Von der stichartigen Mitempfindung.

Von

Béla Mittelmann, stud. med.

(Aus dem Physiologischen Institut der deutschen Universität in Prag [Vorstand:
Prof. A. Tschermak].)

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 2. Juli 1920.)

I. Vorbemerkung.

Kowalevsky*) hat einige an sich selbst angestellte Versuche mitgeteilt, die für die Existenz reiner Mitempfindungen sprechen¹⁾. Wenn er die Nerven der Haut oder der Haarbälge mechanisch reizte, bemerkte er unter gewissen Umständen zugleich mit einer kurzdauernden Schmerzempfindung am gereizten Orte in einer mehr oder weniger entfernten Region der Haut ebenfalls eine momentane, blitzartige, scharf (was den Ort anbetrifft) begrenzte Schmerzempfindung, die qualitativ von der primären Schmerzempfindung sich durch gar nichts unterscheidet. Nachdem der Ort der Reizung und der Ort der Mitempfindung angemerkt worden war, wiederholte er den Versuch nach einiger Zeit (nach einigen Monaten) und fand die Mitempfindung genau an derselben Stelle. Bei Veränderung des Ortes der Reizung erschien die Mitempfindung auch gewöhnlich an einem anderen Orte.

Um den Effekt zu erhalten, ist eine bestimmte Stärke der Reizung nötig, die man jedesmal durch den Versuch findet. Man erhält leichter den Effekt, wenn die Haut warm, etwas mit Schweiß bedeckt ist. Die Wiederholung der Reizung an einer und derselben Stelle in kurzen Zwischenräumen drückt das Auftreten des Effektes herab. Was die Topographie der Mitempfindungen betrifft, gelang es ihm, folgende Gesetzmäßigkeiten zu konstatieren.

1. Die Mitempfindung erscheint stets auf derselben Seite des Körpers, auf welcher die Reizung stattgefunden hat.
2. Bei Reizung an symmetrischen Orten der rechten und linken Körperhälfte sind die Mitempfindungen nicht überall symmetrisch.
3. Die Mitempfindungen erscheinen gewöhnlich in Regionen, die ihre Nerven von höher gelegenen Wurzeln des Rückenmarkes im Vergleich

*) Über den russischen Aufsatz von N. Kowalevsky ist ein Referat in Hofmann-Schwalbe, Jahresbericht über die Fortschritte d. Anat. u. Physiol. **13** (II), S. 26. 1886 (Literatur 1884) erschienen, welches ich wörtlich zitiere.

zu der ursprünglich erregten Stelle erhalten (wiewohl es auch Ausnahmen von dieser Regel gibt).

4. Größtenteils gruppieren sich die Mitempfindungen an der hinteren Seite des Körpers, in der Umgegend des Oberarmes und des Schulterblattes.

5. An den Orten größter Empfindlichkeit kann man von einander sehr nahen Punkten voneinander sehr entfernte Mitempfindungen erhalten.

6. Wahrscheinlich kann manchmal eine Stelle zwei Mitempfindungen an voneinander sehr entfernten Orten geben.

Die beschriebenen Erscheinungen der Mitempfindung können nicht durch Reflexbewegungen der darunter oder in der Nähe liegenden quergestreiften Muskeln erklärt werden. Gegen eine solche Erklärung spricht: 1. die äußerste Eingeschränktheit des von der Mitempfindung eingenommenen Raumes, der sozusagen auf einen einzelnen Punkt reduziert sein kann; 2. das Auftreten von Mitempfindungen mit derselben Intensität sowohl an Stellen, die an sehr kräftige Muskeln grenzen, als auch an Stellen, in deren Nachbarschaft die Muskulatur vollkommen unentwickelt ist (Ohr läppchen); 3. die schmerzliche Qualität der Mitempfindung, die nichts Gemeinsames mit den Empfindungen hat, die selbst durch kräftige Muskelbewegungen hervorgerufen werden.

In ähnlicher Weise können die angeführten Mitempfindungen nicht erklärt werden durch reflektorische Kontraktionen der glatten Muskelfasern der Haut oder durch vasomotorische Vorgänge. Gegen eine solche Erklärung spricht: 1. das ungemein schnelle Auftreten und Verschwinden der Mitempfindung; 2. die Unilateralität der Mitempfindungen und ihre Beschränktheit auf einen Punkt bei bedeutender Entfernung des Ortes derselben vom Orte der Reizung — was keineswegs der mehr diffusen Kontraktion der Gefäße und der *Mm. arrectores pilorum* in Versuchen mit Reizung sensibler Nerven an Tieren entspricht; 3. die schmerzliche Qualität der Mitempfindungen, die nichts Gemeinsames hat mit den Empfindungen, die auftreten selbst bei sehr starker Kontraktion der glatten Muskeln der Haut und bei vasomotorischen Vorgängen in der letzteren.

Man muß also auf dem Wege des Ausschließens die beschriebenen Erscheinungen als reine Mitempfindungen anerkennen.

II. Eigene Versuche.

Dieselbe Erscheinung habe ich an mir selbst noch vor Kenntnissnahme der Angaben Kowalevskys beobachtet. Die ersten Beobachtungen fallen in ein Alter von 15—16 Jahren. 4 Jahre später, nach einschlägigen Angaben suchend, stieß ich auf die Mitteilung Kowalevskys.

Die sekundäre Empfindung (Mitempfindung) war mit Ausnahme eines Falles rein schmerzhaft, bei mechanischer Reizung der primären

Stelle stechend und punktiert wie bei Kowalevsky. Zuweilen gesellt sich zu der stechenden Empfindung etwas Brennendes. Reizen wir die primäre Stelle nur kurze Zeit, so ist die Mitempfindung blitzartig (Kowalevsky), nachher tritt aber diffuses Jucken auf, welches Kratzen auslöst. Lösen wir die sekundäre Empfindung mehrmals nacheinander aus, so wird das Jucken stärker. Das Kratzen tritt auch dann auf, wenn die Aufmerksamkeit der untersuchten Person durch Gespräch abgelenkt ist.

Die Beschreibung des Juckens fehlt bei Kowalevsky gänzlich, aber sowohl bei mir als auch bei meinen anderen Versuchspersonen war es unverkennbar. K. experimentierte nur an sich; wahrscheinlich entging das Jucken dadurch seiner Aufmerksamkeit. Auch ich habe es zuerst konstatiert, als ich an einem anderen experimentierte. Als nämlich die Mitempfindung auftrat, sagte er plötzlich, wie überrascht: „Jetzt habe ich es gefühlt!“ Danach kratzte er. Auf die Frage, warum er kratze, antwortete er: „Es juckt.“ Eine schematische Kurvendarstellung dieses Verhaltens müßte demnach zuerst einen steilen Schmerzgipfel aufweisen — gefolgt von einem trägen Buckel, der den Verlauf des nachfolgenden Juckens versinnbildet.

