

Über den Muskelsinn bei Blinden.

Von

Dr. PAUL HOCHSEISEN.¹

In den Begriff „Muskelsinn“ fassen wir eine Reihe von Fähigkeiten zusammen, welche es ermöglichen, uns über die Stellungen unserer Körperteile zu einander, über die Lage im Raum, die Bewegungen der Körperteile und die Widerstände, welche sie bei den aktiven Bewegungen finden, genau zu informieren. Über die Analyse des Muskelsinns arbeitete GOLDSCHIEDER in sehr eingehender Weise und veröffentlichte seine Resultate in den Schriften „Über den Muskelsinn und Theorie der Ataxie“² und „Untersuchungen über den Muskelsinn.“³ Er trennte hierbei das Gebiet des Muskelsinns scharf in folgende vier Abteilungen:

1. Empfindung passiver Bewegungen.
2. Empfindung aktiver Bewegungen.
3. Wahrnehmung der Lage und Haltung.
4. Empfindung der Schwere und des Widerstandes.

Ausgehend von der Empfindung passiver Bewegungen fand GOLDSCHIEDER, daß es eine spezifische Bewegungsempfindung giebt, welche bei passiven Bewegungen von einer gewissen Gröfse deutlich hervortritt und sich mit keiner anderen Empfindung verwechseln läßt. Das Wesentliche beim Zustandekommen der Bewegungsempfindung ist die Drehung der Gelenk-

¹ Die folgenden Untersuchungen sind unter Leitung des Herrn Dr. A. GOLDSCHIEDER angestellt worden, der bereit ist, für ihre Resultate auch die Verantwortlichkeit zu übernehmen. Ihre Ergebnisse sind auf dem *II. internationalen psycholog. Kongress zu London 1892* vorgetragen und auch in meiner Dissertation veröffentlicht worden.

² *Zeitschrift für klinische Medizin.* Band XV.

³ *Archiv für Anatomie und Physiologie*, Physiol. Abt. 1889.

enden und die Perzeption der letzteren durch die Gelenksensibilität. GOLDSCHIEDER stellte fest, wie groß die Winkeldrehung der verschiedenen Gelenke des Körpers sein müsse, um als Bewegungsempfindung percipiert zu werden. Er bezeichnete als Schwellenwert der Bewegungsempfindung, resp. des Gefühls für passive Bewegungen, diejenige Winkeldrehung, welche ebenso oft merklich als zweifelhaft, also in 50% der Fälle, gefühlt wurde. Die gefundenen Werte waren:

Zweites Interphalangealgelenk	1,03°—1,26°
Erstes Interphalangealgelenk	0,72°—1,05°
Metakarpophalangealgelenk	0,34°—0,42°
Handgelenk	0,26°—0,43°
Ellbogengelenk	0,40°—0,61°
Schultergelenk	0,22°—0,42°
Hüftgelenk	0,50°—0,79°
Kniegelenk	0,50°—0,70°
Fußgelenk	1,15°—1,30°.

Bei diesen Untersuchungen stellte sich heraus, daß die Geschwindigkeit, mit welcher die Bewegung ausgeführt wird, auf das Merklichwerden der Lokomotion einen Einfluß ausübt. Kleine Bewegungen werden bei großen Geschwindigkeiten merklich, während sie bei kleineren Geschwindigkeiten noch unmerklich sind. Wird andererseits die Elongation größer, so wird die erforderliche Geschwindigkeit kleiner. Als diejenige Geschwindigkeit, welche für die Aufstellung von Schwellenwerten dem Zwecke am besten entspricht, fand GOLDSCHIEDER eine solche, wie sie der menschlichen Hand bei Ausführung passiver kleiner Bewegungen sehr bequem liegt und unwillkürlich von selbst angewandt wird.

Die Schwellenwerte der aktiven Bewegungen stellen sich um sehr wenig niedriger, stehen jedoch in einem gewissen Verhältnis zu den Werten der passiven Bewegung, so daß die für passive Bewegungen gefundenen Schwellenwerte auch als Maß für die Empfindung aktiver Bewegungen zu benutzen sind.

Die Wahrnehmung der Lage und Haltung setzt sich zusammen aus den oberflächlichen Hautsensationen und den tiefen Sensationen der Sehnen und ihrer Adnexe. Das Vermögen, körperlich zu fühlen, ist nicht sehr genau und wird durch Bewegungen unterstützt. Durch diese werden Sehnen-

spannungen, Gelenkempfindungen, Spannungsveränderungen der Haut ausgelöst, welche wir zu unbewußten stereognostischen Schlüssen zu verbinden gelernt haben. Mit der Empfindung des Widerstandes und der Schwere verhält es sich ähnlich; wir haben im ganzen Gebiet des Muskelsinns als grundlegenden und meistens maßgebenden Faktor die Bewegungsempfindung. Bedenkt man, daß die Blinden zum Tasten ihre Extremitäten in beinahe ununterbrochenen Bewegungen benutzen, ihre stereognostischen Schlüsse demnach in der Hauptsache eine geschickte und rasche Kombination derjenigen Sensationen sind, welche in den Gelenken und der Haut zu stande kommen, so dürfen als Maß der Feinheit des Muskelsinns der Blinden die Größen betrachtet werden, welche als Schwellenwerte der passiven Bewegungsempfindung gefunden werden, sowie diejenigen, welche das Maß der extensiven Unterschiedsempfindlichkeit der Haut darstellen.

Die Untersuchungen wurden mit dem GOLDSCHIEDERSCHEN Bewegungsmesser¹ angestellt, welcher zwar eigentlich nur für klinische Zwecke bei Sensibilitätsstörungen konstruiert wurde, aber auch für Untersuchungen feinerer Art sich eignet, wie sich im Verlauf vorliegender Untersuchung zeigte. Das Instrument besteht aus einer gepolsterten Holzschiene, welche auf das zu bewegende Glied von dem Experimentator aufgelegt wird. An die Schiene ist eine verstellbare, metallene Querleiste angeschraubt. Die Querleiste trägt an ihrem Ende einen Kreissektor, auf welchem eine Kreiseinteilung jederseits von 0—27 Grad eingätzt ist. Der Kreissektor steht mit dem Querstück durch zwei Gelenke in Verbindung, in denen der Sektor sowohl um seine eigene Axe rotieren, als auch um die Axe als Querleiste bewegt werden kann.

Von dem Mittelpunkt des Kreises, zu dem der Kreissektor gehört, hängt ein Pendel herab, das sehr leicht beweglich und zur Überwindung der Reibung an seinem freien Ende mit einem Messingklotz versehen ist. An der Stelle, wo das Pendel über die Gradeinteilung hinweg geht, ist es durch einen Rahmen durchbrochen, welcher in der Verlängerung des Pendels einen Drahtfaden als Index trägt. An dem Pendel befindet sich noch ein leicht bewegliches Röllchen, welches über der Schiene mit der

¹ Abgebildet in der *Berliner klinischen Wochenschrift*. 1890. No. 14.

Kreiseinteilung entlang gleitet, um ein Tanzen des Pendels zu verhindern. Aus der Konstruktion des Apparates ist leicht ersichtlich, daß, sobald dem auf die Holzschiene aufgelegten Glied eine Bewegung erteilt wird, die Winkeldrehung durch das Pendel, welches an dem mit dem Glied parallel gestellten Kreissektor herabhängt, an der Kreiseinteilung als Ausschlag angezeigt wird und leicht abgelesen werden kann.

Die Anwendung dieses Instrumentes erfordert einige Übung. Bei der Ausführung der Bewegungen ist darauf zu achten, daß die Schiene dem Glied in allen Teilen fest anliegt und überall einem gleichmäßigen Druck ausgesetzt ist; ist dies nicht der Fall, so werden wohl Bewegungen mit der Schiene, aber nicht mit dem zu bewegenden Gliede gemacht. Ferner muß der Kreissektor der Holzschiene genau parallel stehen und das Pendel darf nicht hin und her tanzen. Vor allen Dingen muß die Schiene mit großer Kraft an das Glied angepresst werden, um bei Ausführung der Bewegung die Perzeption des Druckzuwachses mittelst der Hautsensibilität durch einen möglichst großen Anfangsdruck herabzusetzen bez. auszuschalten. Die Bewegungen müssen gleichmäßig mit einer gewissen, ziemlich großen Schnelligkeit geschehen, eine Bewegung muß in sich abgeschlossen sein und ohne Gelenkerschütterung sich abspielen. Ebenso muß durch genaue sorgfältige Lagerung der oberhalb des bewegten Gelenkes gelegenen Teile und Fixierung derselben jede aktive Muskelwirkung ausgeschlossen sein.

Von den untersuchten Personen muß natürlich die strengste Aufmerksamkeit verlangt werden; ebenso ist eine gewisse Intelligenz und Urteilskraft unbedingt erforderlich. Das Verhalten derselben war in allen Punkten ein durchaus befriedigendes. Zur Kontrolle wurden häufig Vexierversuche eingeschaltet, indem statt einer Bewegung nur verstärkter Druck ausgeführt wurde; entweder erfolgte dann gar keine Antwort von seiten der Untersuchten oder die Angabe, daß nur Druck gefühlt wurde. Mit größter Aufmerksamkeit wurde darauf geachtet, daß bei Ausführung von kleinsten Bewegungen nicht Perzeptionen von Druckzuwachs und Hautverschiebungen als Bewegungsempfindung angegeben wurden. Sobald Ermüdung eintrat, wurden die Untersuchungen eingestellt; auch wurde vor jeder Serie von Bewegungen durch eine Reihe von ausgedehnten Lokomotionen, welche nicht notiert

wurden, die Versuchsperson an die Auffassung der Bewegungsempfindung gewöhnt. Die ersten Serien gaben stets ein schlechteres Resultat als die nachfolgenden, eine Erscheinung, welche dem Einflusse der Übung entspricht. Im Allgemeinen gehört jede Serie einem besonderen Versuchstage an.

Obgleich bei ausreichender Übung auf seiten des Untersuchers und der Untersuchten genügende Gewähr vorhanden war, daß grobe Fehler sicher vermieden würden, ergaben einzelne Serien so unerwartete Resultate, daß der Gedanke, Fehlerquellen des Apparates möchten das Resultat trüben, nicht ohne weiteres von der Hand gewiesen werden konnte. Zunächst fielen die großen Schwankungen innerhalb der einzelnen Serien auf, sowie die Thatsache, daß in vielen Fällen eine Bewegungsempfindung konstatiert wurde, welche nach unten gar keine Begrenzung zeigte. Die Schwankungen sind derart, daß wir bei ziemlich großen Winkelausschlägen, welche wir als absolut merklich anzunehmen berechtigt sind, Procentzahlen des Mercklichkeits-Verhältnisses erhalten, welche sich kaum über 50% steigern, ja sogar öfters bis 33% sinken; auf der anderen Seite haben wir dann bei Ausschlägen von $0,3^0$ — $0,1^0$ Procentzahlen von 80—100%.

Der erste Gedanke an einen etwa möglichen Grundfehler war, daß das Pendel die Ausschläge nicht entsprechend den wirklichen Winkeldrehungen anzeigen, sondern etwa hängen bleiben möchte. Das Pendel ist jedoch so sorgfältig gearbeitet, daß es auch die geringste Drehung sofort anzeigt und die Reibung an dem Kreissektor durch den im Verhältnis zu der leichten Pendelstange sehr gewichtigen Messingklotz überwunden wird.

Trübungen der Resultate waren anfänglich dadurch zustande gekommen, daß sich in den untersuchten Extremitäten aktive, der Versuchsperson unbewusste Muskelspannungen einstellten oder daß Respirationsbewegungen auf den Apparat übertragen wurden. Dies wurde jedoch sehr bald bemerkt, und durch genaue Aufmerksamkeit wurden daraus entspringende Unregelmäßigkeiten vermieden.

Viel schwerer zurückzuweisen ist ein anderer möglicher Einwand. Man könnte nämlich meinen, daß es bei einem Abstand der Gradstriche von nur 2 mm unmöglich sei, nach dem Augenmaße mit ziemlicher Genauigkeit die Grade in zehn

Teile zu teilen. Wir geben sehr gerne zu, daß das mit einer absoluten Genauigkeit nicht geschehen kann, halten aber daran fest, daß nach unserer Erfahrung bei einiger Übung die Möglichkeit vorhanden ist, eine Sicherheit des Ablesens zu erwerben, welche einer unbedingten Richtigkeit sehr nahe kommt. Die geringen Fehler im Ablesen, welche wir somit selbst zugeben, liegen bei einer ganz bestimmten Winkelbreite, nämlich bei $0,7^\circ$ und $0,6^\circ$. Dieser Umstand hat seinen Grund darin, daß sich das Auge gewisse Prädilektionsstellen im Geiste markiert, welche es sicher erkennt und stets mit derselben Ziffer benennt. Sehr leicht ins Auge fallen ein halber Grad ($0,5^\circ$), ein viertel und drei viertel Grad, welche mit $0,3$ und $0,8^\circ$ angegeben werden, da halbe Zehntelgrade zu unterscheiden nicht nötig und nicht möglich ist. Einen Ausschlag, welcher in der Mitte liegt zwischen $1,0^\circ$ und $0,8^\circ$ oder zwischen $0,5^\circ$ und $0,3^\circ$ bezeichnet der Beobachter ganz richtig und sicher mit $0,9^\circ$ resp. $0,4^\circ$; anders verhält es sich mit den Intervallen zwischen $0,8^\circ$ und $0,5^\circ$. Hier fallen auf den Zwischenraum zwei Zehntel. Es ist bei der raschen Reihenfolge der Bewegungen dem Auge unmöglich, sich sicher für $0,7^\circ$ oder $0,6^\circ$ zu entscheiden. Hier können also Ungenauigkeiten nicht ausgeschlossen werden, sind aber nicht von Bedeutung, da die Winkelbreiten $0,7^\circ$ und $0,6^\circ$ als Schwellenwerte beinahe nie in Betracht kommen. Zwischen den leicht markierten Punkten $0,3^\circ$ und 0° liegen ebenfalls zwei Zehntel Intervall. Hier gewöhnt sich das Auge rasch und leicht daran, einen Unterschied zwischen zwei Zehnteln zu machen. Deckt sich der Index vor Ausführung einer Bewegung mit einem Gradstrich, so ist leicht zu entscheiden, ob nach erfolgter Bewegung der Index näher dem Gradstrich oder dem geistig fixierten Strich von $0,3^\circ$ liegt, und danach wird der Ausschlag mit $0,2^\circ$ oder $0,1^\circ$ bezeichnet.

