Ueber geometrisch-optische Täuschungen.

Von

Armand Thiéry.

(Schluss.)

Mit 42 Figuren im Text.

---

§ 3. Täuschungen an ungleichen Figuren, welche von parallelen Transversalen geschnitten werden. (Müller-Lyer'sche Figuren.)

Wir bemerken an Fig. 34 (Bd. XI, S. 617), dass die in § 2 verglichenen geraden Linien als Basen eines Trapezes betrachtet werden können, durch dessen convergente Linien die beiden anderen Seiten gebildet werden; ebenso bilden die Stäbchen unseres Modells (Fig. 31, ebend. S. 608) die Basen eines Trapezes. In einem und demselben Trapez erscheint nun eine auf der kürzeren Basis gemessene Strecke größer, als die gleich große Strecke auf der längeren Basis. Dieser Einfluss der convergenten Linien in einem und demselben Trapez ist demjenigen Einflusse analog, den wir bei zwei identischen Trapezen festgestellt haben. Bei diesen ließen die convergirenden Linien eines Trapezes die andere Figur, nach welcher sie convergirten, größer erscheinen. (Vgl. Fig. 29 S. 605.) Obgleich aber diese beiden Einflüsse analog sind, lassen sie sich doch als zwei verschiedene Täuschungsursachen unterscheiden. Jede dieser Ursachen kann nämlich für sich allein wirken, und beide können entweder in derselben oder in entgegengesetzter Richtung wirken.

Bei unseren Experimenten mit zwei gleichen Trapezen haben wir schon die eine Ursache isolirt; denn dabei wurden die größeren oder die kleineren Basen der Trapeze mit einander verglichen. Die einzige Täuschungsursache war der Einfluss der convergirenden Linien des einen Trapezes auf das andere. Es bleiben daher noch folgende Fälle zu untersuchen übrig: 1) Beide Täuschungsursachen wirken in derselben Richtung; 2) sie wirken in entgegengesetzter Richtung; 3) es wird diejenige Täuschungsursache für sich allein untersucht, durch welche eine auf der kleineren Basis eines Trapezes gemessene Strecke größer erscheint, als die gleiche auf der größeren Basis.

1) Beide Täuschungsursachen wirken in einer und derselben Richtung. Man erinnert sich der vier Transversalen in der Zöllner'schen Figur, vermittels deren wir die gleichen Trapeze gebildet haben (Fig. 28, S. 605). Das von dieser Täuschung Gesagte wird auch dann noch Anwendung finden, wenn wir die vier Transversalen AC, BD, ac, bd in der Weise construiren, dass $AB = cd$ ist (Fig. 35). Obwohl diese beiden Größen gleich sind, erscheint dem Auge AB größer als cd.

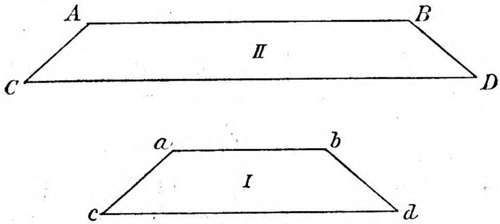

Fig. 35.

Die Größe dieser Täuschung bestimmten wir wie zuvor. Beide Trapeze waren 4 cm hoch, dasjenige, nach welchem die nicht parallelen Seiten convergirten, war das größere, seine Basen waren constant und glichen 30 resp. 20 cm. Die Vergleichung der Basis von 20 cm mit der größeren Basis des anderen Trapezes ergab:

Tabelle XXXVIII.

	90°		135°	
Beobachter A	231,3	4,1	209,7	2,5
- B	232,5	2,7	211,5	3,2
- H	233,9	0,9	217,7	2,9

Diese Zahlen sind bedeutend größer als diejenigen bei den gleichen Trapezen (Fig. 29, S. 605), was wohl anzeigt, dass hier noch eine weitere Täuschungsursache hinzugekommen ist. Wie bei den gleichen Trapezen erscheint auch hier eine auf dem größeren Trapez gemessene Strecke größer als eine gleiche auf dem kleineren Trapez gemessene, weil letzteres in der Richtung liegt, nach welcher die nicht parallelen Seiten des ersteren convergiren. AB erscheint also größer als cd. Ueberdies wird aber die kleine Basis des größeren Trapezes durch dieselbe Strecke $AB = cd$ gebildet. Nun haben wir gesehen, dass die kleinere Basis eines Trapezes größer und die größere kleiner erscheint, als sie wirklich ist; daher erscheint wiederum AB größer als cd, d. h. beide Täuschungsursachen unterstützen sich gegenseitig.

Bei gleichen Trapezen bewirkten die convergenten Linien, dass jenes Trapez, nach welchem hin dieselben convergirten, entfernter schien als das andere. Außer diesem Einfluss üben die convergenten Linien noch einen weiteren auf die Lage der einen Basis im Vergleiche zur zweiten Basis eines und desselben Trapezes aus, den wir bereits untersucht haben. An demselben Trapez erscheint die kleinere Basis durch eine Vorstellungsassociation entfernter und daher größer als eine gleich groß gemessene Strecke auf der längeren Basis. Bei zwei gleichen Trapezen vergleicht man die beiden gleichen Basen der Trapeze unter sich, die größere mit der größeren, die kleinere mit der kleineren (Fig. 29). Der Einfluss der convergenten Linien bleibt dann bei beiden Vergleichungen derselbe, und die entfernter gesehene Linie muss auch hier wieder größer erscheinen. Bei ungleichen Trapezen jedoch vergleichen wir umgekehrt die kleinere Basis des einen mit der größeren des andern. Hier ist der Einfluss der convergenten Linien auf jede der verglichenen Linien AB und cd ein ganz verschiedenartiger. Bei dem Trapez I (Fig. 35) rufen die convergenten Linien ac und bd die Association hervor, als ob cd dem Beobachter näher liege als ab; und ebenso rufen bei dem Trapez II die convergenten Linien AC und BD die Association hervor, als ob AB dem Beobachter ferner wäre als CD. In Folge dessen muss also AB erheblich größer erscheinen als cd.

2. Beide Täuschungsursachen wirken in entgegengesetzter Richtung. Die vier Trapeze $ABCD$, $EFGH$, $abcd$ und $efgh$ (Fig. 36) werden, wie die Figur zeigt, combinirt; anstatt jedoch die Basen AD und ad, FG und fg zu ziehen, construiren

wir zwischen je zwei Trapezen Rechtecke. Auf diese Weise sind die Längen BC und bc, EH und eh der zu vergleichenden Basen durch ein die Mitte der Figur einnehmendes Rechteck gegeben, was die Genauigkeit der vorzunehmenden Messungen erleichtert. Das Rechteck II hatte eine constante Länge von 20 cm. Wie früher bezeichnen wir auch hier durch 0° die durch die Figur dargestellte Lage und in Graden die Umdrehung der Zeichnung in ihrer Ebene.

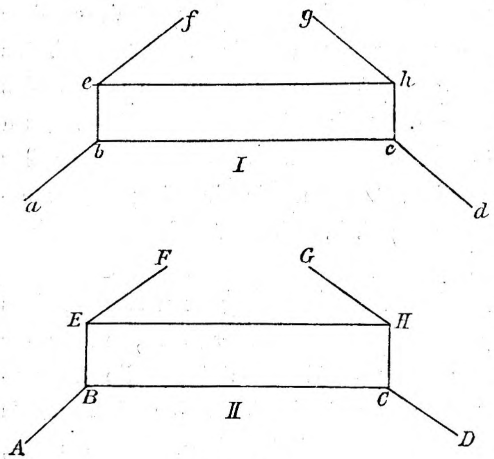

Fig. 36.

Tabelle XXXIX.

Beobachter A.

0°		90°		180°	
193,3	0,7	198,5	1,0	195,0	0,5

Hieraus ersieht man, dass die Täuschung dieselbe ist, wie bei gleichen Trapezen. Figur I, nach welcher sich die convergenten Linien richten, erscheint größer.

Nunmehr ließen wir die convergenten Linien EF, GH, ab und cd weg und erhielten hierdurch die Figur 37. Die daran vorgenommenen Messungen ergaben folgende Zahlen:

Tabelle XL.