Die durch Goldscheider mit Gad²⁾, später durch Alrutz³⁾, dann durch Thunberg⁴⁾ beschriebene doppelte Schmerzempfindung ist von dieser Erscheinung verschieden.

Üben wir mit der Spitze einer Nadel auf die Haut einen Stoß aus, so fühlen wir meistens eine Stichschmerzempfindung und nach einem empfindungslosen Intervall eine zweite Empfindung, die schmerzhaft, aber auch juckend ist. Hier hat also die zweite Empfindung, wenngleich juckend, eher aber ein schmerzhaftes Gepräge, und sie ist viel stärker, als das von mir beschriebene Jucken.

Ebenso unterscheidet sich meine Beobachtung von dem von v. Frey⁵⁾ und von Winkler⁶⁾ beschriebenen Nachjucken. Die v. Freysche Erscheinung besteht in folgendem: Berühren wir mit einer Borste unseren Rücken, so tritt einige Sekunden nach der Tastempfindung ein Jucken auf.

Die Winklersche Erscheinung: wir kleben eine Borste an eine Stimmgabel, lassen die letztere schwingen, halten jetzt die Borste an unsere Lippe und empfinden ein Vibrieren, nach Fortnahme der Borste tritt nach einigen Sekunden Jucken auf. Hier ist also die erste Empfindung tastend, und nicht schmerzhaft.

Der zentrale Nervenapparat, welcher die Mitempfindung vermittelt, ist von der primären wie von der sekundären Stelle her erschöpfbar. Von der primären aus in zweifacher Weise. Lösen wir die Mitempfindung wiederholt aus, so wird sie sukzessive schwächer, endlich bleibt sie aus; d. h. der sie vermittelnde Nervenapparat wird ermüdet.

Die sekundäre Empfindung kann aber auch aufhören, wenn wir an der primären Stelle einen Dauerreiz wirken lassen. Reizen wir mit einer Nadel, welche wir am primären Punkte einstechen und eingestochen halten, so dauert die schmerzhaft Mitempfindung ungefähr so lange, als wir auch an der primären Stelle den Nadelstich fühlen.

Viel besser ist aber das Aufhören der sekundären Empfindung untersuchbar durch eine primitivere Reizungsart. Wenn wir die Kante unseres Nagels in die Haut eindrücken, so fühlen wir an der sekundären Stelle eine scharfe, punktartige, lebhaft Stichschmerzempfindung, die, wie sie weiter und weiter dauert, unangenehm abgestumpft wird, sich langsam abschwächt und endlich ausbleibt, worauf kein Jucken folgt.

Untersuchen wir jetzt, wie die Erscheinung durch verschiedene Zustände der sekundären Stelle beeinflusst wird. Reiben wir die sekundäre Stelle mit der Kante unseres Nagels schmerzhaft, so wird dieselbe nach einer Zeit hyperästhetisch. In diesem Falle verliert die Mitempfindung ihre Punktartigkeit, wird schmerzhafter, breitet sich aus, und das Jucken nach ihr fällt nach einer Zeit weg. Wenn die sekundäre Stelle durch direkte Reizung endlich anästhetisch wird, ist auch die Erscheinung nicht mehr auslösbar; wir haben den Nervenapparat der Mitempfindung ermüdet. Nach 1—2 Minuten Erholung der sekundären Stelle ist sie wieder auszulösen.

Machen wir die sekundäre Stelle durch Infiltrieren mit Novocain-Adrenalin anästhetisch, so läßt sich die Mitempfindung noch auslösen; sie verliert aber an Schärfe, stumpft sich ab, und das Jucken bleibt aus.

Auch konnte ich folgende Beobachtung machen. Von einem primären Punkte aus versuchte ich durch die Wärmewirkung von mittels einer Linse gesammeltem Licht die sekundäre Empfindung auszulösen. Der Versuch hatte keinen direkten Erfolg; es entstand über dem primären Punkte eine Blase. Übte ich nun darauf einen Druck aus, so meldete sich zunächst noch kein lokaler Schmerz und schon trat an der sekundären Stelle — wenn auch stumpfer als gewöhnlich — der sekundäre Schmerz auf. Der primäre Punkt lag einige Zentimeter über der Brustwarze, der sekundäre in der Mitte der lateralsten Linie des Halses. Wenn ich eine stärkere, raschere Bewegung mit meinem Kopfe machte, fühlte ich einen Schmerz um die sekundäre Stelle, der natürlich wegen der begleitenden Empfindungen ein diffuser war. An der jenseitigen Stelle des Halses fehlte jeder Schmerz.

Die oben gemachten Angaben beziehen sich auf alle untersuchten Punkte bis auf einen. Dieser Punkt gibt auf mechanische Reizung keine Mitempfindung, sondern ausschließlich auf Kältereiz. Von der sekundären Empfindung kann ich nicht sicher entscheiden, ob sie unangenehme Kälte oder Kälteschmerzempfindung ist; eher das erstere. Es tritt danach kein Jucken auf. Dieser Punkt liegt an der Grenze

des mittleren und unteren Drittels des linken Oberschenkels, etwas lateral — der sekundäre Punkt 1 cm weit links vom Nabel.

Die Erklärung aller dieser Erscheinungen folgt später.

Zu welchem Sinne gehören die primären und sekundären Punkte?

Da die sekundäre Empfindung, den erwähnten Spezialfall ausgenommen, eine rein schmerzhaft ist, können wir sicher annehmen, daß sie durch die sekundäre Erregung eines schmerzempfindenden Nervenelements entsteht. Bei dem einen Ausnahmefall, wo die Mitempfindung nur durch Kältereiz auslösbar war, handelt es sich um Miterregung eines schmerz- oder eher eines kälteempfindenden Nervenelements. Die Zugehörigkeit des sekundären Punktes ist also im allgemeinen klar.

