

Zur Psychophysiologie der Mundhöhle.

Von

F. Kiesow.

Mit 3 Figuren im Text.

In meiner Abhandlung »Ueber die Wirkung des Cocains und der Gymnemasäure auf die Schleimhaut der Zunge und des Mundraums«¹⁾ habe ich auf eine Stelle der Wangenschleimhaut hingewiesen, welche sich mir bei mechanischer Reizung durch Nadelstiche als völlig schmerzfrei erwies. Durch M. von Frey ist dieser Befund bestätigt worden²⁾. Derselbe konnte aber weiter zeigen, dass die betreffende Stelle auch bei tetanischer Reizung mit der Drahtelektrode durch den faradischen Strom schmerzfrei ist. Seine eigenen Worte hierüber lauten: »Man kann hier den Strom so verstärken, dass die Muskeln der Wange in heftigsten Tetanus gerathen und die Erregung bis in den Oberkiefer ausstrahlt, ohne dass eine Spur von Schmerzhaftigkeit an der Applicationsstelle der Elektrode auftritt«³⁾. In der That ist der von Frey'sche Versuch sehr geeignet, die Unempfindlichkeit dieser Stelle für elektrische Schmerzreize in auffälligster Weise hervortreten zu lassen.

1) Philos. Studien, Bd. IX. S. 510 ff.

2) M. von Frey, Beiträge zur Physiologie des Schmerzsinnes. Berichte d. math.-phys. Classe d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig. Sitzung vom 2. Juli 1894. S. 196. 2. Mitth. S. 180. — (In der Folge sind die hier veröffentlichten Arbeiten von Frey's einfach als »Ber. etc.« citirt.)

3) M. von Frey, Ber. etc. Sitz. v. 3. Dec. 1894. S. 293.

Von mehreren Seiten aufgefordert, diese Stelle näher zu beschreiben und sie einer eingehenderen Prüfung zu unterwerfen, habe ich theils zu Turin, theils während eines Ferienaufenthaltes im physiologischen Institute zu Zürich eine Reihe von Versuchen ausgeführt, mit denen ich dem mir ausgesprochenen Wunsche, soweit in meinen Kräften steht, entgegengekommen zu sein hoffe. Den größten Theil dieser Versuche habe ich an mir selber ausgeführt. Für die Freundlichkeit, mit der mir auch andere Personen ihre Hülfe liehen, veräume ich nicht, ihnen schon an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Die Namen derselben sind in jedem einzelnen Falle angegeben.

Zum Offenhalten des Mundes leistete mir ein modificirter Dwyerscher Mundöffner gute Dienste. Man erreicht aber meistens den gleichen Zweck, wenn man ein passend zugeschnittenes Korkstück oder einige Lagen von Radirgummi zusammengebunden zwischen die Zahnreihe der nicht gerade dem Versuch unterworfenen Mundseite schiebt. Wo eine Abweichung von dieser Anordnung nöthig wurde, ist diese unten angegeben. Selbstbeobachtungen wurden vor einem Spiegel angestellt. Ich selbst benutzte vielfach einen Concavspiegel.

Sucht man diese Stelle, so findet man sie bei elektrischer Reizung mit dem Inductionsstrom leicht, wenn man bei geöffnetem Munde vom Mundwinkel aus mit der Elektrode¹⁾ in gerader Richtung etwa bis zum Anfang oder zur Mitte des unteren zweiten Molarzahns fortgeht. Sie zieht sich von hier, wie schon in der oben citirten Arbeit angegeben²⁾, in einem schmälern Streifen in der Richtung zum Mundwinkel hin ein Stück fort.

Nach meinen eigenen Beobachtungen gewann ich die Vorstellung, dass diese Schleimhautstelle zum Theil mit derjenigen zusammenfällt, die auf der Außenseite der Wange von der oberflächlichen Schicht der Gesichtsmuskeln unbedeckt bleibt und hier, wie die Figur 1 zeigt, von den Muskeln Zygomaticus major, Triangularis und Risorius Santorini umschlossen wird. Zu dem gleichen Ergebniss gelangten bei einer Nachprüfung an sich selbst die Herren Stabsarzt Dr. med. Ostini und Dr. med. Volpino. Meine eigene Anschauung wurde

1) Die Beschreibung der verwandten Elektrode siehe unten, S. 576.

2) S. 512.

durch eine Einsicht in die Sammlung der Präparate auf der anatomischen Anstalt zu Turin bestärkt. An der frischen Leiche habe ich bisher leider keinen Vergleich anstellen können. Wir würden

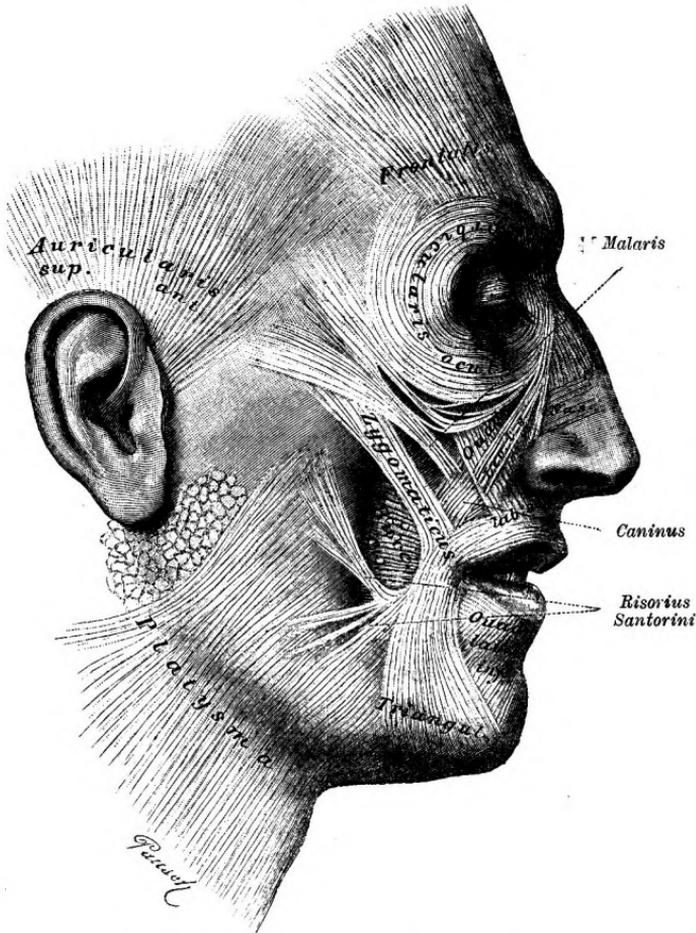


Fig. 1. Oberflächliche Muskulatur des Gesichts. (Nach Gegenbaur)¹⁾

uns hier demnach im sensiblen Gebiete des dritten Astes des Trigemini befinden, sofern der demselben entstammende N. buccinatorius sensible Fasern führt und, den M. buccinator durchbohrend solche zur Wangenschleimhaut entsendet.