	0°		90°		180°	
Beobachter S	208,1	2,0	200,7	0,7	189,8	1,6
- A	204,3	1,1	200,6	1,0	196,6	1,0

Hieraus ersieht man, dass 1) bei 180° die Figur I, nach der die Seiten convergiren, größer als Figur II, und 2) bei 0° und 90° umgekehrt die Figur I kleiner erscheint als die Figur II. Bei 180° überwiegt offenbar der Einfluss, welchen die convergenten Linien einer Figur auf die andere ausüben; das Auge durchläuft die Figuren von dem niedrigsten Punkt des Gesichtsfeldes aus und begegnet dabei zunächst der Gegend, wo die Linien *AB*, *CD*, *ef*, *gh* convergiren. Diese Convergenz ist es, die besonders auffällt und die beiden Figuren in ihrer relativen Lage zum Convergenzpunkt betrachten lässt. Die jenem Punkte am nächsten gelegene, also scheinbar entfernteste Figur I erscheint demnach größer, genau so, wie es bei den beiden gleichen oder bei den vier combinirten Trapezen der Fall war. Bei 0° und 90° hingegen erscheint die Figur I kleiner. Da nämlich die gerade Linie *eh* in der Richtung liegt, in welcher die Geraden *ef* und *gh* divergiren, so erscheint sie kürzer; *BC* aber erstreckt sich in der Richtung, nach welcher die Geraden *AB* und *CD* convergiren, und erscheint daher länger. Dies stimmt mit den Beobachtungen überein, die wir an einer geraden Linie, nach der mehrere andere Linien convergiren, gemacht haben. Der Unterschied zwischen den Zahlen bei 0° und 90° einerseits und bei 180° andererseits beruht somit darauf, dass man dort jede Figur für sich allein in Bezug auf die convergenten Linien dieser Figur, hier beide Figuren in ihrem Verhältniss zu einander und zu den convergenten Linien beachtet.

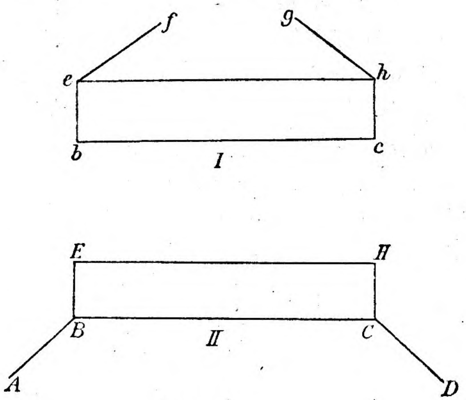

Fig. 37.

3. Die Ueberschätzung der kleineren Basis eines Trapezes im Verhältniss zu einer geich großen Strecke auf der längeren Basis eines andern Trapezes ohne Nebeneinflüsse betrachtet. In diesem dritten Fall untersuchen wir eine Anordnung, bei welcher die Basen des einen Trapezes in der

Verlängerung der Basen des anderen liegen (Fig. 38). In dieser Anordnung verlieren die nicht parallelen Seiten des einen Trapezes ihren oben constatirten Einfluss auf das andere Trapez, da letzteres nicht in der Richtung der convergenten Seiten des ersteren liegt. Trotzdem ist auch hier eine Täuschung zu beobachten: die größere Basis des kleineren Trapezes erscheint kleiner als die gleich große kleinere Basis des größeren Trapezes. Die Ursache dieser Täuschung liegt in dem Einflusse, den die convergirenden Seiten eines jeden Trapezes in demselben ausüben. Um zu beweisen, dass diese Täuschungsursache von der andern, die in dem Verhältniss der beiden Trapeze zu einander ihren Grund hat, ganz unabhängig ist, sind die zwei Trapeze so angeordnet, dass sie in der Verlängerung

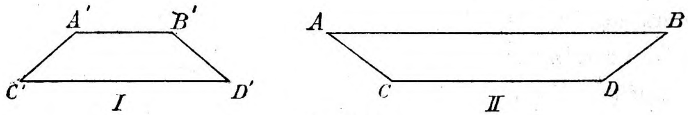

Fig. 38.

zu einanander liegen (Fig. 38). Wenn man nun in dieser Anordnung zwei gleiche Trapeze mit einander vergleicht, so lässt sich keine Täuschung beobachten.

Vergleicht man die ungleichen Trapeze in Fig. 38 mit der in Fig. 39 theilweise wiedergegebenen Zöllner'schen Figur, so ergibt sich, dass dieselben einen Theil dieser Figur bilden. In der That ist die Täuschungsursache hier dieselbe wie dort. Wir haben bereits oben gesehen, dass die Theile CD und $A'B'$ (Fig. 39) in der Entfernung zu liegen und in Folge dessen auch die parallelen Geraden PC, PD, $C'E$ und $D'E$ je nach CD und nach EE zu divergiren scheinen. In Folge dieser Divergenz erscheint dann die Strecke CD größer als $C'D'$.

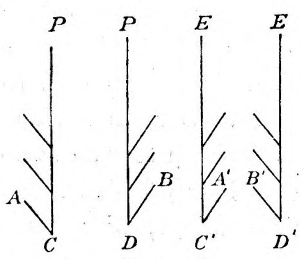

Fig. 39.

Nach dem früher bei der Zöllner'schen Figur Gesagten sind wir nun geneigt, einerseits die Linie PD über EC', anderseits die Linie BD über $A'C'$ liegend zu sehen. In Folge dessen ist für die über einander liegenden geraden Linien eine doppelte Interpretation möglich, ähnlich wie bei der Schröder'schen Treppenfigur. Betrachtet man nämlich die geraden Linien PC und AC, so werden die mit ihnen übereinstimmend liegenden geraden Linien, wie ED' und BD', auch übereinstimmend mit PC und AC interpretirt, die Punkte PE und $B'A$ der beiden Geraden PC und ED' werden also näher gesehen als die Punkte $D'C$. Dagegen werden, wenn man die geraden Linien ED' und $B'D'$ betrachtet, die mit ihnen übereinstimmenden geraden Linien nach ED' und $B'D'$ interpretirt; es werden daher die Punkte PE und $B'A$ entfernter erscheinen als die Punkte $D'C$.

Durch diese doppelte Interpretation entsteht eine Unbestimmtheit des Urtheils, indem ein und derselbe Punkt ebenso wohl in der Entfernung und in der Nähe gesehen werden kann, sohin eine Umkehrung des perspectiven Standpunktes stattfindet. Brentano, welcher diese Thatsache bei den beiden Trapezen beobachtet hat, bestätigt dies, ohne dafür eine Erklärung zu geben. Er constatirt nur, dass die Täuschung größer ist, wenn man die Seite AC in Fig. 38 mit $B'D'$ zur Deckung bringt.

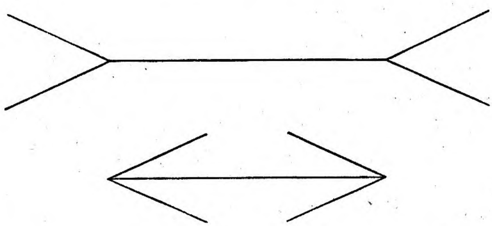

Fig. 40.

Ebenso wurde jene unbestimmte Unruhe, welche man bei der Schröder'schen Treppenfigur beobachtet, und welche der Umkehrung der Perspective entspricht, von Helmholtz auch bei der Zöllner'schen Figur beobachtet. Er empfand dasselbe, als bei seinem Experiment der Zirkel den zwischen zwei großen Strichen liegenden Raum verließ, und er sah dann, dass die großen Striche eine Umkehrung erfuhren und die Figur in einer unruhigen Bewegung zu sein schien.

Ein weiteres Experiment ließ uns erkennen, dass sich die Täuschung in der Zöllner'schen Figur vergrößert, wenn man sie symmetrisch um eine auf die großen Striche senkrechte Achse anordnet (Modell von Pisco, Fig. 9, Bd. XI, S. 326). Der nämliche Fall liegt nun in Fig. 40 vor, wo sich die schrägen Linien symmetrisch zu den horizontalen Geraden verhalten. Die bei dieser Figur beobachtete Täuschung kann auch an dem von uns früher beschriebenen Rahmen direct beobachtet werden (Fig. 12, Bd. XI, S. 333). Diese Pseudoskopie wurde im Jahre 1889 von Müller-Lyer mitgetheilt. Seit jener Zeit ist sie ein beliebtes Discussionsthema geblieben, besonders in Folge eines Aufsatzes von Brentano. Da derselbe nicht Müller-Lyer als den ersten Entdecker dieser Figur nannte, so ist sie manchmal fälschlich auch Brentano'sche Figur genannt worden[1]).