Zu welchem Sinne gehört der primäre Punkt? Der obenerwähnte einzige Punkt, von welchem die sekundäre Empfindung nur durch Kältereiz auslösbar ist, ist unzweifelhaft ein kälteempfindendes Element — und zwar aus folgenden Gründen: 1. Suchen wir die kälteempfindlichen Stellen in der Gegend dieses primären Punktes auf, so finden wir, daß auch der primäre Punkt kälteempfindlich ist. Dieser primäre Punkt fällt eben mit einem Kältepunkt zusammen; 2. die sekundäre Empfindung ist durch Kältereiz auslösbar, und zwar schon bei mäßiger Intensität, z. B. mit einem 15° C-Metallzylinder; 3. mechanischer und Wärmereiz gibt weder in geringer noch in größerer Intensität die Erscheinung.

Zu welchem Sinne gehören die anderen Primärpunkte? Zur Entscheidung dieser Frage untersuchte ich, in welcher Beziehung die Punkte des Wärme-, Kälte- und Tastsinnes zu den zunächst festgestellten Primärpunkten stehen. (Zum Aufsuchen der Punkte des Schmerzsинnes haben wir noch keine sichere Methode.) Zur Stelle der Untersuchung habe ich die Oberschenkel gewählt, wo bekanntlich die Sinnespunkte sich in relativ geringerer Dichte finden. Mein Verfahren war das folgende. Ich suchte mit dem Fingernagel die Gegend einer primären durch die schmerzhaft Mitempfindung charakterisierten Stelle auf. Dann umgrenzte ich dieselbe mit einem Quadrat von 4—5 cm². An den nächsten Tagen suchte ich mit der v. Freyschen Borste die Tastpunkte dieser Gegend auf; dann bestimmte ich mit einer Nadel punktuell die Stelle des primären Punktes. Ebenso bin ich bezüglich der Kälte- und Wärmepunkte vorgegangen. Ich habe sie sowohl mit massivem Metallkonus wie mit einem von Wasser durchströmten Metallzylinder auf die gewöhnliche Weise aufgesucht. Der Zweck dieses Verfahrens war, daß die Kenntnis des Primärpunktes mich im Aufsuchen der Sinnespunkte nicht stören sollte. Da die Bestimmung der Sinnespunkte auf Nadelspitz-Punktualität kaum möglich ist, bezeichnete ich sie mit je einem ausgedehnteren Punkte. 5 Primärpunkte untersuchte ich auf diese Weise. Unter den

5 Punkten fielen 4 weder mit Tast-, noch mit Kälte-, noch mit Wärmepunkten zusammen. Einer fiel jedoch mit einem Tastpunkte, aber mit keinem Kälte- oder Wärmepunkte zusammen. Außerdem untersuchte ich die Gegend von 3 anderen Primärpunkten, aber nur nach Tastpunkten. Unter diesen fielen 2 Punkte mit Tastpunkten zusammen, 1 nicht. Die erwähnten 4 Primärpunkte können also weder Tast-, noch Kälte-, noch Wärmepunkte sein. Daß sie aber in der Tat Schmerzpunkte sind, zeigt sich dadurch, daß wir bei Stechen eines der primären Punkte mit einer Nadel Schmerz an derselben Stelle empfinden.

Aber auch unter Absehen von der Punkttheorie ist es beweisbar, daß unter den Primärpunkten sich schmerzempfindende befinden. Von diesen Punkten aus ist die sekundäre Empfindung durch Kälte- und Wärmereize unter der schmerzhaften Stärke (unter $+15^{\circ}$ und über $+50^{\circ}\text{C}$) nicht auslösbar. Verwende ich nun mechanische Reizung, so kann diese auf die Kälte- und Wärmeapparate keine so starke Einwirkung ausüben als ihr adäquater Reiz, der Wärmereiz. Ist nun die sekundäre Empfindung durch nichtschmerzhaftes Wärmereize nicht auslösbar, so ist es unmöglich, anzunehmen, daß dieselbe durch den Nadelstich von den wärmeempfindlichen Apparaten aus hervorgerufen wurde. Also kann der Primärpunkt kein Wärmepunkt sein. Es bleibt also nur Tast- und Schmerzsinn. Da aber an vielen Primärpunkten, mit der Nadel einstechend, rein tastempfindungslose Schmerzempfindung auftritt, ist die Frage entschieden.

Die Größe der Stelle, von welcher aus die sekundäre Empfindung auslösbar ist, ist bei jeder Untersuchung beim ersten Auslösen sozusagen punktförmig. Nachher erscheint die Stelle größer, ungefähr scheibenförmig, mit etwa $\frac{1}{2}$ —1 mm Radius. Ob der primäre Punkt auch ein Tastpunkt sein kann, ist nicht ausschließbar, aber auch nicht bewiesen. Das scheinbare Zusammenfallen des Primärpunktes mit einem Tastpunkte beweist nichts. Es kann auch ein Schmerzpunkt sein ganz nahe neben einem Tastpunkte. Oder können vielleicht manchmal in das Nervengeflecht rings um die Haarwurzelscheide auch schmerzempfindliche Fasern eintreten?

Man könnte vermuten: im Falle eines Tastprimärpunktes löse ein Reiz schon bei kleinerer Intensität die Erscheinung aus, als im Falle eines Schmerzprimärpunktes. Aber nur die zum ersten Auslösen der Erscheinung notwendige Reizintensität könnte in Frage kommen. Nach öfterem Auslösen der Erscheinung nämlich, wobei die Miterregung der Bahn des Sekundärpunktes von jener des Primärpunktes aus schon auf einem „gebahnten“ Weg geschieht, könnte auch im Falle eines Schmerzprimärpunktes schon eine schwächere Intensität genügen. Das zu beobachten wäre sehr schwer. Es könnte ein anderes Verfahren geben; von dem aber später.

Am primären Punkte wären auch noch andere Experimente durchzuführen. Bei Anästhesie mit Novocain (hauptsächlich bei regionaler) hört nämlich zuerst die Wärme-, dann die Schmerz-, zuletzt die Tastempfindlichkeit auf. Es wäre zu untersuchen, in welchem Stadium der Anästhesie die Auslösbarkeit der sekundären Empfindung aufhört. Ebenso bei Coffeininjektion⁸⁾. So wäre zu entscheiden, ob es Tastprimärpunkte gibt. Außerdem könnte man feststellen, wie sich einzelne Primärpunkte gegenüber verschiedenen Reizungsarten verhalten, speziell gegen-

über schmerzhaften Wärme-, Kälte-, chemischen und elektrischen Reizen. Auch die Reaktionszeit der sekundären Empfindung wäre noch zu bestimmen.

