

Quantitative Untersuchungen über das „optische Paradoxon“.

Von

G. HEYMANS.

Professor in Groningen.

(Mit 23 Figuren im Text.)

Die von BRENTANO als „optisches Paradoxon“ in die psychologische Besprechung eingeführte Urteilstäuschung hat zwar zu mannigfachen Erklärungsversuchen, aber fast noch nicht zu quantitativen thatsächlichen Bestimmungen, welche doch für den Wert jener den besten Prüfstein bilden würden, Veranlassung gegeben. Teils mag dies von dem Umstande herühren, daß fast Allen, welche über das Problem geschrieben haben, ihre eigene Lösung unmittelbar evident und einer näheren Prüfung kaum bedürftig erschien; teils auch von der Thatsache, daß das Maß der Täuschung sich bei verschiedenen Personen als sehr verschieden herausstellt, woraus schon MÜLLER-LYER folgerte, daß man von einer näheren Präzisierung des funktionellen Verhältnisses zwischen den die Täuschung bedingenden Faktoren und der Täuschung selbst im allgemeinen wohl absehen müsse.¹ Was den ersteren Punkt betrifft, wurde es aber bald klar, daß jeder Lösungsversuch nur für seinen Urheber die erwähnte scheinbare Evidenz besaß; und dem zweiten gegenüber bleibt es doch immerhin denkbar, daß, wenn auch die von verschiedenen Versuchspersonen erhaltenen Zahlen erheblich differieren, denselben dennoch eine gemeinsame, im Einzelfall durch störende Umstände verdunkelte Gesetzmäßigkeit zu Grunde liegen könnte, welche in den aus mehreren Beobachtungen gezogenen Mittelzahlen ans Licht treten müßte. Von diesen Erwägungen ausgehend, habe ich die BRENTANOSCHEN

¹ *Dubois-Reymonds Arch. f. Phys.* 1889. Suppl. S. 264.

Figuren, mehrfach variiert, einer größeren Anzahl von Personen vorgelegt und in der That Resultate erhalten, welche einen ziemlich genauen Einblick in die Art der hier obwaltenden Abhängigkeitsverhältnisse gewähren.

Es lag auf der Hand, bei diesen Versuchen als Maß der Täuschung denjenigen objektiven Längenunterschied der zu vergleichenden Strecken zu benutzen, bei welchem dieselben subjektiv als gleich beurteilt werden. Für die Bestimmung dieses Unterschiedes bieten sich von selbst die beiden Methoden dar, welche FECHNER als „Methode der Wahl“ und „Methode der Herstellung“ bei seinen experimentell-ästhetischen Untersuchungen zur Verwendung brachte; d. h. man kann entweder die Versuchsperson aus mehreren Figuren, welche nur durch das Längenverhältnis der zu vergleichenden Strecken sich voneinander unterscheiden, diejenige aussuchen lassen, bei welcher ihr diese Strecken als gleich erscheinen; oder man kann die Sache so einrichten, daß eine der beiden Vergleichsstrecken von der Versuchsperson selbst so lange vergrößert oder verkleinert werden kann, bis die scheinbare Gleichheit erreicht ist. Ich habe zuerst die Wahlmethode angewandt, aber dieselbe schon sehr bald zu Gunsten der Herstellungsmethode verlassen. Die Vorteile der letzteren sind folgende: Erstens brauchen sich die Versuchspersonen weniger anzustrengen; zweitens können sie den Punkt der scheinbaren Gleichheit nicht nur zwischen zwei Grenzen einschließen, sondern scharf bezeichnen; und drittens ist die Möglichkeit ausgeschlossen, daß sie sich bei ihrer Entscheidung durch die Ordnungszahlen der vorgelegten Figuren, etwa in Verbindung mit Vermutungen über die Art der Abhängigkeitsverhältnisse, beeinflussen lassen.¹ Übrigens stimmten bei denjenigen Figuren, welche mittelst beider Methoden untersucht wurden, die erhaltenen Zahlen sehr gut zusammen. (S. 227 u. 228.)

Die Einrichtung der Versuchsapparate war folgende (vgl.

¹ Daß die auffallende Regelmäßigkeit, mit welcher in den von AUERBACH (*diese Zeitschrift* VII. S. 159) mitgeteilten Versuchen „die für richtig gehaltene Figur von unten nach oben wandert“, dem letzteren Umstände zugeschrieben werden muß, darf fast mit Sicherheit behauptet werden, wenn man überlegt, daß bei meinen entsprechenden Versuchen (S. 227) nur in einer aus 28 Versuchsreihen die Richtung, in welcher sich die Zahlen bewegten, derjenigen der Mittelzahlen ausnahmslos entsprach.

Fig. 1): Auf ein rechtwinkliges Kartonblatt $a b c d$ von 25×15 cm wurde ein anderes Blatt $a' b' c' d'$ und auf dieses zwei Blätter $a'' e'' f'' d''$ und $g'' b'' c'' h''$ festgeleimt, dergestalt, dass die gleichnamigen Buchstaben zur Deckung gelangten. Wenn nun ein fünftes Kartonblatt $i k l m$ zwischen dem ersten und den beiden letzteren hineingeschoben wurde, so bildeten

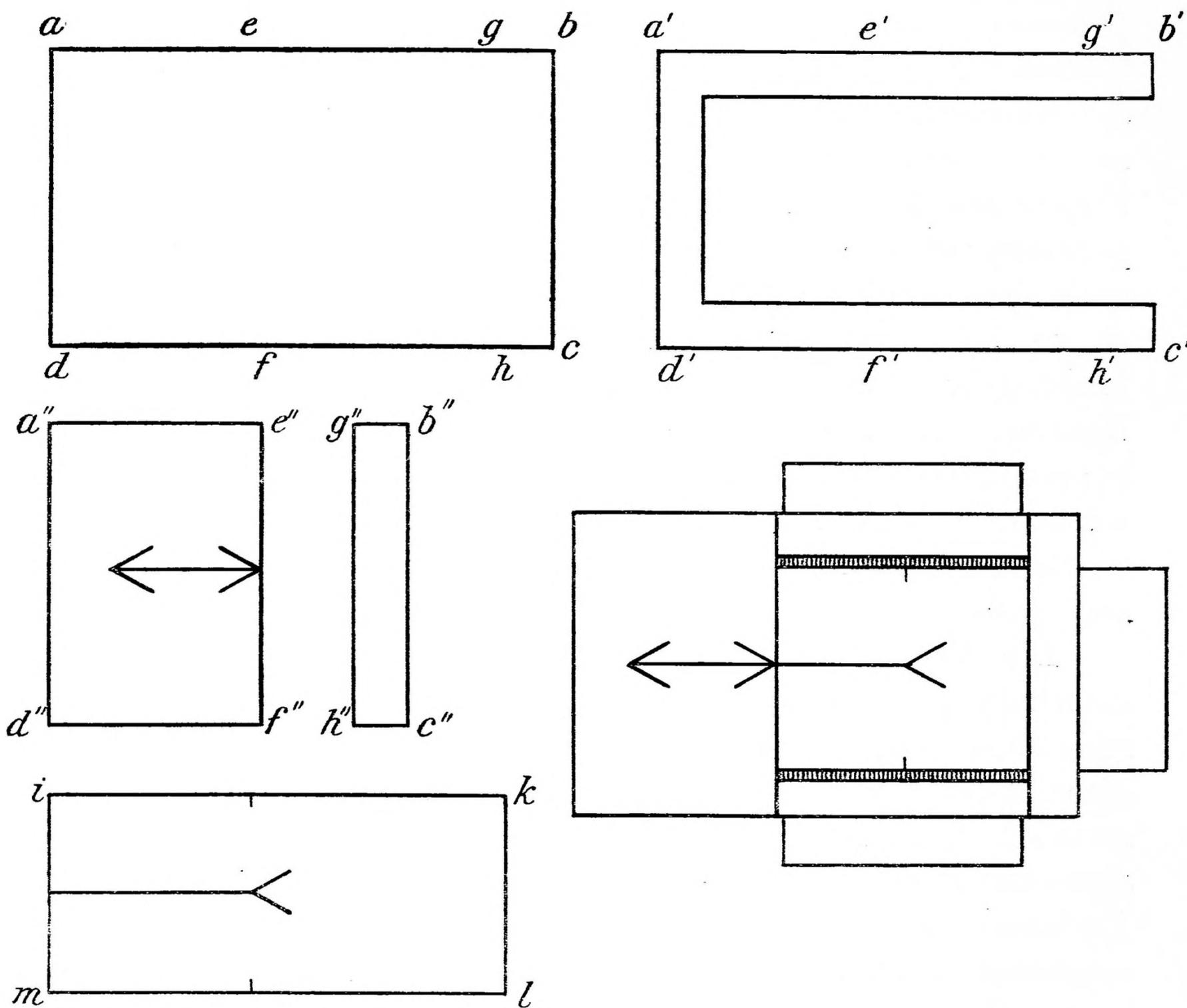


Fig. 1.

die darauf und auf $a'' e'' f'' d''$ gezogenen Linien zusammen eine BRENTANOSCHE Figur, deren rechte Hälfte nach Belieben vergrößert und verkleinert werden konnte. Zur Messung derselben waren auf den zwischen $a'' e'' f'' d''$ und $g'' b'' c'' h''$ freibleibenden Teilen von $a' b' c' d'$ Streifen Millimeterpapier angebracht, welche durch zuklappbare Kartondeckel für die Versuchspersonen unsichtbar gemacht werden konnten. In Fig. 1 ist neben den einzelnen Teilen der ganze Apparat mit zurückgeschlagenen Deckeln und halb ausgezogenem Blatte vorgestellt. — Solcher

Apparate (nur für die Versuche einzelner Gruppen mit anderen Dimensionen) habe ich mir nach und nach eine beträchtliche Anzahl (im ganzen 125, von denen jedoch 29 keine erwähnenswerte Resultate lieferten) gefertigt, und jeden derselben mehreren (25 bis 36) Personen zur Bestimmung des scheinbaren Gleichheitsverhältnisses vorgelegt. Um eine möglichst grofse Gleichheit der Umstände herzustellen, wurde den Versuchspersonen, sofern sie nicht bereits wufsten, um welche Art der Täuschung es sich handelte, dies im allgemeinen mitgeteilt; die Mafsverhältnisse der Figuren aber, die Erklärungsversuche, zu deren Prüfung einige derselben konstruiert waren, und die Ergebnisse der vorhergehenden Versuche blieben den Versuchspersonen unbekannt. Dieselben wurden aufgefordert, blofs nach dem sinnlichen Eindruck zu urteilen, und die Apparate so zu halten, dafs die zu vergleichenden Strecken der Verbindungslinie zwischen den Augen parallel liefen, damit die Resultate nicht durch die bekannte, aus der Überschätzung höherliegender Strecken hervorgehende Täuschung gefälscht würden.¹ Was Beobachtungsdauer und Sehweite betrifft, wurde mit Ausnahme der 13. Gruppe (S. 253) vollkommene Freiheit gelassen.