Auf eine vielleicht noch auffälligere Weise kann man die Müller-Lyer'sche Figur von einer andern ableiten, welche man

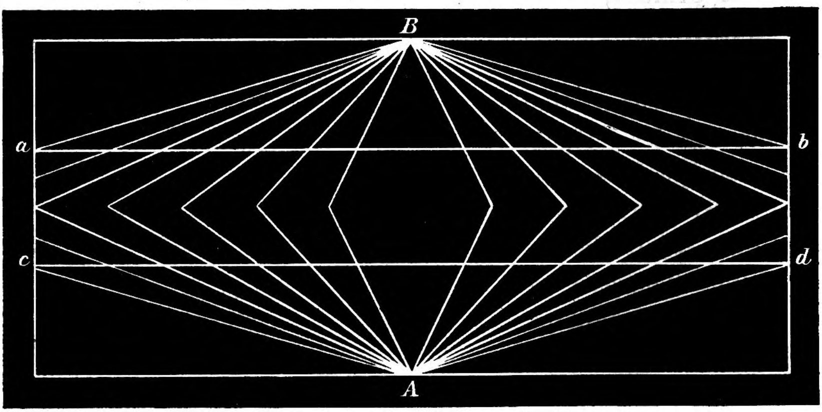

Fig. 41.

Wundt verdankt[2]). In der Wundt'schen Figur (Fig. 41) sieht man deutlich, dass die Punkte A und B in der Entfernung, dagegen die Schnittpunkte der von A und B ausgehenden Strahlenbüschel näher liegend scheinen. Wundt hatte diese Figur in großen Dimensionen mittelst kleiner Streifen weißen Papiers auf schwarzem Grund ausgeführt. Der Reliefeindruck war sehr auffallend und wurde sogar von den Zuhörern der letzten Bänke des sehr großen Hörsaals in Leipzig wahrgenommen. Wenn man nun von der Wundt-schen Figur nur vier beliebige zusammengehörige Transversalen bei-

1) Müller-Lyer, Archiv für Physiologie. 1889. Suppl. p. 265.

2) Sie ist bis jetzt nicht veröffentlicht, aber von Wundt in seiner Vorlesung über Psychologie demonstrirt worden.

behält, so ergibt sich genau eine Müller-Lyer'sche Figur. In der von Hering angegebenen Fig. 42 scheint dagegen der das Centralbündel bildende Punkt in der Entfernung zu liegen. Wenn wir uns nun diesen Punkt zu einer geraden Linie ausgezogen denken, so sehen wir auch diese Linie in der Entfernung. Ursache dieser Täuschung sind wiederum die Strahlenbündel, die in diesem Fall die Gerade entfernter und daher größer erscheinen lassen. Wenn man nun, wie oben, bloß vier zusammengehörige schräge Linien beibehält, so ergibt sich die Müller-Lyer'sche Figur in der zweiten verlängernden Form. (Fig. 40 die obere Figur.)[1])

Die Müller-Lyer'sche Figur stellt nach den Elementarregeln der Perspective zwei Rechtecke dar, welche eine Seite, die Horizontale in Fig. 40, gemeinschaftlich haben, wobei diese in der einen

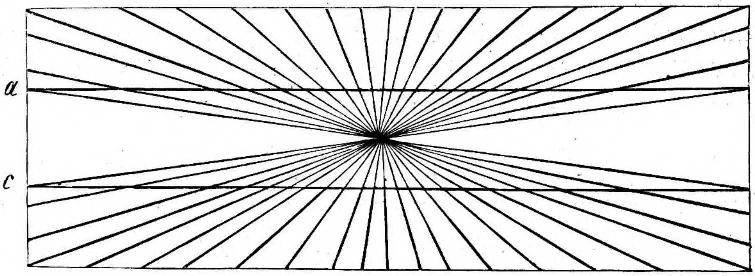

Fig. 42.

Form der Figur (der oberen in Fig. 40) vom Beobachter entfernter, in der andern (der unteren) ihm näher ist, als die anderen Seiten.

Man kann auf diese Weise die Müller-Lyer'schen Figuren ohne Zuhülfenahme anderer bereits bekannter Figuren, wie z. B. der Zöllner'schen, erklären. Zeichnet man die Figuren auf die Rückseite einer matten Glasplatte und betrachtet dieselben in einiger Entfernung oder mit einem Auge, so sieht man deutlich die verschiedene scheinbare Entfernung der beiden Horizontallinien in Fig. 40, während zugleich die Winkel der oberen Figur als concave, die der unteren als convexe Ecken erscheinen. Dieselbe Beobachtung ergibt sich, wenn die Müller-Lyer'sche Figur in einem Modell aus schwarzem Kupferdraht ausgeführt wird, welches man

1) Natürlich ist aber die Täuschung beim Vorhandensein mehrerer Transversalen etwas größer (Delboeuf); denn dann verstärkt sich die Tiefenassociation.

unter richtig geneigten, ebenen Winkeln in verticaler Richtung vor das Auge hält und entweder in einer genügend weiten Entfernung oder bloß monocular betrachtet, damit keine Verschiedenheit der beiden Halbbilder vorkomme. In beiden Fällen müssen, damit die beiden parallelen Linien mit einander verglichen werden können, die Augen die Figuren durchlaufen; man sieht sonst in gewissen Fällen entweder die Figuren mit entgegengesetztem Relief oder auch nur das Relief an einem einzigen Ende.

Diese Thatsache lässt sich mit Hülfe der Fig. 37 (S. 71) näher untersuchen, wenn man die beiden Figuren I und II durch symmetrisch zu *ef*, *gh*, *AB*, *CD* gezogene Linien vervollständigt. Die Figur unterscheidet sich dann von den Müller-Lyer'schen nur dadurch, dass das mittlere Rechteck convergente Linien trägt, welche den in Fig. 40 gezogenen entsprechen. Wiederholten wir nun hier für zwei solche zu einander symmetrische Rechtecke die früher an Fig. 37 (S. 70) gemachten Messungen, so erhielten wir für die drei dort angegebenen Lagen folgende Zahlen:

Tabelle XLI.

	M		S		C		A	
0°	216,0	1,2	214,1	0,6	215,0	1,2	208,3	1,1
180°	203,2	1,1	194,7	1,1	198,5	3,5	195,0	0,8

	S		C	
90°	207,0	1,3	215,3	1,4

Die Täuschung verändert sich demnach je nach der relativen Lage der Figuren zu einander, und sie ist stärker bei 0° als bei 90°. Demnach ist sie ganz dieselbe wie bei den unvollständig gezeichneten Figuren (S. 71). Dies beweist, dass das Auge die beiden Figuren in der dort angegebenen Richtung durchläuft.

Wie bereits früher erwähnt, ist der Einfluss der convergenten Linien der einen Figur auf die andere bei der um 180° gedrehten Lage beider Figuren besonders auffällig. Dieser Einfluss kann dann aber auch die umgekehrte Täuschung in derjenigen Figur hervorbringen, der die Convergenten angehören. Um diese Gegenwirkung nachzuweisen, haben wir Controlexperimente an dem Modell einer Figur vorgenommen, welche der Fig. 37 glich, mit dem Unterschiede, dass I und II mit einander vertauscht waren, so also, dass II oben und I unten lag. Wir beobachteten hierbei nur eine äußerst schwache Täuschung.

Tabelle XLII.

	0°		90°		180°	
Beobachter A	203,2	1,6	203,5	1,7	200,5	1,5
Beobachter S	197,1	1,0	200,1	0,5	198,3	0,9

Man sieht, dass die Täuschung nicht immer dieselbe Richtung für beide Beobachter behält. Für S. zeigte sie bei 0° und 90° die umgekehrte Richtung. Dies ist abhängig von der Richtung, nach welcher das Auge die Figur durchläuft.

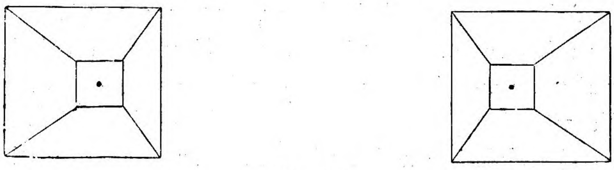

Fig. 43.