Das Verhalten gegenüber schon schmerzhaften Wärmereizen habe ich bis zu einem gewissen Maße untersucht. Einmal benutzte ich aus Versehen die zum Aufsuchen der Wärmepunkte benützte Metallkuppe in zu warmem Zustande, und als ich damit meine Haut berührte, wurde die sekundäre Empfindung ausgelöst. Dieselbe Stelle war empfindlich auf mechanische Reizung. Weiter untersuchend fand ich folgendes: Nicht alle auf mechanische Reizung ansprechenden Punkte geben eine Mitempfindung auf Wärmereizung. Auch die auf schmerzhaft Wärmereize antwortenden geben eine solche nur unterhalb einer gewissen Größe der Reizfläche. Eine Reizfläche mit einem Radius von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ —1 mm ist noch wirksam, eine mit einem von 1,5 mm nicht mehr. Die durch schmerzhaft Wärmereize ausgelöste sekundäre Empfindung ist auch eine brennende und keine stechende. Je kleiner die Reizfläche ist, um so näher steht die sekundäre Empfindung der stechenden. Diese Angaben sind jedoch wegen der Unvollständigkeit der Experimente nicht zu Schlußfolgerungen geeignet.

Was das Jucken und Kitzelgefühl betrifft, nimmt die Mehrzahl der Forscher für diese Empfindungen keine besonderen Apparate an — ausgenommen Alrutz⁹⁾ *).

Lokalisation der primären und sekundären Punkte.

Hinsichtlich der Lokalisation der primären und sekundären Punkte seien aus meinen Ergebnissen nur folgende, wiederholt geprüfte herausgehoben (vgl. die nur einige Punktpaare heraushebenden Schemata Abb. 1 u. 2):

Kopf (rechte Seite):

Primärpunkt.		Sekundärpunkt.
Beim unteren Rande des Arcus zygom.	3 cm	über dem oberen Rande der
$2\frac{1}{2}$ cm weit von dem Ohre (c)		Scapula in der Mittellinie der r.
		Seite der Regio nuchae (c')
C_2	$4 - 2 = 2$	C_4
4 cm über, 1 cm vor dem Ohre (a)	1 cm	über der Brustwarze (a')
C_2	$10 - 2 = 8$	D_3
4 cm über der Spitze des Ohres (b)	Proc. corac. scapulae (b')	
C_2	$4 - 2 = 2$	C_4
(linke Seite):		
2 cm weit vor dem unteren Ende des		Am höchsten Punkte der vorderen
Ohres		Wand der Fossa axill.
C_2 10 oder besser**)	$6 - 2 = 4$	D_2
4 cm über, 3 cm vor der Spitze des		Beim Angulus med. scapulae
Ohres		
C_2 10 oder besser	$6 - 2 = 4$	D_2
4 cm links und ein wenig rückwärts		In der Mitte des ulnaren Randes des
vom Scheitel		Unterarmes
C_2	$8 - 2 = 6$	C_8

*) Stransky beschreibt (Wien. klin. Rundschau 1901, Nr. 24, 25, 26, S. 165) eine Mitempfindung: Wenn wir manche Stellen der Haut mit stumpfer Spitze oder abgestumpfter Kante quetschen, tritt an einer fernliegenden Hautgegend ein Jucken-Brennen auf. Auch diese Mitempfindung ist bei mir auszulösen, aber von einer Primärstelle für das Stranskysche Phänomen war das Kowalevskysche nicht auslösbar.

**) Die schematische Abrechnung von 4 Cervicalsegmenten geschieht in diesen Fällen mit Rücksicht auf das unmittelbare Aneinandergrenzen der Hautgebiete von C_4 und D_2 an der Brustfläche.

Oberarm (rechter):

Am Ellbogen (*q*) Am lateralsten Punkte der Crista iliaca (*q'*)
 D_2 $11 - 2 = 9$ D_{11}

(linker):

5 cm über dem Ellbogen beim lat. Rande Beim unteren Rande der 10. Rippe ganz lateral
 C_5 $18 - 5 = 13$ D_{10}

Unterarm (rechter):

4 cm unter dem Ellbogen am rad. Rande (*l*) Am lateralsten Punkte des unteren Randes der 7. Rippe (*l'*)
 C_6 $14 - 6 = 8$ D_6

4 cm unter dem Ellbogen am uln. Rande (*k*) 5 cm unter der Brustwarze (*k'*)
 D_1 $6 - 1 = 5$ D_6

An der dors. Fläche an der Grenze des mittleren und unteren Drittels Bei dem vorderen Ende der 7. Rippe
 C_6 $14 - 6 = 8$ D_6

Hand (linke):

4. Finger, an der ulnaren Seite, $\frac{1}{2}$ cm oberhalb des 2. Interphalangealgelenkes 2 cm weit von dem vorderen Ende der 10. Rippe
 C_8 $16 - 8 = 8$ D_8

(rechte):

4. Finger, an der uln. Seite, $\frac{1}{2}$ cm unterhalb des Metakarpophalangealgelenkes (*m*) Bei dem vorderen Ende der 7. Rippe (*m'*)
 C_8 $14 - 8 = 6$ D_6

Rumpf (rechte Seite):

In der Linea axill. ant., 2 cm abwärts von deren höchstem Punkte Beim unteren Rande der 12. Rippe, lateral
 D_4 $10 - 4 = 6$ D_{10}

In der Mittellinie der Scapula, 2 cm abwärts von der Spina (*x*) In der Linea axill. post., beim oberen Rande der 12. Rippe, ein wenig lateral (*x'*)
 D_2 $11 - 2 = 9$ D_{11}

In der Linea axill. ant., 4 cm weit von deren höchstem Punkte (*g*) In der linken Fossa supraclavicularis, 1 cm über der Clavicula, 2 cm medialwärts von deren Ende (*g'*)
 D_3 11 oder besser $7 - 3 = 4$ C_3

In der Linea axill. ant., in der Höhe der 6. Rippe Beim Epicond. med. humeri
 D_6 $6 - 1 = 5$ D_1

In der Linea axill. post. in der Höhe der 8. Rippe In der lateralen Linie des Halses, 1 cm unter deren Mitte
 D_8 16 oder besser $12 - 2 = 10$ C_2

Beim vorderen Ende der 8. Rippe Beim Ansatz des Deltoideus am Humerus
 D_7 $15 - 5 = 10$ C_5

In der Linea axill. ant., beim unteren Rande der 9. Rippe Beim oberen Rande der Clavicula, in deren Mitte
 D_7 15 oder besser $11 - 3 = 8$ C_3