1) C. Gegenbaur, Lehrb. d. Anat. d. Menschen 7. Aufl. Bd. 1. S. 373.

Die nachstehend beschriebenen Versuche erstrecken sich auf mechanische, elektrische und thermische Reizung der Wangenschleimhaut.

1. Mechanische Reizung. Um auf mechanischem Wege schmerzhaft Eindrücke zu erzeugen, verwandte ich wie bei meinen früheren Versuchen Nadelstiche, um Tastempfindungen¹⁾ hervorzurufen die von Frey'schen Reizhaare²⁾.

Der Nachweis der Schmerzlosigkeit gelingt an der in Rede stehenden Schleimhautstelle bei Anwendung jeder Art von gut zugespitzten Nadeln. Die Stiche werden hier in Folge der beim Einstich auftretenden Deformation der Haut als Tasteindruck empfunden. Da aber die Intensität der Tastempfindung mit der Ausbreitung der Deformation zunimmt und der Umfang dieser wieder von der Stärke der verwandten Nadel abhängig ist, so wird die Versuchsanordnung verbessert, wenn man sehr feine Nadeln wählt, z. B. Nähnadeln feinsten Sorte, und diese außerdem auf einem geeigneten Schleifstein nachschärft. Man erzielt dann Eindrücke, die möglichst, obwohl niemals ganz punktförmig sind. Bei Anwendung dieser Vorsichtsmaßregeln empfinde ich vielfach nur den Moment des Einstichs und zwar als einen augenblicklich vorübergehenden leisen Tasteindruck, für den die Bezeichnung Berührungsempfindung ein passender Ausdruck sein möchte³⁾. Bei sehr langsamem Eindrehen einer so zugerichteten Nadel in die Schleimhaut gelingt es mir aber an manchen Punkten dieses Hautgebietes zuweilen auch, die Tastempfindung ganz zu vermeiden. Abgesehen davon, dass man bei der Reizung eine Stelle treffen kann, die nicht durch einen Tastpunkt charakterisirt ist, dürfte diese Erscheinung auch darauf zurückzuführen sein, dass

1) Ich acceptire den unlängst durch von Frey vorgeschlagenen Ausdruck Tastpunkte für die bisher als Druckpunkte bezeichneten Sinnespunkte und habe denselben in diesem Sinne überall in dieser Arbeit verwerthet. M. von Frey, Ber. etc. 4. Mittheil. S. 464.

2) Die nähere Beschreibung der beim Gebrauche von Reizhaaren anzuwendenden Versuchstechnik siehe bei M. von Frey, »Untersuch. über die Sinnesfunctionen der menschl. Haut. 1. Abhandl. Druckempfindung und Schmerz. Abhandl. d. math.-phys. Classe der königl. sächs. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig. Bd. XXIII. III. 1896. S. 208 ff. (In der Folge ist diese Arbeit kurz als »Abhdl. etc.« citirt.)

3) M. von Frey, Abhdl. etc. S. 216. — F. Kiesow, Arch. ital. de Biologie, Tome XXVI. S. 436 und Philos. Studien, Bd. IX. S. 512.

die Deformation in diesem Falle so geringgradig bleibt, dass auch indirect kein Tastpunkt mitbetroffen wird. Es dürfte hier somit neben einer geringeren Dichte der Tastpunkte auch die geringere Widerstandsfähigkeit der Schleimhaut in Betracht kommen. Auf der äußeren Hautoberfläche ist dies nicht möglich. In Folge der größeren Dichte der Sinnespunkte und des größeren Widerstandes, den die Körperhaut dem Einstich entgegensetzt, werden hier bei Nadelstichen überall Tastempfindungen ausgelöst. Man findet hier wohl Punkte, auf denen der Einstich schmerzlos erfolgt, aber man findet keinen Schmerzpunkt, auf dem auch bei noch so langsamem Eindrehen der Nadel nicht Organe des Tastsinnes gleichzeitig indirect miterregt würden.

Außerhalb dieses Gebietes treten Schmerzempfindungen von wechselnder Stärke auf. Ich gewann jedoch die Vorstellung, dass auch die Schmerzpunkte auf der ganzen Wangenschleimhaut nicht sehr dicht bei einander liegen. Am hinteren Theile meiner Wangenschleimhaut beobachtete ich bis etwa zum Rande des *M. pterygoideus internus* hin ferner beiderseits Empfindungen, die ich eher schmerzbetont¹⁾ als geradezu schmerzhaft nennen möchte.

Die zur Untersuchung der Tastempfindlichkeit dieser Stelle benutzten Reizhaare waren nach Spannungseinheiten²⁾ geacht. Die Schwierigkeiten, welche bei einer genaueren Prüfung der Tastempfindlichkeit einer Hautstelle schon im allgemeinen zu überwinden sind, werden hier besonders noch dadurch vermehrt, dass man die Tastpunkte auf der Schleimhaut nicht durch Färbemittel fixiren kann. Weiter sind hier Ermüdungserscheinungen in Rechnung zu ziehen, die durch die ungewohnte Haltung des Kopfes und das beständige Offenhalten des Mundes noch verstärkt werden. Es ist ferner in Erwägung zu ziehen, dass die innere Wangenhaut in Folge des geöffneten Mundes, zumal wenn man dieselbe durch den Daumen von außen nach innen hineindrückt, leicht eine der natürlichen Lage nicht entsprechende Spannung erhalten kann. Da, wie von Frey nachgewiesen³⁾, Spannung einer Hautstelle die Schwellenwerthe der Tastpunkte emportreibt, so suchten wir bei diesen Versuchen den Mund

1) Nicht im Sinne von Gefühlsbetonung verstanden.

2) M. von Frey, Abhdl. etc. S. 228.