Die Versuche zerfielen der Zeit nach in 13 Gruppen; innerhalb jeder derselben kamen eine Anzahl (5 bis 18) verschiedener, auf das Mafs der Täuschung unter sich zu vergleichender Figuren zur Verwendung. Diese Figuren wurden sämtlich den nämlichen Personen vorgelegt, und zwar jeder einzelnen Person in einem Zuge hintereinander. Durch dieses Verfahren glaubte ich für die zu vergleichenden Zahlen eine möglichst vollkommene Gleichwertigkeit erzielen zu können. In der That stellte sich bald heraus, dafs nicht nur, wie oben bemerkt, verschiedene Individuen in sehr ungleichem Mafse der Täuschung unterliegen, sondern dafs auch, wenn gleiche oder verwandte Figuren einer Versuchsperson wiederholt vorgelegt werden, eine rasche Abnahme der Täuschungsgröfse sich erkennen läfst. Mit Rücksicht hierauf konnten nur die einer Gruppe angehörigen, also von den nämlichen Personen bei den

¹ Der Vernachlässigung dieser Vorschrift ist es wohl zuzuschreiben, dafs MÜLLER-LYER (a. a. O. S. 264) bei sich eine konstante Überschätzung von Linien, welche durch andere unter einem Winkel von 90° begrenzt werden, glaubte konstatieren zu müssen.

nämlichen Übungsverhältnissen erhaltenen Zahlen unter sich verglichen werden, während die Ergebnisse aus verschiedenen Gruppen niemals, was die absoluten Zahlen, sondern höchstens nur, was die darin hervortretende Gesetzmäßigkeit betrifft, miteinander vergleichbar sind. Dementsprechend mußte auch, wenn eine Figur in mehreren Gruppen verwendet wurde, für diese Figur jedesmal eine neue Reihe von Beobachtungen gesammelt werden.

Als Versuchspersonen stellten sich mir hauptsächlich Professoren und Studenten an der hiesigen Universität, sowie mehrere Damen, verfügbar. Diesen allen sage ich für ihre freundliche und gewissenhafte Mitwirkung herzlichen Dank.

Im ganzen liegen den folgenden Erörterungen 3334 Einzelbeobachtungen zu Grunde, welche sich auf 96 Figuren beziehen. Es wurden nur drei Versuchsreihen (34 Einzelbeobachtungen, aus der 6. und der 12. Gruppe) gestrichen, einmal weil die Versuchsperson durch eine halbwegs eintretende Störung verhindert wurde, die Reihe ruhig zu Ende zu bringen, die beiden anderen Male, weil sie nach Beendigung der Versuche erklärte, daß sie sich bei einigen Urteilen durch in Gedanken gezogene Hilfslinien oder andere Mittel von der Täuschung unabhängig zu machen versucht hatte. Im übrigen wurden bei jeder Figur für die Berechnung der mittleren Täuschung und des wahrscheinlichen Fehlers derselben sämtliche für diese Figur innerhalb der betreffenden Gruppe vorliegenden Entscheidungen verwendet.

Ich berichte an erster Stelle über die Ergebnisse von Versuchen, welche mit normalen BRENTANOSCHEN Figuren angestellt wurden. Mit diesem Namen bezeichne ich eine Figur, welche aus zwei geraden Linien, deren eine die Verlängerung der anderen ist, und aus sechs gleich langen, unter gleichen Winkeln an den Endpunkten jener angesetzten, abwechselnd nach der einen oder der anderen Seite derselben verlaufenden

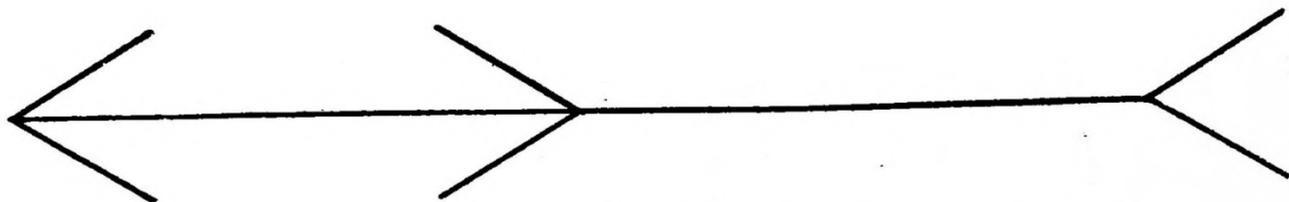


Fig. 2.

schrägen Linien besteht (Fig. 2). Jene ersteren Linien nenne ich Vergleichslinien, und zwar, nach der Einrichtung der

Apparate, die mit einwärts gekehrten schrägen Linien versehene die konstante, die mit auswärts gekehrten schrägen Linien versehene die variable Vergleichslinie; diese letzteren Schenkel, und die Winkel zwischen Vergleichslinien und Schenkeln Schenkelwinkel. Als mittlere Täuschung wird die Millimeterzahl angegeben, um welche das arithmetische Mittel aus den der konstanten gleich geschätzten variablen Vergleichslinien kleiner ist, als die konstante Vergleichslinie; der wahrscheinliche Fehler der mittleren Täuschung ist nach der Formel $w = 0.8453 \frac{\sum v}{n \sqrt{n}}$, in welcher $\sum v$ die Summe der einzelnen Abweichungen vom arithmetischen Mittel und n die Zahl der Beobachtungen vorstellt, berechnet.

Um zuerst die Abhängigkeit der Täuschung von der Größe der Schenkelwinkel zu ermitteln, benutzte ich neun Apparate (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkel = 20 mm, Schenkelwinkel bezw. = 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80° und 90°). Das Ergebnis der Versuche war folgendes:

Tabelle I (2. Gruppe).

Schenkelwinkel in Graden	Anzahl der Beobach- tungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm	Cosinus des Schenkel- winkels	Mittlere Täuschung
					Cosinus des Schenkel- winkels
10	36	18.2	0.54	0.985	18.5
20	36	17.4	0.56	0.940	18.5
30	36	17.4	0.55	0.866	20.1
40	36	15.2	0.54	0.766	19.8
50	36	14.3	0.41	0.643	22.2
60	36	10.8	0.48	0.500	21.6
70	36	7.6	0.41	0.342	22.2
80	36	3.4	0.33	0.174	19.5
90	36	-0.2	0.30	0.000	—

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, wird die Meinung BRENTANOS u. A., nach welcher die Täuschung bei 30° (nach AUERBACH selbst bei 45°) ihr Maximum erreiche, durch die Versuche nicht bestätigt. Vielmehr nimmt sie von 90° bis 10°, allerdings stets langsamer, fortwährend zu; und zwar so, dafs, wie die letzte Vertikalreihe der Tabelle erkennen läfst, eine

nahezu vollständige Proportionalität zwischen dem Cosinus des Schenkelwinkels und dem mittleren Betrage der Täuschung besteht. Wir werden später finden, daß diese Proportionalität sich nicht bei jeder Schenkellänge gleich deutlich erkennen läßt, sondern daß bei größerer (relativer) Schenkellänge störende Ursachen sich geltend machen, welche dieselbe ganz oder teilweise zu verdunkeln im stande sind. (S. 232).¹

Zur Bestimmung des Abhängigkeitsverhältnisses zwischen Schenkellänge und mittlerer Täuschung gelangten anfangs zehn Apparate, bei welchen die Schenkellänge zwischen 2.5 und 40 mm wechselte, zur Verwendung. Die konstante Vergleichslinie war wieder überall = 75 mm; die Größe der Schenkelwinkel betrug 30°. Die Versuche ergaben folgende Zahlen:

Tabelle II (4. Gruppe).

Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
2.5	28	2.7	0.57
5	28	6.3	0.56
7.5	28	9.7	0.51
10	28	12.5	0.58
12.5	28	12.7	0.59
15	28	14.1	0.70
17.5	28	16.3	0.74
20	28	15.8	0.70
30	28	18.2	0.77
40	28	15.5	0.67

¹ Diese störenden Ursachen machten sich bereits bei denjenigen Versuchen bemerklich, welche ich zur Ermittlung des oben dargelegten Abhängigkeitsverhältnisses nach der Methode der Wahl anstellte (vergl. S. 222). Hierbei wurden den Versuchspersonen für jede Größe des Schenkelwinkels 6 bis 11 Blätter vorgelegt, auf welche je eine normale BRENTANOSCHE Figur gezeichnet war. Die Länge der beiden Vergleichslinien zusammen war konstant = 100 mm; ihre Differenz ging von der Gleichheit in Stufen von je 2 mm bis zu 20 mm aufwärts; die Schenkellänge war = 15 mm. Die mittlere Täuschung betrug für Schenkel-

Beim ersten Blick bietet diese Tabelle nichts Befremdliches; die Täuschung scheint mit der Schenkellänge, zuerst etwas schneller, dann etwas langsamer, zuzunehmen und schliesslich bei 15 bis 20 mm ein Maximum zu erreichen, um welches sie bei weiterer Verlängerung der Schenkel oszilliert. Die grosse Differenz aber zwischen den beiden für 30 und 40 mm erhaltenen Werten, die verhältnismässig geringen Beträge der zugehörigen wahrscheinlichen Fehler, sowie der Umstand, dass bei 20 von den 28 Versuchspersonen die Täuschung bei 40 mm weniger als bei 30 mm betrug, führten mich zur Frage, ob vielleicht bei gröfserer Schenkellänge allgemein eine Abnahme der Täuschung stattfindet. Um auf diese Frage eine Antwort zu erhalten, machte ich neue Versuche mit sechs Apparaten, genau so wie die vorigen eingerichtet (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkelwinkel = 30°), nur dass die Länge der Schenkel jetzt 30, 40, 43.3 (wo sie zusammenstossen, also um die konstante Vergleichslinie einen Rhombus bilden), 50, 60 und 70 mm betrug. Tabelle III giebt die Resultate:

Tabelle III (7. Gruppe).

Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
30	25	16.8	0.70
40	25	15.3	0.76
43.3	25	12.6	0.62
50	25	12.4	0.79
60	25	10.5	0.82
70	25	10.2	0.76

Es stellte sich also heraus, dass in der That die Täuschung bei einer Schenkellänge von 30 mm (oder richtiger: irgendwo

winkel von 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° , 70° , 80° und 90° , bzw. 16.6, 14.8, 14.8, 13.6, 11.6, 11.0, 8.2, 3.8 und 0.2 mm. Dividiert man diese Beträge, ähnlich wie diejenigen aus Tabelle I, durch die Cosinus der zugehörigen Winkel, so erhält man Zahlen, welche mit den Schenkelwinkeln langsam anzuwachsen scheinen: 16.9, 15.7, 17.1, 17.8, 18.0, 22.0, 24.0, 21.8. Die Erklärung dieser (freilich geringen, aber ihrer Regelmässigkeit wegen nicht zu vernachlässigenden) Abweichungen vom Proportionalitätsgesetz wird später im Texte erfolgen.

zwischen 20 und 40 mm) ein Maximum erreicht, von welchem sie nach beiden Seiten regelmäfsig abfällt. Welche Momente das Auftreten dieses Maximums bedingen, läfst sich aus den angeführten, nur auf eine Winkelgröfse sich beziehenden Ergebnissen nicht ermitteln; die Untersuchung mußte sich also jetzt der Frage zuwenden, ob auch bei anderen Winkelgröfsen ein ähnliches Maximum vorkomme, und wo dasselbe seine Stelle habe. Ich experimentierte zuerst mit Schenkelwinkeln von 10° und 70° , sodann mit solchen von 50° , und erhielt die in den Tabellen IV und V mitgetheilten Resultate. Die konstante Vergleichslinie ist bei diesen Versuchen immer = 75 mm.

Tabelle IV (8. Gruppe).

Schenkelwinkel in Graden	Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
10	10	25	9.1	0.67
10	20	25	15.5	0.94
10	30	25	15.2	0.74
10	40	25	12.5	0.80
10	50	25	11.7	0.70
10	60	25	8.4	0.77
70	10	25	4.2	0.49
70	20	25	6.8	0.56
70	30	25	8.3	0.67
70	40	25	8.4	0.56
70	50	25	9.9	0.70

Tabelle V (10. Gruppe).