In der Linea paravertebralis, in der Höhe des 2. Lendenwirbels	In der Mitte der Helix des Ohres	
D ₁₁ 19 oder besser 15 — 1 = 14	C ₁	
(linke Seite):		
In der Linea axill. ant., 3 cm weit von deren höchsten Punkte	In der Linea parasternalis, 1½ cm unter dem Nabel	
D ₃ 11 — 3 = 8	D ₁₁	
Über der Mitte der Margo med. scapulae (i)	3 cm einwärts von der Articulatio acromioclavicularis (i')	
D ₃ 11 oder besser 7 — 4 = 3	C ₄	
In der Linea axill. ant., in der Höhe der 8. Rippe (s)	1 cm über dem Epicondylus med. humeri (s')	
D ₇ 7 — 1 = 6	D ₁	
4 cm über der Brustwarze (e)	In der Mitte der lateralsten Linie des Halses (e')	
D ₂ 10 oder besser 6 — 2 = 4	C ₂	
Linea axill. post., in der Höhe der 8. Rippe (h)	1 cm über der Mitte der Clavicula (h')	
D ₇ 15 oder besser 11 — 3 = 8	C ₃	
In der Linea axill. ant., in der Höhe der 5. Rippe (d)	In der Mitte des Ohr läppchens (d')	
D ₅ 13 oder besser 9 — 2 = 7	C ₂	
In der Linea axill. ant., beim oberen Rande der 7. Rippe (t)	3 cm über dem Epicondylus lat. humeri (t')	
D ₇ 15 — 5 = 10	C ₃	
Oberschenkel (rechter):		
4 cm über der Kniescheibe	Beim Angulus inf. scapulae	
L ₃ 23 — 13 = 10	D ₅	
1 mm weit von demselben Orte	1½ cm weit links vom Nabel	
L ₃ 23 — 18 = 5	D ₁₀	
3 cm unterwärts von der Fossa inguinalis in der Mediallinie	In der Mitte der dors. Fläche des Oberarmes	
L ₁ 21 — 10 = 11	D ₂	
An der Grenze des oberen und mittleren Drittels, lateral, an der vorderen Fläche	Beim Ansatz des Deltoideus	
L ₂ 22 — 5 = 17	C ₅	
(linker):		
An der Grenze des oberen und mittleren Drittels, an der vorderen Fläche	Am Unterarme, 3 cm unter dem Ellenbogen, ganz lateral	
L ₂ 22 — 6 = 16	C ₆	
An der vorderen Fläche, 5 cm über der Kniescheibe, ganz lateral	In der Linea axill. ant., 3 cm weit von deren höchstem Punkte	
L ₂ 22 — 11 = 11	D ₃	
An der hinteren Seite in der Mediallinie, 2 cm unter der Glutealfalte	In der Linea paravertebralis, in der Höhe des 10. Brustwirbels	
S ₂ 21 — 10 = 11	D ₈	

Unterschenkel (rechter):

An der Grenze des mittleren und unteren Drittels, ganz lateral In der Linea axill. med., am oberen Rande der 8. Rippe

L_5 25 — 15 = 10 D_7

4 cm über dem Fußknöchel, medial In der Linea axill. med., beim unteren Rande der 7. Rippe

L_4 24 — 15 = 9 D_7

(linker):

In der Höhe der Articulatio talocruralis Am höchsten Punkte der vorderen in der Mitte, vorn Wand der Achselhöhle

L_4 24 — 10 = 14 D_2

2 cm unter der Kniescheibe, 2 cm lateralwärts von der Mittellinie In der Mitte der Scapula

L_4 24 — 11 = 13 D_3

Fuß (rechter):

In der Mitte der großen Zehe, ganz medial In der Linea parasternalis, in der Mitte zwischen dem Proc. xyph. und dem Nabel

S_1 26 — 16 = 10 D_8

Zwischen dem I. und II. Metatarsus-knochen, 1 cm weit von der Artic. metatarsophalangea In der Linea mammillaris, in der Höhe der 7. Rippe

S_1 26 — 16 = 10 D_8

(linker):

An der 2. Zehe an der med. Seite, 1 cm weit vom Nagel Beim vorderen Ende der 11. Rippe

L_5 25 — 17 = 8 D_9

An der großen Zehe, $\frac{1}{2}$ cm vor dem Nagel, ganz medial 1 cm unter und links vom Nabel

S_1 26 — 18 = 8 D_{10}

An der kleinen Zehe, an der med. Seite, 1 cm vor dem Nagel Bei dem vorderen Ende der 12. Rippe

L_5 25 — 18 = 7 D_{10}

Ich habe öfter folgende Beobachtung gemacht: $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunde nach dem Essen, wenn auf ein paar Sekunden schmerzhaft empfindungen im Epigastrium und der Nabelgegend auftraten, konnte ich am höchsten Punkte der vorderen Wand der Achselhöhle eine typische Mitempfindung bemerken, ebenso, wenn rechts vom Nabel Schmerzen auftraten, eine Mitempfindung in der Mitte der dorsalen Seite des rechten Unterarmes. Wir können also annehmen, daß Mitempfindung gebende Punkte auch an der Schleimhaut des Magendarmkanals oder am Peritoneum vorkommen.

I. Aus diesen Ergebnissen läßt sich für die Lokalisation der primären und sekundären Punkte die Regel ableiten, daß sowohl Primär- wie auch Sekundärpunkte nur auf Hautgebieten der spinalen Nerven vorkommen, nicht aber auf der reinen Trigeminusfläche.

Einige auf dem Schema (Abb. 1 und 2) bezeichnete Punkte fallen in das „Trigeminusgebiet“. Das ist aber nur nach diesem Schema so. Es ist ja bekannt, daß die Größe des Trigeminusgebietes bei einzelnen Individuen verschieden ist. Auch besteht ein Ineinandergreifen des Gebietes der spinalen Nerven und des Trigeminus*). W. Seiffer¹⁰⁾, dem das Schema entnommen ist, teilt selbst die Schemata Häckels und Bardelebens über das

Ausbreitungsgebiet des Trigeminus mit; nach der Abb. 38 ist unsere Regel richtig. Ich habe an mir und an noch 3 anderen Personen die zweifellose Trigeminusfläche in dichten Zwischenräumen mit dem Nagel wiederholt durchforscht, doch waren Primärpunkte in dieser Gegend nicht zu finden. Auch fand ich von den Sekundärpunkten. keinen einzigen daselbst.