3) M. von Frey, Ber. etc. Sitz. v. 3. Dec. 1894. S. 286; Abhdl. etc. S. 213.

nur so viel als eben nöthig war zu öffnen und zogen den betreffenden Mundwinkel mit dem Zeigefinger ein wenig nach außen, ohne die oben erwähnten Hilfsmittel zu benutzen. Dies ist auch schon deswegen geboten, weil die in den Mundwinkel geschobene Stütze theils durch das Eindrücken der Zähne in dieselbe, theils durch die Berührung derselben mit der Haut zu so starken Tastempfindungen Anlass gibt, dass minimale Werthe, um die es sich hier ja handelt, schwer oder gar nicht zur Apperception gelangen. Dem Einwande, dass bei diesen Versuchen die Geschwindigkeit, mit der der Reiz den Hautpunkt trifft, nicht in Zahlen ausdrückbar sei und somit ein sehr wichtiger Factor für die Bestimmung der Tastempfindung unbeachtet bleibe, steht entgegen, dass es sich hier überall um so große Reizgeschwindigkeiten handelt, dass man dieselben Momentanreizen äquivalent setzen kann¹⁾.

Als Maß für die Empfindlichkeit benutze ich die schwächsten Reize, welche auf der betreffenden Körperstelle überhaupt noch wirksam sind. Das Vergleichsobject sind also die jeweiligen Tastpunkte niedrigster Schwelle.

Die für die nachstehenden Bestimmungen benutzten Reizhaare hatten folgende Constanten:

Querschnitt	Mittlerer Radius	Kraft	Spannungswerth
0,0016 mm ²	0,022 mm	1,1 mg	0,05 g/mm
0,0027 >	0,029 >	1,8 >	0,06 >
0,0046 >	0,038 >	19,0 >	0,5 >
0,0039 >	0,035 >	27,0 >	0,75 >
0,0066 >	0,046 >	46,0 >	1,0 >
0,0035 >	0,034 >	50,0 >	1,5 >
0,0135 >	0,065 >	130,0 >	2,0 >

Auf der in Rede stehenden Stelle der Wangenschleimhaut musste ich bei mir selbst bis zu Werthen von 1,5—2 Gramm pro Millimeter Radius aufsteigen, bis ich den Reiz empfand. Da ich aber, als ich diese Versuche anstellte, meine Wangenschleimhaut an dieser Stelle durch vielfache andere Versuche so stark geschädigt hatte, dass ich die erhaltenen Resultate in diesem Falle nicht mehr als Normalwerthe

1) M. von Frey, Abhdl. etc. S. 199.

ansehen konnte, so habe ich an andern Personen Vergleichsversuche angestellt, deren Ergebnisse ich als einwurfsfrei betrachten konnte. Ich erhielt so

an Herrn Prof. von Frey links	den Werth von 0,5 g/mm
» Herrn Dr. med. R. Höber beiderseits	» » » 0,75 »
» Fräul. stud. med. Witkiewitsch beiderseits	» » » 0,75 »
» Herrn cand. med. F. Brupbacher links	» » » 0,5 »
» Herrn stud. med. H. Andrae rechts	» » » 0,75 »
links	» » » 1,0 »

Vergleicht man diese Werthe mit denen, die man auf der übrigen Wangenschleimhaut, sowie auf den Tastflächen der Körperhaut und den diesen nahegelegenen Stellen erhält, so ergibt sich, dass die Tastempfindlichkeit unserer Stelle gegen die jener Flächen nicht zurück steht. Ich erhielt z. B. an mir selbst

auf der übrigen Wangenschleimhaut	Schwellenwerthe von 0,75 g/mm
» der Fingerbeere des linken Zeigefingers	» » 0,75 »
» der Fingerbeere des linken Mittelfingers	» » 1,0 »
» der Fingerbeere des linken Ringfingers	» » 0,5 »
» der Fingerbeere des linken Daumens	» » 1,0 »
» den behaarten Stellen d. Vorders. des linken Unterarms	» » 0,5-0,75 »

Ebenso fand von Frey¹⁾ auf einem 9,74 cm² großen Hautgebiet seiner linken Wade, sowie auf einem 16 cm² großen seines linken Handgelenks Punkte, deren Schwellenwerth einer Reizgröße von 0,5 g/mm entsprach.

Die Verschiedenheit der Werthe auf den einzelnen Fingerbeeren dürfte mit der verschiedenen Dicke der Epidermis zusammenhängen. Aus dem gleichen Grunde dürften hier individuelle Verschiedenheiten zu erwarten sein. So nimmt z. B. von Frey den Werth von 0,5 g/mm für die Fingerbeeren in Anspruch¹⁾.

Diesen Ausführungen sei noch hinzugefügt, dass man auf der Zungenspitze und dem Lippenroth viel niedrigere Schwellenwerthe, mit andern Worten eine, wie auch zu erwarten stand, weit größere Empfindlichkeit findet. Bei allen hierauf untersuchten Personen wurde

1) M. von Frey, Abhdl. etc. S. 235.

auf der äußersten Zungenspitze der Werth von 0,05 g/mm noch deutlich empfunden, bei mir selbst scheint derselbe noch überschwellig zu sein. Verglichen mit der niedrigsten der oben angegebenen Reizgrößen besitzt die Zungenspitze demnach Punkte von zehnfacher Empfindlichkeit. Auf der Mitte des unteren Lippensaums erkannte ich selbst auf einigen Punkten noch den Werth von 0,06 g/mm. Die Empfindlichkeit derselben ist somit 8mal so groß wie diejenige der bisher auf der Hautoberfläche gefundenen Sinnespunkte von niedrigster Schwelle. Die große Bedeutung dieser Theile als Tastorgane mag diese Thatsache erklären.

2. Elektrische Reizung. Für diese benutzte ich einen Du Bois-Reymond'schen Schlittenapparat, dessen secundäre Spirale 10 162 Windungen besitzt und dessen primäre Spule mit Eisendrähten ausgefüllt war. Als Stromquelle diente ein mittelgroßes Danielement.

Da man aus einer Angabe der Rollenabstände über die einzelnen Stromstärken noch nichts wissen kann, so habe ich mir das erwähnte Inductorium zuvor nach der Methode von A. Fick¹⁾ geacht. Es wurde die secundäre Spirale mit einem empfindlichen Spiegelgalvanometer verbunden und die durch einzelne Inductionsschläge entstehenden Ablenkungen bei jedem Centimeter Rollenabstand abgelesen. Man erhält so für die verschiedenen Rollenabstände Zahlen, welche den Stromstärken proportional sind. Zur größeren Uebersichtlichkeit setzte ich den größten Werth (Rollenabstand 0) gleich 1000 Einheiten und rechnete die übrigen Zahlen dementsprechend um. Für Bruchtheile von Centimetern wurden die zugehörigen Werthe interpolirt. Die in Intensitätseinheiten gemessenen Schwellen sind umgekehrt proportional den Empfindlichkeiten. Setzt man die Empfindlichkeit der Hautstelle mit niedrigster Schwelle gleich 1, so gewinnt man ein Bild über das Verhältniss der Empfindlichkeit der einzelnen dem Versuch unterzogenen Hautflächen.