Wir glauben demnach, daß wesentliche Fehlerquellen in der Technik nicht gelegen sind, wofür auch der Umstand spricht, daß bei mehreren Personen Schwellenwerte gefunden wurden, welche mit den GOLDSCHIEDERSchen, durch genaue und ganz einwandlose Methode gefundenen, vollständig übereinstimmen.

Die Versuche wurden an dem von den Blinden am meisten gebrauchten Organ, der Hand, ausgeführt, und zwar war es das Handgelenk, das Metakarpophalangealgelenk und das erste

Interphalangealgelenk, welche zur Untersuchung kamen. Unter erstem Interphalangealgelenk, wird hier das Gelenk zwischen Mittel- und Grundphalanx, unter Metakarpophalangealgelenk dasjenige zwischen Metacarpus und Grundphalanx verstanden. Von der Untersuchung des zweiten Interphalangealgelenks, des Gelenkes zwischen Mittel- und Nagelphalanx, wurde aus Rücksicht auf die Schwierigkeit, welche der Anlegung des GOLDSCHIEDERschen Apparats wegen der Kürze des Nagelgliedes hierbei entgegentrat, abgesehen. Es wurde meist der Zeigefinger und zwar an der rechten und linken Hand gewählt. Die Listen wurden so angelegt, daß sie aus acht Rubriken bestanden: die erste enthielt den Grad der Winkeldrehung, in der zweiten, dritten und vierten wurde notiert, ob die Bewegung fühlbar oder unfühlbar gewesen war oder nur unsicher percipiert wurde; in der fünften und sechsten Spalte stand, ob die Richtung der Bewegung richtig oder falsch angegeben wurde, in der siebenten und achten, ob die Bewegung Streckung oder Beugung war. Es stellte sich bald heraus, daß die Antwort „unsicher“ nie oder ganz selten erfolgte, obgleich die Versuchspersonen stets darauf hingewiesen wurden, lieber einmal „unsicher“ zu sagen als „ja“, falls die Bewegung nicht ganz deutlich gefühlt worden sei. Die wenigen „Unsicher“ wurden so berechnet, daß sie halb zu „ja“ und halb zu „nein“ geschlagen wurden. Als Schwellenwert der Bewegungsempfindung ist diejenige Gelenkexkursion anzusehen, welche in ca. 50% der Fälle erkannt wird. Im ganzen wurden 8 Blinde untersucht und an ihnen über 9000 Bewegungen vorgenommen.

Die Berechnung selbst geschah so, daß von jedem aufgegebenen Drehungswert des Gelenks festgestellt wurde, wie oft er als Bewegung erkannt bzw. nicht erkannt worden war, und daß nunmehr diese die positiven und negativen Fälle bezeichnenden Zahlen in Procenten ausgedrückt wurden, wobei die Anzahl der bei jedem einzelnen Exkursionswert aufgegebenen Drehungen = 100 gesetzt wurden.

Die Untersuchungen wurden an der städtischen Blindenanstalt zu Berlin und an der Nikolauspflege in Stuttgart ausgeführt. Die Direktoren dieser Anstalten gaben bereitwilligst die Erlaubnis dazu und trugen mit großem Wohlwollen in jeder Weise zur Unterstützung der Arbeiten bei, wofür denselben hier unser ergebener Dank ausgesprochen werden soll.

I.

Bertha Scheider, 23 Jahre alt. Sie ist mit $\frac{5}{4}$ Jahren erblindet und hat keinen Lichtschimmer und keine Vorstellung von Farben. Es ist ein etwas anämisches, intelligentes Mädchen, welches fließend mit der rechten und linken Hand gleichmäßig liest. Infolge ihrer Anämie hat sie kühle Hände, welche durch den Druck des Apparates leicht steif werden; die einzelnen Serien durften deshalb nicht zu viele Versuche enthalten. Sie ist in sehr mannigfaltiger Weise beschäftigt, besonders mit Handarbeiten, und spielt Klavier.

Tabelle I.¹

Metakarpophalangealgelenk des linken Mittelfingers.

	I (↓ 13, ↑ 19)			II (↓ 31, ↑ 22)			III (↓ 40, ↑ 17)					
	↓ %	↑ %	S %	↓	↑	S	↓	↑	S			
3,0°—1,1°	100 %			100	100	100	100					
1,0°				³ 66	100	83						
0,9°				—	¹ 100	100						
0,8°				³ 33	³ 66	50				⁷ 57	² 100	66
0,7°				—	—	—				—	—	—
0,6°				² 50	⁵ 80	71	¹ 100	³ 66	75			
0,5°	⁵ 80	¹⁴ 57	63	³ 100	² 50	80	—	¹ 100	100			
0,4°	² 0	—	0	⁶ 16	¹ 100	28	⁷ 21	—	21			
0,3°	³ 66	³ 33	50	² 50	¹ 100	66	⁹ 50	⁸ 75	61			
0,2°	³ 33	² 50	40	² 0	² 50	25	⁶ 75	¹ 100	79			
0,1°	—	—	—	³ 0	—	0	¹ 0	¹ 0	0			

I. Serie: Schwellenwert für Beugung 0,3°—0,5°, Streckung 0,5°, S 0,5°—0,4°.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung 0,5°, für Streckung und S 0,5°—0,3°.

III. Serie: Beugung 0,2°, Streckung 0,3°, S 0,3°—0,2°.

¹ Anmerkung zu den Tabellen: Die lateinischen Ziffern bezeichnen die Serie. Die dahinter stehenden eingeklammerten arabischen Ziffern bedeuten die Anzahl der Bewegungen in Beugung (↓) und Streckung (↑). Die in den drei Kolonnen aufgeführten Zahlen bedeuten die Prozentzahl der richtigen Fälle, und zwar in der ersten Kolonne für Beugung, in der zweiten für Streckung; in der dritten mit S überschriebenen ist die Gesamtprocentzahl der richtigen Fälle angegeben. Die kleingedruckten Ziffern geben an, wie oft die Bewegung die Größe des betreffenden Grades hatte.

Als Schwellenwerte für das Ganze lassen sich aufstellen:

Beugung $0,5^{\circ}-0,2^{\circ}$

Streckung $0,5^{\circ}-0,3^{\circ}$

S $0,5^{\circ}-0,2^{\circ}$.

Tabelle II.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I ($\downarrow 20, \uparrow 7$)			II ($\downarrow 41, \uparrow 10$)			III ($\downarrow 39, \uparrow 18$)		
	\downarrow	\uparrow	<i>S</i>	\downarrow	\uparrow	<i>S</i>	\downarrow	\uparrow	<i>S</i>
$3,0^{\circ}-1,1^{\circ}$	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$1,0^{\circ}$	—	¹ 100	75	⁶ 41	100	61	100	100	100
$0,8^{\circ}$	⁷ 71	—	—	⁶ 66	³ 100	77	⁴ 50	¹ 50	50
$0,7^{\circ}$	¹ 100	—	100	¹¹ 50	² 25	41	—	—	—
$0,6^{\circ}$	⁵ 40	³ 33	37	—	—	—	² 75	⁷ 71	72
$0,5^{\circ}$	¹ 100	¹ 0	50	⁴ 50	—	50	² 50	—	50
$0,4^{\circ}$	³ 66	—	66	³ 100	¹ 0	75	⁷ 56	¹ 100	61
$0,3^{\circ}$	¹ 100	¹ 100	100	⁶ 41	—	41	³ 42	² 50	44
$0,2^{\circ}$	¹ 100	—	100	—	—	—	⁷ 14	² 100	27
$0,1^{\circ}$	—	¹ 100	100	¹ 100	¹ 100	100	¹ 0	—	0

I. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $0,4^{\circ}$, für *S* $0,4-0,3^{\circ}$; Streckungen kamen zu wenige vor, als dafs ein Schwellenwert aufgestellt werden könnte.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $0,4^{\circ}$, für Streckungen kann kein Schwellenwert aufgestellt werden. Für *S* ergibt sich als Schwellenwert $0,4^{\circ}$.

III. Serie: Für Beugung ist Schwellenwert $0,4^{\circ}$, für Streckung $0,3^{\circ}$ bis $0,2^{\circ}$, für *S* $0,4^{\circ}-0,3^{\circ}$. Daraus folgt als Schwellenwert für das Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefinger im ganzen:

Beugung $0,4^{\circ}$

Streckung $0,3^{\circ}-0,2^{\circ}$

Gesamtzahl $0,4^{\circ}-0,3^{\circ}$.

Tabelle III.

Rechtes Handgelenk.

	I (↓ 31, ↑ 36)			II (↓ 33, ↑ 13)			III (↓ 48, ↑ 42)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
2,0°—1,1°	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0°	³ 66	² 50	60	100	100	100	100	100	100
0,9°	—	—	—	¹ 100	—	100	100	100	100
0,8°	² 100	¹⁰ 80	83	⁵ 60	² 100	71	—	—	—
0,7°	¹ 100	—	100	—	—	—	³ 66	¹ 100	75
0,6°	⁷ 71	⁵ 40	50	⁷ 93	¹ 100	93,5	⁶ 83	⁴ 50	70
0,5°	² 50	—	50	—	—	—	⁷ 57	¹² 81	72
0,4°	⁵ 60	² 100	71	³ 66	¹ 50	62,5	⁸ 75	⁵ 80	78
0,3°	² 50	⁷ 28	33	¹⁰ 60	⁴ 100	71	⁶ 33	⁶ 50	41
0,2°	² 50	⁴ 75	66	¹ 0	⁴ 100	80	⁵ 40	³ 66	50
0,1°	—	¹ 0	0	¹ 0	—	0	³ 0	⁵ 20	12

I. Serie: Beugung 0,3—0,2°, Streckung 0,2°, S 0,3° — 0,2°.

II. Serie: Beugung 0,3°, für Streckung 0,2°, S 0,2°.

III. Serie: Beugung 0,4°, Streckung 0,2°, S 0,3—0,2°.

Es erstreckt sich damit der Schwellenwert für das rechte Handgelenk im ganzen bei: Beugung 0,2°—0,4°

Streckung 0,2°

Gesamtzahl 0,2°—0,3°.

Tabelle IV.

Erstes Interphalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 67, ↑ 16)			II (↓ 42, ↑ 50)		
	↓	↑	S	↓	↑	S
4,0°—2,1°	100	100	100	³ 100	⁴ 100	100
2,0°	³ 66	² 100	80	³ 100	² 100	100
1,5°	³ 66	—	66	⁴ 75	² 100	83
1,3°	—	—	—	² 50	⁵ 80	71
1,2°	¹⁰ 70	² 50	66	³ 66	⁶ 50	55
1,1°	¹ 100	² 50	66	² 50	² 100	75
1,0°	¹⁷ 73	³ 100	83	⁸ 50	⁷ 57	53
0,8°	¹¹ 54	³ 100	64	⁴ 25	⁵ 60	44
0,7°	¹ 100	—	100	² 0	⁴ 50	33
0,6°	⁶ 25	² 50	31	² 0	¹ 0	0
0,5°	⁴ 25	¹ 100	40	⁵ 40	⁵ 60	50
0,4°	⁴ 75	—	75	¹ 0	³ 33	25
0,3°	⁶ 50	—	50	¹ 100	² 0	50
0,2°	² 0	—	0	² 0	—	0
0,1°	—	—	—	¹ 0	0	0

I. Serie: Schwellenwert für Beugung $0,8^{\circ}$ — $0,7^{\circ}$, Streckung $0,5$ — $0,6^{\circ}$, S $0,8^{\circ}$ — $0,7^{\circ}$. Die Resultate für $0,3^{\circ}$ und $0,4^{\circ}$ stehen so aufser Connex mit den übrigen Ergebnissen, das wir sie vernachlässigen zu dürfen glauben.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $1,1^{\circ}$ — $1,0^{\circ}$, für Streckung $0,7^{\circ}$, für das Gesamtresultat $1,0^{\circ}$ — $0,8^{\circ}$.

Daraus folgt der Gesamt-Schwellenwert für:

Beugung $0,7^{\circ}$ — $1,1^{\circ}$

Streckung $0,5^{\circ}$ — $0,7^{\circ}$

Gesamtprocentzahl $0,7^{\circ}$ — $1,0^{\circ}$.

II.

Hans Gräser, 20 Jahre alt, ein blindgeborener junger Mann, welcher die vorgehaltene Hand bis auf $\frac{1}{2}$ m Entfernung als Schatten sieht. Er liest geläufig mit beiden Händen gleichmäfsig, war in sehr mannigfaltiger Weise thätig und spielt Klavier und Zither. Er zeichnet sich durch grofse Aufmerksamkeit aus.

Tabelle V.

Metakarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers.

	I (\downarrow 24, \uparrow 13)			II (\downarrow 56, \uparrow 32)			III (\downarrow 46, \uparrow 36)		
	\downarrow	\uparrow	S	\downarrow	\uparrow	S	\downarrow	\uparrow	S
$4,0^{\circ}$ — $1,4^{\circ}$				100	100	100			
$1,3^{\circ}$				⁴ 75	—	75			
$1,2^{\circ}$				⁵ 80	—	80			
$1,1^{\circ}$				² 50	¹ 100	66			
$1,0^{\circ}$				⁴ 100	¹ 100	100			
$0,9^{\circ}$				¹ 100	—	100			
$0,8^{\circ}$	⁶ 58	—	58	⁶ 66	⁴ 100	80			
$0,7^{\circ}$	¹ 0	—	0	² 100	—	100			
$0,6^{\circ}$	—	—	—	⁴ 100	⁶ 100	100	⁴ 75	⁴ 75	75
$0,5^{\circ}$	¹ 100	¹ 100	100	⁶ 50	—	50	² 100	³ 100	100
$0,4^{\circ}$	² 100	³ 66	80	⁵ 80	² 100	85	⁶ 66	⁴ 100	80
$0,3^{\circ}$	⁴ 50	¹ 50	50	¹⁰ 70	85	76	¹⁰ 50	³ 100	61
$0,2^{\circ}$	¹ 0	—	0	⁵ 40	⁹ 77	66	⁶ 50	¹⁰ 30	37
$0,1^{\circ}$	—	—	—	¹ 0	¹ 0	0	² 0	³ 33	20

I. Serie: Diese Serie läfst wegen zu kleiner Anzahl der Bewegungen und ungleicher Verteilung derselben keinen genauen Schlufs, höchstens könnte für alle drei Spalten der Schwellenwert $0,3^{\circ}$ gesetzt werden.

