versuch.

Nr.	Zeit	Temp.	Subjective Empfindung des Reizes	Angabe wie reagirt wurde	Reactionszeit	Anmerkungen
1	11.42	23 $\frac{3}{5}$	deutlich	spät	0.271	ausgeschieden
2	43	24 $\frac{4}{5}$	"	gut	0.145	
3	44	23 $\frac{3}{5}$	schwach	"	0.202	
4	45	"	"	"	0.254	
5	46	22 $\frac{2}{5}$	"	"	0.219	
6	47	23 $\frac{3}{5}$	"	"	0.309	
7	48	"	"	zu früh	0.362	
8	49	"	deutlich	gut	0.424	
9	50	"	schwach	"	0.299	
10	51	"	"	"	0.345	
11	52	24 $\frac{4}{5}$	"	"	0.510	
12	53	23 $\frac{3}{5}$	"	"	0.365	
13	54	24 $\frac{4}{5}$	"	"	0.515	
14	55	"	"	"	0.574	
15	56	3	"	spät	0.592	

III.

4. Juli 1887. Nachm.

Stirnmitte. Wärmereiz.

Die Stelle wird von Minute zu Minute gereizt. Der Tag ziemlich schwül.
Zimmertemperatur 20° C. An der Stirne und im Gesichte leichte Schweiss-
secretion.

Nr. der Beob.	Zeit	Temp.	Subjective Em- pfindung des Reizes	Angaben wie reagirt wurde	Werth	Anmerkungen
1	3 06	49	deutlich	zu früh	0.124	
2	" 07	"	"	gut	0.102	
3	" 08	"	"	"	0.123	
4	" 09	"	schwach	zu früh	0.125	
5	" 10	48 ⁴ / ₅	deutlich	gut	0.127	
6	" 11	"	schwach	"	0.113	
7	" 12	"	"	"	0.358	
8	" 13	49	"	"	0.179	
9	" 14	"	deutlich	"	0.238	
10	" 15	"	schwach	"	0.131	
11	" 16	"	deutlich	"	0.240	
12	" 17	"	"	spät	0.181	
13	" 18	"	"	gut	0.173	
14	" 19	"	?	?	0.171?	wahrschl. auf Berühr. reagirt
15	" 20	"	deutlich	gut	0.390	
16	" 21	"	schwach	"	0.352	
17	" 22	"	deutlich	"	0.346	
18	" 23	"	"	spät	0.277	ausgeschieden
19	" 24	"	"	zu früh	0.205	

IV.

4. Juli 1887. Nachm.

Rechte Wange. Wärmereiz.

Die übrigen Angaben wie beim vorhergehenden Versuch.

Nr.	Zeit	Temp.	Subjective Em- pfindung des Reizes	Angabe wie reagirt wurde	Reac- tions- zeit	Anmerkungen
1	3.49	48 ⁴ / ₅	deutlich	gut	0.246	ausgeschieden
2	50	"	"	"	0.151	
3	51	"	"	"	0.155	
4	52	"	"	"	0.160	
5	53	"	"	"	0.160	
6	54	"	"	"	0.142	
7	55	49	"	"	0.183	
8	56	"	"	"	0.167	
9	57	"	"	"	0.165	
10	58	"	"	"	0.150	
11	59	"	"	"	0.134	
12	4.00	"	"	"	0.165	
13	01	"	"	"	0.169	
14	02	"	"	"	0.140	
15	03	"	"	"	0.140	
16	04	"	"	"	0.130	