Aus den nach der erwähnten Fick'schen Methode erhaltenen Werthen stelle ich die folgenden übersichtlich zusammen:

1) A. B. Meyer, Die Muskelzuckung in ihrer Abhängigkeit von der Stärke elektrischer Nervenreizung. A. Fick's Untersuch. a. d. physiol. Laboratorium der Züricher Hochschule. 1869. Heft 1. S. 38.

Rollenabstand	Intensität	Rollenabstand	Intensität
23 cm	4,0	11 cm	150,0
22 »	5,1	10 »	210,0
21 »	6,0	9 »	285,0
20 »	8,0	8 »	370,0
19 »	10,0	7 »	460,0
18 »	14,0	6 »	555,0
17 »	18,0	5 »	650,0
16 »	23,0	4 »	750,0
15 »	32,0	3 »	840,0
14 »	48,0	2 »	910,0
13 »	68,0	1 »	960,0
12 »	100,0	0 »	1000.

Aus diesen Werthen habe ich die in Fig. 2 in verkleinertem Maßstab wiedergegebene Curve construiert. In derselben sind die Rollenabstände als Abscissen und die Stromstärken als Ordinaten eingetragen.

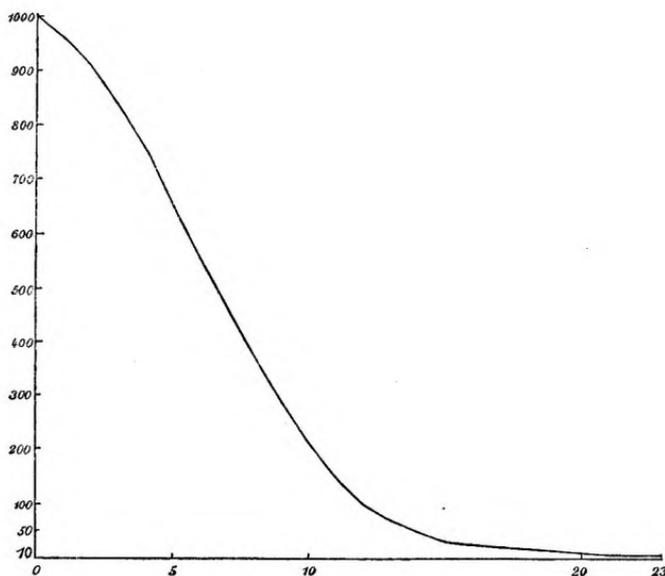


Fig. 2.

Bei allen Versuchen mit elektrischer Reizung leitete ich in die primäre Rolle des Inductoriums einen constant auf 0,5 Ampère erhaltenen Strom. Die Reizung war theils eine unipolare, theils eine

bipolare. Im ersten Falle bestand die Elektrode aus einem Stückchen Kupferdraht von ca. 5 cm Länge und 0,5 mm Querschnitt, an dessen freiem Ende in der Gebläseflamme ein kleines Knöpfchen von 1 mm Querschnitt angeschmolzen war. Diese Elektrode machte ich zur Kathode der Öffnungsschläge, während der andere Pol zu einer breiten Kupfermanschette geführt ward, die ich um den entblößten linken Unterarm legte. Die Manschette war außerdem mit Putzleder umwunden, das vor dem Versuche angefeuchtet ward. Für die bipolare Reizung benutzte ich eine Elektrode mit zwei Platinaspitzen, die 1 mm auseinander standen.

In Bezug auf die Schmerzlosigkeit unserer Wangenstelle bei elektrischer Reizung kann ich, so weit ich hierüber an mir selbst und einer großen Zahl anderer Personen Nachprüfungen anstellte, nur bestätigen, was von Frey bereits gezeigt hat. Ich füge noch hinzu, dass ich unter den angegebenen Bedingungen bei unipolarer wie bei bipolarer Reizung bis zum Rollenabstand 0 fortschreiten kann, der Strom im ersteren Falle bis zum Opticus ausstrahlt und starke Lichtblitze auftreten, ohne dass ich die leiseste Schmerzempfindung an der gereizten Stelle verspüre.

Auf der übrigen Wangenschleimhaut treten die ersten Schmerzempfindungen bei unipolarer Reizung bei 10—9,5 cm Rollenabstand auf, d. h. bei einer Stromintensität von 210—247,5 Einheiten. Auf der Schwelle ist die Schmerzempfindung vielfach dadurch charakterisirt, dass sie ähnlich wie die Berührungsempfindung fast sofort nach dem Auftreten wieder verschwindet. Da aber der Strom hier überall ein so leichtes und weites Ausbreitungsgebiet findet, dass bei Schwellenbestimmungen die Empfindung der Schmerzpunkte leicht von der anderer Mundtheile, besonders von der der Zähne und dem an Lippen und Wangen auftretenden Schwirren der Tastpunkte übertönt wird und sich außerdem die Wange in störender Weise contrahirt, so dürfte in diesem Falle auf der Schleimhaut die bipolare Reizung der unipolaren vorzuziehen sein. Ich habe die nachstehend mitgetheilten Bestimmungen jedoch nach beiden Methoden ausgeführt und stelle die so erhaltenen Werthe in der folgenden Tabelle übersichtlich zusammen. Es sei noch bemerkt, dass dieselben aus je 5 Einzelversuchen nach der Methode der minimalen Aenderungen bei aufsteigender Reihe an 5 verschiedenen Punkten gefunden wurden, sie somit

zugleich diejenigen der größten Empfindlichkeit sein dürften. In der Tabelle sind die höchsten und niedrigsten Rollenabstände, sowie die aus den Einzelversuchen gewonnenen Mittelwerthe verzeichnet. Die Angaben der Stromintensität beziehen sich überall auf die letzteren.