II. Serie: Schwellenwert für Beugungen ist $0,3^{\circ}$, Streckungen $0,2^{\circ}$, Gesamtresultat $0,2^{\circ}$.

III. Serie: Schwellenwert für Beugungen $0,2^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$, für Streckungen $0,3^{\circ}$, für Gesamtresultat $0,3^{\circ}$.

Als Endresultat haben wir als Schwellenwert für : Beugung $0,2^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$,
Streckung $0,2^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$, Gesamtergebnis $0,2^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$.

Tabelle VI.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 43, ↑ 24)			II (↓ 65, ↑ 29)			III (↓ 38, ↑ 29)								
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S						
2,0°—1,1°	⁵ 100	¹ 100	100	} ²⁵ 100%			} ²⁵ 100								
1,0°	⁸ 87	¹ 100	89												
0,9°	—	—	—												
0,8°	⁵ 100	¹ 0	83							³ 66	¹ 100	75			
0,7°	¹ 100	¹ 100	100							⁷ 42	² 100	55			
0,6°	⁶ 50	³ 100	66							¹¹ 64	⁵ 80	68			
0,5°	⁴ 75	² 100	83							⁸ 50	³ 66	54			
0,4°	² 50	³ 66	60							⁴ 50	¹ 100	60	¹ 100	³ 66	75
0,3°	⁶ 50	⁴ 50	50							¹² 25	⁵ 80	41	¹⁰ 40	⁸ 68	50
0,2°	⁴ 25	³ 33	28							⁶ 33	¹ 0	28	⁸ 62,5	⁴ 68	66
0,1°	² 0	⁵ 20	14	—	—	—	⁴ 25	⁴ 50	37						

I. Serie: Für Beugungen ist der Schwellenwert $0,3^{\circ}$ — $0,4^{\circ}$, Streckungen $0,3^{\circ}$, Gesamtergebnis $0,3^{\circ}$.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung $0,5$ — $0,4^{\circ}$, für Streckung $0,3^{\circ}$, für das Gesamtergebnis $0,4^{\circ}$.

III. Serie: Schwellenwert für Beugung $0,2^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$, für Streckung $0,1^{\circ}$, für das Gesamtergebnis $0,2^{\circ}$.

Bei Zusammenstellung der drei Serien ergibt sich Schwellenwert für: Beugung $0,2^{\circ}$ — $0,5^{\circ}$, Streckung $0,1^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$, Gesamtergebnis $0,2^{\circ}$ — $0,4^{\circ}$.

Tabelle VII.

Linkes Handgelenk.

	I (↓ 39, ↑ 25)			II (↓ 39, ↑ 33)			III (↓ 46, ↑ 44)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
3,0°—1,0°	} ¹¹ 100%			100	100	100	} ²⁷ 100%		
0,9°				³ 66	—	66			
0,8°				² 100	³ 100	100			
0,7°				—	—	—			
0,6°	³ 33	¹ 100	50	⁵ 100	⁴ 100	100	³ 100	⁷ 85	90
0,5°	³ 33	⁵ 100	75	¹ 100	³ 100	100	³ 100	¹ 100	100
0,4°	⁶ 66	³ 100	77	³ 100	² 100	100	³ 66	² 100	80
0,3°	¹¹ 81	⁶ 100	88	⁶ 33	⁶ 100	100	⁶ 33	⁴ 75	50
0,2°	² 50	² 50	50	⁸ 56	⁸ 56	56	¹⁷ 58	⁶ 83	65
0,1°	⁵ 20	⁴ 25	22	¹ 0	¹ 0	0	⁷ 42	⁴ 75	54

I. Serie: Schwellenwert für Beugung, Streckung und Gesamtergebnis ist $0,2^\circ$.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $0,3^\circ-0,2^\circ$, für Streckung und Gesamtergebnis $0,2^\circ$.

III. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $0,2^\circ-0,3^\circ$, für Streckung und Gesamtergebnis $0,1^\circ$. Da bei $0,1^\circ$ noch 75 % der Bewegungen erkannt werden, ist der Schwellenwert hier unmeßbar klein. Solche Fälle werden mit *U* bezeichnet werden.

Es setzt sich also das Endergebnis für das rechte Handgelenk folgendermaßen zusammen:

Beugung	$0,2^\circ-0,3^\circ$
Streckung	$U-0,2^\circ$
Gesamtergebnis	$0,1^\circ-0,2^\circ$.

Tabelle VIII.

Erstes Interphalangealgelenk des linken Zeigefingers.

	I (↓ 59, ↑ 39)			II (↓ 56, ↑ 55)		
	↓	↑	S	↓	↑	S
$2,5^\circ-1,3^\circ$	¹⁰ 100	⁵ 100	100		⁶ 100	
$1,2^\circ$	⁵ 60	³ 100	75			
$1,1^\circ$	² 50	³ 100	80	⁴ 75	⁶ 100	85
$1,0^\circ$	³ 100	⁴ 50	71	⁸ 75	⁵ 60	69
$0,9^\circ$	² 50	⁶ 66	62	¹¹ 45	⁷ 57	50
$0,8^\circ$	⁵ 60	¹ 100	66	² 50	³ 66	60
$0,7^\circ$	² 50	—	50	¹ 100	⁴ 50	60
$0,6^\circ$	⁷ 28	⁵ 60	41	³ 33	⁷ 42	40
$0,5^\circ$	—	—	—	⁷ 28	³ 33	30
$0,4^\circ$	² 50	² 50	50	² 50	⁶ 16	25
$0,3^\circ$	⁹ 44	² 0	36	¹ 0	⁹ 44	40
$0,2^\circ$	⁹ 33	⁵ 40	37	⁴ 50	—	50
$0,1^\circ$	³ 66	³ 0	33	³ 0	² 50	20

I. Serie: Für Beugung ist der Schwellenwert nicht scharf bestimmbar, etwa von $0,4^\circ$ ab, für die Streckung ist der Schwellenwert $0,6^\circ-0,4^\circ$, für das Gesamtergebnis $0,7^\circ-0,4^\circ$.

II. Serie: Für die Beugung ist der Schwellenwert $0,8^\circ-0,7^\circ$, für die Streckungen $0,7^\circ-0,6^\circ$, für das Gesamtergebnis $0,6^\circ-0,7^\circ$.

Es resultiert aus diesen beiden Serien für das erste Interphalangealgelenk des linken Zeigefingers als Schwellenwert für:

Beugung	$0,4^\circ-0,8^\circ$
Streckung	$0,4^\circ-0,7^\circ$
Gesamtergebnis	$0,4^\circ-0,7^\circ$.

III.

Pauline Pakula, 24 Jahre alt, von $\frac{3}{4}$ Jahren an blind, hat einen schwachen Lichtschimmer. Sie ist sehr intelligent, aber auch sehr nervös. Sie liest ganz vorzüglich, spielt Klavier und giebt auf Fragen sehr genaue Antworten. Sie ermüdet sehr rasch und konnte leider nur zu einer Sitzung bewogen werden, da sie durch die Anstrengung derselben mehrere Tage krank gewesen sein will. Es kam nur je eine Serie am ersten Interphalangealgelenk, am Metakarpophalangealgelenk und am Handgelenk der rechten Hand zu stande. Die Serie am ersten Interphalangealgelenk des rechten Zeigefingers bleibt hier weg, da die Ermüdung deutlich hervortrat und kein Endresultat aus derselben abzulesen ist.

Tabelle IX.

	Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers (↓ 34, ↑ 18)			Rechtes Handgelenk (↓ 27, ↑ 36)		
	↓	↑	S	↓	↑	S
4,0°—1,1°	100	100	100			
1,0°	¹¹ 86	⁸ 83	85		100	
0,8°	³ 100	³ 66	83			
0,6°	⁵ 60	—	60	¹ 100	¹ 0	50
0,5°	⁵ 60	³ 100	75	⁶ 66	³ 100	77
0,4°	³ 50	⁴ 75	64	⁴ 100	⁴ 75	87
0,3°	¹ 0	³ 33	25	³ 66	¹¹ 58	60
0,2°	—	—	—	⁸ 62	⁵ 40	51
0,1°	—	—	—	² 100	¹⁰ 90	91

Soweit man aus der geringen Anzahl von Lokomotionen überhaupt einen Schluß ziehen darf, würden der Schwellenwert im Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers sein für:

Beugung 0,4°

Streckung 0,4°

Gesamtresultat 0,4°.

Für das rechte Handgelenk ergibt sich (da bei den Streckbewegungen 0,2° mit nur 40 % erkannt wurden, kann hier als Schwellenwert nicht *U* gesetzt werden, sondern 0,1°—0,2°):

Beugung *U*

Streckung 0,1°—0,2°

Gesamtresultat *U*.

IV.

Auguste Schmerberg, ein 14jähriges blindgeborenes Mädchen, welches sehr aufmerksam ist und sehr geläufig liest. Bei derselben stellten sich überhaupt so niedrige Werte heraus, daß teilweise von einem Schwellenwert gar nicht mehr geredet werden kann. Des auffallenden Resultates wegen wurden die Untersuchungen vier Wochen lang ausgesetzt und dann wieder aufgenommen. Bei Anwendung aller Vorsichtsmafsregeln zur Vermeidung von Fehlern ergab sich dasselbe Resultat. Zugleich trat hier eine neue Erscheinung auf. Bei den vorher Untersuchten war die Richtung der Lokomotionen stets richtig erkannt worden, höchstens in 2% der Fälle der ganzen Serie zeigten sich falsche Angaben, welche nicht über die kleinsten Lokomotionen hinausgingen. Bei dieser Blinden, sowie den später Untersuchten mehrten sich die falschen Richtungsangaben in solcher Weise, daß dieselben genau notiert werden mußten und später einer genaueren ätiologischen Würdigung unterzogen werden müssen. Es soll von jetzt an bei jeder Tabelle die Procentzahl der falschen Richtungsangaben, sowie ihre ungefähre Verteilung auf die einzelnen Lokomotionen hinzugefügt werden.

Tabelle X.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 73, ↑ 36)			II (↓ 40, ↑ 29)			III (↓ 46, ↑ 58)
	↓	↑	S	↓	↑	S	
2,0°—1,3°	100	100	100	}	17	100	Von sämtlichen 104 Bewegungen wurden 5 nicht erkannt, die Procentzahl bleibt stets auf 90% stehen, nur bei 0,1 stellt sie sich auf 50%.
1,2°	¹¹ 81	³ 100	85				
1,1°	—	¹ 100	100				
1,0°	⁹ 66	¹ 100	70				
0,9°	¹ 100	¹ 100	100				
0,8°	⁸ 50	³ 100	75	⁶ 100	⁶ 83	91	
0,7°	² 100	—	100	¹ 100	—	100	
0,6°	⁷ 57	⁹ 88	75	³ 66	⁵ 100	87	
0,5°	² 100	—	100	⁴ 50	² 100	75	
0,4°	² 100	² 100	100	² 0	² 0	0	
0,3°	³ 100	⁵ 80	87	⁴ 50	² 0	33	
0,2°	¹¹ 54	³ 100	64	⁵ 80	⁶ 83	81	
0,1°	² 100	¹ 100	100	³ 66	¹ 0	50	

I. Serie: Für Beugung, Streckung und *S* läßt sich kein meßbarer Schwellenwert aufstellen; Procentzahl der falschen Richtungsangaben, welche gleichmäÙig verteilt sind, ist 5.

II. Serie:

Beugung 0,5°—0,1°
 Streckung 0,4°—0,2°
 Gesamtergebnis 0,4°—0,1°.

3% falsche Richtungsangaben.

III. Serie: Der Schwellenwert ist für Beugung, Streckung und *S* 0,1°. Falsche Richtungsangabe 16%; gleichmäÙig verteilt zwischen 0,3°—0,1°.

Wir haben somit in zwei Serien unmeßbare Bewegungsempfindung, in einer Serie einen Schwellenwert von großer Breite. Die falschen Richtungsangaben schwanken von 3—5—16%.

Tabelle XI.

Metakarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers.

	I (↓ 43, ↑ 43)			II (↓ 40, ↑ 49)			III (↓ 48, ↑ 56)		
	↓	↑	<i>S</i>	↓	↑	<i>S</i>			
2,0°—1,0°	⁶ 100	¹⁰ 100	100	}	14100			Sämtliche 104 Bewegungen mit Ausnahme von 3 erkannt. Procentzahl geht nie unter 83% herunter.	
0,9°	¹ 0	⁴ 100	80						
0,8°	⁵ 100	—	100	² 0	⁵ 60	42			
0,7°	² 100	¹ 100	100	—	¹ 100	100			
0,6°	⁴ 100	⁷ 85	90	⁴ 75	¹ 90	86			
0,5°	¹ 100	³ 100	100	³ 66	³ 66	66			
0,4°	⁹ 55	⁴ 100	69	² 100	⁷ 85	88			
0,3°	⁸ 75	⁶ 83	78	⁶ 66	¹⁵ 80	72			
0,2°	⁶ 50	⁷ 71	61	¹¹ 81	⁶ 33	64			
0,1°	¹ 100	¹ 100	100	⁶ 83	³ 33	66			

I. Serie: Ein Schwellenwert ist hier ebenfalls nicht zu eruieren. Die Procentzahl der falschen Richtungsangaben ist 5.

II. Serie: Für Beugung ist unbegrenzte Bewegungsempfindung, ebenso für das Gesamtergebnis, während für Streckung der Schwellenwert bei 0,3° liegt. Procentzahl der falschen Richtung ist 8.

III. Serie: Ein Schwellenwert existiert auch hier nicht, die falsche Richtungsangabe schwankt zwischen 1,0° und 0,1° umher und beträgt 12%.

Als Gesamtergebnis haben wir zu verzeichnen, daß für Streckung einmal ein Schwellenwert von 0,3° auftritt, in allen anderen Fällen aber der Mercklichkeit der Bewegungen nach unten keine Grenze gezogen ist. Die falschen Richtungsangaben sind 5—8—12%.

Tabelle XII.

Rechtes Handgelenk.