Schenkelwinkel in Graden	Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
50	10	25	7.7	0.59
50	20	25	10.8	0.61
50	30	25	13.0	0.81
50	40	25	12.6	0.90
50	50	25	13.1	0.69
50	60	25	12.0	0.79

Wie aus diesen Tabellen ersichtlich, läßt sich innerhalb der bisherigen Versuchsgrenzen ein Maximum bei Schenkelwinkeln von 10° und 30° vollkommen deutlich, bei solchen von 50° etwas weniger deutlich, bei solchen von 70° überhaupt nicht feststellen. Demzufolge erschien es zuerst nötig, die Versuchsgrenzen in betreff der beiden letzten Schenkelwinkel zu erweitern (Tab. VI).

Tabelle VI (11. Gruppe).

Schenkelwinkel in Graden	Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
50	60	30	11.7	0.99
50	70	30	11.8	0.95
50	80	30	10.1	0.81
70	50	30	8.8	0.80
70	60	30	8.7	0.84
70	70	30	8.6	0.75
70	80	30	8.7	0.76
70	90	30	7.3	0.80

Auch bei größeren Winkeln zeigt demnach die Täuschung eine deutliche, wenn auch weniger starke Tendenz, bei fortgesetzter Schenkelverlängerung ein Maximum zu erreichen und dann abzunehmen. Nachdem dieses festgestellt war, wurde noch versucht, die Lage des Maximums für die kleineren Schenkelwinkel etwas genauer zu bestimmen (Tab. VII u. VIII); entsprechende Versuche auch für die größeren Winkel anzustellen, erschien von vornherein, mit Rücksicht auf die geringen Beträge der hier auftretenden Täuschungen, als aussichtslos und wurde daher unterlassen.

Großen Wert auf diese Zahlen zu legen, scheinen die hohen wahrscheinlichen Fehler zu verbieten; doch ist ihre Genauigkeit (ebenso wie diejenige sämtlicher hier mitgeteilter Ergebnisse) bedeutend höher anzuschlagen, als die bloße Rücksicht auf die letzteren würde vermuten lassen. Denn die individuellen Verschiedenheiten, auf welche früher hingewiesen wurde, zeigen oft eine erstaunliche Regelmäßigkeit, demzufolge

eine Versuchsperson konstant hohe, eine andere mittlere, eine dritte niedrige Täuschungsbeträge liefert, während die Zahlen eines jeden, unter sich verglichen, dennoch die gleiche annähernde Gesetzmäßigkeit erkennen lassen. Es ist klar, daß in dieser Weise die wahrscheinlichen Fehler der mittleren absoluten Zahlen sehr hoch sein können, während dennoch dem Gesetze, welches in diesen Zahlen zum Ausdruck gelangt, eine erhebliche Wahrscheinlichkeit zuerkannt werden muß.

Tabelle VII (11. Gruppe).

Schenkelwinkel in Graden	Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
10	20	30	15.8	0.92
10	22.5	30	14.9	0.86
10	25	30	15.0	0.93
10	27.5	30	16.0	1.01
10	30	30	14.2	0.81

Tabelle VIII (9. Gruppe).

Schenkelwinkel in Graden	Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
30	20	25	17.7	0.66
30	22.5	25	17.9	0.83
30	25	25	17.6	0.77
30	27.5	25	18.2	0.92
30	30	25	18.4	0.78
30	32.5	25	17.8	0.74
30	35	25	16.6	0.80
30	37.5	25	16.4	0.94
30	40	25	15.8	0.75

Die Ergebnisse der Tabellen II bis VIII lassen sich also folgenderweise kurz zusammenfassen: Bei fortgesetzter Schenkelverlängerung nimmt allgemein die Täuschung anfangs zu, erreicht dann ein Maximum, und nimmt schliesslich wieder ab.

Das Maximum liegt für Schenkelwinkel von 10° bei einer Schenkellänge von 27.5 mm, für Schenkelwinkel von 30° bei einer Schenkellänge von 30 mm, für Schenkelwinkel von 50° wahrscheinlich bei einer Schenkellänge von 40 mm (da die dieser Schenkellänge zugehörige mittlere Täuschung zwischen zwei Maximalwerten liegt, von welchen sie um weniger als die Hälfte ihres wahrscheinlichen Fehlers differiert), und für Schenkelwinkel von 70° bei einer nicht genauer zu bestimmenden Schenkellänge zwischen 50 und 80 mm.

Das Maximumgesetz, speziell die verschiedene Lage des Maximums bei verschiedener Winkelgröße, schließt offenbar die allgemeine Geltung des Cosinusetzes aus. Es macht wahrscheinlich, daß letzteres bloß für einen idealen Fall, welchem sich die Wirklichkeit um so mehr nähert, je kürzer die Schenkel sind, vollkommen genau gilt; während bei Vergrößerung der Schenkel die Täuschung für kleinere Winkel schon sehr bald dem Maximum nahekommt und demzufolge langsamer zunimmt, als der Zunahme der Täuschung für größere Winkel nach dem Cosinusetz entsprechen würde. In der That finden wir, daß schon die in Tab. I. mitgeteilten Quotienten aus mittlerer Täuschung und Cosinus des Schenkelwinkels für die kleineren Winkel im Durchschnitt etwas weniger betragen als für die größeren; und in den nach der Wahlmethode erhaltenen Resultaten, wo die Schenkel relativ größer sind (0,3 statt 0,267 der konstanten Vergleichslinie), tritt der nämliche Unterschied schon ungleich deutlicher hervor (S. 227 u. 228). Es versteht sich (und läßt sich auch durch Zusammenstellung sämtlicher auf größere Schenkellängen sich beziehender, allerdings wegen der Gruppenverschiedenheit nicht direkt vergleichbarer Resultate bestätigen), daß bei weiterer Schenkelverlängerung bald ein Punkt eintreten muß, wo die Täuschung bei 10° , dann ein solcher, wo dieselbe auch bei 20° kleiner ist als bei den größeren Schenkelwinkeln u. s. w. Nun finden wir aber, daß bei den von BRENTANO zum Beweise seiner Meinung, daß die Täuschung bei 30° ein Maximum erreicht, vorgelegten Figuren¹ das Verhältnis zwischen Schenkeln und konstanter Vergleichslinie = 0,35 ist, woraus sich das Resultat seiner Beobachtung von selbst erklärt. Nur dem zufälligen Umstande,

¹ Diese Zeitschrift. VI. S. 4.

dafs ich mit relativ kleineren Schenkeln zu experimentieren anfang, ist es zu verdanken, dafs in meinen Beobachtungsergebnissen das Cosinusetz so deutlich zum Ausdruck gelangte.

Durch drei weitere Versuchsreihen wurde die Untersuchung der bei normalen BRENTANOSCHEN Figuren gegebenen Abhängigkeitsverhältnisse zu einem vorläufigen Abschlusse geführt. Die eine derselben hatte das Ziel, den Einflufs der absoluten Gröfse der Figuren auf das Mafs der Täuschung zu ermitteln. Es wurden hierbei fünf Apparate verwendet, bei denen sämtlich die Schenkelwinkel = 30° und das Verhältnis zwischen Schenkeln und konstanter Vergleichslinie = $4 : 15$ war, während die Länge der konstanten Vergleichslinie bezw. 25, 50, 75, 100 und 150 mm betrug. Das Resultat war folgendes:

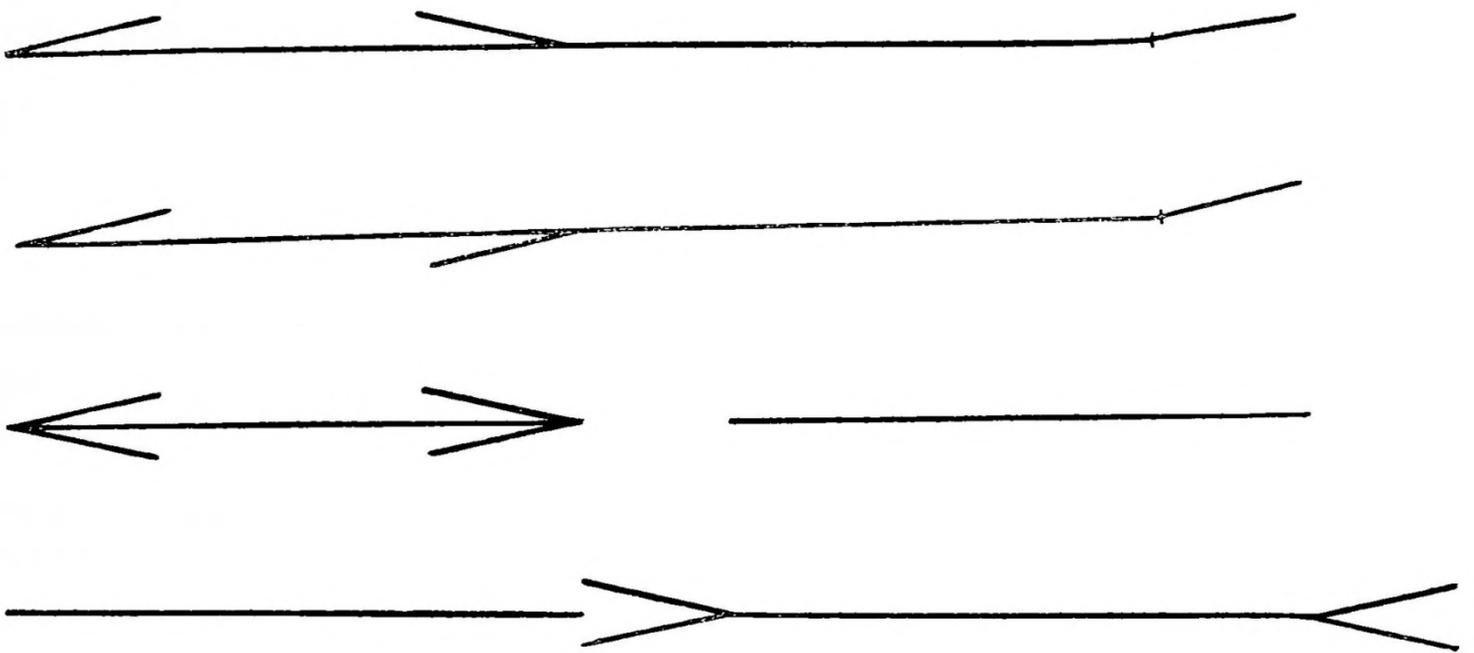
Tabelle IX (3. Gruppe).

Konstante Vergleichslinie in mm	Schenkel-länge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr-scheinlicher Fehler derselben in mm	Mittlere Täuschung
					Konstante Vergleichslinie
25	$6\frac{2}{3}$	31	6.4	0.20	0.256
50	$13\frac{1}{3}$	31	11.5	0.33	0.230
75	20	31	17.7	0.58	0.235
100	$26\frac{2}{3}$	31	22.4	0.85	0.224
150	40	31	31.4	1.37	0.209

Die mittlere Täuschung beträgt, wie die letzte Vertikalreihe dieser Tabelle erkennen läfst, überall $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der konstanten Vergleichslinie, und verläuft demnach leidlich proportional der absoluten Gröfse. Nur zeigt sie eine deutlich ausgesprochene Tendenz, bei fortgesetzter Zunahme jener etwas zurückzubleiben, demzufolge das Verhältnis zur konstanten Vergleichslinie, von der kleinsten bis zur gröfsten der verwendeten Figuren, fast regelmäfsig von $\frac{1}{4}$ bis auf $\frac{1}{5}$ sinkt.