2. Die Sekundärpunkte der (ungefähr) über dem III. Dorsalsegmente liegenden Primärpunkte sind in einem tieferen, die Sekundärpunkte der

Abb. 1. Schema der Lage von Primärpunkten (rot; a bis y mit gleichzeitiger Verzeichnung der Sekundärpunkte a' bis y'; sonstige Primärpunkte — ohne Verzeichnung der zugehörigen Sekundärpunkte — durch einfache rote Punkte markiert) und von Sekundärpunkten (schwarz; a' bis y') auf der Vorderseite bei B. Mittelm ann. (Unter Zugrundelegung des Schemas von Seiffer.)

*) Häckel und Bardeleben, Arat. Atlas 1908, Abb. 35—38.

Abb. 2. Schema der Lage von Primärpunkten (rot; *a* bis *y* mit gleichzeitiger Verzeichnung der Sekundärpunkte *a'* bis *y'*; sonstige Primärpunkte — ohne Verzeichnung der zugehörigen Sekundärpunkte — durch einfache rote Punkte markiert) und von Sekundärpunkten (schwarz; *a'* bis *y'*) auf der Hinterseite bei B. Mittelmann. (Unter Zugrundelegung des Schemas von Seiffer.)

unter dem III. Dorsalsegmente liegenden Primärpunkte sind in einem höheren Segmente zu finden als ihre primären. Sehr schön ist das an dem nebenstehenden Schema nach Seiffer (Abb. 1 u. 2) sichtbar. Auch die Ergebnisse Kowalevskys zeigen das, (s. S. 105) obgleich seine Regel eine andere war.

Die meisten der Primärpunkte Kowalevskys lagen — natürlich — unter dem III. Dorsalsegmente. Er stellte daher die Regel auf, daß die Sekundärpunkte meistens in einem höheren Segmente liegen als die Primären.

Doch müssen wir noch auf mehrere Umstände Rücksicht nehmen. Einerseits sind die Ausbreitungsgebiete der einzelnen Spinalsegmente nicht punktuell genau sichergestellt; die Ergebnisse der Forscher sind diesbezüglich verschieden. Andererseits decken die

Hautbezirke gewisser Spinalsegmente einander — wenigstens teilweise; jede ausgedehntere Hautfläche wird von etwa 3 Segmenten versehen¹¹⁾.

Nach Kowalevsky:

	Primärpunkt.		Sekundärpunkt.
a)	Auf der hinteren Seite des linken Vorderarms, an der Grenze des oberen und mittleren Drittels, abseits von der Mittellinie nach der Radialseite		Auf dem Rücken, neben dem unteren Rande des Schulterblattes, der Spina scapulae gegenüber
	C_7	$10 - 7 = 3$	D_2
b)	Auf der hinteren Seite des linken Vorderarms, an der Grenze des mittleren und unteren Drittels		Auf dem Rücken oberhalb der Lende
	D_1	$9 - 1 = 8$	D_9

Dennoch ist unsere Regel nachweisbar. Es gibt ja Gegenden, die nach den Ergebnissen aller Forscher von Wurzeln über bzw. unter dem III. Dorsalsegmente versorgt werden. Andererseits liegen die einzelnen Sekundärpunkte so weit ab von ihren Primären, daß die höhere bzw. tiefere Lage der zugehörigen Spinalsegmente unstreitig nachweisbar ist. Subtrahieren wir unter den Segmentnummern der primären und der sekundären Punkte die kleinere von der größeren, so bleibt fast immer mehr als 3 (vgl. die obige Tabelle).

Zur anatomischen Deutung unserer Befunde sei mit anderen Autoren angenommen, daß einer Hinterwurzel bzw. einer Schmerzpunktfaser mehrere spinale Endigungs- oder Synapsensegmente zugehören¹⁰⁾.

Wenn wir schematisch für jede Wurzel 3 Rückenmarksegmente rechnen, so ist in dem Falle die höhere bzw. die tiefere Lage des dem Sekundärpunkte (gegenüber dem Primärpunkte) zugehörigen Spinalsegments sicher, wenn zwischen den größeren und kleineren Segmentnummern der Unterschied wenigstens 5 beträgt. Dem entspricht der größere Teil der Punkte. Dies wird durch das nachstehende Schema für die Segmentalbeziehung von Haut bzw. Schmerzpunkten, Spinalwurzeln und Rückenmark (Abb. 3) dargelegt: Die

Spinale Endigungs- oder Synapsensegmente Spinale Wurzel-segmente Schematische Segmentalgliederung der Haut
Abb. 3. Schema der Segmentalbeziehung von Haut, Spinalwurzeln und Rückenmark.

das Hautsegment *a* eines Primärpunktes noch versorgende unterste Wurzel reicht im Rückenmarke bis zum Segmente *C* hinunter, die das Hautsegment *f* eines Sekundärpunktes noch versorgende oberste Wurzel

reicht bis zum Segmente *D* hinauf. Das zugehörige Spinalniveau liegt also tiefer als das zu *a* gehörige.

In manchen Fällen muß die Zwischenzahl noch größer sein; vorne und zum Teil auch hinten liegen nämlich an der Halsrumpfgrenze das *C*₄- und das *D*₂-Segment nebeneinander.

Steht die Sache hinsichtlich des größeren Teils der Punkte so, daß die Regel richtig ist, so können wir deren Richtigkeit wohl auch für die zunächst fragliche Minderzahl vermuten.

Beim Untersuchen anderer Personen habe ich vereinzelt Primärpunkte über dem III. Dorsalsegmente gefunden, deren sekundäre Punkte höher gelegen waren als sie selbst. Wir glauben die Ursache dafür in der Versorgung eines Hautsegmentes durch 3 Spinalsegmente suchen zu dürfen. Solcher Punkte gab es zwei.

S. Vajda.

Rechte Seite:

Primärpunkt.	Sekundärpunkt.
Am rechten Unterarme in der Mitte der dors. Seite	Am rechten Oberarme, beim Ansatz des Deltoideus
Möglich: <i>C</i> ₆ , <i>C</i> ₇ , <i>D</i> ₁	Möglich: <i>C</i> ₅ , <i>D</i> ₂
Wahrscheinlich: <i>C</i> ₆	Wahrscheinlich: <i>D</i> ₂

T. Wertheimer.

Rechte Seite:

Primärpunkt.	Sekundärpunkt.
An der rechten Seite des Rumpfes, in der Höhe des III. Brustwirbels	Beim Collum scapulae
Möglich: <i>C</i> ₄ , <i>D</i> ₂ , <i>D</i> ₃	Möglich: <i>C</i> ₄ , <i>C</i> ₅ , <i>D</i> ₂
Wahrscheinlich: <i>C</i> ₄	Wahrscheinlich: <i>D</i> ₂

3. Die primären und die sekundären Punkte liegen meistens auf derselben Körperseite. Es gibt aber auch Ausnahmen von dieser Regel. In der Tabelle ist (S. 100—*D*₃ *C*₃) ein Primärpunkt verzeichnet, dessen Sekundärpunkt unzweifelhaft auf der entgegengesetzten Körperhälfte zu finden ist; ein anderer (S. 101—*L*₃ *D*₁₀) stellt wahrscheinlich nur darum eine Ausnahme von der Regel dar, weil die Segmente die Medianlinie überschreiten.