Wundt zeigte bei seinen stereoskopischen Experimenten mit verschiedenartigen Halbbildern, dass bei der Fig. 43, je nach der relativen Lage der Halbbilder, das centrale Rechteck entfernter oder näher gesehen werden kann als das umgebende Rechteck. Dass dies auch der Fall ist, wenn die Halbbilder identisch sind, bemerkte Sully[1]). Wie bei der Schröder'schenTreppenfigur (Fig. 7, Bd. XI,

1) J. Sully, op. cit. p. 70.

S. 320), so ist es auch hier die Richtung, in welcher man die von einem Rechteck zum andern gehenden convergenten Linien durchläuft, die uns das centrale Rechteck näher oder entfernter erscheinen lässt als das andere. Geht das letztere von dem kleineren zu dem größeren Quadrat über, so erscheint jenes näher als dieses; bei umgekehrter Richtung der Bewegung erscheint es ferner.

Vergleicht das Auge die Rechtecke I und II der Fig. 37 (S. 71) in ihrer ursprünglichen oder in ihrer umgekehrten Anordnung (II oben, I unten), so dass es die oberen Convergenten von den von den Rechtecken abliegenden Punkten an bis zu den Rechtecken, die unteren dagegen in der umgekehrten Richtung verfolgt, so lässt diese Art des Durchlaufens I ferner und II näher erscheinen. Die Figur I kann daher nun größer als II gesehen werden, gerade das Gegentheil der gewöhnlichen Täuschung, bei der I kleiner scheint. Wenn man nun weiß, dass der Beobachter S. in der Regel die Figuren in jener Richtung (von II, welches oben, nach I, das unten lag) durchlief, so ist es begreiflich, dass auch durchschnittlich bei ihm die Täuschung in einer der gewöhnlichen entgegengesetzten Richtung stattfand. Diese Annahme wird durch den Umstand verstärkt, dass sich die Täuschung bei diesem Beobachter bei 180° verminderte, während sie sich bei A. vergrößerte. In der That war es bei 180° für beide Beobachter viel natürlicher, die Figuren in der Richtung von I nach II zu durchlaufen, da dann I dem Beobachter näher lag. Wichtig ist es, zu bemerken, dass, wenn in Fig. 43 das mittlere Quadrat einer der beiden Figuren bei monocularer Betrachtung aus dem es umgebenden größeren hervorzuragen scheint, die von den Seiten der Quadrate und den schrägen Linien gebildeten Winkel keine rechten Winkel darstellen. Erscheint hingegen das mittlere Quadrat in der Entfernung, so sind die Winkel sämmtlich rechte. Diese Association, welche rechte Winkel sehen lässt, ist dann zugleich wegen der Häufigkeit der Fälle die begünstigtere gegenüber der andern. Wenn es trotzdem möglich ist, die Figur sowohl erhaben wie vertieft zu sehen, so erklärt sich dies übrigens wohl daraus, dass wir 1) im allgemeinen eher geneigt sind, uns ein Gesichtsobject erhaben als vertieft vorzustellen, wahrscheinlich weil Objecte mit erhabenem Relief in unserer Wahrnehmung häufiger vorkommen; und dass wir 2) geneigt sind, derartige nach allen Seiten symmetrische Figuren von einem centralen Punkte aus zu durchlaufen. Letzteres verhält sich wesentlich anders bei den Müller-Lyer'schen Figuren, wo wir, um eine der geraden Horizontallinien (Fig. 40) zu durchmessen, unbedingt bei einem excentrischen Punkte die Betrachtung beginnen, um die Figur vollständig zu durchmessen.

Wie sehr die Auffassung von Figuren von der Bewegung des Auges abhängt, lässt sich auch an Fig. 44 nachweisen. Wenn wir z. B. fordern, die Linien *LM* und *NO* sollen mit einander verglichen werden, so wird der Beobachter auch dann, wenn wir ihm die Richtung nicht vorschreiben, in welcher er *LM* und *NO* durchlaufe, dieselben am ungezwungensten von *L* nach *M* und von *N* nach *O* zurücklegen. Der Eindruck der Figur ist dann aber nicht mehr der eines Würfels, sondern die beiden ebenen Winkel *LM* und *NO* erscheinen convex, wie die Giebel zweier Dächer, deren Rinnen jedesmal durch die Seiten *PKQR* gebildet werden. Dagegen sieht man dieselben Dächer vertieft, wenn das Auge die Spitze eines Zirkels fixirt, welchen man zuerst in der Richtung von *M* nach *L* und dann von *O* nach *N* bewegt. Ohne Hülfe eines Zirkels ist es schwerer, diese Form der Perspective zu erhalten.

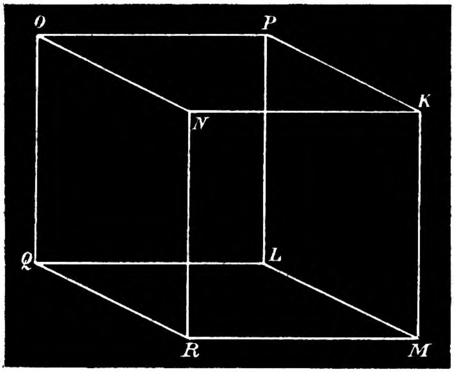

Fig. 44.

Wundt hat mit Recht bemerkt, dass es wesentlich für die Täuschung bei der Müller-Lyer'schen Figur sei, dass das Auge, welches die beiden Längen zu vergleichen hat, den Winkel der kürzer erscheinenden Figur (der unteren in Fig. 40) nicht durchlaufen kann, ohne eine Richtungsänderung der Augenbewegung zu erleiden[1]. Um diese Umkehrung der Bewegung zu vermeiden, folgt das Auge der Figur von einem Ende zum andern, während

[1] Wundt, Grundzüge, IV. Aufl., II. Bd., S. 149 unten.

es zu gleicher Zeit im indirecten Sehen die Richtungen der beiden schrägen Linien wahrnimmt. Dadurch muss also, gemäß dem an Fig. 43 beobachteten Einfluss der Bewegungsrichtung, die Vorstellung entstehen, dass die Gerade näher liege als die schrägen Linien. An derselben Stelle seiner Grundzüge bemerkt Wundt, dass das Auge, wenn es die obere der Figuren 40 durchläuft, die schrägen Linien im indirecten Sehen leicht als Fortsetzungen der Richtungen der Geraden wahrnehmen wird. Dem entsprechend wird diese Figur, umgekehrt wie die vorige, von der Geraden nach einem der schrägen Linienpaare hin durchlaufen werden, wodurch jene ferner erscheinen muss als diese. Die früher (Bd. XI, S. 313) erwähnten Beobachtungen von Helmholtz an der Zöllner'schen Figur entsprechen durchaus diesen Einflüssen der Augenbewegungen bei den Müller-Lyer-schen Figuren.

Einfluss der Größe der durch die Schenkel gebildeten Winkel. Von Müller-Lyer wurde schon bemerkt, dass die von ihm beobachtete Täuschung sich mit der Größe der durch die Schenkel gebildeten Winkel verändert, und dass das Maximum der Täuschung einer Neigung von 30° auf die Centrallinie entspricht. Ebendasselbe ist auch bei der Zöllner'schen Figur der Fall, wodurch das über die Identität der beiden Figuren früher Gesagte noch weiter bestätigt wird.

Einfluss der absoluten Größe der Figuren. Wie früher bemerkt, wurde die Frage, ob die Täuschung dem Weber'schen Gesetz folge, von uns nicht näher untersucht. Einige Controlexperimente haben wir jedoch ausgeführt, um die von uns benutzten Maße, Modelle und Methoden mit den von Müller-Lyer angewandten zu vergleichen. Bei unseren Versuchen mit Kupfermodellen benutzten wir die beiden constanten Längen von 150 und 200 mm für den Centraldraht der Figuren 40 (S. 73).

Tabelle XLIII.

Beobachter C.

Größe	150	168,5	1,3
-	200	228,3	2,86

Die Täuschung liegt demnach zwischen $^1/_7$ und $^1/_8$ der gemessenen Größe, was sich dem von Müller-Lyer beobachteten Durchschnitt nähert.