Des weiteren wurde untersucht, inwiefern das Fortlassen einzelner Schenkel auf das Mafs der Täuschung von Einflufs ist. Allerdings liefs sich von vornherein vermuten, dafs dadurch eine Abschwächung der Täuschung eintreten würde; es schien aber interessant, zu wissen, ob die-

selbe in gleichem Maße erfolgt, wenn etwa drei Schenkel an einer Seite, und wenn abwechselnd ein Schenkel an beiden Seiten der Vergleichslinien fortgelassen wird; oder wenn bloß die einwärts gekehrten, und wenn bloß die auswärts gekehrten Schenkel in der Figur fehlen. Dieses zu ermitteln, bestimmte ich die mittlere Täuschung bei vier Figuren, welche sich nur in der angegebenen Weise voneinander unterscheiden, während die Maßverhältnisse bei allen vollkommen gleich sind (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkel = 20 mm, Schenkelwinkel = 10° ; Figg. 3—6). Es ergaben sich folgende Resultate:



Figg. 3—6.

Tabelle X (8. Gruppe).

	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
Fig. 3...	25	11.8	0.69
Fig. 4...	25	12.0	0.75
Fig. 5...	25	5.2	0.68
Fig. 6...	25	9.0	0.68

Aus diesen Zahlen geht erstens hervor, daß es für das Maß der Täuschung ziemlich gleichgültig ist, ob drei Schenkel sämtlich an einer Seite, oder ob die äußeren Schenkel an einer, der mittlere an der entgegengesetzten Seite der Vergleichslinien

angesetzt werden; sodann, dafs die mit auswärts gekehrten Schenkeln versehene Vergleichslinie in bedeutend höherem Mafse die Täuschung hervorbringt als die andere, deren Schenkel einwärts gekehrt sind. Beide Ergebnisse werden durch eine Vergleichung der einzelnen Beobachtungsergebnisse bestätigt; denn während das Mafs der Täuschung bei Fig. 3 14 Mal kleiner, 1 Mal gleich und 10 Mal gröfser ausfiel als bei Fig. 4, wurde bei Fig. 5 20 Mal ein kleinerer, 1 Mal ein gleicher und blofs 4 Mal ein gröfserer Fehler begangen, als bei Fig. 6.

Schliesslich habe ich noch über einige Versuche zu berichten, welche zur Beantwortung der Frage, ob die auswärts und die einwärts gekehrten Schenkel in gleichem Mafse zum Auftreten des Maximums beitragen, angestellt wurden. Ich verwendete dafür acht Apparate, bei denen entweder eine variable Vergleichslinie ohne Schenkel einer konstanten Vergleichslinie mit einwärts gekehrten Schenkeln, oder eine variable Vergleichslinie mit auswärts gekehrten Schenkeln einer konstanten Vergleichslinie ohne Schenkel gleichgemacht werden mufste. Die Figuren waren den der vorigen Tabelle zu Grunde liegenden ähnlich; die konstante Vergleichslinie war wieder = 75 mm, die Schenkelwinkel aber = 30°, und die Schenkel bzw. = 15, 30, 45 und 60 mm. Das Resultat war ein überraschendes:

Tabelle XI (12. Gruppe).

	Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
Variable Vergleichslinie ohne Schenkel	15	25	4.9	0.65
	30	25	5.6	0.66
	45	25	7.4	0.69
	60	25	7.0	0.78
Konstante Vergleichslinie ohne Schenkel	15	25	8.3	0.50
	30	25	10.8	0.56
	45	25	8.6	0.58
	60	25	6.6	0.66

Wie man sieht, zeigt die Täuschung, wenn eine Linie ohne Schenkel einer solchen mit einwärts gekehrten Schenkeln

gleichgemacht werden muß, selbst bei einer Schenkellänge von 60 mm kaum eine Tendenz zur Abnahme, während sie, wenn eine Linie mit auswärts gekehrten Schenkeln mit einer Linie ohne Schenkel verglichen wird, bereits bei einer Schenkellänge von 45 mm diese Tendenz deutlich erkennen läßt. Wir dürfen demnach annehmen, daß auch bei einer vollständigen BRENTANO-schen Figur das Auftreten des Maximums so gut wie ausschließlich durch die Wirkung der auswärts gekehrten Schenkel bedingt ist, während die einwärts gekehrten nicht oder nur sehr wenig dazu beitragen.

Die gewonnenen Resultate, durch andere noch mitzuteilende ergänzt, ermöglichen es, mit genügender Sicherheit über die Zulässigkeit der vorliegenden Erklärungshypothesen zu urteilen.

Was zuerst die älteste, von MÜLLER-LYER vorgetragene Hypothese betrifft, nach welcher die „Konfluxion“ der Vergleichslinien mit hinzugedachten, größeren und kleineren Nebenlinien der Täuschung zu Grunde liegen sollte,¹ so scheint dieselbe jedenfalls dem Cosinusetz trefflich zu entsprechen. Zwar hat AUERBACH, der die nämliche Hypothese vertritt, daraus den von BRENTANO behaupteten und seitdem als feststehend angenommenen Maximalwert der Täuschung bei mittlerer Winkelgröße deduzieren zu können geglaubt,² allein die Hypothese scheint sich auch dem neu festgestellten Thatbestand ohne besondere Schwierigkeit anpassen zu lassen. Man braucht nur dem einen der von AUERBACH hervorgehobenen Faktoren, der Zahl der störenden Nebenlinien, einen innerhalb der Versuchsgrenzen verschwindend geringen Einfluß zuzuerkennen und somit dem zweiten, der mittleren Größe dieser Linien, zu ungehemmter Wirksamkeit zu verhelfen, um es ganz in der Ordnung zu finden, daß sich die Täuschung dem Cosinus des Schenkelwinkels proportional verändert. Denn in der That sind, wenn die Schenkellänge = a , diejenige der beiden Vergleichslinien = b und der Schenkelwinkel = α gesetzt wird, die äußeren Nebenlinien = $b \pm 2 a \cos \alpha$, also die Differenz derselben = $4 a \cos \alpha$. Und da sich zwischen diesen und den Vergleichslinien beliebig viele weitere Nebenlinien denken

¹ *Du Bois Reymonds Archiv*. 1889. Suppl. S. 263—270; *diese Zeitschrift*. IX. S. 1—16.

² *Diese Zeitschrift*. VII. S. 154—155.

lassen, ist die Differenz der mittleren Nebenlinien $= 2 a \cos \alpha$, also dem Cosinus des Schenkelwinkels proportional. — Wenn also von dieser Seite der MÜLLER-LYER-AUERBACHSchen Hypothese nichts entgegensteht, so hat sie dem Maximumgesetze gegenüber einen desto schwereren Stand. Nach ihr müßte man erwarten (und sowohl MÜLLER-LYER¹ als AUERBACH² haben ausdrücklich diese Erwartung als eine notwendige Folgerung aus ihren Prinzipien aufgestellt), daß die Täuschung mit wachsender Schenkellänge fortwährend zunähme; daß aber jene, während diese regelmäßig wächst, schließlich ein Maximum erreicht und dann wieder abnimmt, läßt sich aus ihr schlechterdings nicht ableiten. Nur wenn (wie ich anfangs vermutete, s. Tab. III) das Maximum bei derjenigen Schenkellänge einträte, wo die beiden Schenkel über und unter der konstanten Vergleichsline zusammenstoßen, ließe sich vielleicht, wenn auch nur in gezwungener Weise, zwischen der Theorie und den Thatsachen eine Brücke schlagen; wir haben aber gesehen, daß es sich ganz anders verhält: das Maximum ist schon erreicht, wenn die Endpunkte der einwärts gekehrten Schenkel noch 20 bis 30 mm voneinander entfernt sind. Die thatsächliche Geltung des Maximumgesetzes scheint demnach mit der besprochenen Hypothese in geradem Widerspruch zu stehen. — Auch die in Tab. X mitgetheilten, auf Figg. 3—6 sich beziehenden Versuchsergebnisse sind derselben nicht günstig. Denn während die Verhältnisse, welche nach MÜLLER-LYER das Hinzudenken ungleicher Nebenlinien und das Auftreten der Täuschung bedingen, in Fig. 3 an einer Seite der Vergleichslinien vollständig gegeben sind, fehlen sie in Fig. 4 durchaus; dennoch findet die Täuschung bei beiden Figuren in gleichem Maße statt. Sollte man aber die Theorie durch die Annahme zu retten versuchen, daß jetzt zwischen der mittleren und den äußeren Schenkeln schiefe, die Vergleichslinien durchschneidende Nebenlinien hinzugedacht und in die Vergleichung miteinbezogen würden, so wäre es doch auffallend, daß bei einer so großen Verschiedenheit in den Richtungs- und Dimensionsverhältnissen der Nebenlinien dennoch der Betrag der Täuschung in Figg. 3 und 4 fast genau gleich ist. — So wie hier die an-

¹ *Du Bois-Reymonds Archiv*. 1889. Suppl. S. 264—265, 266.

² *Diese Zeitschrift*. VII. S. 154.

nähernde Gleichheit, muß in Bezug auf die Figg. 5 und 6 die große Verschiedenheit der erhaltenen Zahlen den Anhänger der MÜLLER-LYERSchen Theorie stutzig machen. Es kann doch, wenn diese Theorie richtig ist, nur wenig Unterschied machen, ob man eine durch Nebenlinien von der mittleren Länge $b - a \cos \alpha$ scheinbar verkürzte Linie b mit einer einfachen Linie b' , oder ob man eine einfache Linie b mit einer durch Nebenlinien von der mittleren Länge $b' + a \cos \alpha$ scheinbar verlängerten Linie b' vergleicht; thatsächlich macht es aber einen großen Unterschied. — Schliesslich habe ich, speziell zur Prüfung der MÜLLER-LYERSchen Hypothese, noch einige weitere Versuche angestellt, welche dieselbe ebensowenig bestätigten. Es wurde erstens die Täuschung bei einer normalen BRENTANOSchen Figur (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkel = 10 mm, Schenkelwinkel = 30°) mit derjenigen verglichen, welche auftritt, wenn an die Endpunkte der Schenkel nach oben und unten, in einer zu den Vergleichslinien vertikalen Richtung, Stücke von 20 mm angesetzt werden (Fig. 7). Nach der

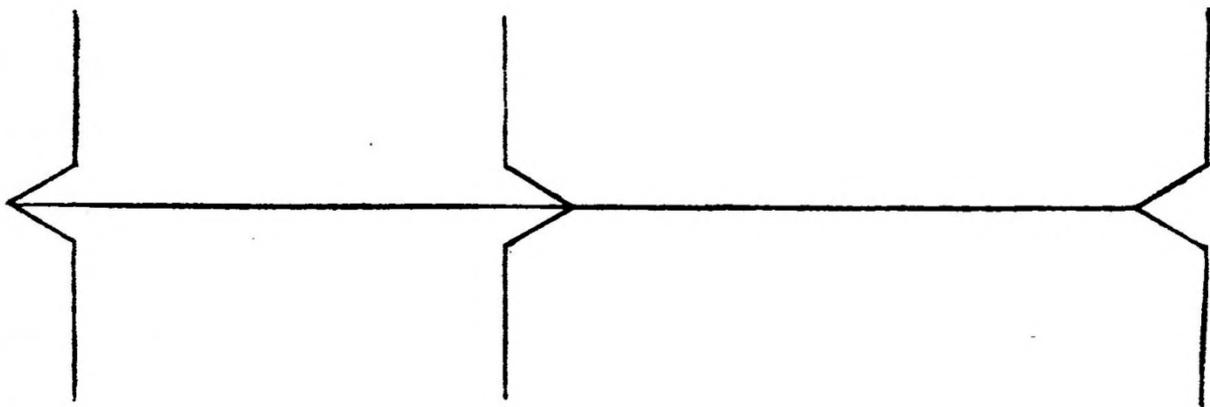


Fig. 7.