Untersuchte Stellen	Unipolare Reizung				Bipolare Reizung			
	Größter Rollenabst.	Kleinster Rollenabst.	Mittlerer Rollenabst.	Intensität in willk. Einheit.	Größter Rollenabst.	Kleinster Rollenabst.	Mittlerer Rollenabst.	Intensität in willk. Einheit.
Zungenspitze	cm 15,5	cm 15,2	cm 15,3	29,3	cm 14,0	cm 13,5	cm 13,8	52
Oberes Lippenroth	15,4	15,0	15,0	32,0	13,5	13,2	13,4	60
Unteres Lippenroth	14,5	14,0	14,2	44,8	13,0	12,5	12,8	74,4
Schleimhaut der Oberlippe	13,5	13,2	13,4	60,0	12,5	12,0	12,3	90,4
Schleimhaut der Unterlippe	12,2	12,0	12,0	100,0	11,3	11,0	11,1	145,0
Vorderer Theil der rechten Wangenschleimhaut	10,0	9,5	9,6	240,0	8,4	7,8	8,1	361,5
Vorderer Theil der linken Wangenschleimhaut ¹⁾	10,0	9,5	9,8	225,0	8,5	8,0	8,2	353,0
Mitte des linken Handrückens	11,2	10,5	10,9	156,0	10,6	10,0	10,4	186,0
Rand der linken Kniescheibe	13,8	13,0	13,3	62,0	12,6	12,0	12,3	90,4

Diese Angaben mögen genügen, um ein ungefähres Verhältniss der Schmerzempfindlichkeit der übrigen Wangenschleimhaut zu der anderer Mund- und Körpertheile erkennen zu lassen. Vergleicht man die in der Tabelle verzeichneten Stromeinheiten unter einander, so ergibt sich sowohl aus der unipolaren wie aus der bipolaren Reizung für die Wangenschleimhaut überhaupt eine Herabsetzung der Schmerzempfindlichkeit. Setzen wir auch hier die Werthe der Zungenspitze gleich 1, so würde die linke vordere Wangenschleimhaut bei unipolarer Reizung eine über 7 mal, bei bipolarer eine fast 7 mal geringere Schmerzempfindlichkeit besitzen als die erstere, während sich für die Schleim-

1) Eine einmalige Nachprüfung der Schmerzschwelle auf dem vorderen Theil der linken Wangenschleimhaut ergab bei Herrn Prof. von Frey bei bipolarer Reizung einen Werth von 8 cm Rollenabstand = 370 willkürlichen Einheiten.

haut der Oberlippe das Verhältniss von $1:2$ resp. $1:1,7$, für das obere Lippenroth ein solches von $1:1,1$ resp. $1:1,2$, für den linken Handrücken dasjenige von $1:5,3$ resp. $1:3,6$ und für den Rand der linken Kniescheibe ein solches von $1:2,1$ resp. $1:1,7$ ergeben würde. Aus zahlreichen anderen Versuchen gewann ich den Eindruck, dass von inneren Organen abgesehen die Wangenschleimhaut wie die hinteren Theile des Mundraums mit Einschluss der hinteren Zungenhälfte von allen Körpertheilen vielleicht die geringste Schmerzempfindlichkeit besitzen. Ich gewann ferner den Eindruck, dass auch die Schmerzpunkte auf der inneren Wange nicht sehr dicht bei einander liegen. Sie scheinen sich aber nach den Mundwinkeln zu häufen.

Die Tastempfindlichkeit unserer Wangenstelle habe ich elektrisch nach der oben angegebenen Methode unipolar gemessen und ebenso die derjenigen Körpertheile, mit der ich sie verglichen habe. Die auftretende Empfindung ist das bekannte Schwirren, mit dem die Organe des Tastsinnes den Vibrationen des Wagner'schen Hammers folgen. Die an mir selbst angestellten Versuche, bei denen Herr Dr. Höber mir vielfach assistirt hat, sind ebenfalls aus je 5 Einzelversuchen gewonnen worden, und zwar habe ich auch hier der aufsteigenden Reihe der minimalen Aenderungen den Vorzug gegeben. Es sind dann aber alle Versuchsergebnisse durch Controllversuche verificirt worden. Diese Resultate enthält die nachstehende Tabelle. Es ist auch hier das Mittel aus den Rollenabständen der Einzelversuche gezogen und der zugehörige Intensitätswerth aus dem ersteren berechnet worden. Es sei noch bemerkt, dass die Bestimmungen auf dem Lippenroth und der Zungenspitze einige Schwierigkeiten boten, sofern das Aufsetzen der Elektrode, wenn nicht Eigenschwingungen ausgeschaltet wurden, auf diesen sehr empfindlichen Organen selbst schon als schwach schwirrend empfunden wurde.

Untersuchte Stellen	Größter Rollen- abstand	Kleinster Rollen- abstand	Mittlerer Rollen- abstand	Intensität in willkürl. Einheiten
Zungenspitze	cm 23,0	cm 22,3	cm 22,5	4,6
Vordere Zungenhälfte, ca. 3 cm von der Spitze	16,2	15,8	16,1	22,5
Rechter Zungenrand, ca. 2½ cm von der Spitze	14,0	13,4	13,7	54,0
Linker Zungenrand, ca. 2½ cm von der Spitze	14,0	13,5	13,9	50,0
Mitte des oberen Lippenroths	22,0	21,8	22,0	5,1
Mitte des unteren Lippenroths	22,2	22,0	22,1	5,0
Schmerzfreie Wangenstelle rechts	12,0	11,5	11,8	110,0
Schmerzfreie Wangenstelle links	12,0	11,6	11,8	110,0
Vordere Wangenschleimhaut rechts	12,0	11,6	11,8	110,0
Vordere Wangenschleimhaut links	12,5	11,8	12,2	93,5
Beere des rechten Zeigefingers	13,0	12,5	12,7	77,6
Beere des rechten Mittelfingers	13,0	12,8	13,0	68,0
Beere des rechten Ringfingers	13,0	12,8	12,9	71,2
Beere des rechten kleinen Fingers	13,0	12,7	12,9	71,2
Beere des rechten Daumens	12,5	12,0	12,1	96,8
Mitte des rechten Daumenballens	12,0	11,8	12,1	96,8
Proc. styloid. ulnae rechts	11,0	10,5	10,7	168,0
Beere des linken Zeigefingers	13,0	12,5	12,8	73,4
Beere des linken Mittelfingers	13,3	12,7	13,1	66,0
Beere des linken Ringfingers	13,3	12,6	13,0	68,0
Beere des linken kleinen Fingers	13,0	12,5	12,8	73,4
Beere des linken Daumens	12,5	12,2	12,4	87,2
Mitte des linken Daumenballens	12,2	11,6	11,9	105,0
Proc. styloid. ulnae links	11,2	10,5	10,9	156,0
Rand der linken Kniescheibe	12,5	12,0	12,1	96,8

An Fräulein Witkiewitsch erhielt ich unter sonst gleichen Bedingungen bei einmaliger Prüfung die folgenden Schwellenwerthe:

Untersuchte Stellen	Rollen- abstand	Intensität in willkürl. Einheiten
	cm	
Zungenspitze	22,5	4,6
Vordere Zungenhälfte, ca. 3 cm von der Spitze	16,0	23,0
Mitte des oberen Lippenroths	21,1	5,9
Mitte des unteren Lippenroths	22,0	5,1
Schmerzfrie Wangenstelle rechts	12,5	84,0
Schmerzfrie Wangenstelle links	12,5	84,0
Beere des rechten Zeigefingers	13,3	62,0
Beere des rechten Mittelfingers	13,5	58,0
Beere des rechten Ringfingers	13,7	54,0
Beere des rechten kleinen Fingers	13,3	62,0
Beere des rechten Daumens	13,6	66,0
Mitte des rechten Daumenballens	13,5	58,0
Proc. styloid. ulnae rechts	12,1	96,8
Beere des linken Zeigefingers	13,2	64,0
Beere des linken Mittelfingers	13,5	58,0
Beere des linken Ringfingers	13,3	62,0
Beere des linken kleinen Fingers	14,0	48,0
Beere des linken Daumens	13,5	58,0
Mitte des linken Daumenballens	13,4	60,0
Proc. styloid. ulnae links	12,1	96,8

Ebenso konnte ich an Herrn Dr. Höber bei einmaliger Prüfung unter gleichen Bedingungen die folgenden Schwellenwerthe bestimmen:

Untersuchte Stellen	Rollen- abstand	Intensität in willkürl. Einheiten
Vordere Zungenhälfte, ca. 3 cm von der Spitze	cm 16,0	23,0
Schmerzfremie Wangenstelle rechts	12,0	100,0
Schmerzfremie Wangenstelle links	12,0	100,0
Vord. Wangenschleimh. nahe am Mundwinkel rechts	13,0	68,0
Vord. Wangenschleimh. nahe am Mundwinkel links	13,0	68,0

Die Tabellen lassen gewisse individuelle Unterschiede erkennen, im Ganzen aber sind diese doch so gering, dass sie von keiner großen Bedeutung sein dürften. Zieht man ferner in Betracht, dass hier auch physiologische Verschiedenheiten vorliegen müssen (Verschiedenheiten in der Dicke der Epidermis, ungleicher Widerstand der Gewebe u. s. w.), so muss man sich geradezu wundern, dass sie nicht größer sind.

Vergleicht man in den an Fräulein Witkiewitsch und mir selbst gewonnenen Tabellen die einzelnen Intensitätswerthe unter einander, so ergibt sich, dass die Tastempfindlichkeit unserer Wangenstelle, trotzdem der Strom in die Schleimhaut leichter eindringt als in die äußere Körperhaut, gegen die der hauptsächlichsten Tastflächen des Körpers, der Fingerbeeren und des Daumenballen durchweg um ein Geringes (zum Theil freilich nur um sehr Weniges) zurücksteht, dass sie aber vor der vorderen Wangenschleimhaut mit Ausnahme der Gegend um den Mundwinkel (s. Dr. Höber's Tabelle) kaum abweicht und vor Stellen wie der Ulnarfortsatz und der Rand der Kniescheibe noch einen Vorsprung besitzt. Die hervorgehobenen Abweichungen von den Ergebnissen der mechanischen Reizart sind vielleicht in der Eigenart der elektrischen Reizung selbst begründet. In der That ist durch von Frey¹⁾ wahrscheinlich gemacht, dass der elektrische Reiz eigentlich ein unphysiologischer ist, sofern durch denselben nicht das Endorgan selbst, sondern vielmehr der zuführende Nerv getroffen wird. Wie dem auch sein möge, so haben die Ver-

1) M. von Frey, Ber. etc. 2. Mittheil. S. 292.

suche wiederum das interessante Resultat geliefert, dass an unserer Stelle die Tastempfindlichkeit gut entwickelt ist, obwohl die Schmerzempfindlichkeit fehlt.

Das Verhältniss der Empfindlichkeit der untersuchten Hautstellen zu der der Zungenspitze, die wiederum gleich 1 gesetzt ist, habe ich hier der besseren Uebersicht wegen für Fräulein Witkiewitsch und mich selbst in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Untersuchte Stellen	Fräul. Witkiewitsch	F. Kiesow
Zungenspitze	1	1
Vordere Zungenhälfte, ca. 3 cm von der Spitze	5	4,9
Rechter Zungenrand, ca. 2 $\frac{1}{2}$ cm von der Spitze	—	11,7
Linker Zungenrand, ca. 2 $\frac{1}{2}$ cm von der Spitze	—	10,9
Mitte des oberen Lippenroths	1,3	1,1
Mitte des unteren Lippenroths	1,1	1,1
Schmerzfrie Stelle rechts	18,3	23,0
Schmerzfrie Stelle links	18,3	23,0
Vordere Wangenschleimhaut rechts	—	23,0
Vordere Wangenschleimhaut links	—	20,3
Beere des rechten Zeigefingers	13,5	16,9
Beere des rechten Mittelfingers	12,5	14,8
Beere des rechten Ringfingers	11,7	15,4
Beere des rechten kleinen Fingers	13,5	15,4
Beere des rechten Daumens	14,3	21,0
Mitte des rechten Daumenballens	12,5	21,0
Proc. styloideus ulnae rechts	21,0	36,5
Beere des linken Zeigefingers	13,9	16,0
Beere des linken Mittelfingers	12,5	14,3
Beere des linken Ringfingers	13,5	14,8
Beere des linken kleinen Fingers	10,4	16,0
Beere des linken Daumens	12,5	19,0
Mitte des linken Daumenballens	13,0	22,0
Proc. styloideus ulnae links	21,0	33,9
Rand der linken Kniescheibe	—	21,0

Von theoretischem Interesse dürfte ferner noch die Mittheilung sein, dass, wie ich mich mehrfach überzeugen konnte, an manchen behaarten Körperstellen die Schmerzschwelle vor der Druckschwelle auftritt. So liegt am Rande meiner linken Kniescheibe die Schmerzschwelle bei unipolarer Reizung bei 13,3 cm mittlerem Rollenabstand (= 62 Intensität), während die Druckschwelle hier erst bei 12,1 cm mittlerem Rollenabstand (= 96,8 Intensität) erscheint. Auf diese Erscheinung ist schon durch von Frey¹⁾ aufmerksam gemacht worden. Ob dies für alle behaarten Körperflächen zutrifft, konnte ich bisher noch nicht mit Sicherheit feststellen.

Schließlich bemerke ich noch, dass die Tastpunkte auf den Fingerbeeren sowohl bei mechanischer wie bei elektrischer Reizung die größte Dichte und Intensität auf der Mitte dieser Organe und nach der Radialseite zu zeigten.