	I (↓ 63, ↑ 58)			II (↓ 52, ↑ 36)			III (↓ 45, ↑ 32)
	↓	↑	S	↓	↑	S	
2,0°—0,7°	³³ 100	100	100	¹² 100	⁴ 100	100	Sämtliche 77 Bewegungen wurden aufser einer von 0,5° gefühlt.
0,6°	⁹ 100	⁶ 100	100	¹¹ 81	⁸ 100	89	
0,5°	¹ 100	—	100	⁴ 75	⁴ 100	87	
0,4°	² 100	⁷ 100	100	³ 100	—	100	
0,3°	¹³ 92	⁸ 87	90	¹⁰ 70	³ 100	77	
0,2°	¹⁰ 90	¹¹ 90	90	⁹ 66	¹² 91	80	
0,1°	⁵ 20	⁶ 100	63	³ 0	⁵ 60	37	

I. Serie: Für Beugung ist Schwellenwert 0,2°, für Streckung und Gesamtergebnis ist kein meßbarer Schwellenwert vorhanden. Falsche Richtungsangabe nicht vorgekommen.

II. Serie: Für Beugung und Gesamtergebnis Schwellenwert 0,2°, für Streckung ist nach unten keine Grenze zu finden. Falsche Richtung wurde nie angegeben.

III. Serie: Es ist hier keine untere Grenze der Bewegungsempfindung vorhanden; die falschen Angaben der Richtungen betragen 3% der Gesamtbewegungen.

Im ganzen haben wir für Streckung und Gesamtergebnis keinen meßbaren Schwellenwert feststellen können, für Beugung ergab sich zweimal 0,2° als solcher.

Tabelle XIII.

Erstes Interphalangealgelenk des linken Zeigefingers.

	I (↓ 42, ↑ 37)			II (↓ 50, ↑ 29)		III (↓ 21, ↑ 21)	
	↓	↑	S				
3,0°—1,0°	100	100	100	Sämtliche Bewegungen bis 0,1° wurden erkannt.		Sämtliche Bewegungen wurden erkannt.	
0,9°	—	² 50	50				
0,8°	¹ 100	¹ 100	100				
0,7°	¹ 0	—	0				
0,6°	⁷ 100	⁴ 50	81				
0,5°	³ 66	³ 100	83				
0,4°	³ 66	¹ 0	50				
0,3°	⁵ 100	⁷ 100	100				
0,2°	¹¹ 54	⁷ 71	61				
0,1°	³ 33	⁵ 60	50				

I. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $0,2^\circ$, für Streckung $0,1^\circ$. Das Gesamtergebnis hat keinen Endwert. 7% der Fälle sind von $0,5^\circ$ abwärts in der Richtung falsch angegeben.

II. Serie: 24% falsche Richtungsangaben sind vorhanden, welche zwischen $0,5^\circ$ und $0,1^\circ$ verteilt liegen.

III. Serie: 14% falsche Richtungen von $0,5^\circ$ abwärts.

Es ergibt sich also im ganzen kein meßbarer Schwellenwert, außer einmal für Beugung der Schwellenwert $0,2^\circ$. Falsche Richtungsangaben schwanken zwischen 7—14—24%.

V.

Johannes Doschter, ein 13jähriger Knabe, welcher mit sechs Wochen erblindete. Er sieht die Hand als Schatten, merkt, ob die Finger gespreizt sind oder nicht, kann dieselben aber nicht zählen und erkennt ein Blatt Papier. Derselbe liest seit dem 9. Jahre und führt dies mit beiden Händen aus. Er erkennt Bewegungen der Finger.

Tabelle XIV.

Metakarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers.

	I (↓ 83, ↑ 54)			II (↓ 75, ↑ 67)			III (↓ 68, ↑ 62)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
3,0°—1,0°	} 37 100			} 34 100			34 100	10 100	100
0,9°	} 37 100			} 34 100			16 80	5 80	80
0,8°	} 37 100			4 75	8 87	83	9 88	7 85	87
0,7°	1 100	8 66	75	—	—	—	—	—	—
0,6°	5 80	8 100	87	4 75	2 50	66	1 100	1 100	100
0,5°	10 60	9 88	73	14 71	11 81	76	—	—	—
0,4°	—	—	—	1 100	—	100	12 83	15 73	77
0,3°	14 92	8 100	95	12 58	14 85	73	6 33	8 62	50
0,2°	19 100	6 100	100	10 20	17 53	40	5 40	6 66	54
0,1°	11 81	8 75	78	2 0	9 11	9	5 0	10 30	20

I. Serie: Für alle drei Spalten resultiert, daß sich die Grenze nach unten nicht eruieren läßt. Die Richtungsangabe zeigt 12% falsche Fälle, welche sich auf $0,3^\circ$ — $0,1^\circ$ verteilen.

II. Serie: Hier ergeben sich die Schwellenwerte $0,3^\circ$ für Beugung, $0,2^\circ$ für Streckung, $0,3^\circ$ für das Gesamtergebnis. Es sind nur 2% falsche Fälle in Bezug auf Richtung zu verzeichnen.

III. Serie: Schwellenwert für Beugung $0,4^\circ$, für Streckung $0,2^\circ$, für Gesamtergebnis $0,2^\circ$ — $0,3^\circ$. Falsche Fälle sind 3% in der Richtung angegeben.

Wir haben somit hier zwei getrennte Ergebnisse: in der zweiten und dritten Serie haben wir als Schwellenwerte für:

Beugung 0,3°—0,4°

Streckung 0,2°

Gesamtresultat 0,2°—0,3°.

Demgegenüber steht die erste Serie mit unbegrenzter Bewegungsempfindung und 12% falschen Richtungsangaben.

Tabelle XV.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 65, ↑ 69)			II (↓ 66, ↑ 60)			III (↓ 88, ↑ 47)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
3,0°—1,1°				100	100	100	100	100	100
1,0°		38 100		10 90	7 100	94	9 88	10 90	90
0,9°				1 0	4 75	60	1 100	3 100	100
0,8°	7 85	4 75	81	4 75	2 100	83	6 100	6 100	100
0,7°	—	—	—	—	—	—	—	1 100	100
0,6°	4 75	6 66	70	3 100	—	100	7 55	3 100	70
0,5°	12 91	13 69	80	12 66	9 77	71	9 66	9 100	83
0,4°	1 100	—	100	1 100	2 100	100	3 66	1 100	75
0,3°	12 66	9 55	61	12 75	6 100	80	1 71	7 100	83
0,2°	9 44	10 60	52	8 55	14 78	72	18 55	8 100	69
0,1°	2 0	7 0	0	4 0	10 30	21	18 33	9 55	40

I. Serie: Beugung 0,3°, Streckung 0,2°, S 0,2°.

II. Serie: Beugung 0,2°, Streckung und Gesamtresultat 0,2°.

III. Serie: Beugung 0,2°, Streckung 0,1°, Gesamtresultat 0,2.

Wir haben als Schwellenwerte im ganzen:

Beugung 0,2°—0,3°

Streckung 0,1°—0,2°

Gesamtresultat 0,2°.

Die Procentzahl der falschen Richtungsangaben überstieg nie 2%.

Tabelle XVI.

Rechtes Handgelenk.

	I (↓ 93, ↑ 65)			II (↓ 72, ↑ 68)			III (↓ 81, ↑ 72)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
1,0°—0,6°	16 100	10 100	100	9 100	16 100	100	}	27 100	
0,5°	8 75	10 100	87	18 94	6 100	95			
0,4°	12 91	10 100	95	2 100	3 100	100	2 50	1 100	66
0,3°	10 90	10 100	95	16 87	14 100	93	11 81	10 90	85
0,2°	27 88	10 100	91	17 91	14 92	92	21 80	24 83	82
0,1°	20 90	10 100	94	10 90	15 86	88	31 64	26 80	71

Alle drei Serien zeigen, daß nach unten keine Grenze gezogen werden kann. Es wurde auch stets die Richtung der Lokomotion in richtiger Weise erkannt, höchstens 2% der Fälle nicht.

Tabelle XVII.

Erstes Interphalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 74, ↑ 67)			II (↓ 65, ↑ 59)			III (↓ 70, ↑ 63)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
3,0°—1,1°	¹⁶ 100	⁹ 100	100	} 100			} 100		
1,0°	⁸ 87	⁹ 100	94						
0,9°	⁶ 83	⁵ 20	54	} 87			} 80		
0,8°	¹ 100	¹ 100	100						
0,6°	⁹ 66	¹² 58	61	⁴ 75	⁵ 60	66	⁵ 80	⁴ 75	77
0,5°	¹ 0	² 100	66	¹³ 61	¹³ 38	50	⁷ 71	⁴ 75	72
0,4°	¹⁶ 37	¹³ 48	41	¹ 0	—	0	¹¹ 63	⁶ 100	76
0,3°	³ 33	³ 33	33	⁸ 37	¹⁶ 56	50	—	¹ 100	100
0,2°	¹¹ 0	¹¹ 9	4,5	¹¹ 18	⁸ 25	21	⁶ 66	⁴ 25	50
0,1°	³ 0	² 0	0	³ 0	⁷ 0	0	¹³ 30	¹² 25	28
							⁸ 0	¹⁰ 10	5

I. Serie: Schwellenwert für Beugung 0,6°, Streckung 0,4°, Gesamtergebnis 0,4°.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung 0,5°, Streckung 0,5°—0,3°, Gesamtergebnis 0,3°—0,5°.

III. Serie: Schwellenwert für Beugung 0,3°, Streckung 0,4°, Gesamtergebnis 0,3°.

Nehmen wir die drei Serien zusammen, so erhält man als Endergebnis:

Beugung 0,6°—0,3°
 Streckung 0,5°—0,3°
 Gesamtergebnis 0,5°—0,3°.

Falsche Richtungsangaben kamen so wenig vor, daß man denselben keine nähere Aufmerksamkeit zu schenken braucht.

VI.

Paul Idler, 14 Jahre alt, erblindet im 2. Lebensjahre. Er besucht seit dem 7. Jahre die Schule, liest fließend mit beiden Händen. Er sieht die Hand auf $\frac{1}{2}$ m als Schatten. Der Knabe spielt Klavier.

Tabelle XVIII.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 51, ↑ 60)			II (↓ 51, ↑ 72)			III (↓ 66, ↑ 48)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
3,0°—0,8°	⁸ 100	⁹ 100	100	} ³⁵ 100			¹¹ 100	⁴ 100	100
0,6°	⁴ 75	⁵ 80	77				⁶ 83	⁵ 100	90
0,5°	⁴ 75	⁴ 100	88				⁸ 100	⁸ 87	93
0,4°	⁹ 100	⁵ 60	85				¹⁰ 100	⁹ 88	94
0,3°	⁸ 87	⁸ 75	81	⁷ 85	⁶ 66	78	¹⁸ 88	⁶ 100	94
0,2°	¹¹ 90	¹⁷ 76	82	¹⁴ 78	¹⁷ 94	89	⁸ 75	¹¹ 100	89
0,1°	⁷ 71	¹² 75	73	¹³ 92	²¹ 90	90	⁵ 100	⁵ 100	100

I. Serie: Nach unten ist kein Schwellenwert festzusetzen. Die Procentzahl der falschen Richtungsangaben ist 10°; sie verteilt sich auf 0,3°—0,1°, außerdem wird in Beugung die Richtung öfter falsch angegeben als in Streckung.

II. und III. Serie ergeben in Hinsicht des Schwellenwertes dasselbe Resultat wie die erste Serie. Bei der II. Serie sind 10, bei der III. 14 % falsche Richtungen angegeben, welche sich zwischen 0,4°—0,1° verteilen. Die Beugungen enthalten ebenfalls mehr falsche Angaben als die Streckungen.

Tabelle XIX.

Linkes Handgelenk.

I. Serie: Von 120 Bewegungen (↓ 59, ↑ 61) wurden sämtliche erkannt. Die Lokomotionen lagen zwischen 0,6° und 0,1°. Falsche Richtung wurde in 3% der Bewegungen angegeben.

II. Serie: Von 105 Bewegungen (↓ 49, ↑ 56) wurden 5 nicht gefühlt; diese sind jedoch so verteilt, daß der Procentsatz der richtigen Fälle nie unter 85% sinkt. Die Winkelausschläge schwankten zwischen 0,6° und 0,1°. Die falschen Richtungsangaben sind nicht von Belang.

III. Serie: Von 115 Bewegungen (↓ 62, ↑ 53) wurden sämtliche erkannt, mit Ausnahme dessen, daß unter 26 Lokomotionen von 0,3° und unter 15 Lokomotionen von 0,1° je eine Bewegung nicht erkannt wurde. Die Richtung wurde in 5% der Fälle, welche sich gleichmäßig zwischen 0,5° und 0,1° verteilten, falsch angegeben.

Wir haben nach diesen Ergebnissen beim linken Handgelenk eine absolute Bewegungsempfindlichkeit selbst für die kleinsten Lokomotionen; auch treten beim Handgelenk die Täuschungen in der Richtung sehr wenig oder gar nicht hervor.

Tabelle XX.

Metakarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers.

I. Serie: Von 94 Bewegungen (\downarrow 41, \uparrow 53) wurden 4 nicht perzipiert; der Procentsatz der richtigen Fälle erhebt sich stets über 80 und die falschen Richtungsangaben belaufen sich auf 8%.

II. Serie: Es wurden im ganzen 114 Bewegungen ausgeführt (\downarrow 58, \uparrow 56) und davon 112 perzipiert. Die Richtung wurde in der Breite von $0,3^{\circ}$ — $0,1^{\circ}$ in 17% falsch angegeben.

III. Serie: Unter 118 Bewegungen (\downarrow 62, \uparrow 56) sind 8 nicht erkannt worden und so verteilt, daß 80% das Minimum der erkannten Bewegungen bilden. 15,5% beträgt hier die Zahl der irrtümlichen Richtungen, und diese Zahl ist von $0,7^{\circ}$ — $0,1^{\circ}$ gleichmäßig verteilt.

Das Endresultat ist somit, daß ein Schwellenwert auch hier nicht existiert, die Täuschungen bezüglich der Richtung einen ziemlich hohen Procentsatz aller Bewegungen liefern.

Tabelle XXI.

Erstes Interphalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

I. Serie: 117 Bewegungen (\downarrow 50, \uparrow 67) weisen 13 nicht perzipierte auf. Diese gestalten das Resultat so, daß von $0,6^{\circ}$ — $0,2^{\circ}$ die richtig erkannten Fälle zwischen 80 und 100% schwanken und bei $0,1^{\circ}$ in Beugung auf 75, in Streckung auf 55% sinken. 14% falsche Richtungsangaben sind gleichmäßig verteilt.

II. Serie: 101 Bewegungen (\downarrow 47, \uparrow 54) wurden ausgeführt; je eine wurde bei 5 verschiedenen Graden nicht gefühlt. Von 19% falschen Richtungsangaben liegen 9% im Bereiche von $0,3^{\circ}$ und $0,2^{\circ}$.