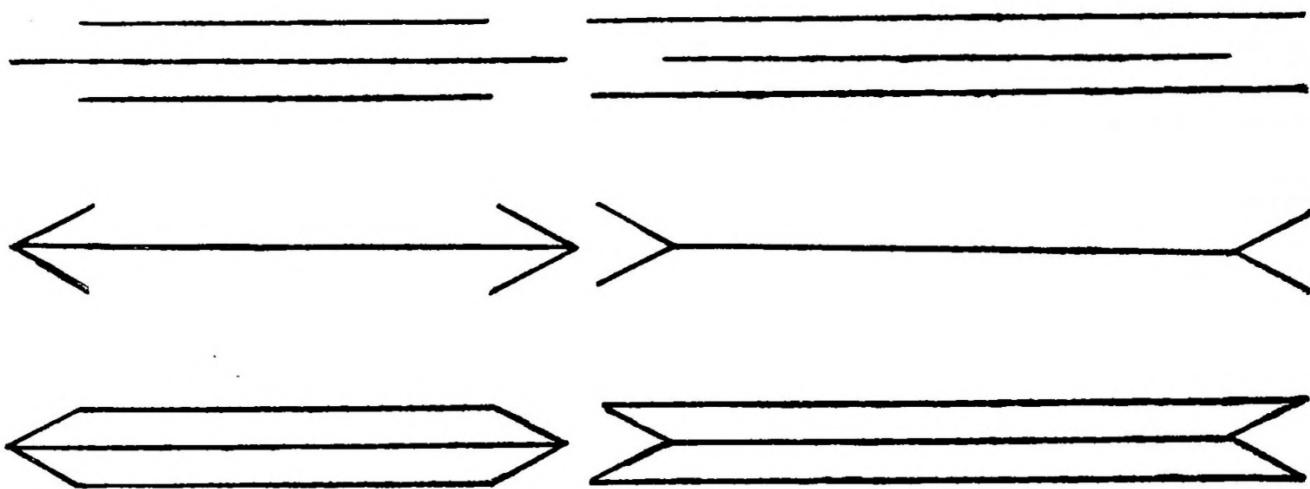
MÜLLER-LYERSchen Hypothese müßte man im zweiten Falle eine Zunahme der Täuschung erwarten, da die mittleren Größen der störenden Nebenlinien links und rechts sich, wie eine leichte Rechnung zeigt, hier wie 1 : 1,52, im ersteren Falle dagegen wie 1 : 1,26 verhalten. Statt dessen lassen aber die Versuche eine merkliche Abnahme der Täuschung erkennen (Tab. XII).

Des weiteren wurde erwogen, daß, wenn die bloß hinzugegedachten Nebenlinien eine Täuschung, wie die vorliegende, zu erzeugen vermögen, dieselbe sich vermutlich in höherem Grade zeigen wird, wenn die Nebenlinien in der Figur wirklich gegeben sind. Ob sich dies wirklich so verhält, wurde an den Figg. 8—10 untersucht. In Fig. 8 sind statt der Schenkel

Tabelle XII (6. Gruppe).

	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahrscheinlicher Fehler derselben in mm
Normale BRENTANOSche Figur..	25	11.6	0.61
Fig. 7.....	25	10.0	0.79

über und unter den Vergleichslinien in 5 mm Entfernung störende Nebenlinien angebracht, welche zu beiden Seiten um 10 mm dieselben überragen, bzw. hinter denselben zurückbleiben. In Fig. 9 sind diese Nebenlinien fortgelassen, dafür



Figg. 8—10.

aber die entsprechenden, die Endpunkte derselben mit denjenigen der Vergleichslinien verbindenden Schenkel gezeichnet, während sich in Fig. 10 sowohl die Schenkel, wie die Nebenlinien finden. Das Ergebnis war folgendes:

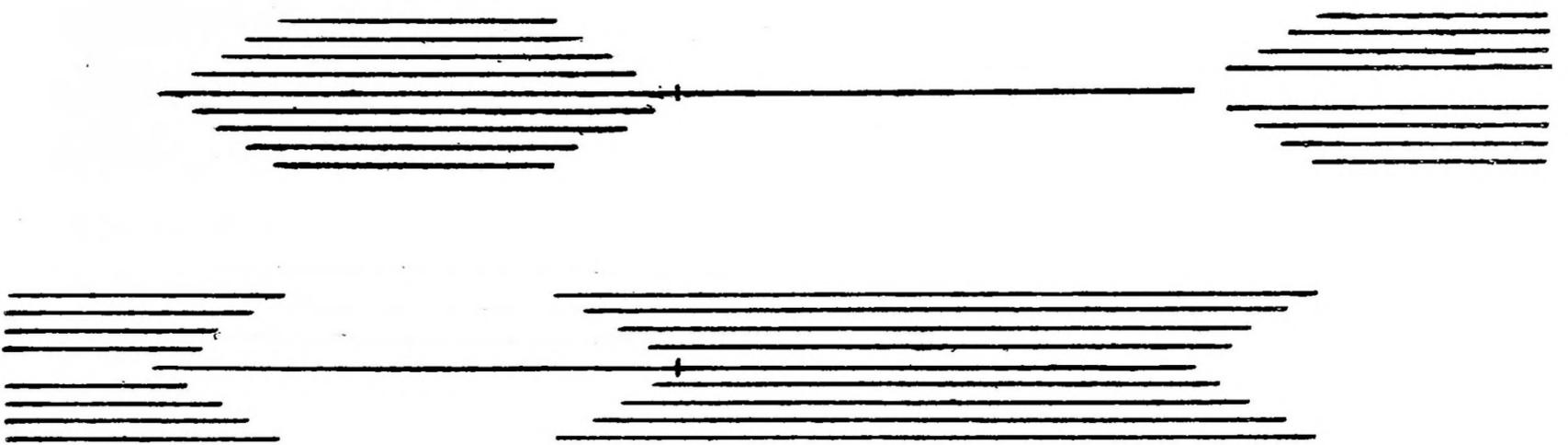
Tabelle XIII (7. Gruppe).

	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahrscheinlicher Fehler derselben in mm
Fig. 8	25	4.4	0.51
Fig. 9	25	10.9	0.74
Fig. 10	25	12.2	0.59

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, vermögen die Nebenlinien ohne Schenkel nur in sehr geringem Maße die Täuschung

hervorzurufen, und nimmt dieselbe auch nur wenig zu, wenn zu den Schenkeln die Nebenlinien hinzugefügt werden.

Ähnliche Resultate ergaben weitere Versuche, bei denen einmal mit einer normalen BRENTANOSchen Figur (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkel = 20 mm, Schenkelwinkel = 30°), sodann mit zwei ähnlichen Figuren experimentiert wurde, bei welchen aber die Schenkel fortgelassen und durch je 4 den nämlichen Raum überspannenden Nebenlinien über und unter den Vergleichslinien ersetzt waren (Figg. 11 und 12):



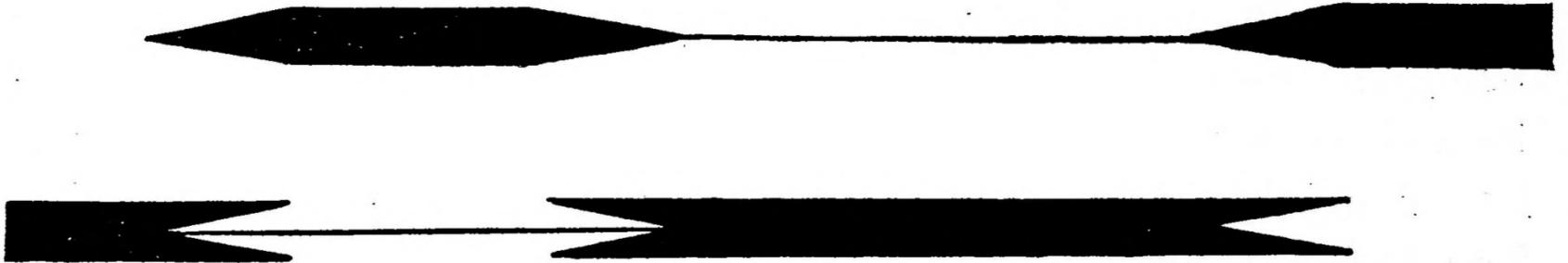
Figg. 11 u. 12.

Tabelle XIV (6. Gruppe).

	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
Normale BRENTANOSche Figur..	25	13.9	0.65
Fig. 11.....	25	7.9	0.58
Fig. 12.....	25	6.2	0.47

Die merkliche Verschiedenheit in den Ergebnissen der Versuche mit Figg. 11 und 12 führte noch zu zwei weiteren Versuchsreihen. Es wurde bei zwei normalen BRENTANOSchen Figuren (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkel = 20 mm, Schenkelwinkel = 10°) der von je einer der Vergleichslinien, den angrenzenden Schenkeln und den entsprechenden äußeren Nebenlinien eingeschlossene Raum ganz schwarz gemacht (Figg. 13 und 14). Von den wesentlichen Teilen dieser beiden Figuren ist also in der einen weiß, was in der anderen schwarz ist, und umgekehrt; im übrigen sind sie ganz gleich. Nach

der vorliegenden Hypothese müßte man erwarten, daß die Täuschung sich bei beiden gleichmäÙsig einstellte, oder selbst daß sie infolge der Irradiation bei Fig. 13 sich in stärkerem Maße zeigte, als bei Fig. 14. Statt dessen ergaben die Versuche, in Übereinstimmung mit den auf Figg. 11 und 12 sich beziehenden, das Umgekehrte:



Figg. 13 u. 14.

Tabelle XV (7. Gruppe).

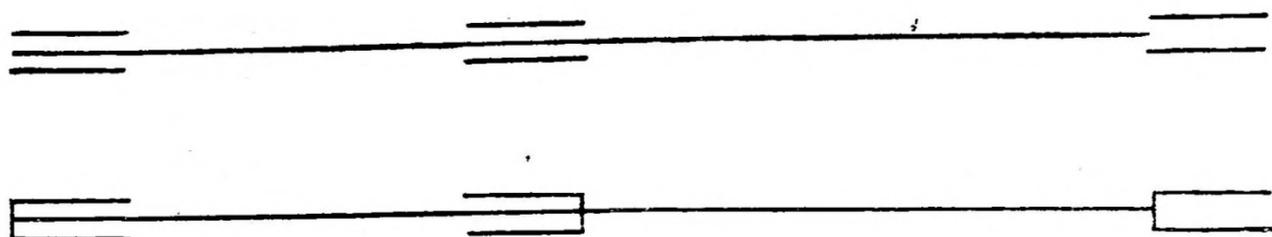
	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
Fig. 13	25	9.1	0.55
Fig. 14	25	12.9	0.50

Auf die Erklärung dieser Resultate komme ich später zurück; jedenfalls scheint aber durch diese und die vorher besprochenen Versuche die Unrichtigkeit der MÜLLER-LYER-AUERBACHSchen Theorie in genügender Weise sichergestellt zu sein.

Chronologisch folgt die Hypothese BRENTANOS, welche die vorliegende Erscheinung auf die Überschätzung spitzer Winkel zurückführen will. Eine große Bedeutung wird diese Hypothese nach der meiner Ansicht nach sehr triftigen Kritik LIPPS'¹ kaum mehr beanspruchen können; jetzt stellen sich ihr aber außerdem noch die beiden oben erörterten Gesetze aufs bestimmteste entgegen. Nach ihr müßte man ja erwarten und hat man erwartet, daß die Täuschung bei der nämlichen Winkelgröße, wie die ZÖLLNERSche, also bei ungefähr 30°, ein Maximum erreiche, dagegen mit der Schenkellänge unbegrenzt zunehme.

¹ Diese Zeitschrift. III. S. 499—500.