Auch bei S. V. fand ich eine unbestreitbare Ausnahme.

Primärpunkt.	Sekundärpunkt.
Am linken Oberarme in der Mitte des Deltoideus	In der Mitte der rechten Fossa axillaris.

Nach alldem gelange ich zu folgender Stellungnahme zu den Regeln Kowalevskys:

1. „Die primären und die sekundären Punkte liegen immer auf derselben Körperseite.“ Nach meinen Beobachtungen kommen auch Ausnahmen vor.

2. „Auf beiden Körperseiten besteht zwischen den Punkten keine Symmetrie.“

Ich habe es ebenso gefunden. Aber man kann nicht entscheiden, ob an beiden Körperseiten derselbe Punkt gereizt wurde!

3. „Der Sekundärpunkt liegt meistens in einem höheren Segmente als der Primärpunkt.“

Ich finde: Das D_{III}-Segment bildet eine Wendegrenze.

4. „Der Sekundärpunkt liegt meistens an der hinteren Körperoberfläche.“

Dem stimme ich nicht zu.

5. „Einander sehr nahe liegende Primärpunkte können an voneinander sehr entfernten Orten Mitempfindung geben.“

Dies bestätige ich.

6. „Wahrscheinlich hat manchmal ein Primärpunkt mehrere Sekundärpunkte.“

Es scheint sich dabei um Ergebnisse roher Untersuchung zu handeln. Mit der Nadel nachsuchend sind immer zwei oder mehrere Primärpunkte sehr nahe beieinander nachweisbar. Die Möglichkeit einer Doppelmitempfindung ist aber nicht ausgeschlossen.

Theorie der Erscheinung.

Kowalevsky sagt, die Mitempfindung könne weder von glatten, noch von quergestreiften Muskeln stammen; sie müsse rein neurotischen Ursprunges sein. Das ist m. E. zutreffend, denn die Erscheinung kommt auch bei gänzlicher (Novocain-) Anästhesie des sekundären Punktes zustande. Wir können also an drei Möglichkeiten denken. Alle drei formulierte bereits Joh. Müller¹¹⁾.

1. Jeder Primärpunkt und der ihm entsprechende Sekundärpunkt haben ein gemeinsames zentrales „Nervenelement“. Wird dieses gereizt, so fühlen wir auf einmal zwei Punkte. Diese Vorstellung ist nicht annehmbar. Es müßte ja die Mitempfindung auch umgekehrt vom Sekundärpunkte her am primären Punkte auslösbar sein!

2. Wird die Erregung auf der Nervenbahn des Primärpunktes zu groß, so „springt“ dieselbe eventuell bei einer Nervenzelle, von der gewöhnlichen Nervenleitung abweichend, auf die Umgebung bzw. auf die Bahn des sekundären Punktes über. Das ist auch nicht annehmbar. Auf die Erregung eines einzigen Punktes antwortet ein anderer einziger Punkt. Es ist undenkbar, daß eine so präzise Erscheinung auf solche Art zustande käme; die entstehende Empfindung müßte eine mehr diffuse sein.

3. Zwischen den Bahnen des primären und des sekundären Punktes besteht irgendwo eine einseitige Verbindung etwa in folgender Weise (vgl. Abb. 4). In dem zentralen Element 1 entsteht die Empfindung für den Hautpunkt 1, in der Zelle 2 jene für Hautpunkt 2. Von der Leitungsbahn 1 her ist durch eine Kollaterale und durch Zwischenschaltung

einer Intersegmentalzelle*) (*JZ*) die homologe Schaltzelle der Leitungsbahn 2 erregbar — nicht aber Bahn 1 von Bahn 2 her. Ein solches Verhalten gilt ja allgemein für Nervenzellketten, wie speziell A. Tschermak ausführt**).

Abb. 4. Schema der Leitungsbeziehung zwischen Primär- und Sekundärpunkt.

Diese Lösung nehmen Müller¹¹⁾, Quincke¹²⁾, auf die das obige Schema im wesentlichen zurückgeht, und fast alle anderen Forscher an. Sie erscheint als die einzige annehmbare Lösung.

Dieses Schema erklärt, daß die Erscheinung nur eine Richtung hat (vom primären Punkte zum sekundären); daß die sekundäre Empfindung meistens stärker ist als die primäre, da die vom Primärpunkte herkommende absichtlich ausgelöste Erregung und die vom Sekundärpunkte herkommende unerschwellige Erregung bzw. Erregbarkeitssteigerung sich summiert; daß im Falle einer Blase an der primären Stelle eine sonst nicht schmerzhaft Berührung der sekundären Stelle schmerzhaft wird — auch wegen der Summation; daß das erste Auslösen der Mitempfindung eine größere Intensität des Reizes erfordert als das spätere, wenn der Weg der Miterregung schon „gebahnt“ ist; daß nach öfterem Auslösen die schmerzhaft Mitempfindung bereits bei nicht schmerzhafter Intensität des Reizes eintreten kann (Summation); daß im Falle von Novocain-Anästhesie des Sekundärpunktes die Mitempfindung eine schwächere ist; daß die Ermüdung ebenso vom primären wie vom sekundären Punkte her herbeizuführen ist.

Die Punktartigkeit der Erscheinung deutet darauf hin, daß wenigstens ein Teil des Schmerznervensystems sehr feine, fast punktartige Rezeptoren besitzt.

Warum Jucken nach der Stichempfindung besteht, ist nicht sicher zu erklären. Wir weisen nur auf den immer mehr eingenommenen Standpunkt hin, daß das Nervenelement des Schmerzes und des Juckens dasselbe ist oder in sehr naher Beziehung zueinander steht¹³⁾. Auf stetigen Reiz oder bei steigender Ermüdung, bei unangenehmer Hyperästhesie bleibt das Jucken aus; solche Veränderungen im entsprechenden Teile des Nervensystems heben offenbar die Juckempfindlichkeit auf. Bei Anästhesie des Sekundärpunktes bleibt das Jucken aus; somit hat auch die vom Sekundärpunkte herkommende Erregung einen Anteil am Entstehen des Juckens. Vielleicht summiert sich der „Nachklang“ des Stechens mit der unerschwelligen Erregung des sekundären Punktes und ruft so das Jucken hervor.