III. Serie: Von 112 Bewegungen (\downarrow 51, \uparrow 61) wurden 110 gefühlt und in 12% der Fälle die Richtung falsch angegeben.

Im ganzen zeigt sich, daß auch hier ein Schwellenwert nicht existiert und die falsch erkannten Richtungen sich stark gemehrt haben.

VII.

Marie Kaiser, 14 Jahre alt, erblindete im 7. Jahre nach Scharlach. Sie liest sehr geläufig und ist in vielen Arbeiten bewandert. Sie erkennt die Hand bis auf $2\frac{1}{2}$ m, unterscheidet und erkennt in 10 cm Entfernung alle Farben und benutzt nach ihrer Aussage ihre geringe Sehkraft beim Gehen und Treppensteigen.

Tabelle XXII.

Linkes Handgelenk.

I. Serie: Von 130 Bewegungen (\downarrow 76, \uparrow 54) wurden 124 erkannt. Sie verteilten sich zwischen $1,0^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$, die Procentzahl der richtigen

Fälle schwankte zwischen 80 und 100%. In 4% der Bewegungen gab die Untersuchte die Richtung falsch an, und zwar im Bereich der Grade $0,3^{\circ}$ – $0,1^{\circ}$.

II. Serie: Sämtliche 111 Bewegungen wurden erkannt (\downarrow 71, \uparrow 40), ebenso wurde stets die Richtung korrekt angegeben.

III. Serie: 121 Bewegungen (\downarrow 61, \uparrow 60) wurden mit Ausnahme einer einzigen von $0,1^{\circ}$ Gröfse auch in Bezug auf Richtung gut perzipiert. Im ganzen haben wir keinen Schwellenwert und grofse Sicherheit in Bestimmung der Richtung.

Tabelle XXIII.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

I. Serie: 116 Bewegungen (\downarrow 53, \uparrow 63), zwischen $1,0^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$ liegend, zeigen im Minimum die Procentzahl 86, indem sich 6 nicht erkannte Bewegungen verteilen. Auf $0,3^{\circ}$ und $0,2^{\circ}$ fallen falsche Richtungsangaben, welche 6% der Bewegungen der ganzen Serie ausmachen.

II. Serie: Von 104 Bewegungen (\downarrow 56, \uparrow 48) wurden 102 erkannt, 8% falsche Richtungen traten auf, zwischen $0,3^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$ liegend.

III. Serie: 119 Bewegungen (\downarrow 56, \uparrow 63) wurden sämtlich erkannt mit 3% falscher Richtungsangabe.

Hier läfst sich ebenfalls kein Schwellenwert festsetzen, die Procentzahl der falschen Richtungsangaben schwankt zwischen 6–8–3%.

Tabelle XXIV.

Metakarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers.

I. Serie: 100 Bewegungen (\downarrow 59, \uparrow 41) bleiben mit nur sechs negativen Bewegungen stets über 80% richtiger Antworten. Dazu kommen 16% falsche Richtungen, welche zur Hälfte bei $0,2^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$ liegen.

II. Serie: 101 Bewegungen weisen nur 3 Nein auf (\downarrow 51, \uparrow 50). Es zeigen sich hier 13% falsche Richtungen, 10 Bewegungen mit falschen Richtungen fallen auf $0,2^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$.

III. Serie: Von 105 Bewegungen (\downarrow 53, \uparrow 52) wurde eine nicht erkannt; die Procentzahl falscher Richtungsangaben ist 8, zwischen $0,3^{\circ}$ bis $0,1^{\circ}$ liegend.

Das Endresultat ist, dafs ein Schwellenwert nicht festgesetzt werden kann, die falschen Richtungsangaben schwanken zwischen 16–13–8%.

Tabelle XXV.

Erstes Interphalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

I. Serie: 100 Bewegungen (\downarrow 55, \uparrow 45) mit gleichmäfsig verteilten 10 negativen Bewegungen und mit 16% falscher Richtungsangaben, welche zwischen $0,6^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$ liegen.

II. Serie: 120 Bewegungen (\downarrow 72, \uparrow 48) zeigen in allen Graden 90% richtiger Fälle und im ganzen 14% falsche Richtungen zwischen $0,7^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$.

III. Serie: 112 Bewegungen (\downarrow 52, \uparrow 60) mit nur 3 Nein und 12% falscher Fälle betreffs der Richtung, welche zwischen $0,6^\circ$ und $0,1^\circ$ liegen.

Ein Schwellenwert der Bewegungsempfindung existiert hier nicht, und die falschen Richtungsangaben zeigen 16—14—12% der Fälle.

VIII.

Karl Roser, 10 Jahre alt, sieht die Hand als Schatten auf $\frac{1}{4}$ m Entfernung, ist blind geboren, besucht seit dem 6. Jahre die Schule und liest mit beiden Händen in befriedigender Weise. Beim Lesen mit dem Finger macht er über den Buchstaben sehr ausgiebige Bewegungen. Bei der Untersuchung mit dem Tasterzirkel ergaben sich sehr lebhafteste Tastzuckungen, welche später noch besprochen werden sollen. Bei dem Knaben, welcher ein aufgeweckter, verständiger Bursche ist, wurden im Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers, im ersten Interphalangealgelenk des linken Zeigefingers und im rechten Handgelenk zusammen 186 Bewegungen vorgenommen; von diesen, welche nicht über die Gröfse eines Grades hinausgingen, wurden nur 7 nicht perzipiert. Ein Schwellenwert der Bewegungsempfindlichkeit nach unten ist nicht aufzustellen. Diesem günstigen Resultate steht gegenüber, dafs er sich über die Richtung, in welcher die Bewegung geschah, durchaus keine Rechenschaft geben konnte. Er versicherte stets, er fühle die Bewegung deutlich, gab aber die Richtung falsch an. Eingeschobene Vexierversuche erkannte er meist als reine Druckwirkung.

Um sich über die Grenzen dieser schlechten Richtungsperzeption einen Aufschlufs zu verschaffen, wurden in den verschiedensten Gelenken der Hand mit dem Apparate Exkursionen bis zu 15° gemacht, von welchen nur die gröfsten mit einiger Sicherheit erkannt wurden; unter 6 — 8° wurden nur selten mit korrekter Richtungsangabe erkannt.

Die kritische Würdigung dieser Ergebnisse erfolgt weiterhin, da vorerst nur eine Statistik der Untersuchungen gegeben wird.

Vergleichen wir die Resultate, welche wir bei diesen acht Blinden erhalten haben, so fällt zunächst eine sehr gröfse Verschiedenheit derselben auf. Sie decken sich teilweise mit den Normalwerten, welche GOLDSCHIEDER an sich selbst fest-

gestellt hat, teilweise sind die Schwellenwerte niedriger oder höher, als die Schwellenwerte GOLDSCHIEDERS. Für die Verhältnisse über die falschen Richtungsangaben finden wir bei GOLDSCHIEDER überhaupt kein Analogon, und die Untersuchungen, bei welchen wir gar keinen Schwellenwert festsetzen konnten, sondern eine nach unten unbegrenzte Bewegungsempfindung fanden, stehen ebenfalls ganz allein. Da bei ganz oberflächlicher Betrachtung schon ein Einfluß des Alters auffällt, so resultiert hieraus die Notwendigkeit, sich Vergleichstabellen herzustellen, auf denen die Ergebnisse bei gleichalterigen sehenden Personen mit dem GOLDSCHIEDERSCHEN Bewegungsmesser verzeichnet werden. Es müssen demnach Personen zwischen 20 und 25 Jahren und solche mit 14—15 Jahren untersucht werden. Schon ehe die Notwendigkeit dieser Vergleichsuntersuchungen sich heraus stellte, hatte der Verfasser an sich selbst die Schwellenwerte für die auch bei den Blinden untersuchten Gelenke feststellen lassen, und sollen dieselben zuerst angeführt werden. Im ganzen wurden an den Sehenden 3000 weitere Einzelbeobachtungen angestellt.

IX.

Hocheisen, 23 Jahre alt.

Tabelle XXVI.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 63, ↑ 53)			II (↓ 73, ↑ 44)			III (↓ 100, ↑ 71)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
2,0°—0,8°	²² 100	²⁰ 100	100	⁹ 100	¹⁰ 100	100	}	¹² 100	
0,7°	—	—	—	⁹ 88	³ 66	83			
0,6°	¹⁰ 30	¹⁴ 92	50	²⁰ 85	⁶ 100	88			
0,5°	¹ 100	² 50	66	—	¹ 100	100	¹¹ 72	⁸ 100	84
0,4°	¹⁰ 40	⁴ 100	57	¹⁵ 53	¹² 93	70	¹⁵ 66	¹⁹ 100	85
0,3°	¹ 100	—	100	² 100	—	100	³⁵ 71	²³ 91	79
0,2°	¹⁵ 43	⁷ 71	52	¹⁸ 61	⁹ 55	59	²⁴ 50	¹³ 92	63
0,1°	⁵ 20	⁵ 60	40	² 0	³ 66	40	⁸ 25	³ 66	50

I. Serie: Schwellenwert für Beugung ist 0,6°—0,3°, S 0,6°—0,2°, für Streckung ist kein Schwellenwert vorhanden.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung ist 0,2°, für Streckung 0,2° bis 0,1°, S 0,2°.

III. Serie: Für Beugung stellt sich der Schwellenwert auf $0,2^{\circ}$ S $0,1^{\circ}$, für Streckung läßt sich keine untere Grenze feststellen, also = U

Wir haben somit als Schwellenwert für:

Beugung $0,6^{\circ}-0,2^{\circ}$

Streckung $0,2^{\circ}-0,1^{\circ}$

Gesamtresultat $0,6^{\circ}-0,1^{\circ}$.

Tabelle XXVII.

Metakarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers.

	I (\downarrow 67, \uparrow 51)			II (\downarrow 69, \uparrow 55)			III (\downarrow 54, \uparrow 53)		
	\downarrow	\uparrow	S	\downarrow	\uparrow	S	\downarrow	\uparrow	S
$2,0^{\circ}-0,9^{\circ}$	⁷ 100	⁴ 100	100	} ³⁶ 100			} ¹⁰ 100		
$0,8^{\circ}$	⁸ 75	⁷ 100	86						
$0,6^{\circ}$	¹⁴ 57	² 100	62						
$0,5^{\circ}$	⁴ 75	⁴ 75	75	} ¹² 55 ¹⁶ 81 67			⁶ 33	⁷ 100	69
$0,4^{\circ}$	⁸ 75	¹² 91	85				⁹ 55	⁸ 100	76
$0,3^{\circ}$	¹ 0	—	0	¹ 100	¹ 100	100	¹⁶ 75	²⁰ 90	83
$0,2^{\circ}$	¹⁹ 47	¹³ 92	62	³¹ 35	¹⁶ 87	60	¹² 25	¹¹ 90	56
$0,1^{\circ}$	⁶ 33	⁹ 44	40	⁶ 33	⁵ 80	54	⁵ 20	³ 100	50

I. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $0,4^{\circ}$, für Streckung $0,2^{\circ}$, S $0,2^{\circ}$.

II. Serie: Schwellenwert für Beugung ist $0,3^{\circ}-0,4^{\circ}$, für Streckung ist kein Schwellenwert vorhanden, für S beträgt derselbe $0,1^{\circ}$.

III. Serie: Für Beugung ist der Schwellenwert $0,3^{\circ}$, für Streckung ist keiner zu konstatieren, S $0,2^{\circ}-0,1^{\circ}$.

Als Gesamtresultat ergibt sich als Schwellenwert für:

Beugung $0,4^{\circ}-0,3^{\circ}$

Streckung $0,2^{\circ}-U$

Gesamtresultat $0,2^{\circ}-0,1^{\circ}$.

Tabelle XXVIII.

Linkes Handgelenk.

	I (\downarrow 47, \uparrow 21)			II (\downarrow 70, \uparrow 58)			III (\downarrow 53, \uparrow 33)		
	\downarrow	\uparrow	S	\downarrow	\uparrow	S	\downarrow	\uparrow	S
$2,0^{\circ}-0,5^{\circ}$	³ 100	⁷ 100	100	⁸ 100	⁸ 100	100	} ¹⁹ 100		
$0,4^{\circ}$	⁷ 85	⁴ 100	90	¹⁵ 93	¹⁰ 60	80			
$0,3^{\circ}$	² 100	¹ 100	100	² 100	² 100	100	¹⁹ 78	¹¹ 81	80
$0,2^{\circ}$	²³ 91	²⁴ 95	93	²⁵ 88	²⁰ 70	80	¹² 66	⁸ 87	75
$0,1^{\circ}$	¹² 66	⁵ 80	70	²⁰ 55	²⁰ 70	62	¹⁰ 10	⁷ 57	29

I. Serie: Für Beugung, Streckung und das Gesamtresultat ist nach unten kein meßbarer Grenzwert der Bewegungsempfindlichkeit zu eruieren.

II. Serie: Für Streckung ist $0,1^{\circ}$ Schwellenwert, für Beugung und Streckung ist keine Grenze zu finden.

III. Serie: Als Schwellenwert ergibt sich für Beugung und Gesamtresultat $0,2^{\circ}$, für Streckung läßt sich ein Schwellenwert nicht aufstellen

Im ganzen haben wir:

Beugung $0,2^{\circ}-U$
 Streckung $0,1^{\circ}-U$
 Gesamtresultat $0,2^{\circ}-U$.

Tabelle XXIX.

Erstes Interphalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	I (↓ 69, ↑ 38)			II (↓ 62, ↑ 55)		
	↓	↑	S	↓	↑	S
$3,0^{\circ}-1,8^{\circ}$				4 100	3 100	100
1,5 ^o	}	24 100		2 50	—	50
1,4 ^o				1 100	—	100
1,2 ^o				5 80	7 57	66
1,0 ^o				10 60	8 62	61
0,8 ^o	10 40	9 77	57	5 40	6 83	63
0,6 ^o	1 0	1 100	50	13 61	6 66	63
0,5 ^o	2 50	2 50	50	—	2 50	50
0,4 ^o	2 0	—	0	3 33	3 66	50
0,3 ^o	11 18	4 25	20	1 100	1 100	100
0,2 ^o	5 0	2 0	0	16 18	14 28	23
0,1 ^o	1 0	4 0	0	2 0	5 20	14

I. Serie: Der Schwellenwert für Beugung ist $0,8^{\circ}-0,5^{\circ}$, für Streckung $0,5^{\circ}$, für das Gesamtresultat $0,8^{\circ}-0,5^{\circ}$.