Dagegen fanden wir umgekehrt, daß Winkelverkleinerung bei kurzen Schenkeln (wie sie in den ZÖLLNERSchen Figuren vorkommen) nicht, Schenkelvergrößerung aber regelmäßig ein Maximum ergibt. Durch diese Thatsachen scheint die BRENTANO-sche Erklärung endgültig widerlegt zu sein. — Von weiteren mit Rücksicht auf sie angestellten Versuchen erwähne ich nur zwei, welche in der streitigen Frage, ob auch gabelförmige Ansätze eine der BRENTANOSchen analoge Täuschung hervorbringen, eine Entscheidung herbeizuführen versuchten. Bekanntlich wurde diese Frage von BRENTANO¹ verneint, von LIPPS² bejaht; die Versuche gaben letzterem entschieden recht. Zur Prüfung gelangten die Figg. 15 und 16; bei ersterer sind statt der Schenkel sechs 15 mm lange, zu den Vergleichslinien parallele und von denselben 2¹/₂ mm entfernte Striche angebracht; bei letzterer sind aus diesen Strichen durch Hinzufügung kleiner, zu den Vergleichslinien vertikaler Linien gabelförmige Ansätze gemacht. Das Resultat war folgendes:



Figg. 15 u. 16.

Tabelle XVI (11. Gruppe).

	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in mm
Fig. 15	30	7.7	0.71
Fig. 16	30	9.5	0.59

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, ist die Täuschung von dem Auftreten spitzer Winkel an den Endpunkten der Vergleichslinien keineswegs abhängig. Bemerkenswert ist noch die Thatsache, daß die Verbindung der Parallelstriche mit den

¹ Diese Zeitschrift. III. S. 353, 357—358.

² Diese Zeitschrift. III. S. 501—502.

Vergleichslinien, wodurch sich Fig. 16 von Fig. 15 unterscheidet, die Täuschung merklich begünstigt.

Der LIPPSSchen Erklärung, welche auf die assoziierten Vorstellungen einer „frei aus sich heraus oder in die Weite gehenden, von einer Mitte fortstrebenden“ und einer „in sich zurückkehrenden, einer Mitte zustrebenden Bewegung“ das Hauptgewicht legt,¹ ist auf experimentellem Wege schwer beizukommen, da sie nicht, wie die anderen, zu quantitativen Folgerungen eine unmittelbare Handhabe bietet. Dem Cosinusetz entspricht sie wenigstens insofern, als sie eine durchgehende Zunahme der Täuschung bei Verkleinerung des Schenkelwinkels erwarten läßt; das Maximumgesetz zu erklären, scheint aber auch sie nicht im stande zu sein. — Auch die in Tab. XVII zusammengestellten Ergebnisse einiger weiteren Versuche sind ihr nicht günstig. Eine gerade Linie erweckt ohne Zweifel die Vorstellung einer kräftigen Bewegung; eine Zickzacklinie aber kann, wenn überhaupt, nur die Vorstellung einer fortwährend gehemmtten Bewegung erwecken. Wenn wir demnach in einer normalen BRENTANOSchen Figur (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkel = 20 mm, Schenkelwinkel = 30°) die Vergleichslinien durch solche im Zickzack ersetzen (Fig. 17),

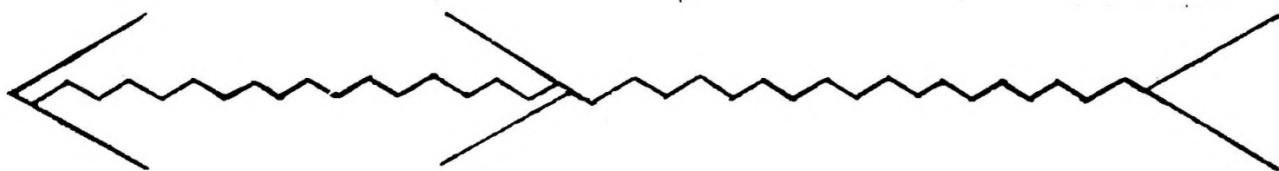


Fig. 17.

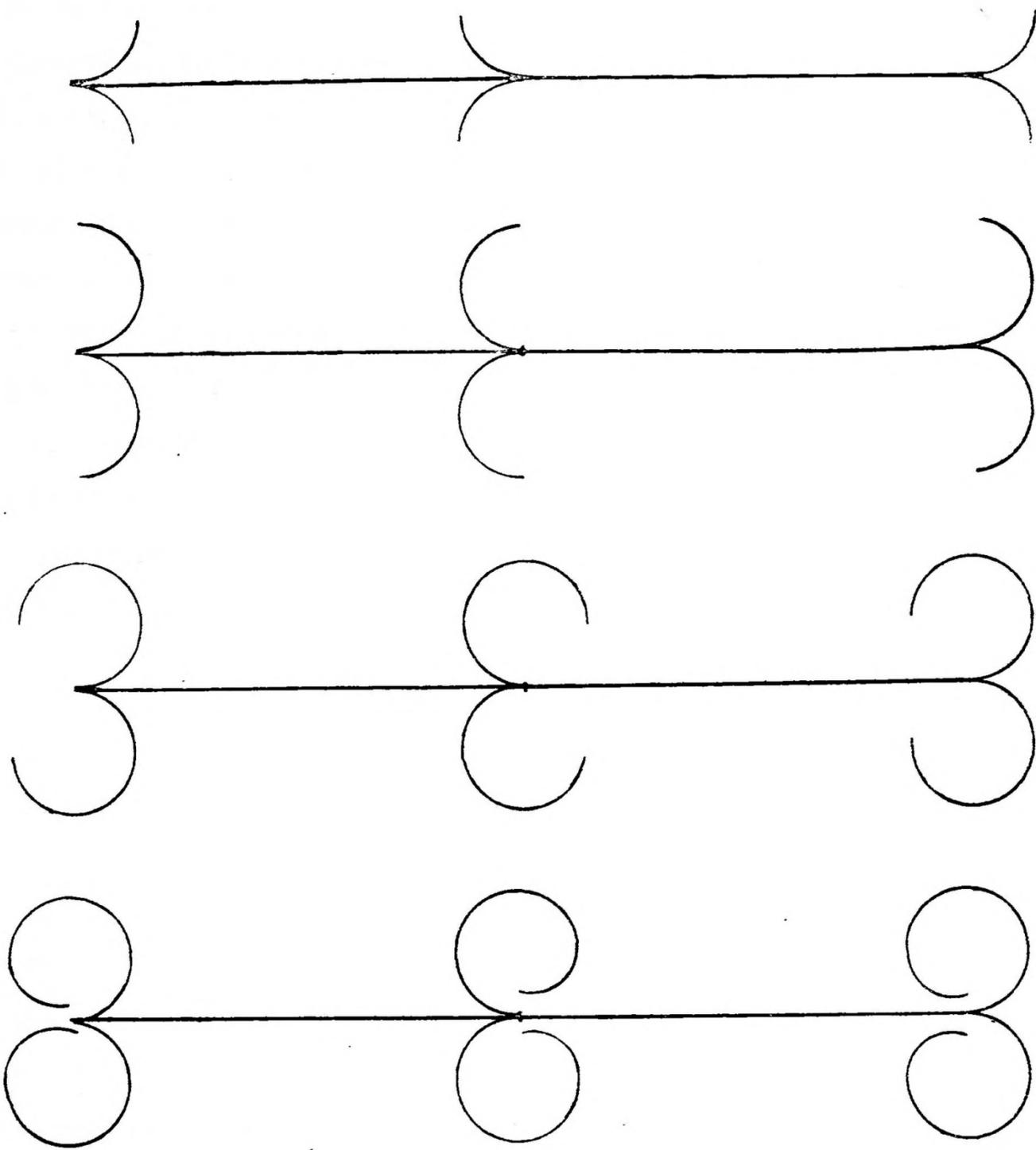
so müßte damit nach der LIPPSSchen Theorie die psychologische Ursache der Täuschung so gut wie aufgehoben sein; statt dessen besteht die Täuschung fast ungeschwächt fort. — Wenn wir zweitens in einer normalen BRENTANOSchen Figur (konstante Vergleichslinie = 75 mm, Schenkel = 10 mm, Schenkelwinkel = 30°) an die Endpunkte der Schenkel Stücke von 25 mm ansetzen, welche mit den Schenkeln Winkel von 150° machen (Fig. 18), so müßte man nach der LIPPSSchen Theorie



Fig. 18.

¹ Diese Zeitschrift. III. S. 350.

erwarten, daß der Eindruck einer gehemmten Bewegung der konstanten, einer freien Bewegung der variablen Vergleichslinie in stärkerem Maße aufträte als sonst; die Versuche ergeben aber wieder das Umgekehrte. — Wenn wir ferner statt der Schenkel Kreisbogen von 90° , 180° , 270° und 360° (bei letzterem ist der Bogen im vierten Quadrant mit einem etwas kleineren Radius beschrieben, so daß statt eines Kreises eine Spirallinie besteht) in die Figur anbringen (Figg. 19—22), so



Figg. 19—22.

verhält sich die Bewegung in jedem Punkte zu derjenigen in den benachbarten Punkten auf völlig gleiche Weise; der nämliche Eindruck einer fortgesetzten Bewegung, welchen die variable Vergleichslinie durch Ansetzung der Kreisbogen von 90° hervorruft, müßte demnach, trotz der allmählichen Richtungsänderung, auch bei den größeren Kreisbogen mindestens erhalten bleiben und bleibt auch, nach der Selbstwahrnehmung

zu urteilen, in der That erhalten. Aber die Erwartung, daß demzufolge auch die Täuschung bei Vergrößerung der Kreisbogen sich ungeschwächt erhalten wird, wird durch das Experiment nicht bestätigt; vielmehr ergibt sich eine schwache Abnahme derselben von 90° bis 180° , eine starke von 180° bis 270° , und abermals eine schwache von 270° bis 360° . Es scheint demnach für die Täuschung nur die Richtung der störenden Linienelemente in Bezug auf die Vergleichslinien, nicht aber, wie nach der LIPPSSchen Theorie zu vermuten wäre, die Vermittlung dieser Richtung durch andere Linienelemente von Bedeutung zu sein. — Am entscheidendsten scheinen mir jedoch die mit Fig. 23 angestellten Versuche gegen die Richtigkeit



Fig. 23.

Tabelle XVII (6. Gruppe).¹

	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahrscheinlicher Fehler derselben in mm
Normale BRENTANOSche Figur (75, 20, 30).....	25	13.9	0.65
Fig. 17.....	25	12.3	0.67
Normale BRENTANOSche Figur (75, 10, 30).....	25	11.6	0.61
Fig. 18.....	25	9.1	0.74
Fig. 19.....	25	11.4	0.76
Fig. 20.....	25	10.1	0.80
Fig. 21.....	25	3.8	0.63
Fig. 22.....	25	2.4	0.52
Normale BRENTANOSche Figur (75, 20, 30).....	25	13.9	0.65
Fig. 23.....	25	14.0	0.72

¹ Die eingeklammerten Zahlen nach den Worten: Normale BRENTANOSche Figur bedeuten die Größe der konstanten Vergleichslinie, der Schenkel und der Schenkelwinkel in Millimetern und Graden.

der LIPPSSchen Erklärung zu sprechen. Diese Figur ist aus einer normalen BRENTANOSchen in der Weise entstanden, daß die Schenkel supprimiert und durch Strahlenbündel ersetzt werden, welche in Bezug auf die konstante Vergleichslinie nach außen, in Bezug auf die variable nach innen gerichtet sind, und deren Endpunkte genau die Lage der früheren Schenkel bezeichnen. Wenn irgendwo, so wird hier bei Beobachtung der konstanten Vergleichslinie die Vorstellung einer von der Mitte fortstrebenden, bei Beobachtung der variablen Vergleichslinie die Vorstellung einer der Mitte zustrebenden Bewegung hervorgerufen; nach der LIPPSSchen Theorie müßte ohne Frage eine Unterschätzung der letzteren in Bezug auf die erstere eintreten. In der That habe ich die Versuchsreihe vorbereitet in der zuversichtlichen Erwartung, durch dieselbe die mir sehr ansprechende LIPPSSche Theorie bestätigt zu finden; zu meiner großen Verwunderung aber kam wieder gerade das Umgekehrte, statt der Unterschätzung eine ebenso starke Überschätzung wie bei der normalen BRENTANOSchen Figur heraus.