Bei weiteren Versuchen experimentirten wir mit Maßen, die den von Müller-Lyer beobachteten fast gleich waren; wir änderten aber die Methode ab. Wir ließen nämlich die Figuren nicht direct unter sich, sondern jede derselben mit einer geraden Linie vergleichen. Außerdem wurden die Größenänderungen nicht vom Experimentator, sondern vom Beobachter selbst ausgeführt, welcher auf der geraden Linie einen mit 1 mm breiten Spitzen versehenen Zirkel hielt. Wenn er die eine Spitze auf einen Punkt der Linie drückte, so konnte er mittelst einer Schraube die andere auf der Linie gleiten lassen, bis sie eine Linie abschnitt, welche der Centrallinie der Müller-Lyer'schen Figur gleich zu sein schien. Als Vergleichungslinien benutzten wir zuerst eine einfache Gerade von 40 mm und dann abwechselnd die beiden Figuren 40, wobei in diesen die Centrallinie ebenfalls 40 mm lang war.

Tabelle XLIV.

	Gerade Linie		Obere Fig. 40		Untere Fig. 40	
Beobachter A	39,25	0,15	44,47	0,6	39,17	0,47
Beobachter H	39,52	0,14	45,50	0,85	37,95	0,56

Dies ergibt ein Verhältniss von $^1/_9$ für A und von $^1/_5$ für H; die Täuschung bleibt demnach relativ annähernd constant.

Einfluss der Transversalen. Wir untersuchten nunmehr an der auf Papier gezeichneten Figur die Veränderung der Täuschung beim Hinweglassen einer oder mehrerer der Transversalen (Fig. 45 I—III). Die Achse der Figur blieb constant und gleich 150 mm.

Tabelle XLV.
Beobachter A.

Ganze Figur		Fig. I		Fig. II		Fig. III.	
115,0	3,7	118,3	3,4	131,0	1,9	133,1	0,9

Die Täuschung ist demnach bei der ganzen Figur I am größten, bei Figur III am kleinsten.

Diese Experimente bestätigen das bei der Zöllner'schen Figur Bemerkte, dass nämlich die Täuschung größer sei, wenn eine symmetrische Achse vorhanden ist.

Einfluss der Länge der Schenkel. Müller-Lyer hat zuerst auf diesen Einfluss hingewiesen, und mehrere Beobachter haben ihn bestätigt. Wir veränderten ein wenig die Bedingungen der Beobachtung. In unseren Experimenten benutzten wir nämlich anstatt der Zeichnungen Modelle, die aus cylindrischen, theilweise hohlen Stäben aus geschwärztem Kupfer bestanden. Der Durchmesser der Cylinder war 2 mm. Die ganze Figur aus den Schenkeln und dem Stabe, welcher die Schenkel trägt, wurde aus zwei Theilen gebildet, von denen der eine in den andern hineingeschoben werden konnte, so dass sich die Länge verändern ließ. Der Theil, welcher in den andern geschoben wurde, musste naturgemäß dünner sein. Er wurde aber von einem halben Hohlcylinder gedeckt, damit der ganze Stab von gleicher Dicke erschien. Die beiden Theile waren durch Einschnitte in das Kupfer in mm graduirt. Die Achse der Figuren 40 (S. 73) blieb constant gleich 20 cm. Die schrägen Linien hatten eine Länge von 6 cm oder von 12 cm. Wir geben in folgender Tabelle am Kopfe der senkrechten Columnen die Länge der Schenkel an, und zwar an erster Stelle die Schenkellänge der oberen, länger erscheinenden Figur, an zweiter die der unteren Figur.

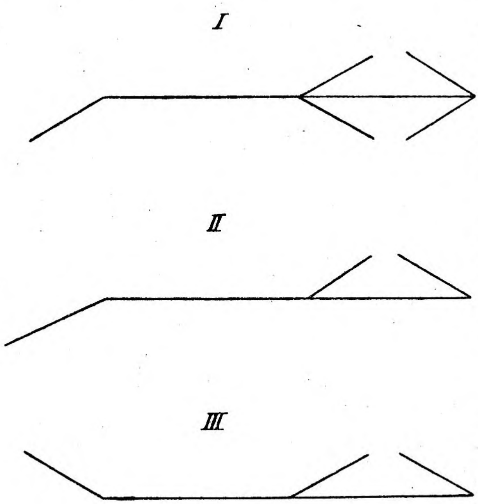

Fig. 45.

Tabelle XLVI.

Obere Figur Untere Figur	$\left\{\begin{matrix}6\\6\end{matrix}\right.$		$\left\{\begin{matrix}12\\6\end{matrix}\right.$		$\left\{\begin{matrix}6\\12\end{matrix}\right.$	
Beobachter C	230,2	1,2	228,3	2,8	237,4	4,5
Beobachter E	224	0,7	216	2,3	230,2	2,1

Man sieht, dass die Täuschung am größten ist für die Combination $\left\{\begin{matrix}6\\12\end{matrix}\right.$ und am kleinsten für $\left\{\begin{matrix}12\\6\end{matrix}\right.$.

Die Wirkung der Länge der Schenkel schließt sich an andere analoge Thatsachen an. So ist es bekannt, dass von zwei Figuren von gleicher Höhe die schmälere höher erscheint (Fig. 47). Wenn man nun die Schenkel der oberen Figur 40 verkürzt, so hat dies zur Folge, dass die Figur schmäler wird; dies vergrößert daher die Täuschung. Wenn man dagegen die Schenkel verlängert, so kommt dies einer Verbreiterung der Figur gleich, wodurch sie zugleich kürzer erscheint. Aus demselben Grunde erscheint dann auch umgekehrt von zwei Paaren paralleler Linien bei den kürzeren die Distanz der zwei Parallellinien größer (Fig. 46). Der Grund dieser Erscheinungen liegt im allgemeinen in derselben Association, welche wir bei Gelegenheit der Convergenten studirt haben. Mit der Vergrößerung der Breite verbindet sich der Eindruck einer kleineren Entfernung; und was von der Breite, gilt für jede Dimension. »Je größer, länger, höher, breiter die mathematische Form eines Gegenstandes erscheint, desto mehr haben wir Ursache, ihn nahe zu schätzen; je kleiner, kürzer, niedriger schmaler, desto mehr vermuthen wir ihn in der Ferne« [1]). Der zwischen den beiden Rechtecken enthaltene freie Theil scheint breiter zu sein als der zwischen den beiden Quadraten enthaltene (Fig. 47 u. 48).

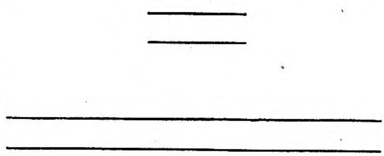

Fig. 46.

1) Classen, Physiologie des Gesichtssinnes, p. 194. Braunschweig 1876.

Eine auf einer Geraden abgeschnittene Strecke, die von zwei andern Strecken umgeben ist, welche auf derselben Geraden abgeschnitten sind, scheint größer, wenn die umgebenden andern Geraden klein, als wenn sie groß sind (Fig. 49, Müller-Lyer). Ebenso scheint ein Winkel, der von zwei andern Winkeln begrenzt wird, größer, wenn diese Winkel klein, als wenn sie groß sind (Fig. 50). Ein Kreis, der von mehreren andern Kreisen umgeben wird, erscheint größer, wenn die ihn umgebenden Kreise klein, als wenn sie groß sind (Fig. 51 A u. B, Ebbinghaus). Wenn ein Winkel von zwei gleichen Schenkeln gebildet wird, und man zeichnet in der Verlängerung des freien Endes jedes Schenkels einen Punkt, so erscheint der Schenkel größer, für welchen die Distanz zwischen dem Punkt und dem Schenkel die geringere ist (Fig. 52, Láska). In allen

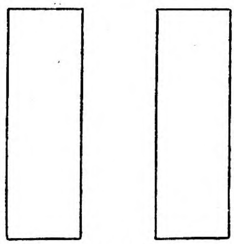

Fig. 47.

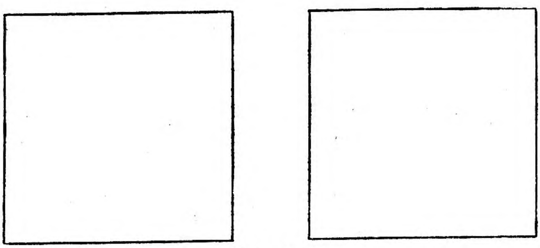

Fig. 48.

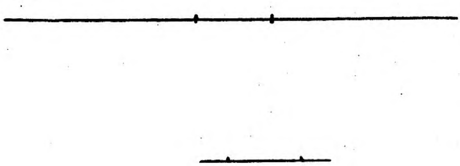

Fig. 49.