II. Serie: Der Schwellenwert für Beugung ist $1,0^{\circ}-0,6^{\circ}$, für Streckung $0,5^{\circ}-0,4^{\circ}$, für das Gesamtresultat $0,5^{\circ}-0,4^{\circ}$.

Im ganzen haben wir also die Schwellenwerte:

Beugung $1,0^{\circ}-0,5^{\circ}$
 Streckung $0,5^{\circ}-0,4^{\circ}$
 Gesamtresultat $0,8^{\circ}-0,4^{\circ}$.

Für die Tabellen 26—29 ist nachzutragen, daß die falschen Richtungsangaben nie 3% überschritten und sich auf die minimalsten Winkel-drehungen verteilten.

Es wurden noch drei Patientinnen der Kgl. Charité untersucht, Anna Schulze, 21 Jahre alt, Frida Reifsner, 20 Jahre alt, und die $14\frac{1}{2}$ jährige Güntzel. Bei diesen wurden für jedes Gelenk nur eine Serie mit einer größeren Anzahl von Bewegungen aufgestellt, da diese zur Aufstellung von Schwellenwerten ausreichend waren.

Tabelle XXX.

Metakarpophalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	Schulze (↓ 68, ↑ 55)			Reifsner (↓ 57, ↑ 67)			Güntzel (↓ 73, ↑ 54)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
2,0°—0,9°	} 23 100			} 30 100			12 100	5 100	100
0,8°							3 66	3 66	66
0,7°	} 10 70 6 100 81			} 8 62 5 100 72			2 100	—	100
0,6°							12 91	5 60	70
0,5°	6 66	6 100	83	4 50	3 100	71	5 80	3 66	75
0,4°	3 100	2 100	100	5 60	6 100	81	4 75	7 85	81
0,3°	13 30	11 63	45	10 10	14 55	37	11 72	7 57	66
0,2°	16 19	16 10	34	12 33	16 31	32	14 71	14 64	65
0,1°	5 0	6 16	0,9	3 0	8 25	18	10 80	10 60	70

Schulze: Der Schwellenwert für Beugung ist 0,4°, für Streckung 0,3°, für das Gesamtergebnis 0,3°—0,4°.

Reifsner: Hier stellt sich der Schwellenwert für die Beugung auf 0,5—0,4°, für die Streckung auf 0,3°, für das Gesamtergebnis auf 0,4°.

Güntzel: Als Schwellenwert erhält man für Beugung, Streckung und Gesamtergebnis keine untere Grenze.

Tabelle XXXI.

Metakarpophalangealgelenk des linken Zeigefingers.

	Schulze (↓ 80, ↑ 45)			Reifsner (↓ 62, ↑ 55)			Güntzel (↓ 64, ↑ 44)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
2,0°—1,0°	13 100	5 100	100	} 19 100			17 100	8 100	100
0,9°	3 66	—	66				7 85	3 100	90
0,8°	11 81	3 100	85	} 10 70 10 90 80			7 85	3 66	80
0,7°	—	—	—				4 75	2 100	83
0,6°	8 62	1 100	66	3 66	1 100	75	1 100	2 100	100
0,5°	12 58	3 66	60	6 50	1 100	57	7 71	6 83	76
0,4°	6 50	8 87	71	10 20	10 70	45	9 55	9 88	72
0,3°	9 33	7 28	31	17 35	15 46	40	7 42	5 60	50
0,2°	12 16	9 33	23	6 16	9 22	20	5 40	6 50	42
0,1°	6 0	9 11	0						

Schulze: Hier stellt sich der Schwellenwert für Beugung auf 0,4°, für Streckung auf 0,4°, für das Gesamtergebnis auf 0,4°.

Reifsner: Für Beugung ergibt sich als Schwellenwert 0,4°, für Streckung 0,2°—0,3°, für das Gesamtergebnis 0,4°—0,3°.

Güntzel: Der Schwellenwert für Beugung ist 0,3°, für Streckung 0,1°, für das Gesamtergebnis 0,2°.

Tabelle XXXII.

Linkes Handgelenk.

	Schulze (↓ 44, ↑ 48)			Reifsner (↓ 22, ↑ 58)			Güntzel (↓ 64, ↑ 59)					
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S			
1,5 ⁰ —0,9 ⁰	¹⁰ 100	⁸ 100	100	⁵ 100	⁷ 100	100	}	⁵⁰ 100				
0,8 ⁰	³ 66	³ 100	83	³ 66	⁶ 83	77						
0,6 ⁰	⁴ 75	³ 66	71	³ 66	⁴ 100	85						
0,5 ⁰	⁶ 66	² 100	75	⁴ 75	³ 66	71						
0,4 ⁰	⁴ 50	⁵ 80	66	⁶ 83	⁸ 87	85				² 100	⁷ 85	88
0,3 ⁰	⁷ 17	¹⁰ 70	45	¹⁴ 54	⁹ 66	56				¹⁰ 100	⁷ 85	88
0,2 ⁰	⁷ 28	¹³ 30	29	¹¹ 72	¹³ 69	70				¹⁵ 80	¹³ 61	71
0,1 ⁰	³ 0	⁴ 25	14	⁶ 16	⁸ 12	14	¹³ 84	¹⁶ 75	79			

Schulze: Für die Beugung ist der Schwellenwert 0,4⁰, für die Streckung 0,3⁰, für das Gesamtergebn 0,3⁰—0,4⁰.

Reifsner: Der Schwellenwert beträgt für Beugung, Streckung und Gesamtergebn 0,2⁰.

Güntzel: Für alle drei Rubriken existiert für das Empfindungsvermögen keine untere Grenze.

Tabelle XXXIII.

Erstes Interphalangealgelenk des rechten Zeigefingers.

	Schulze (↓ 95, ↑ 80)			Reifsner (↓ 72, ↑ 59)			Güntzel (↓ 62, ↑ 66)		
	↓	↑	S	↓	↑	S	↓	↑	S
3,0 ⁰ —1,5 ⁰	¹⁶ 100	¹⁰ 100	100	¹³ 100	⁷ 100	100	}	³⁶ 100	
1,4 ⁰	³ 100	² 100	100	⁵ 80	³ 100	87			
1,3 ⁰	⁶ 83	⁷ 71	77	⁴ 50	² 50	50			
1,2 ⁰	⁴ 50	³ 66	57	⁵ 80	⁶ 66	72			
1,1 ⁰	⁸ 62	¹¹ 81	73	³ 100	⁷ 85	90			
1,0 ⁰	¹⁰ 60	⁵ 60	60	¹² 50	⁹ 88	66			
0,9 ⁰	⁹ 44	³ 66	50	³ 33	⁴ 75	57			
0,8 ⁰	⁶ 50	⁴ 50	50	² 50	³ 66	60	⁶ 66	⁸ 75	71
0,7 ⁰	³ 33	⁵ 40	37	⁶ 33	⁴ 75	50	¹ 100	¹ 100	100
0,6 ⁰	⁷ 28	⁶ 33	30	⁴ 25	⁵ 40	33	⁷ 71	¹⁰ 80	76
0,5 ⁰	¹⁰ 30	⁵ 20	26	⁵ 40	³ 33	37	² 100	¹ 100	100
0,4 ⁰	⁴ 25	⁶ 33	30	² 0	¹ 0	0	¹ 0	³ 66	50
0,3 ⁰	³ 0	⁷ 14	10	⁵ 20	³ 33	25	³ 33	¹² 50	46
0,2 ⁰	—	⁶ 0	0	¹ 0	² 0	0	¹⁰ 40	⁹ 22	32
0,1 ⁰	⁶ 0	—	0	—	—	—	⁶ 33	¹⁰ 30	31

Schulze: Der Schwellenwert für Beugung ist 0,9⁰—0,8⁰, für Streckung 0,8⁰, für das Gesamtergebn 0,9⁰—0,8⁰.

Reifsner: Die Beugung hat den Schwellenwert $1,0^{\circ}$ — $0,8^{\circ}$, die Streckung $0,7^{\circ}$, das Gesamtergebnis $0,7^{\circ}$.

Güntzel: Der Schwellenwert für Beugung ist $0,5^{\circ}$, für Streckung $0,3^{\circ}$, für das Gesamtergebnis $0,4^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$.

Zu den Tabellen 30—33 ist zu bemerken, daß bei Schulze und Reifsner die falschen Richtungsangaben höchstens 3%, bei der Güntzel bis zu 5% betragen.

Die Tabelle XXXIV zeigt eine übersichtliche Zusammenstellung der gewonnenen Werte, welche nunmehr der Besprechung zu unterziehen sind. Zunächst ist ein Punkt zu besprechen, welcher bei sämtlichen Untersuchten gleiche Verhältnisse zeigt: der Unterschied der Schwellenwerte zwischen Beugung und Streckung. GOLDSCHIEDER stellte fest, daß für die Empfindung der Bewegung die Richtung der Bewegungen gleichgültig ist. Er hatte zwar die objektive Thatsache vor sich, daß Streckung immer etwas niedrigere Schwellenwerte aufwies, als Beugung, führte dies aber auf die größere Geschwindigkeit der Streckungen zurück. Auch bei den vorliegenden Untersuchungen ist beinahe stets, in beinahe 80% der betreffenden Schwellenwerte, der Schwellenwert für Streckungen um einen bis zwei Zehntelgrad niedriger. Dabei ist mir selbst aufgefallen, daß ich die Streckbewegungen unwillkürlich mit größerer Prägnanz und größerer Geschwindigkeit ausführte, als die Beugebewegungen. Da nun die Elongation, welche nötig ist, um eine merkliche Bewegung zu erzeugen, bis zu einer gewissen Grenze bei größerer Geschwindigkeit geringer ausfällt, so dürfte hierin die Erklärung zu suchen sein. Man trifft aber bei der Aufwärtsbewegung, — welche bei der passiven Streckung entspricht —, die optimale Geschwindigkeit besser. Auch setzt die Aufwärtsbewegung schärfer ein als die Abwärtsbewegung.

Eine bemerkenswerte Erscheinung ist, daß von den jüngeren Blinden die Richtung teilweise auffallend schlecht perzipiert wird. Die falschen Angaben entfallen auf die Minimal-exkursionen und fehlen beim Handgelenk. Eine physiologische Erklärung hierfür zu liefern, ist aus diesen Untersuchungen nicht möglich und nur zu konstatieren, daß Sehende bei gleich kleinen Elongationen nicht soviel falsche Richtungsangaben zeigen, wie Blinde, und daß im allgemeinen zur Wahrnehmung der Richtung größere Exkursionen nötig sind, als zur bloßen Bewegungsempfindung, wie bereits GOLDSCHIEDER andeutet.

Tabelle XXXIV.

Zusammenstellung der Resultate für Bewegungsempfindung.

	Metakarpophalangealgelenk des Zeigefingers		Handgelenk	Erstes Interphalangealgelenk des Zeigefingers		Metakarpophalangealgelenk des linken Mittelfingers
	links	rechts		links	rechts	
Bertha Scheider, 23 Jahre alt, mit 5/4 Jahren erblindet.....	—	↘ 0,4 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ -0,2 ⁰	↘ 0,4 ⁰ -0,2 ⁰ ↘ 0,2 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰	↘ 1,1 ⁰ -0,7 ⁰ ↘ 0,7 ⁰ -0,5 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,7 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,8 ⁰	↘ 0,5 ⁰ -0,2 ⁰ ↘ 0,5 ⁰ -0,3 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ -0,2 ⁰	
Hans Gräser, 20 Jahre, blind geboren....	↘ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰	↘ 0,3 ⁰ -0,1 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,2 ⁰ ↘ 0,4 ⁰ ↘ 0,4 ⁰ ↗ 0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,7 ⁰ -0,4 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ -0,4 ⁰	—	
Anna Pakula, 24 Jahre, mit 3/4 Jahren erblindet.....	—	↘ 0,4 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ -U	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	—	—	
Auguste Schmerberg, 14 Jahre, blind geboren.....	↘ 0,3 ⁰ -U ↗ 0,4 ⁰ -U	↘ 0,4 ⁰ -U ↗ 0,4 ⁰ -U	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	—	
Hans Doschter, 13 Jahre, mit 6 Wochen erblindet.....	↘ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰ -U ↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰ -U	↘ 0,3 ⁰ -0,2 ⁰ ↘ 0,2 ⁰ -0,1 ⁰ ↗ 0,2 ⁰ ↗ U ↗ U ↗ U ↗ U	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,6 ⁰ -0,3 ⁰ ↘ 0,5 ⁰ -0,3 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ -0,3 ⁰ ↗ U ↗ U ↗ U ↗ U	—	
Paul Idler, 14 Jahre, mit 2 Jahren erblindet.....	↘ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰ ↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -0,1 ⁰	↘ 0,4 ⁰ ↘ 0,4 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 1,0 ⁰ -0,5 ⁰ ↘ 0,5 ⁰ -0,4 ⁰ ↗ 0,8 ⁰ -0,4 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,8 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,8 ⁰	—	
Marie Kaiser, 14 Jahre, blind geboren....	↘ 0,4 ⁰ ↘ 0,4 ⁰ ↗ 0,4 ⁰	↘ 0,3 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,8 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰	—	
Paul Hocheisen, 23 Jahre, sehend.....	↘ 0,4 ⁰ ↘ 0,4 ⁰ ↗ 0,4 ⁰	↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,8 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰	—	
Anna Schulze, 21 Jahre, sehend.....	↘ 0,4 ⁰ ↘ 0,4 ⁰ ↗ 0,4 ⁰	↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,8 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰	—	
Frida Reifsner, 19 Jahre, sehend.....	↘ 0,2 ⁰ -0,3 ⁰ ↘ 0,4 ⁰ -0,2 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ ↘ 0,1 ⁰	↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,8 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰	—	
Anna Gützel, 14 1/2 Jahre, sehend.....	↘ 0,3 ⁰ ↘ 0,1 ⁰ ↗ 0,2 ⁰	↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,8 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰	—	
Paul Roser, 10 Jahre, blind geboren.....	↘ 0,2 ⁰ ↗ 0,2 ⁰	↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰ ↘ 0,3 ⁰ -0,4 ⁰	↘ 0,2 ⁰ -U ↗ 0,2 ⁰ -U	↘ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,8 ⁰ ↗ 0,9 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 1,0 ⁰ -0,8 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,7 ⁰ ↗ 0,5 ⁰ ↗ 0,3 ⁰ ↗ 0,4 ⁰ -0,3 ⁰	—	

Erkennt sämtliche Bewegungen, aber nicht die Richtung derselben.