Von weiteren Erklärungsversuchen scheinen mir nur diejenigen DELBOEUFs und WUNDTs, diese aber in ganz besonderem Maße, eine ausführlichere Besprechung zu verdienen. Beiden ist der Grundgedanke gemeinsam, daß unwillkürliche, erzwungene Augenbewegungen die vorliegende Täuschung zu stande bringen. Von der Richtigkeit dieses Grundgedankens wurde ich durch eine zufällige, für mich aber vollkommen evidente Selbstbeobachtung überzeugt.

Ich hatte den größten Teil meiner Ergebnisse bereits gesammelt und stand denselben noch immer vollkommen ratlos gegenüber, als sich diese Beobachtung, ungesucht und unerwartet, an mich aufdrang. Ich war gewohnt, die BRENTANOSchen Figuren in solcher Lage zu betrachten, daß sich (wie in Fig. 2) die konstante, mit einwärts gekehrten Schenkeln versehene Vergleichslinie zur linken, die variable, mit auswärts gekehrten Schenkeln versehene zur rechten Seite befand. Als ich nun einmal zufällig eine solche Figur umgekehrt, also mit der konstanten Vergleichslinie rechts, ins Auge faßte, bemerkte ich erstens, daß die Täuschung, welche bei mir infolge vielfacher Übung bereits auf einen sehr geringen Betrag herabgesunken war, sich in einer auffallenden, wahrscheinlich die

ursprüngliche weit hinter sich lassenden Intensität wieder einstellte. Zugleich aber empfand ich, während ich die Augen über die Figur hin- und herbewegte, einen überraschend starken, ich möchte fast sagen, physischen Zwang, die Schenkellinien, besonders die mittleren, mit dem Blicke zu verfolgen. Das gleichzeitige Auftreten dieser beiden Erscheinungen in so aufsergewöhnlicher Stärke kann kaum ein Produkt des Zufalls sein; um vieles wahrscheinlicher ist die Annahme, dafs der durch die ungewohnte Lage der Schenkel verstärkte Zwang zur Augenbewegung die Ursache der Täuschungsverstärkung war. Dann aber liegt der Schluss auf der Hand, dafs jener Zwang, welcher bei Betrachtung der BRENTANOSCHEN Figuren niemals fehlt, wenn er sich auch nur selten so deutlich fühlbar macht, als die allgemeine Ursache der vorliegenden Täuschung anzusehen sei.

Insofern hätten also WUNDT und DELBOEUF wahrscheinlich recht. Nun kommt aber die grofse Frage: in welcher Weise, kraft welcher psychologischen Gesetze bringt der durch das Gegebensein der Schenkel bedingte Zwang zur Augenbewegung die BRENTANOSCHE Täuschung zu stande?

In diesem Punkte lassen es die erwähnten Autoren, wie ich glaube, an der erwünschten Klarheit und Ausführlichkeit fehlen. WUNDT sagt nichts weiter, als dafs sich solche Täuschungen wie die vorliegende regelmäfsig einstellen, „wenn die Art der Begrenzung einer Linie entweder zur Fortsetzung der sie verfolgenden Bewegung oder aber zum plötzlichen Stillstand oder zur Umkehrung dieser Bewegung veranlafst“.¹ Und DELBOEUF bemerkt ebenso kurz: „(que l'illusion) est due à l'attraction que les figures . . . disposées aux extrémités des distances à mesurer, exercent sur l'œil“.² Damit ist allerdings die Ursache angegeben, aber noch keineswegs die Art ihres Wirkens erklärt.

Man könnte zunächst versucht sein, sich die Sache einfach so zu denken, dafs, je nach der Richtung der Schenkel, ein Teil der zum Verfolgen derselben verwendeten Augenbewegung der für die Abmessung der Vergleichslinien nötigen Bewegung beigezählt oder davon in Abzug gebracht würde. Allein diese

¹ *Physiol. Psychol.* II. 4. S. 149.

² *Rev. Scientif.* LI. S. 240.

Ansicht ist zu verwerfen, weil sie zwar dem Cosinusetze, auf keinen Fall aber dem Maximumsetze gerecht zu werden vermag. Wäre sie richtig, so könnte offenbar die Täuschung bei Verlängerung der Schenkel nur zunehmen oder stationär bleiben; eine rückgängige Bewegung derselben wäre undenkbar. Wir müssen uns demnach nach einer anderen Erklärung umsehen.

Ich halte es für wahrscheinlich, daß dieselbe in den bekannten Thatsachen des Bewegungskontrastes zu suchen sei. Und zwar hauptsächlich aus folgendem Grunde: weil für diese, und soweit ich sehe nur für diese Auffassung, das Gegebensein zweier Ursachen, deren eine die Täuschung hervorbringt, während die andere ihr entgegenwirkt, und aus deren Zusammenwirken also das Auftreten eines Maximums prinzipiell zu erklären wäre, sich nachweisen läßt. Wir wollen zuerst eine allgemeine Vorstellung von diesen Ursachen zu gewinnen versuchen.

Wenn man zur Abmessung der zu vergleichenden Entfernungen den Blick über eine BRENTANOSche Figur, den Vergleichslinien entlang, hin- und herbewegt, so gelangen jedesmal, wenn sich das Auge auf einen der drei (bezw. vier) Endpunkte richtet, die zugehörigen Schenkel zur deutlichen Wahrnehmung. Diese Wahrnehmung erweckt aber notwendig die Vorstellung einer von dem Berührungspunkte der Schenkel mit der Vergleichslinie ausgehenden, auf das freie Ende der ersteren hing gerichteten Augenbewegung (eine Vorstellung, welche, wie alle Bewegungsvorstellungen, die Tendenz hat, eine entsprechende wirkliche Bewegung zu erzeugen). Die eine rechtwinkelige Komponente jener vorgestellten Bewegung ist nun mit der unmittelbar nachfolgenden Blickbewegung gleichgerichtet, wenn diese zur Abmessung der Linie mit einwärts gekehrten Schenkeln, — dagegen derselben entgegengesetzt, wenn sie zur Abmessung der Linie mit auswärts gekehrten Schenkeln übergeht. Dementsprechend muß sie das Maß der nachfolgenden Blickbewegung in jenem Fall kleiner, in diesem größer erscheinen lassen als sonst geschehen würde; in gleicher Weise wie ein vorhergehendes Rot ein nachfolgendes Rot weniger gesättigt, ein nachfolgendes Grün aber gesättigter erscheinen läßt, oder wie ein vorhergehendes Lustgefühl die

nachfolgende Lust schwächt, die nachfolgende Unlust aber verstärkt. Indem nun vor jeder Abmessung einer der beiden Vergleichslinien dieser Einfluß sich geltend macht, muß notwendig einerseits eine Unterschätzung, andererseits eine Überschätzung, also als Gesamtergebnis die bekannte Täuschung, eintreten.

Diese Wirkung muß sich aber mit einer anderen, ihr entgegengesetzten, komplizieren. Wir haben bis jetzt nur den Einfluß derjenigen Schenkel in Betracht gezogen, welche am Anfang der zur Abmessung einer Vergleichslinie erfordernten Blickbewegung zur deutlichen Wahrnehmung gelangen; dagegen die anderen, welche am Endpunkte der eben abzumessenden Linie liegen, unbeachtet gelassen. Allein mit Unrecht: denn diese Schenkel, welche während der abmessenden Verfolgung der betreffenden Linie stets deutlicher wahrgenommen werden, müssen in entsprechender Weise, ebensowohl wie die anderen, die scheinbare Größe der Blickbewegung beeinflussen. Nennen wir diese anderen die Anfangs-, jene ersteren die Endschenkel (wobei nicht zu vergessen ist, daß beim Hin- und Hergehen des Blickes jedes Schenkelpaar abwechselnd in der einen und in der anderen Rolle auftritt), so ist ohne weiteres klar, daß die Wirkung der Endschenkel regelmäßig derjenigen der Anfangsschenkel entgegengesetzt sein muß; denn wo diese der Abmessungsbewegung gleichgerichtet sind und eine Unterschätzung derselben erzeugen, sind jene dieser Bewegung entgegengerichtet und bringen eine Überschätzung derselben zu stande; und ebenso umgekehrt. Jedesmal, wenn man den Blick an einer der Vergleichslinien entlang gleiten läßt, ist demnach ein Konflikt zweier Ursachen gegeben; je nachdem eine oder die andere Ursache, mehr oder weniger, überwiegt, wird als Gesamtergebnis eine Unterschätzung oder eine Überschätzung, in mehr oder weniger merklicher Weise, zu stande kommen. Es fragt sich, ob die erhaltenen Versuchsergebnisse, was Richtung und Maß der Täuschung betrifft, dieser Vorstellung entsprechen.

Fassen wir zuerst die täuschungerzeugenden Ursachen, also die Anfangsschenkel, für sich ins Auge. Die Wirkung derselben läßt sich offenbar realiter nicht von derjenigen der Endschenkel trennen, da jeder Anfangsschenkel durch Umkehrung der Blickbewegung zum Endschenkel wird; dies hindert

uns jedoch nicht, die Frage aufzuwerfen, welcher Teil der totalen Wirkung sich aus dieser Ursache ableiten lasse. Es liegt nahe, diese Frage dahin zu beantworten, daß das Cosinusetz und die anfängliche Zunahme der Täuschung mit der Schenkellänge auf die Rechnung der Anfangsschenkel zu setzen sind; denn insofern diese Gesetze gelten, entspricht die Täuschung nach Richtung und Gröfse vollständig der mit der abmessenden Blickbewegung gleich oder ihr entgegengesetzt gerichteten rechtwinkligen Komponente der durch die Schenkel verursachten Zwangsbewegung. Die realiter niemals gegebene, aber durch Abstraktion vorstellbare ausschließliche Wirksamkeit der Anfangsschenkel dürfte demnach mit jenem früher besprochenen idealen Falle, für welchen das Cosinusetz genau gelten würde (S. 232), identisch sein.