3. Thermische Reizung. In rein thermischer Beziehung unterscheidet sich unsere Stelle nach meinen Beobachtungen nicht merklich von der übrigen eigentlichen Wangenschleimhaut, wenn man nicht die Gegend um die Mundwinkel ausnehmen will, die, wie gleich bemerkt werden mag, nach beiden Richtungen hin eine etwas größere Empfindlichkeit zu haben scheint. Da außerdem beide Wangen auch unter sich keine merklichen Unterschiede aufwiesen, so sind die nachfolgenden Angaben als auf die Schleimhäute beider Wangen bezüglich dargestellt.

Da ich bei eigentlichen Warmreizen mit den Goldscheider'schen Temperaturcylindern zu keinem sicheren Ergebniss kommen konnte, so verwertete ich für die punktförmige Reizung dieser Hautflächen den mir schon früher für einen andern Zweck von Herrn Professor von Frey ertheilten Rath, eine Platinaschlinge durch den constanten Strom zu erwärmen. Nach diesem Princip ließ ich mir den in Fig. 3 schematisch in natürlicher Größe wiedergegebenen Reizapparat anfertigen. Derselbe besteht aus zwei ziemlich starken

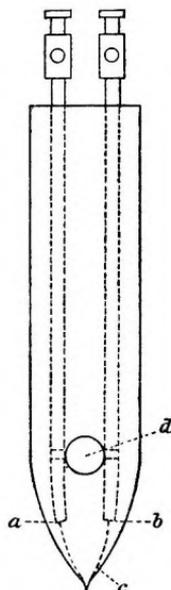


Fig. 3.

1) M. von Frey, Ber. etc. 2. Mittheil. S. 290 f.

Kupferstäben, an deren Enden *a* und *b* die Platinaschlinge *c* angelöthet ist. Durch einen Druck auf den Knopf *d* kann ein Kurzschluss zwischen beiden Stäben hergestellt werden, so dass die Schlinge wieder erkaltet. Das Ganze ist in eine isolirende Hülle so eingeschlossen, dass nur die äußerste Spitze der Schlinge aus derselben hervorsieht¹⁾.

Erwärme ich die Platinaschlinge durch Verringerung eines in den Stromkreis eingeschalteten Widerstandes allmählich so weit, dass dieselbe auf der Zungenspitze und dem Lippenroth als brennend und auf der äußeren Haut als heiß empfunden wird, so empfinde ich mit Ausnahme der Gegend um die Mundwinkel auf der Wangenschleimhaut nur das mechanische Aufsetzen des Apparates. Hieraus dürfte zu folgern sein, dass die Wangenschleimhaut für eigentliche Warmreize unempfindlich ist. Ich habe aber dennoch diesen Schluss nicht zu ziehen gewagt. Denn da mir aus früheren Beobachtungen bekannt war, dass man auf Hautstellen, auf denen bei punktförmiger Reizung keine Temperaturempfindungen auftreten, dennoch solche hervorgerufen werden, sobald man flächenhaft reizt²⁾, so blieb noch die Möglichkeit, dass dies auch hier der Fall sein könnte. Ich veränderte deswegen die Bedingungen dahin, dass ich verschiedene kreisrunde massive Messingcylinder verwandte, die an dem Reizende rechtwinklig umgebogen und außerdem glatt abgeschliffen waren. Diese wurden mit Wolle und Guttapercha unwickelt und in Wasser gelegt, dessen Temperatur an einem Thermometer beständig abgelesen werden konnte. Da sich schließlich ein Cylinder von im Ganzen 10 cm Länge und 6 mm Durchmesser am brauchbarsten erwies, so sind die endgültigen Versuche, auf die sich demnach auch die folgenden Angaben beziehen, mit einem solchen ausgeführt worden. Aus den Versuchsreihen, die ich hierüber an den Herren Dr. Ostini, Dr. med. Treves, stud. med. Polledro, meiner Frau und mir selbst angestellt habe,

1) Die von mir verwandte Platinaschlinge hat bei einer Länge von 14 mm und einem Gewicht von 0,01 g einen Widerstand von 0,07 leg. Ohm (bei 20° C. gemessen). Da es mir bisher nicht gelungen ist, die durch die Schlinge ausgelösten Temperaturgrade genau zu bestimmen, so ist der Apparat für exacte Messungen noch nicht verwerthbar.

2) F. Kiesow, Untersuch. über Temperaturempfindungen. Philos. Studien, Bd. XI. S. 139. Bestätigt durch M. von Frey, Ber. etc. 3. Mittheil. S. 182.

war oft schwer zu ersehen, ob die Wangenschleimhaut an manchen Stellen, besonders an ihrem hinteren Theile überhaupt warmempfindlich ist. Mit Sicherheit aber ging aus denselben hervor, dass diese Körperstelle als Ganzes genommen in der Warmempfindlichkeit stark herabgesetzt ist. Hierdurch würde Goldscheider's Angabe über diesen Hauttheil bestätigt werden¹⁾. Ich bestätige ferner Goldscheider's weitere Beobachtungen²⁾, dass der ganze Mundraum nur eine schwache Warmempfindlichkeit besitzt, sowie dass dieselbe am unteren Zahnfleisch fehlt, obwohl die Kalttempfindlichkeit hier überall mehr oder weniger deutlich ausgeprägt ist. Unentschieden möchte ich noch die Frage lassen, ob, wie Goldscheider meint³⁾, auch der Gaumen überhaupt nicht warmempfindlich ist. Ich meine am äußern Rande und am vordersten Theile meines harten Gaumens bei hohen Temperaturen eine schwache Warmempfindung zu verspüren. Es ist hier aber im Einzelnen oft schwer zu sagen, was man empfindet; man merkt wohl, dass die auftretende Empfindung von der Tastempfindung verschieden ist, kann sie aber doch nicht als warm bezeichnen. Da ich in einer noch nicht abgeschlossenen Arbeit auf Temperaturempfindungen zurückkomme und unter Anwendung verbesserter Hilfsmittel genauere Angaben zu erzielen hoffe, so unterlasse ich hier die Aufzählung der unter den angegebenen Bedingungen gefundenen Schwellenwerthe. Ich möchte daher auch die wenigen im Folgenden noch mitgetheilten mehr als ungefähre Anhaltspunkte aufgefasst wissen.

Auf der Wangenschleimhaut wurde bis zu Temperaturen von ca. 45° C. kaum eine Warmempfindung angegeben. Es muss daher vorläufig ebenfalls noch als fraglich hingestellt werden, ob eine später auftretende eigenthümliche Empfindung von Hitze ausschließlich von der gereizten Stelle stammt. Als sicher möchte ich es dagegen bezeichnen, dass bei diesen Versuchen die paradoxe Kälteempfindung⁴⁾ auftritt.