Da die Untersuchungen an den Sehenden, wie schon gesagt, als Bindeglied zwischen den Werten GOLDSCHIEDERS und denen der Blinden dienen, müssen diese zuerst betrachtet werden. Zum Vergleich werden natürlich nur die Schwellenwerte des Gesamtergebnisses herangezogen. Schon auf den ersten Blick fällt in die Augen, daß die Resultate der Sehenden große Verschiedenheit aufweisen. Es gehören offenbar die Schulze und Reifsner zusammen, beides ausgewachsene Mädchen, dann kommen die Werte an mir selbst, welche niedriger sind, als die GOLDSCHIEDERSchen, dann die der 14jährigen Güntzel, bei welcher die Schwellenwerte noch tiefer herabsteigen. Vergleichen wir die Werte der beiden erwachsenen Mädchen mit den Normalwerten, so finden wir, daß sich dieselben für alle Gelenke in den Grenzen der Werte GOLDSCHIEDERS halten. Die an mir selbst gewonnenen Resultate sind bei weitem feiner. Für das Metakarpophalangealgelenk steigt der Schwellenwert bis $0,1^{\circ}$, für das Interphalangealgelenk bis $0,4^{\circ}$ hinab, und das Handgelenk zeigt sogar in einer Serie, daß nach unten keine Grenze der Bewegungsempfindlichkeit vorhanden ist.

Noch feiner als meine Werte sind diejenigen der 14jährigen Güntzel, deren einzelne Werte leicht aus der Tabelle ersichtlich sind. — Von den Blinden selbst zeigt die 23jährige Bertha Scheider in keiner Beziehung eine Verfeinerung, der 20jährige Hans Gräser dagegen eine durchgehende Verfeinerung um einen Zehntelgrad; beim Interphalangealgelenk ist sogar eine Verfeinerung von drei Zehntelgraden. Bei der dritten Blinden, welche mit den beiden eben genannten Blinden etwa gleichalterig ist, zeigt das Handgelenk eine Verfeinerung, welche etwa der von mir gefundenen Bewegungsempfindung entspricht. Am Metakarpophalangealgelenk zeigt dieselbe die Normalwerte. Diese drei Blinden können ebenfalls zu einer Gruppe zusammengeschlossen werden.

Es folgen darauf vier Kinder im Alter von 13 bis 14 Jahren, von denen Jdler und Kaiser obenan stehen mit einer unmeßbar feinen Bewegungsempfindlichkeit; dann folgen Schmerberg und Doschter, welche ungefähr Resultate aufweisen, wie diejenigen der sehenden gleichalterigen Güntzel. Hier würde sich dann der 10jährige Roser mit seiner absoluten Bewegungsempfindlichkeit und schlechten Richtungswahrnehmung anschließen.

Lassen wir für den Augenblick meine eigenen Resultate aus den Augen, so lassen sich aus dem obigen drei rein objektive Schlüsse ziehen:

I. Die Feinheit des Muskelsinns bezw. der Bewegungsempfindung ist abhängig vom Alter. Erwachsene haben keine solch feine Bewegungsempfindung wie Kinder.

II. Die Blinden zeigen eine objektiv nachweisbare Verfeinerung der Bewegungsempfindung; die Verfeinerung ist jedoch nicht sehr groß und nicht bei allen Blinden vorhanden.

III. Die Bewegungsempfindung ist innerhalb der einzelnen Altersklassen bei den Blinden gewissen individuellen Schwankungen unterworfen, während dies bei den gleichalterigen Sehenden jedenfalls nur in außerordentlich geringem Maße stattfindet.

Es läßt sich ferner aus der Vergleichung der Schwellenwerte desselben Individuums an der rechten und linken Hand als vierter Schluss aufstellen:

IV. Die Leistungen beider oberer Extremitäten auf dem Gebiete des Muskelsinns sind wenig voneinander verschieden, und zwar finden sich die besseren Werte bei manchen Personen links, bei anderen rechts, ohne daß eine durchsichtige Beziehung zu der Beschäftigung bezw. zu einer individuellen Bevorzugung der einen oder der anderen Hand bei der Thätigkeit sich hat ermitteln lassen.

Der erste der soeben abgeleiteten Sätze erinnert an eine Erfahrung, welche beim Ortssinn der Haut gemacht worden ist: daß nämlich Kinder eine bedeutend feineren Ortssinn haben, als Erwachsene (VIERORDT).

Von großem Interesse ist es überhaupt nunmehr, nach diesen Erörterungen zu untersuchen, wie es sich mit dem Ortssinn der Haut bei Blinden verhalte. Auf diesen und seine Veränderungen ist bisher von denjenigen Autoren, welche sich mit dem Tastvermögen der Blinden beschäftigt haben, das Augenmerk ausschließlich gerichtet worden.

Der erste, welcher darüber Untersuchungen anstellte, war CZERMAK. Er stellte fest, daß die Blinden einen erheblich feineren „Raumsinn“ besitzen, als die Sehenden, daß bei den Blinden ebenfalls die Kinder einen feineren Raumsinn haben als Erwachsene und die Schärfung eine allgemeine, nicht bloß auf die geübten Taststellen beschränkte ist. Außerdem zeigen nach

seinem Berichte die Blinden bei Berührung der Haut mit den prüfenden Tastobjekten unwillkürliche Tastzuckungen. Nach CZERMAK untersuchte ein Schüler VIERORDTS, GÄRTNER, zwei Blindgeborene von 16 und 15 Jahren und fand an den Fingerspitzen als Minimalabstand durchschnittlich 2 mm, während als der normale Wert von VIERORDT 2,0—2,3 angegeben wird. Die von CZERMAK gefundenen Tastzuckungen konnte GÄRTNER nicht konstatieren, wohl aber ausgesprochene Tastbewegungen, welchen durch Zuspruch gewehrt werden konnte. Dies sind die einzigen ausführlich beschriebenen Untersuchungen über die extensive Unterschiedsempfindlichkeit der Haut Blinden, welche wir haben auffinden können.

Da die Leistungen des Tastsinns auf dem Muskelsinn und Ortssinn der Haut beruhen, und die für den Muskelsinn gefundenen Sätze eine solch überraschende Parallele in den von Ortssinn bekannten Thatsachen fanden, lag es nahe, zur näheren Ergründung des gegenseitigen Verhältnisses beider eingehendere Untersuchungen anzustellen. Ich fand bei Kindern als Minimalabstand der Tasterzirkel-Spitzen an den Fingerspitzen einmal d. h. bei einem Individuum 1,7 mm, sonst schwankten die Mittel-Werte zwischen 1,9 und 2 mm. Einen praktischen Wert für den Blinden hat eine solche Verfeinerung nicht, da sie, wie später bei der Besprechung des Lesens gezeigt werden soll, von den minimalen Abständen gar keinen Gebrauch machen. Außerdem ist die Hand der Blinden, welche teilweise ziemlich grobe Arbeiten verrichten, an den Fingerspitzen oft verdickt; die dickere Epidermis setzt natürlich die Empfindlichkeit herab; trotzdem werden die verdickten Hautstellen ebenso zum Tasten gebraucht, wie die zarteren: die Blinden haben selbst gar kein Bewußtsein dieser Ortssinnsunterschiede zwischen Stellen mit verdickter und mit zarter Oberhaut.

Die Untersuchungen, welche mit einem Tasterzirkel, der Ableseungen auf 0,1 mm gestattete, unternommen wurden, nahmen folgenden Gang: Es wurde mit weiten Abständen begonnen und zu kleineren übergegangen, dann wurden abwechselnd die Nadeln in großen und kleinen Entfernungen aufgesetzt, stets gleichzeitig, gleichmäßig stark und quer zur Längsaxe des Gliedes. Nachdem die Untersuchten eine genaue Vorstellung von dem Unterschied des Gefühls bei einer

und bei zwei Spitzen sich eingeprägt hatten, wurde erst mit der Notierung begonnen. Vexierversuche wurden eingeschaltet, indem nur eine Nadel aufgesetzt wurde, um die Aufmerksamkeit zu prüfen. Dieselbe liefs nie etwas zu wünschen übrig. Die Blinden wurden angewiesen, zu sagen, ob sie eine oder zwei Spitzen fühlen oder darüber im unklaren (unsicher) seien. Die letztere Antwort erfolgte nie. Jede einzelne Zahl ist das Ergebnis aus 50 Berührungen mit verschiedenen Nadelabständen, und zwar bezeichnet dieselbe denjenigen Abstand, in welchem die Spitzen stets doppelt gefühlt wurden. Zum Vergleich wurde ein 14 jähriger sehender Knabe und ich selbst untersucht. Meine Werte zeigen abermals, wie bei der Bewegungsempfindung eine gewisse Feinheit, welche, durch Übung entstanden, beim Vergleich zu berücksichtigen ist.

Die CZERMAKSchen Tastzuckungen sind mir nur bei dem 10jährigen Roser aufgefallen. Dieselben bestanden darin, dafs der Junge seinen Finger in die berührenden Spitzen hineindrückte und um die Spitzen als Mittelpunkt planlose Exkursionen machte, welche sich in verschiedenen Hautspannungen äufserten. Über den Zweck dieser Tastzuckungen kann ich mir nicht klar werden, dieselben sind unwillkürlich und lassen sich nicht unterdrücken. Indem der Finger sich gegen die Nadelspitzen andrückt, wird natürlich die Empfindung deutlicher und die beiden Spitzen werden schon in kleineren Abständen erkannt, als gewöhnlich. Davon zu unterscheiden sind die Tastbewegungen bei den anderen Blinden, welche sich häufig einstellten. Sie sind willkürlich und werden auf Wunsch unterdrückt, um bald wiederzukehren; sie werden nicht zu dem Zweck gemacht, dem Urteil über die Spitzen nachzuhelfen, sondern sind nichts weiter als eine Folge der Gewohnheit, die Hand nie ganz ruhig zu halten und stets kleinere oder gröfsere Bewegungen zu machen. Wie die Sehenden ihre Augen nie schliessen, sondern stets umherschweifen lassen, hält der Blinde seine Tastorgane in Bewegung, um sich sofort über sich nähernde Objekte zu unterrichten.

Die Resultate über den Ortssinn sind in der Tabelle XXXV Seite 274 zusammengefafst; in der letzten Rubrik sind die Angaben VIERORDTS für einen Erwachsenen verzeichnet. Da die Werte von VIERORDT mit stumpfen Zirkelspitzen gewonnen sind, die unsrigen dagegen mit scharfen Spitzen, so sind sie

natürlich gröfser. Es bestätigt sich, dafs Kinder einen feineren Raumsinn haben, als Erwachsene, dafs die Feinheit des Raumsinns bedeutenden individuellen Schwankungen unterworfen ist, und dafs Blinde einen feineren Ortssinn haben, als Sehende. Diese Verfeinerung ist jedoch nicht so grofs, wie man erwarten könnte, sondern sehr unerheblich und nicht immer deutlich wahrnehmbar. Da unstreitig der Ortssinn durch Übung verfeinert werden kann, ist es wunderbar, dafs bei Blinden trotz der ausgiebigen Benutzung des Ortssinns die Verfeinerung nicht gröfser ist und die Bewegungsempfindung eine relativ gröfsere Verfeinerung zeigt, als dieser. Zur Erklärung dieser Thatsache giebt es nur zwei Möglichkeiten entweder der Ortssinn genügt in seiner gewöhnlichen Entwicklung zur Erfüllung der Tastbedingung bei Blinden, oder das Tasten beruht in der Hauptsache nicht auf dem Ortssinn, sondern auf einem anderen Faktor der peripheren Sensibilität.

Wie tasten wir denn? Die Blinden suchen die Gegenstände, ihre Gestalt, Lage, Entfernung voneinander durch Tasten zu beurteilen. Dazu giebt es zwei Wege. Der erste ist folgender: Das Objekt kommt mit der Haut in Berührung und hinterläfst gewissermafsen einen Abdruck auf derselben. Da wir aber die gegenseitige Lage und die Abstände unserer kleinsten Hautbezirke genau kennen, so schliessen wir daraus auf die Lage und die Gestalt des Gegenstandes selbst. Dabei kann der Gegenstand entweder gleichzeitig mit allen seinen Punkten unsere Haut berühren, oder es kommen nacheinander verschiedene Stellen des Objektes mit neuen Bezirken unserer Haut in Berührung.

Der zweite Weg ist der, dafs wir der Reihe nach aufeinanderfolgende Punkte des Gegenstandes mit ein und derselben Stelle der Haut, meist der Fingerspitze, betasten; aus der Gröfse und Richtung der von uns vollführten Bewegungen schliessen wir auf die Gröfse und Gestalt des Gegenstandes. Der erste Weg würde nur die extensive Unterschiedsempfindlichkeit der Haut zur Bildung von Vorstellungen benutzen und daraus die Schlüsse ziehen. Dieselben würden jedoch infolge ihrer einseitigen Basis teils sehr langsam entstehen, teils, besonders die stereognostischen, ziemlich unvollkommen sein. Deshalb benutzen wir in praxi diesen Weg nicht oder verbinden ihn mit Kombinationen, welche die ganze peripherische

Sensibilität in ihren Bereich ziehen. Giebt man uns einen Gegenstand in die Hand, damit wir bei geschlossenen Augen ein Urteil über die Beschaffenheit desselben abgeben, so lassen wir ihn nicht ruhig auf den Fingern liegen, sondern umfassen ihn mit den Fingern, üben einen wechselnden Druck auf ihn aus, führen um die Peripherie desselben Bewegungen aus und konstruieren uns aus der Summe dieser Eindrücke ein Bild des Gegenstandes. Wir benutzen also Ortssinn, Drucksinn und die Fähigkeiten, welche unter dem Begriff Muskelsinn zusammengefaßt werden. Es ist dies ein Übergang zu dem zweiten, oben erwähnten Wege. Diesen benutzen die Blinden bei allen Obliegenheiten, nie jedoch oder nur gezwungen den ersten. Ein klassisches Beispiel ist das Lesen der Blindenschrift, welche etwas näher betrachtet werden muß.