Diese höchst einfache und durchsichtige, in den Versuchen mit kurzen Schenkeln annähernd rein gegebene Wirkung wird nun durch die Gegenwirkung der Endschenkel kompliziert; und es fragt sich, ob die Abweichungen vom Cosinusetze und vom Gesetze der Zunahme der Täuschung mit der Schenkellänge, wie sie sich aus unseren Versuchen ergeben haben, aus jener Gegenwirkung vollständig erklärt werden können. Diese Abweichungen bestanden aber darin, daß bei Schenkelverlängerung über einen bestimmten Punkt hinaus die Täuschung (und zwar speziell der von den auswärts gekehrten Schenkeln abhängige Teil derselben) statt der Zunahme eine regelmäßige Abnahme zeigte, ohne jedoch den Nullwert zu erreichen oder gar in die entgegengesetzte Täuschung umzuschlagen. Sie würden nach der oben dargelegten Hypothese erklärt sein, wenn sich nachweisen ließe, daß bei geringer Schenkellänge der Einfluß der Anfangsschenkel denjenigen der Endschenkel stark überwiegen muß; daß aber bei Verlängerung der Schenkel dieses Übergewicht (besonders in Betreff der auswärts gekehrten Schenkel) stets geringer werden, und das Verhältnis zwischen den konfligierenden Ursachen sich der Gleichheit nähern muß, ohne dieselbe jemals zu erreichen. Dieser Nachweis läßt sich nun in der That folgenderweise führen. Ist man im Begriff, die mit auswärts gekehrten Schenkeln versehene Vergleichslinie mit dem Blicke abzumessen, so werden in diesem Momente die betreffenden Anfangsschenkel, wenn sie kurz sind, direkt, die entsprechenden Endschenkel indirekt, jene also sehr deutlich, diese

sehr undeutlich gesehen. Allerdings kehrt sich dieses Verhältnis während der Blickbewegung um; indem aber die Anfangschenkel während der ersten, die Endschenkel während der zweiten Hälfte der Blickbewegung am deutlichsten wahrgenommen werden, können jene ihre Wirkung während der ganzen Bewegung ausüben, wogegen diese zur größten Wirksamkeit erst gelangen, wenn die Bewegung eben zu Ende ist. Das Übergewicht der täuschungerzeugenden über die täuschungshemmenden Umstände ist also vollkommen erklärlich. — Werden nun die Schenkel verlängert, so nimmt allerdings die mittlere Entfernung vom Blickpunkt des Auges beim Anfang der Blickbewegung, sowohl für die End- wie für die Anfangsschenkel, zu, die Deutlichkeit, womit beide wahrgenommen werden, also ab; jedoch diese Zu- bzw. Abnahme ist für die Anfangsschenkel relativ bedeutender als für die Endschenkel. Beispielsweise betragen die Entfernungen zwischen dem Blickpunkt des Auges beim Anfang der Blickbewegung und den Mittelpunkten der Anfangs- und Endschenkel bei Schenkelwinkeln von 30° und Schenkeln von 10, 30 und 60 mm, bzw. 5 und 79.3, 15 und 88.4, 30 und 102.1 mm; sie verhalten sich also wie 1:15.86, wie 1:5.89 und wie 1:3.40. In entsprechender Weise, wie die mittleren Entfernungen vom Blickpunkt des Auges, müssen auch die Deutlichkeitsgrade, womit Anfangs- und Endschenkel wahrgenommen werden, sich stets näher kommen; in der That lehrt der Versuch, daß es bei kurzen Schenkeln sehr leicht, bei längeren ziemlich schwer ist, die an dem eben fixierten Endpunkte einer Vergleichslinie anstoßenden, auswärts gekehrten Schenkel zur deutlichen Wahrnehmung zu bringen, ohne gleichzeitig die gegenüberliegenden mit wahrzunehmen. Wenn dem aber so ist, so muß auch das Übergewicht der täuschungerzeugenden über die täuschungshemmenden Umstände, welches eben auf der größeren Deutlichkeit, womit die Anfangsschenkel während der ersten Momente der Blickbewegung wahrgenommen werden, beruht, bei Verlängerung der Schenkel sich allmählich verringern; und die Täuschung muß abnehmen, ohne jedoch, solange das Verhältnis zwischen Vergleichslinie und Schenkeln ein endliches bleibt, jemals ganz zu verschwinden. Die Ergebnisse dieser Deduktion werden durch unsere Versuchsergebnisse vollkommen bestätigt.

Nun scheint allerdings diese ganze Argumentation mit

geringer Veränderung auch für Vergleichslinien mit einwärts gekehrten Schenkeln zu gelten; und es fragt sich, warum unsere Versuche für diese kein merkliches Maximum ergeben haben. Ich vermute, daß der Grund in folgendem Umstande zu suchen sei. Wenn wir eine Linie mit auswärts gekehrten Schenkeln abzumessen anfangen, so sind uns von allen Punkten der Endschenkel die Berührungspunkte mit der Vergleichslinie am deutlichsten gegeben; diese Endschenkel suggerieren uns demnach notwendig eine von jenen Berührungspunkten aus auf die Endpunkte hing gerichtete, also täuschungshemmende Bewegung. Wenn wir dagegen eine Linie mit einwärts gekehrten Schenkeln abzumessen anfangen, so liegen die Endpunkte der Endschenkel dem Fixationspunkte näher, als ihre Berührungspunkte mit der Vergleichslinie; je länger die Schenkel sind, um so größer wird demnach die Gefahr, daß sie statt der Vorstellung einer der Blickbewegung entgegengesetzten diejenige einer derselben gleichgerichteten Bewegung erwecken und so die Täuschung verstärken, statt derselben entgegenzuwirken. Es braucht keine Verwunderung zu erregen, daß unter diesen Umständen die täuschungshemmende Kraft der Endschenkel in den Versuchsergebnissen nicht zum Ausdruck gelangt.

Die aufgestellte Theorie scheint also die bekannten That-sachen in befriedigender Weise erklären zu können. Auch eine letzte, besonders zur Prüfung derselben geplante Versuchsreihe ergab ein ihr günstiges Resultat. Es wurde nämlich erwogen, daß, wenn in der That das Auftreten des Maximums von der Möglichkeit, Anfangs- und Endschenkel getrennt deutlich wahrzunehmen, abhängt, eine Verkürzung des Abstandes zwischen den Schenkeln notwendig den Einfluß der Endschenkel verstärken und die Erscheinung des Maximums beschleunigen —, eine Vergrößerung dieses Abstandes umgekehrt die Erscheinung des Maximums verzögern muß. Dementsprechend wurde versucht, für drei verschiedene Entfernungen zwischen Anfangs- und Endschenkeln die Lage des Maximums zu bestimmen; zu welchem Zwecke mit 15 BRENTANOSCHEN Figuren, bei denen die Länge der konstanten Vergleichslinie 50,75 und 100 mm betrug, experimentiert wurde. Die Schenkelwinkel waren konstant = 30° ; die Schenkellänge wechselte zwischen 10 und 50, bzw. 20 und 60 mm. Mittelst einer einfachen

Vorrichtung wurde dafür gesorgt, daß jede Versuchsperson sämtliche dieser Gruppe angehörigen Figuren aus der gleichen, übrigens von ihr selbst zu bestimmenden Entfernung betrachtete. Es ergaben sich folgende Zahlen:

Tabelle XVIII (13. Gruppe).

Konstante Vergleichslinie in mm	Schenkellänge in mm	Anzahl der Beobachtungen	Mittlere Täuschung in mm	Wahrscheinlicher Fehler derselben in mm
50	10	25	8.3	0.60
50	20	25	11.4	0.66
50	30	25	9.6	0.67
50	40	25	9.2	0.67
50	50	25	7.1	0.69
75	20	25	15.6	0.78
75	30	25	16.4	0.90
75	40	25	17.9	1.09
75	50	25	15.0	0.83
75	60	25	13.5	0.95
100	20	25	17.9	1.12
100	30	25	23.3	1.16
100	40	25	21.9	1.16
100	50	25	21.7	1.24
100	60	25	23.8	1.46

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, zeigt sich, wenn die Länge der konstanten Vergleichslinie 50 mm beträgt, ein sehr deutlich ausgesprochenes Maximum bei einer Schenkellänge von 20 mm; steigt jene auf 75 mm, so läßt sich ein Maximum bei 40 mm Schenkellänge feststellen; und wird die konstante Vergleichslinie bis auf 100 mm verlängert, so liegt die größte Täuschung bei 60 mm Schenkellänge, während die Versuchsergebnisse über die Frage, ob wir es hier mit einem wirklichen Maximum zu thun haben, keine sichere Entscheidung gestatten. Ungefähr diese Resultate ließen sich nach der Theorie erwarten.

Auch die früher mitgeteilten, auf modifizierte BRENTANOSCHE Figuren sich beziehenden Versuchsergebnisse scheinen mit der vorgetragenen Theorie in genügender Weise zu stimmen.

Wo der Täuschungsbetrag demjenigen bei den entsprechenden normalen Figuren annähernd gleich ist, haben auch die täuschungerzeugenden Umstände entweder keine Veränderung erlitten (Fig. 17), oder aber ihre geringere Kraft wird durch ihre grössere Anzahl kompensiert (Fig. 23). Wo der Täuschungsbetrag kleiner ist, als derjenige bei den entsprechenden normalen Figuren, ist dies entweder dem Umstande zuzuschreiben, daß neben der täuschungerzeugenden eine indifferente Bewegungsvorstellung suggeriert wird (Fig. 7); oder die täuschungerzeugende Bewegungsvorstellung wird statt durch eine Linie nur durch einzelne Punkte, also in geringerer Intensität, erregt (Figg. 8, 11, 12); oder endlich, es sind Verhältnisse gegeben, welche denjenigen, die bei normalen Figuren das Auftreten des Maximums bedingen, analog sind (Fig. 18). Wo endlich die mit modifizierten Figuren erhaltenen Zahlen erheblich unter sich differieren, läßt sich entweder nachweisen, daß der stärkeren Täuschung Umstände entsprechen, welche die Aufmerksamkeit in höherem Maße den täuschungerzeugenden Linien zuwenden (Figg. 11—12, 13—14, 15—16); oder die schwächere Täuschung ist durch Hinzufügung neuer Teile bedingt, welche indifferente oder gar täuschungshemmende Bewegungsvorstellungen erregen (Fig. 19—22). Doch will ich hiermit nur angedeutet haben, daß die betreffenden Versuchsergebnisse mit der Theorie vereinbar sind, nicht daß sie dieselbe direkt bestätigen. Denn fast jede Modifikation der BRENTANOSCHEN Figuren bringt in den Umständen, welche nach dieser Theorie die Täuschung beeinflussen, eine so vielfache Verschiebung zuwege, daß das Gesamtergebnis sich in den meisten Fällen schwerlich im voraus bestimmen läßt.

Als weitere Vorzüge dieser Theorie nenne ich noch die feststehende Realität der Ursachen, mit welchen sie operiert, und die Möglichkeit, aus ihr auch andere Täuschungen, vor allem die ZÖLLNERSCHE und im allgemeinen die Überschätzung spitzer Winkel, prinzipiell zu erklären. Über den ersten Punkt brauche ich keine Worte zu verlieren; wenn irgend eine, so darf gewiß die alle psychischen Erscheinungen umspannende Thatsache der Kontrastwirkung als eine *vera causa* gelten. Und was den zweiten Punkt betrifft, so muß die nämliche Ursache, welche bei auswärts gekehrten Schenkeln die nachfolgende Blickbewegung überschätzen läßt, auch bei Verfolgung

der geraden Linien einer ZÖLLNERSchen Figur den Schein erzeugen, als ob eine, derjenigen der schrägen Linien entgegengesetzte, seitliche Bewegung stattfände (vgl. HELMHOLTZ, *Physiol. Optik*, 2. Aufl., S. 714). Doch läßt sich in dieser Sache ohne eingehende Experimente nichts entscheiden.

Wenn ich nach alledem nicht umhin kann, der hier gebotenen Erklärung des BRENTANOSchen Phänomens eine erhebliche Wahrscheinlichkeit zuzuerkennen, so veröffentliche ich sie doch keineswegs mit dem nämlichen Gefühle subjektiver Gewißheit, welches sich in den Darstellungen mancher Vorgänger ausspricht. Was dieser Erklärung zur strengen Beweisbarkeit fehlt, ist hauptsächlich die durch das Hin- und Hergehen der Blickbewegung ausgeschlossene Möglichkeit, die Wirkung der Anfangs- und Endschenkel gesondert dem Experimente zugänglich zu machen. Übrigens könnte auch durch genauere Feststellung der quantitativen Verhältnisse die Sache der Entscheidung näher gebracht werden; dazu wäre aber ein weit ausgedehnteres Versuchspersonal erforderlich, als mir zu Gebote steht. Sollte vielleicht ein Fachgenosse Gelegenheit und Lust haben, das hier gebotene Beobachtungsmaterial in dieser Richtung zu ergänzen, so bin ich gern bereit, demselben meine Apparate zeitweise zur Verfügung zu stellen.