1) A. Goldscheider, Gesammelte Abhandlungen. 1898. Bd. 1. S. 171.

2) Ebenda. 3) Ebenda.

4) M. von Frey, Ber. etc. 2. Mittheil. S. 172. Auch durch Alfr. Lehmann wurde schon beobachtet, dass hohe Wärmereize (bis 60° C.) Kälteempfindungen auslösen können. (Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens. 1892. S. 35.)

Hat das Wasser, in das der Cylinder gelegt ward, eine Temperatur von 50° C. erreicht, so empfinde ich das Aufsetzen desselben an der ganzen Wangenschleimhaut noch nicht schmerzhaft, obwohl das Eintauchen der Hände in dasselbe bereits schmerzhaft ist¹⁾. Die ersten Schmerzempfindungen treten hier bei ca. 53 — 54° C. auf und zwar in der Gegend um die Mundwinkel. An der übrigen Wangenschleimhaut lagen die Werthe höher. Da die Methode zu sehr genauen Bestimmungen nicht ausreicht und man deswegen ziemlich variirende Angaben erhält, so können dieselben unter einander nicht gut verglichen werden. Sicher ist, dass die Schmerzempfindung bei hohen Wärmereizen auch auf der bei mechanischer und elektrischer Reizung als schmerzfrei erkannten Stelle der Wangenschleimhaut auftritt. Da mich diese Thatsache überraschte und in hohem Grade interessirte, so habe ich diese Stelle mit punktförmigen Wärmereizen mittelst conisch zugespitzter Cylinder und der Platinaschlinge nachgeprüft und die erhaltenen Werthe mit denen anderer Schleimhautstellen der Wange zu vergleichen gesucht. Ich erhielt so, wie zu erwarten stand, überall höhere Werthe, im Ganzen aber erwies sich wiederum für den Versuch als sehr störend, dass man die Sinnespunkte hier nicht fixiren kann. Als sicheres Resultat ergab der Versuch, dass auch bei punktförmiger Reizung auf unserer Wangenstelle der Schmerz hervortrat. Angesichts der leichten Ausbreitung der Wärme in benachbartes Gewebe hat sich mir aber fast die Ueberzeugung aufgedrängt, dass der Wärmeschmerz hier nicht von der eigentlichen Schleimhaut, sondern von benachbarten (seitlichen oder tiefergelegenen) Organen (man könnte an die die Blutgefäße begleitenden Nerven, an die *Nervi nervorum* oder auch an die Haut der äußeren Wange denken) ausgelöst wird. Sende ich durch die Platinaschlinge einen Strom von $1,3$ Ampère, so konnte ich deutlich beobachten, wie der Schmerz an unserer Stelle beträchtlich später eintrat, als an andern Stellen der inneren Wange. Die Empfindung setzt hier mit einer eigenthümlichen Hitze ein, die sich in der Tiefe ganz allmählich bis zur Schmerzhaftigkeit steigert. Ich nehme hierbei an, dass der Wärmeschmerz nicht durch die noch unbekannt, die

1) A. Lehmann fand die Schmerzschwelle beim Eintauchen der Hände bei 49° C. Eben citirtes Werk, S. 37.

Wärmeempfindung vermittelnden nervösen Organe ausgelöst wird. Für diese Annahme scheint mir der Umstand zu sprechen, dass an Stellen von minimaler Warmempfindlichkeit, wie an manchen andern Stellen des Mundraums und der (wie Goldscheider erkannte¹⁾ und ich bestätigen kann) für Wärme fast unempfindlichen Kniescheibe, sowie an Stellen, die wie das untere Zahnfleisch der Warmempfindung ganz entbehren, bei hohen Temperaturen doch der gleiche Schmerz auftritt.

Ungleich bestimmter als die Warmempfindung wird auf der ganzen Wangenschleimhaut die Kaltempfindung erkannt. Bei flächenhafter Reizung empfinde ich den Uebergang nach kalt bereits bei $34-33^{\circ}$ C. (Mundtemperatur ca. 37° C.). Die Empfindung ist anfangs mehr kühl und geht dann allmählich in kalt über. Ebenso deutlich tritt die Kaltempfindung hier fast überall bei punktförmiger Reizung auf. Bestätigen kann ich auch hier im allgemeinen Goldscheider's Angaben über die Kaltempfindlichkeit des Mundraums²⁾.

Auch der Kälteschmerz tritt auf unserer Wangenstelle, wie auf der ganzen innern Wange auf. Wie auf der Oberhaut des Körpers³⁾ entsteht derselbe auch hier überall erst nach ziemlich langer Zeit. Er bleibt ferner schwach und trägt einen durchaus diffusen, dumpfen Charakter. Ich erzeugte denselben, indem ich Eisstückchen mit der Pincette erfasste und der Schleimhaut anlegte. Kältemischungen geben keine befriedigenden Resultate, indem die in diese gelegten Cylinder auch bei Anwendung von großer Kälte sich doch im Mundraume schnell erwärmten. Da mir genauere Hilfsmittel nicht zur Verfügung standen, so blieben die chronometrischen Versuche, welche ich anstellte, um zu erfahren, ob dieser Schmerz an der in Rede stehenden Stelle später erscheint als an andern Schleimhautstellen, bisher ohne befriedigendes Ergebniss. Ich gewann aber auch hier die Vorstellung, dass der entstehende Schmerz auf Ausbreitung beruht.

Das Interesse an unserer Wangenstelle dürfte noch dadurch erhöht werden, dass dieselbe zu der Frage nach dem Wesen des

1) Citirtes Werk, S. 171.

2) Citirtes Werk, S. 171.

3) Vergl. die Ausführungen bei E. H. Weber in Tastsinn und Gemeingefühl. Wagner's Handb. d. Physiol. Bd. III. Abth. 2. S. 572. Separatausgabe S. 121.

Schmerzes einen Beitrag liefert. Wenn nachgewiesen werden konnte, dass auf dieser Stelle bei maximal gesteigerter mechanischer und elektrischer Reizung kein Schmerz auftritt, obwohl die Tastempfindlichkeit derselben gut entwickelt ist, so scheint mir damit experimentell ein Beweis erbracht zu sein für die Thatsache, dass der Schmerz nicht, wie noch manche wollen, der Gefühlsseite unseres Seelenlebens zugeschrieben werden kann, sondern als ein besonderes Empfindungselement aufgefasst werden muss.