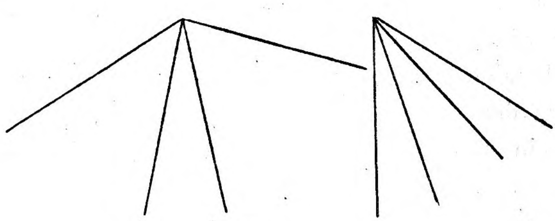

Fig. 50.

diesen Figuren sind die Elemente, welche man vergleicht, unter sich gleich; aber diejenigen, welche größer erscheinen, werden begrenzt oder umgeben durch andere Elemente, welche kleiner sind als die

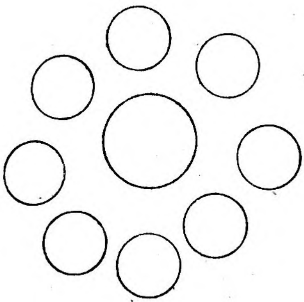

Fig. 51 A.

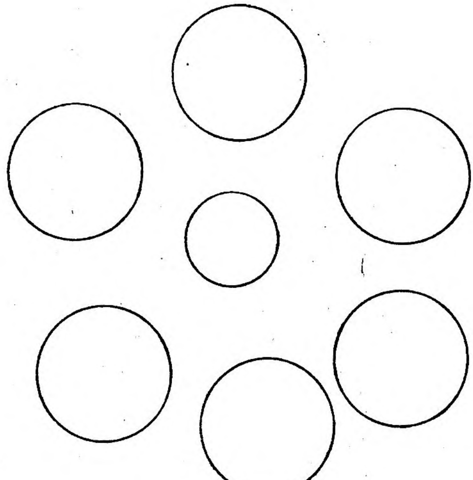

Fig. 51 B.

correspondirenden Elemente der andern Figur. Aus diesem Grunde erscheint die Figur, an welcher sich die kleineren Elemente befinden, in der Entfernung, die Fig. A erscheint also z. B. ferner als Fig. B. Man sieht, dass man die Convergenten als einen besonderen Fall dieser allgemeineren Association betrachten kann; sie stellen zwei Parallele dar, welche sich entfernen. Die Distanz von einer Convergenten zu der andern wird in dem Maße geringer, als sie sich dem Convergenzpunkte nähern, und in dem Convergenzpunkte wird sie gleich Null. Die nahe bei dem Convergenzpunkte gelegenen Objecte werden also in der Entfernung erscheinen (Fig. 34, Bd. XI S. 617).

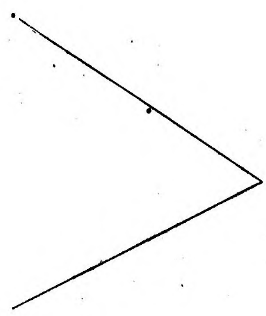

Fig. 52.

Weitere Täuschungen an der Figur von Müller-Lyer. Die umstehenden Zeichnungen (Fig. 53) reproduciren die Form der Figuren von Müller-Lyer. Die Figur *R* entspricht der unteren Fig. 40, mit dem Unterschied, dass nicht *C'* und *D'* durch eine Linie verbunden sind, sondern *A'B'* und *WX*. Ebenso entspricht die Figur *S* der oberen Fig. 40, wobei aber nicht *C* und *D* durch eine Linie verbunden sind, sondern *AB* und *ZY*. Anstatt die Distanz *CD* gleich der Entfernung *C'D'* zu machen, werden die Strecken *AB* und *ZY* gleich *A'B'* und *WX* construirt. In den Figuren *R* und *S* waren die Distanzen *AB*, *ZY*, *A'B'*, *XW* einander gleich; sie maßen 15 cm. Die Höhe der beiden Figuren war ebenfalls gleich, 15 cm, sodass die Punkte *ABZY* und *A'B'XW* den Eckpunkten des zwischen ihnen liegenden Quadrates *T* entsprachen. Die Entfernung *C'D'* maß 25 cm. Wir brachten nun nach einander diese Figuren in dem oben beschriebenen Rahmen an und construirten eine rechteckige Figur, deren Breite oder Länge verändert werden konnte. Die Höhe und die Breite dieses Rechtecks wurden mit der Höhe und der Breite der Figuren *R* und *S* verglichen.

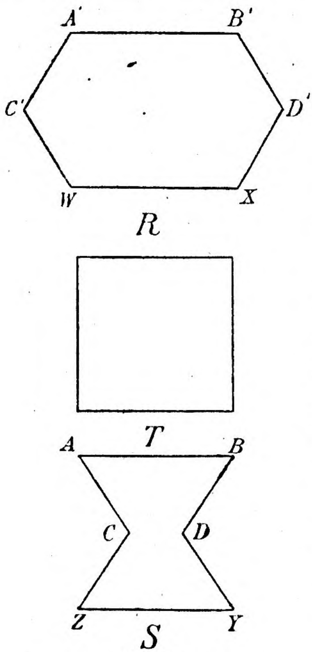

Fig. 53.

Tabelle XLVII.

Convexe Polygonalfigur *R*.

Beobachter	I. Mittlere Breite (*C'D'*)	I. *mv*	II. Obere Breite (*A'B'*)	II. *mv*	III. Höhe	III. *mv*
C	24,29	0,96	14,8	0,45	14,77	0,52
H	23,82	1,07	15,13	0,62	14,63	0,23
E	23,40	2,3	16,07	0,7	14,87	0,73

Concave Polygonalfigur *S*.

Beobachter	I. Mittlere Breite (CD)		II. Obere Breite (AB)		III. Höhe	
C	6,21	1,18	13,06	1,48	15,6	0,66
H	5,61	0,94	14,74	0,54	15,4	0,27
E	5,6	2,1	14,37	2,21	15,6	1,29

1) Die Figur *R* erscheint demnach weniger hoch als ein Quadrat *T* von derselben Höhe. 2) Die obere Breite derselben erscheint breiter als dieses Quadrat. 3) Ihre mittlere Breite erscheint kleiner als die eines Rechtecks, welches dieselbe Höhe und dieselbe Breite hat.

Die Figur *S* dagegen erscheint 1) höher als ein Quadrat von derselben Höhe. 2) Ihre obere Breite erscheint schmaler als dieses Quadrat. 3) Ihre mittlere Breite erscheint größer als die eines Rechtecks, welches dieselbe Höhe und dieselbe Breite hat. Die Erscheinungen 1) sind nur Bestätigungen der allgemeinen Thatsache, dass von zwei Figuren gleicher Höhe die weniger breite höher erscheint. Die Erscheinungen 2 und 3 bestätigen ebenfalls nur schon betrachtete Täuschungen. Die großen parallelen Seiten der Trapeze erscheinen kleiner als sie sind, die kleinen parallelen Seiten größer als sie sind.

Der Einfluss der Länge der Schenkel ist ein Element, das mehrere Autoren, Müller-Lyer, Auerbach, Brunot als einen Beweis für die Hypothese angesehen haben, mittelst deren sie die Täuschungen der Figur von Müller-Lyer erklären. Nach der von Müller-Lyer selbst gegebenen Erklärung können wir, wenn wir die Linien CD und $C'D'$ vergleichen, uns nicht enthalten, zu gleicher Zeit einen Theil der Flächen der Trapeze in Rechnung zu ziehen, und das Vergleichungsurtheil über die Flächen beeinflusse dann das über die Linien. Ebenso erscheint nach Müller-Lyer in Fig. 40 (S. 73) von zwei gleichen Linien die obere größer, weil sie zusammen mit den schrägen Linien eine größere Fläche begrenzt als die untere. Diese Hypothese lässt sich aber durch keine einzige Thatsache erweisen. Der Einfluss der Länge der Schenkel widerspricht ihr vielmehr. Denn wenn in der Figur *R* (Fig. 53) die Schenkel an Länge zunehmen, so nimmt auch die Fläche zu, welche sie begrenzen; nach der Hypothese von Müller-Lyer müsste also die Linie $C'D'$ dabei immer größer erscheinen. Aber gerade das Gegentheil findet statt. Müller-Lyer stützt seine Hypothese ferner darauf, dass die Schenkel eines spitzen Winkels kürzer scheinen als die eines stumpfen; nun ist aber in diesem Falle die Täuschung sehr klein, während sie bei den Figuren 40 sehr groß ist. Zudem hat Laska gezeigt, dass für die Schenkel des spitzen und stumpfen Winkels die Täuschung im entgegengesetzten Sinne erfolgen kann.