Das Prinzip der bei uns üblichen Blindenschrift ist, daß über das Niveau des Papiers erhabene, nach oben ziemlich spitz zulaufende Punkte durch ihre verschiedene Stellung zu einander die einzelnen Buchstaben bezeichnen. Wenn ein Blinder liest, so legt er beide Hände auf das Papier, fixiert die Zeilen und gleitet mit den Händen über die Buchstaben hinweg. Die Finger verteilen sich auf das Lesen so, daß eigentlich nur ein einziger das Lesen übernimmt. Liest ein Blinder z. B. mit dem Zeigefinger der linken Hand, so geht er diesem Finger mit der rechten Hand voran. Dadurch grenzen die Blinden die einzelnen Worte ab, fixieren die Zeilen, verschaffen sich einen flüchtigen Gesamtüberblick über das Wort und erleichtern dem eigentlichen Lesefinger seine Aufgabe. Das Lesen geht teilweise sehr rasch vor sich und zeigt große Verschiedenheiten. Wie wir bei unserem optischen Lesen bei einiger Übung nur einen Teil der Buchstaben deutlich, speziell den Anfang des Wortes, das übrige mit dem Auge erfassen, erraten, um dann sofort auf das nächste überzugehen, so betasten die Blinden auch nur die Anfangsbuchstaben bez. einzelne für das Wort charakteristische Buchstaben genau und raten das übrige. Als Lesefinger benutzen die Blinden meist den Zeigefinger, aber es zeigen sich auch hier individuelle Verschiedenheiten. Der Finger gleitet nicht als Ganzes über die Buchstaben, sondern in allen Gelenken desselben, sogar im Handgelenk werden Exkursionen ausgeführt. Sehr deutlich sieht man dies, wenn man nur mit einem Finger lesen läßt. Vor allen Dingen wird dann viel

langsamer gelesen, da hierdurch ein Zwang zum Buchstabieren geschaffen wird. Der betreffende Finger beschreibt über den Buchstaben Kreise nach allen Richtungen, welche im Handgelenk und Metakarpophalangealgelenk ausgeführt werden. Außerdem werden in den Interphalangealgelenken Beuge- und Streckbewegungen gemacht. Der Buchstabe wird mit ein und demselben Punkte der Fingerspitzen berührt. Fixiert man den Finger auf den Buchstaben in der Weise, daß der Finger keine Gelenkbewegungen zu stande bringen kann, und setzt den Finger platt auf den Buchstaben auf, so findet die Erkennung einzelner Buchstaben in sehr langsamer Weise statt, ja es werden oft nur einfach zusammengesetzte Buchstaben erkannt, während komplizierte entweder gar nicht, oder falsch oder erst nach langem Besinnen gelesen werden. Die Punkte der Buchstaben haben voneinander einen Abstand von 2,75 mm, er ist also größer, als der Minimalabstand der beiden Zirkelspitzen. Sobald ein Gelenk freigegeben wird, erfolgt eine sichere Perzeption der Buchstaben, und zwar wächst die Sicherheit und Raschheit der Erkenntnis mit der Anzahl der Gelenke, welche man für die Tastbewegungen verwenden läßt. Ich erlernte selbst die Blindenschrift und fand, daß ich besser als die Blinden die Buchstaben ohne Tastbewegungen zu machen lesen konnte, was sich leicht daraus erklärt, daß ich mich von Anfang an darauf einübte. Die Blinden können schon nach einer nicht gerade sehr großen Anzahl von Übungen die Buchstaben bei fixierten Gelenken richtig erkennen und würden jedenfalls durch weitere Übung zu großer Vervollkommnung darin gelangen. Die Sicherheit im Lesen zeigt im allgemeinen sehr große Verschiedenheiten. Scheider und Gräser lesen ganz gut und zeigen ausgiebige Tastbewegungen; dabei erkennen sie bei Fixation der Gelenke einzelne Buchstaben sehr schlecht. Bei weitem besser liest die Pakula; sie macht viel kleinere Tastbewegungen und erkennt bei fixiertem Finger die Buchstaben viel besser, als die beiden ersteren. Ebenso gut als die Pakula lesen die Kinder; bei denselben sind aber die begleitenden Gelenkexkursionen noch kleiner, bei Kaiser und Idler so klein, daß anscheinend der Finger ruhig und gleichmäßig über die Buchstaben hinweggleitet und erst bei genauerem Zusehen diese minimalen, unaufhörlich aufeinanderfolgenden Bewegungen deutlich erkannt werden. Idler und Kaiser er-

kennen bei fixiertem Finger auch die einzelnen Buchstaben viel besser, als die anderen Blinden.

Obgleich der Ortssinn von Natur genügend fein angelegt ist, um allein den Anforderungen des Lesens zu genügen, benutzen die Blinden die extensive Unterschiedsempfindlichkeit der Haut nicht in vollem Maße dazu. Sie ziehen besonders die Gelenksensibilität, die Grundlage der Bewegungsempfindung, in den Dienst des Lesens. Wir haben gesehen, daß die Empfindung sehr fein ist, viel feiner, als der Ortssinn. Das Gefühl für aktive Bewegungen zeigt anscheinend einen noch niedrigeren Schwellenwert, da sich zu der reinen Bewegungsempfindung noch die Perzeption von Sehenspannungen addiert. Es ist somit klar, daß die Blinden ganz physiologischen Gründen folgen, wenn sie beim Tasten sich nicht auf die Leistungen des Ortssinns allein stützen, sondern die weit feinere Bewegungsempfindung zum maßgebenden Faktor erheben. Dies geht, wie wir gesehen haben, so weit, daß die Blinden beinahe vollständig verlernt haben, sich aus dem Ortssinn allein Vorstellungen von der räumlichen Zusammengehörigkeit der Punkte der Buchstaben zu konstatieren und erst durch Übung die Fähigkeit dazu wiedererlangen. Das Gefühl der Wahrnehmung der Lage und Haltung der Glieder, sowie des Widerstandes und der Schwere beruht ebenfalls auf der Gelenksensibilität, zu welcher sich für den einzelnen Fall verschiedene andere sensitive Merkmale gesellen. Wir haben somit als eines der wesentlichsten Momente der ganzen peripheren Sensibilität die Bewegungsempfindung; bei sehenden Menschen steht der peripheren Sensibilität noch die optische Kontrolle zur Seite, und es wird von der Sensibilität meist nicht verlangt, aus dem Konglomerat der zusammenwirkenden Faktoren Bilder zu konstruieren, welche so genau sind, daß sie der Unterstützung des Auges entbehren können. Bei den Blinden dagegen wird dies jederzeit gefordert und ihre peripherische Sensibilität erfüllt dies Postulat in einer Weise, daß von jeher die feine Tastempfindung derselben ein Gegenstand der Bewunderung war. Es wurde stets von den abnorm feinen Sinnesorganen der Blinden geredet, ohne daß ein objektiver Beweis dafür vorlag. Es liegt ja auf der Hand und ist durch entsprechende Vorgänge auf anderen Gebieten berechtigt, anzunehmen, daß bei Verlust des Augenlichtes eine vikariierende Tätigkeit derjenigen

Organe eintritt, welche uns neben dem Auge Kenntniss der Außenwelt verschaffen, und daß durch die gesteigerte Inanspruchnahme eines Organs eine Vervollkommnung desselben erreicht wird. Es fragt sich, ob die peripherische Sensibilität eine Verfeinerung aufweist, welche anatomischen Grundlagen entspricht. Ist das Ganze verfeinert, so müssen auch die einzelnen Teile verfeinert sein, vor allem die wesentlichsten Faktoren; die Bewegungsempfindung und der Ortssinn. Bezüglich des Ortssinns haben wir schon gefunden, daß dieser nur ganz geringe und nicht immer nachweisbare Verfeinerungen aufweist. Diese Verfeinerungen entbehren eines anatomischen bezw. nerven-physiologischen Untergrundes und sind rein psychische, durch Übung erreichte, wahrscheinlich durch eine Schärfung der Auffassung bedingte.

Wenn wir uns die Schwellenwerte der Bewegungsempfindung darauf ansehen, so haben wir die schon konstatierte Thatsache zu wiederholen, daß eine objektive Verfeinerung, mit Ausnahme der Bertha Scheider, vorliegt. Nehmen wir statt der Schwellenwerte als Vergleichswert denjenigen Grad der Winkeldrehung, welcher in 100% der Fälle richtig erkannt wurde, so tritt die Verfeinerung noch mehr zu Tage, und auch bei der Scheider zeigt sich dann eine solche. Ferner können wir einen Anhaltspunkt für das Maß der Verfeinerung gewinnen, wenn wir die auf jeden Winkelwert entfallende Anzahl von positiven und negativen Angaben bei Blinden einerseits und bei Sehenden andererseits miteinander vergleichen. Am wichtigsten wird dieser Anhaltspunkt bei Vergleichung der Kinder, bei denen kein Schwellenwert mehr aufgestellt werden konnte. In der That fällt bei Kindern eine erheblich größere Anzahl von positiven Angaben auf $0,1^{\circ}$ und $0,2^{\circ}$, als bei sehenden Mädchen. Beruht das auf anatomischen Veränderungen, auf solchen der Reizbarkeit oder endlich auf einem rein psychischen Moment? Der große fundamentale Unterschied zwischen Erwachsenen und Kindern ist jedenfalls nicht rein psychisch, zumal da Erwachsene meist größere Übung zu haben pflegen, sondern ist auf anatomische, die Reizbedingung beeinflussende Momente zurückzuführen. Anders verhält es sich, wenn man erwachsene Blinde unter sich und mit Sehenden vergleicht. Vorauszuschicken ist noch als bezeichnend für die Möglichkeit, durch Übung und geschärfte Aufmerksamkeit die Feinheit der

Bewegungsperzeption zu beeinflussen, die durch sämtliche Untersuchungen hindurchgehende Beobachtung, daß die Anfangsserien stets schlechtere Resultate ergaben, als die nachfolgenden. Wir haben hier das Faktum, daß durch Konzentration des Geistes auf die reine Bewegungsempfindung den Blinden kleinere Bewegungen ins Bewußtsein traten, als gewöhnlich. Betrachten wir die Verschiedenheiten der einzelnen erwachsenen Blinden unter sich, so nimmt die Feinheit der Bewegungsempfindung in der Reihenfolge der Namen Scheider, Gräser, Pakula zu. Die Pakula liest bei weitem besser, als die beiden anderen, was aber ebensogut eine Folge ihrer feineren Empfindung sein kann. Damit aus dem Lesen eine größere Übung und ihr sich anschließende Verfeinerung der Bewegungsempfindung gefolgert werden kann, muß sie auch mehr lesen, als die anderen. Dies scheint auch der Fall zu sein, da sie sich viel geistig beschäftigt und außerdem sehr viel Klavier spielt. Gräser sielt Klavier und Zither, und könnte vielleicht hieraus eine Übung der Bewegungsempfindlichkeit resultieren. Um die Verfeinerung nur auf Übung zurückzuführen, sind diese Tatsachen nicht genügend beweiskräftig, dieselben könnten höchstens einen Beweis unterstützen. Bei den Kindern zeigen sich auch individuelle Unterschiede und finden außer der Differenz der Schwellenwerte in der größeren Lesefertigkeit ihren Ausdruck. Man kann deshalb die größere der geringere Lesefertigkeit als Maß für die Feinheit der Bewegungsempfindung benutzen. Der Hauptbeweis, daß die Verfeinerung bei den Blinden nur Folge der geistigen Übung ist, liegt in den Ergebnissen, welche die Untersuchung der Leistungsfähigkeit meines eigenen Muskelsinns hatten. Die bei mir ermittelten Schwellenwerte sind viel niedriger, als die GOLDSCHIEDERSchen, sowie diejenigen von Gräser und Scheider, ähneln aber denjenigen der Pakula, an welcher leider eine größere Anzahl von Versuchen nicht gemacht werden konnte. Es ist von vorneherein unwahrscheinlich, daß ich von Natur einen solch abnorm feinen Muskelsinn haben sollte; auch ist mir etwas darauf Bezügliches aus meinem früheren Leben nicht bekannt. Zieht man in Betracht, daß von mir viele tausende von minimalen Bewegungen ausgeführt wurden, und daß ich selbst auf diese Bewegungen die gespannteste Aufmerksamkeit wandte, so kann daraus leicht auf eine große Übung in der Perzeption von Bewegungsempfindungen ge-

schlossen werden. Die Untersuchungen strengten wegen der notwendigen Konzentration des Geistes sehr an, nach und nach trat jedoch eine große Ausdauer darin zu Tage; zugleich nahm die Fähigkeit, nur ganz minimale, von Druckstörungen möglichst freie Bewegungen auszuführen, zu. Ich beobachtete an mir selbst eine Verfeinerung der Bewegungsempfindung und wurde so geübt, daß ich bei passiven Bewegungen, welche mit meinem Finger vorgenommen wurden, leicht die reine Bewegungsempfindung von auch ziemlich stark auftretenden Drucksensationen trennen konnte. Zu einer weiteren Übung der Bewegungsempfindung trug bei, daß ich die Blindenschrift erlernte und es zu einer ziemlichen Gewandtheit darin brachte. Der Einfluß der Übung und Konzentration des Geistes auf die sensitiven Merkmale tritt bei mir so evident zu Tage, daß dieselbe Thatsache auch als Grund der Verfeinerung bei den Blinden in Anspruch genommen werden darf, zumal da noch einige andere Punkte, wie oben bemerkt, darauf hinweisen. Ferner spricht noch dafür, daß es für die Feinheit der Empfindung nicht von Belang ist, ob ein Individuum blind geboren oder erst in späteren Jahren blind geworden ist, wie sich unmittelbar aus der Tabelle ersehen läßt.

Fassen wir die Ergebnisse dieser Arbeit kurz zusammen, so erhalten wir folgende Sätze:

I. Die im Tasten geübten Blinden zeigen eine objektiv nachweisbare Verfeinerung der Empfindung passiver Bewegungen, somit des Muskelsinns überhaupt.

II. Die Ursache dieser Verfeinerung ist eine psychische, indem durch Schärfung der Aufmerksamkeit und Übung in der Verwertung sensibler Merkmale Empfindungen von undeutlich merklicher Intensität über die Schwelle gehoben werden.

III. Kinder besitzen eine feinere Empfindlichkeit für Bewegungen, als Erwachsene.

IV. Die Leistungen beider Extremitäten auf dem Gebiet der Bewegungsempfindung sind wenig verschieden und schwanken bei den verschiedenen Individuen zwischen rechts und links.

V. Der Ortssinn der Haut ist bei Blinden in geringerem Mafse und in nicht immer deutlich nachweisbarer Weise verfeinert. Die Verfeinerung ist auf Übung zurückzuführen.