*) Weniger wahrscheinlich ist eine direkte Kollateralverbindung von Leitungsbahn 1 mit Leitungsbahn 2. Andererseits könnte die Verbindungsbrücke mehrere Intersegmentalzellen umfassen.

) A. v. Tschermak, Julius Bernsteins Lebensarbeit. Pflügers Arch. **174, 1, spez. S. 48. 1919; auch sep. Berlin 1919.

Für eine Lokalisierung im Rückenmarke spricht die Beobachtung, daß die Erscheinung nur in der Gegend der spinalen Nerven vorkommt. Ferner besteht hinsichtlich der Lokalisation der primären und der sekundären Punkte eine Regel, die der Segmentation der spinalen Nervenversorgung entspricht; es bestünde kaum eine solche Regel, wenn die Verbindung höher oben erfolgte. Wahrscheinlich rufen die intersegmentalen Neuronen die Erscheinung hervor. Eben mit Rücksicht auf diese glauben wir, daß die obige zweite Regel (D_{III}-Segment als Wendezone) auch auf das Rückenmark zu beziehen ist.

Über das Verhalten verschiedener Versuchspersonen.

Mich einbegriffen habe ich 9 Individuen untersucht, unter denen die Erscheinung nur bei einem fehlte. Die Untersuchung geschah mit dem Nagel, da er eine größere Reizfläche repräsentiert. 8 Fälle waren positiv, unter diesen 2 Ärzte, 4 Mediziner, 2 Gymnasiasten. Die Reaktion der Untersuchten (die Erscheinung war ihnen, ja ganz neu), das Anzeichen des Juckens, das Kratzen, sind so charakteristisch, daß auch das objektive Identifizieren der Erscheinung unzweifelhaft ist. Nach dem Untersuchen fanden die Versuchspersonen auch von selbst solche Punkte. Die obige zweite und dritte Regel war überall gültig. Die erste habe ich in 4 Fällen untersucht und richtig befunden.

Reizen wir bei verschiedenen Versuchspersonen primäre Punkte mit derselben Lokalisation, so fragt sich, ob auch die zugehörige Mitempfindung immer dieselbe Lokalisation hat oder nicht. Es ist sehr schwer das zu beantworten. Denn wie können wir von Punkten auch mit derselben objektiven Lokalisation entscheiden, ob sie wirklich einander entsprechen? So wäre nur ein positives Ergebnis entscheidend. Aber die Zahl und Anordnung der Primärpunkte ist bei verschiedenen Individuen ganz verschieden. In größter Zahl fand ich sie an mir selbst. Bei anderen Personen mußte ich manchmal 5 Minuten lang suchen, bis ich einen solchen Punkt fand. Wenn wir aber von größeren Oberflächen reden, können wir die Frage im ganzen bejahend beantworten, es ergab sich z. B. daß, wenn der Primärpunkt auf den oberen Extremitäten lag, die Mitempfindung meistens am Rumpfe auftrat und hinsichtlich eines Teils des Rumpfes das Umgekehrte galt.

Oftmals, wenn ich mit dem Nagel einen Primärpunkt aufgesucht hatte, lokalisierte ich ihn punktuell mit einer Nadel, ließ dann die Augen des Untersuchten schließen und machte in der Nähe Probestiche. Eine Mitempfindung bekam ich auch dann nur vom Primärpunkte aus; von dort war sie aber bei Eliminierung störender Umstände immer auszulösen.

Zusammenfassung.

1. Es gibt schmerz- bzw. kälteempfindende Endorgane, die eine charakteristische, punktartig lokalisierte Schmerz- bzw. Kältemitempfundung geben. Der Schmerzempfindung folgt meistens ein leises Jucken.

2. Die Primär- wie auch die Sekundärpunkte finden sich nur

a) in der spinalen Nervenregion und

b) auf derselben Seite des Körpers vor;

c) das D_{III}-Segment bildet eine Wendegrenze, so daß höher gelegenen Primärpunkten tiefer gelegene Sekundärpunkte entsprechen und umgekehrt. Mitempfundung gebende Punkte kommen wahrscheinlich auch an der Schleimhaut des Magendarmkanals oder am Peritoneum vor,

3. Die Erscheinung entsteht durch eine besondere, einsinnige Art der Ausbreitung der Erregung von der Bahn des primären Punktes auf jene des Sekundärpunktes. Die Punktartigkeit der Erscheinung deutet darauf hin, daß dem Schmerzsinn wenigstens zum Teil sehr feine, fast punktartige Rezeptoren zukommen.

4. Unter 9 Personen war die Erscheinung bei 8 auslösbar.

Zum Schlusse möchte ich Herrn Prof. Dr. Armin Tschermak für seine freundliche Mithilfe meinen innigsten Dank ausdrücken.

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ N. Kowalevsky, Zur Lehre von den Mitempfundungen. Ärztlicher Anzeiger 1884, Nr. 3. 4. Russisch. — ²⁾ A. Goldscheider, Ges. Abh. 1898, Bd. I, S. 79. — ³⁾ S. Alrutz, Doppelte Schmerzempfindung. Skandinav. Arch. f. Physiol. **17**, 414. 1905. — ⁴⁾ Th. Thunberg, Skandinav. Arch. f. Physiol. **12**, 344. 1901. — ⁵⁾ M. v. Frey, Berichte d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig. Math.-Naturwiss. Abt. 1894. XLVI, S. 192. — ⁶⁾ F. Winkler, Arch. f. Dermatol. u. Syphilis **99**, 273. 1910. — ⁷⁾ A. Goldscheider, Ges. Abh. 1898, Bd. I, S. 256. — ⁸⁾ Fr. Hacker, Zeitschr. f. Biol. **64**, 189 u. 224. 1914. — ⁹⁾ S. Alrutz, Kitzel und Jucken. Skandinav. Arch. f. Physiol. **20**, 671. 1908. — ¹⁰⁾ W. Seiffer, Arch. f. Psych. **34**, H. 2. 1901. — wo auch andere Quellen angegeben sind. — ¹¹⁾ Joh. Müller, Handbuch d. Physiol. d. Menschen. Bd. I, S. 603. 4. Aufl. 1844. — ¹²⁾ H. Quincke, Zeitschr. f. klin. Med. **17**. 1890. — ¹³⁾ Rothmann, Gyógyászat (Heilkunde) 1919, Aug. (ungar.).