Brunot[1]) schreibt die Täuschung dem Umstande zu, dass das Auge vorziehe, den Abstand der Mittelpunkte jener Flächen zu messen, welche durch die spitzen und stumpfen Winkel gebildet werden. Wenn wir die Figuren 40 vergleichen, so sollen wir in Wirklichkeit die Distanzen von Punkten vergleichen, die ungefähr in der Mitte der Dreiecke liegen, deren Katheten durch die schrägen Linien gebildet werden. Diese Erklärung unterscheidet sich nicht wesentlich von derjenigen Müller-Lyer's. Wie dieser nimmt auch der französische Autor an, das Auge vermische mit der Messung der Linien die Messung der Flächen, welche durch die Schenkel der Winkel begrenzt werden, nur zieht er statt der Trapeze die Dreiecke heran. Weiter fügt Brunot eine neue Hypothese hinzu; er nimmt an, dass das Auge diese Dreiecke hinsichtlich der Distanz vergleiche, welche zwischen ihren Mittelpunkten liegt. Diese neue Hypothese begegnet denselben Schwierigkeiten, die wir eben für die Müller-Lyer'sche dargelegt haben, und sie ruft außerdem neue Einwürfe hervor. Sie erklärt nämlich nicht, dass die Täuschung vorhanden ist, wenn die Mittelpunkte der Flächen unmöglich aufzufinden sind oder gar nicht existiren, wenn man z. B. einzelne der schrägen Linien weglässt. (Vgl. z. B. Fig. 45, S. 82.)

Auerbach glaubt, dass die Täuschung durch imaginäre Linien hervorgerufen werde, welche wir parallel zu den zu vergleichenden Linien ziehen und welche bis an die Schenkel der Winkel reichen.

---

1) Revue scientifique 1893, p. 212.

Statt der Linien CD und $C'D'$ (Fig. 54) sollen wir die Linien *em* und *no* mit einander vergleichen. Um zu beweisen, dass seine Annahme der Wirklichkeit entspreche, hat Auerbach Messungen über den Einfluss der Größe der Schenkel angestellt, aber diese Experimente zeigten nicht, was der Autor von ihnen erwartete. Denn sie sind ausgeführt, ohne die Thatsache zu berücksichtigen, dass der Einfluss der Schenkellänge ein entgegengesetzter ist für die spitzen und für die stumpfen Winkel. Auerbach, welcher von den Arbeiten von Müller-Lyer keine Kenntniss hatte, ignorirte diesen Einfluss und variirte gleichzeitig die Größe der Schenkel an beiden Figuren. Aus diesem Grunde ist die Interpretation, die er seinen Messungen gegeben hat, offenbar falsch. Noch weniger erklärt sie den verschiedenen Einfluss der Verlängerung der Schenkel in der Fig. 40. Auerbach nimmt nämlich an, dass die Punkte *e* und *m* in der Mitte von AB und CD liegen und dass sie sich um so mehr von CD entfernen, je länger die Geraden AC und BD sind. Die Täuschung müsste also zunehmen, wenn AC und BD verlängert werden. Aber gerade das Gegentheil ist der Fall. Weiter wird die Hypothese von Auerbach widerlegt durch die Thatsache, dass die Täuschung abnimmt, wenn man die schrägen Linien auf der einen Seite der beiden Müller-Lyer'schen Figuren (Fig. 40) weglässt.

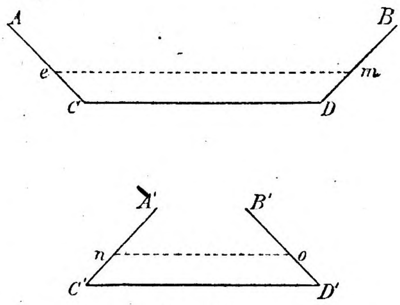

Fig. 54.

Die Erklärung, welche Brentano für die Figur von Müller-Lyer gegeben hat, setzt als feststehend voraus, dass die spitzen Winkel größer erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind. Zugegeben, Brentano hätte den Grund dieser Thatsache erklärt, so würde dies aber noch nicht genügen, die Täuschung zu erklären. Denn durch eine Veränderung in der scheinbaren Größe der spitzen Winkel wird die scheinbare Größe der geschätzten Geraden nicht im geringsten verändert. Diese Unzulänglichkeit veranlasst denn auch Brentano zu der weiteren Annahme, die schräge Linie, welche den spitzen Winkel begrenzt, führe eine Rotation um irgend einen auf dieser Linie liegenden Punkt aus, so dass sich dadurch die Endpunkte der Horizontallinien in Fig. 40 in der oberen Figur nach auswärts, die der unteren nach einwärts bewegen, dort also im Sinne der Vergrößerung, hier in dem der Verkleinerung der verglichenen Geraden. Nun kann man nach der früher erwähnten Methode von Helmholtz die scheinbare Abweichung, welche der Schenkel eines spitzen Winkels erfährt, sehr genau verfolgen. Man sieht aber dabei deutlich, dass die scheinbare Rotation um den Scheitelpunkt des Winkels selbst stattfindet[1]). Dies widerspricht geradezu der Hypothese von Brentano. Zudem müsste nach dieser die Täuschung zunehmen, wenn die Schenkel der Fig. 40 verlängert werden. Wie

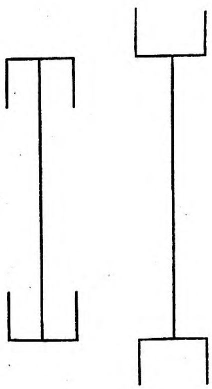

Fig. 55.

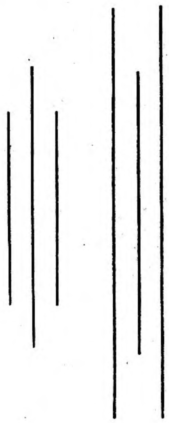

Fig. 56.

wir aber gesehen, nimmt die Täuschung in diesem Fall allmählich ab, anstatt zu wachsen. Endlich kann man noch gegen diese Hypothese geltend machen, dass die Täuschung auch in Fig. 55 stattfindet, wo es nur rechte Winkel gibt, und sogar in Fig. 56, in der es überhaupt keine Winkel gibt. Brentano hat selbst erkannt, dass sich seine Hypothese auf diese Figuren nicht anwenden lässt.

1) Um diese scheinbare Drehung um den Scheitelpunkt zu beobachten, ziehe man eine gerade Linie und setze die eine Spitze eines Zirkels so auf das Papier auf, dass sich die andere in einem die Gerade schneidenden Bogen hin und her bewegen kann. Wenn man dann dieser beweglichen Spitze mit dem Auge folgt, so scheinen sich die beiden Hälften der Geraden um die Durchschnittspunkte zu drehen. (Helmholtz, Ph. Op. 1. Aufl. p. 568.)

Wir haben aber oben gezeigt, dass die Täuschung der Convergenten und der Winkel nur ein besonderer Fall einer allgemeinen Classe von Täuschungen ist, unter die auch die Figuren 55 und 56 subsumirt werden können. Die kurzen Verticallinien bei Fig. 55 scheinen in der verlängert erscheinenden Figur rechts sammt dem Zwischenraum zwischen ihnen ein einheitliches Ganzes in einer einzigen Entfernung zu bilden, im Vergleich mit der die verticale Gerade weiter entfernt zu sein scheint. Um darzuthun, dass dem so ist, genügt es, die Figur so zu verändern, dass die beiden Ansatzstücke nicht mehr mit der mittleren Geraden verglichen werden können. Zu diesem Zwecke verlängere man die Geraden der Ansatz-

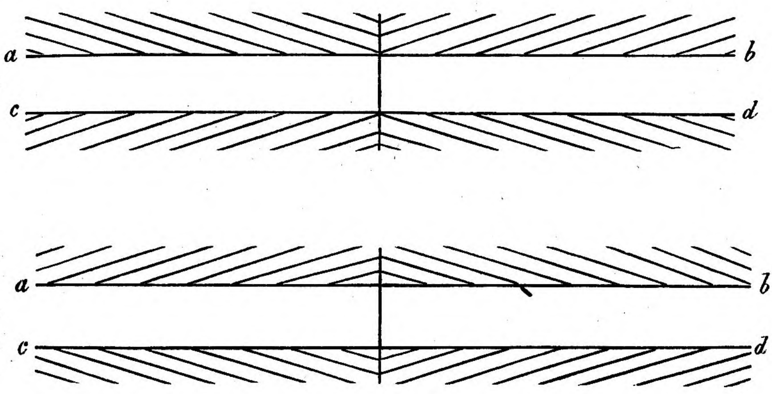

Fig. 57.

stücke in beiden Figuren bedeutend und verbreitere zugleich diese Stücke in der ersten Figur: man beobachtet dann eine Täuschung im entgegengesetzten Sinne. Die Figuren stellen nun das Bild von zwei Parallelenpaaren dar, von denen das Paar, welches geringere Längen hat, in größerer Entfernung zu liegen scheint. Da also nun in Fig. 55 u. 56 die links gelegenen Figuren weiter entfernt zu sein scheinen, so wird hier die mittlere Linie größer erscheinen. Ebenso widersprechen die in Fig. 57 auftretenden, von **Hering** beobachteten Täuschungen der Hypothese von **Brentano**. Die Parallelen *ab*, *cd* haben denselben Abstand. Vergleicht man nun die beiden Senkrechten, welche in der Mitte jeder Figur diesen Abstand messen, mit einander, so erscheint diese Senkrechte in der oberen Figur größer als in der unteren [1]). Das Gegentheil müsste aber hervorgerufen werden, wenn nach der Hypothese von Brentano die Schenkel der spitzen Winkel sich um einen mittleren Punkt zu drehen schienen. Behalten wir von beiden Figuren nur auf der einen Seite zwei Punkte bei, welche Endpunkte zweier paralleler Linien bilden, auf der andern Seite außer zwei entsprechenden Punkten noch zwei Paare von einander zugekehrten Convergenten, so bleibt die Täuschung dieselbe, nämlich der Abstand der Punkte erscheint größer bei x als bei y (Fig. 58). Aus diesem Experiment kann man nicht schließen, wie Delboeuf gethan, dass die Punkte sich deshalb bei x mehr zu entfernen scheinen als bei y, weil die Convergenten hier eine Anziehungskraft auf den Blick ausüben.

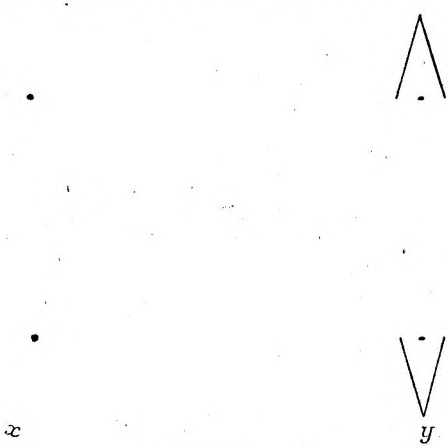

Fig. 58.

In den beiden Figuren 57 erscheint die Distanz ac verschieden, obgleich die Zahl und die Größe der Linien über den Punkten c und a in beiden übereinstimmen. Diese Hypothese erklärt also die Täuschung nicht. Auch würde man dieselbe nicht aufrecht erhalten können, wenn man etwa sagte, dass die Convergenten wegen ihrer Richtung in der unteren Figur den Blick mehr auf sich lenken, weil sie hier bis an die Enden der Geraden gehen, die man vergleicht. Denn dies würde im Gegensatz stehen zu der Täuschung in Fig. 40, wo in der unteren Figur die Convergenten bis an die Endpunkte der centralen Senkrechten gehen und diese

---

1) Hering hat bei diesen Figuren noch auf eine andere Täuschung aufmerksam gemacht, welche die oben erwähnte begleitet. Wenn man die Distanz ac oder bd mit der centralen Senkrechten vergleicht, so erscheint diese Senkrechte in der oberen Figur größer, in der unteren kleiner als ac und bd. Wie Wundt angedeutet hat, sind diese Figuren nur ein Theil der Figur von Zöllner (Modell von Pisco) und die Täuschung ist dieselbe wie dort. (Wundt, 4. Aufl. II. p. 147.)

trotzdem kürzer erscheint. Dagegen stimmen die Täuschungen der Figuren 57 und 58 beide mit dem oben Gesagten überein. Um dies zu zeigen, reduciren wir die untere Fig. 57 auf das folgende Schema (Fig. 59): Die Geraden EE, $E'E'$ stellen die Parallelen ab, cd dar, PP' die centrale Senkrechte und ee' den Theil dieser Senkrechten, der zwischen den Parallelen liegt. Die Linien $EP'E$, $E'PE'$ bilden die scheinbar kleinere der Figuren von Müller-Lyer (Fig. 40, S. 73). Wie wir gesehen haben, scheinen die Punkte PP' genähert und die Punkte EE' in der Entfernung zu liegen, die Gerade PP' wird also näher erscheinen als die Geraden EE, $E'E'$. Und in der That kann man dies an der Fig. 58 y, ebenso wie an der Fig. 59 beobachten. An der letzteren wird die Entfernung ee' nicht als ein Theil von PP' betrachtet, sondern als eine selbständige Linie, welche ihre Endpunkte auf den Geraden EE, $E'E'$ hat und zugleich in derselben Entfernung liegt wie diese; und zwar wird eine solche Auffassung erfolgen wegen der Aehnlichkeit mit den Distanzen EE', welche gleich ee' sind, und deren Endpunkte ebenfalls in den Geraden EE, $E'E'$ liegen. Zerstört man durch eine an der Figur vorgenommene Veränderung die Analogie zwischen den Strecken EE' und ee', so verschwindet die Täuschung. Dies kann man an der Fig. 58 bestätigen. Zeichnet man z. B. in dieser die Linien mit rother Tinte und die vier Punkte mit schwarzer, so verschwindet die Täuschung (Brentano).

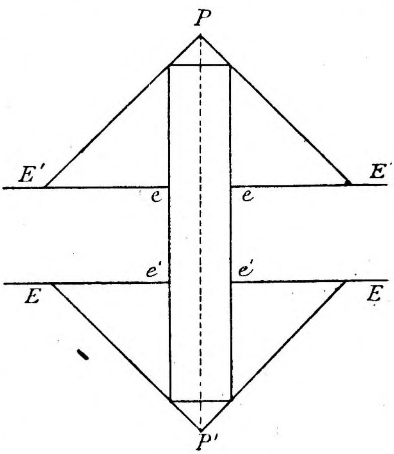

Fig. 59.

Andere Täuschung im Dreieck PEE. Im Dreieck PEE (Fig. 60) beobachtet man noch eine andere Täuschung, welche mit der soeben wahrgenommenen übereinstimmt. Erscheinen die Punkte EE und der Punkt e in der Entfernung, so werden die Punkte $E'e'$ entfernter als P und weniger entfernt als EeE gesehen; die Strecke Pe' wird also näher als $e'e$ gesehen, und demnach erscheint die Strecke Pe' kleiner als $e'e$, falls beide gleich groß sind.

Aus einem Papierbogen schnitten wir ein dreieckiges Loch *PEE* heraus, dessen Basis *EE* und Höhe *Pe* je 15 cm betrugen. Unter diesen Papierbogen legten wir einen andern, dessen Rand die Linie *E'e'E'* bildete; die Zeichnungen wurden so in den früher beschriebenen Rahmen gelegt. Dann verstellten wir den unteren Bogen so lange, bis die Seite *E'e'E'* die Höhe *Pe* in zwei gleiche Theile zu theilen schien. Wir geben im Folgenden die wirkliche Höhe des Theiles *ee'* an. Die Gesammtlänge *Pe* betrug 150 mm. Der Winkel *EPE* maß 40°. Wir modificirten diese Versuche noch weiter, indem wir die Zeichnung in ihrer Ebene um 180° und zwar so drehten, dass die Figur von oben nach unten umgekehrt wurde.

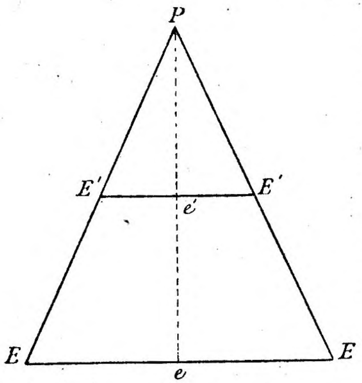

Fig. 60.

Tabelle XLVIII.

Beobachter E.

0°		180°	
71,7	1,8	71,3	1,4

Demnach war die Täuschung für 0° und 180° merklich gleich. Bei einer zweiten Reihe vergrößerten wir den Winkel *EPE* nach und nach von 20° bis auf 40°; wir experimentirten zuerst mit einem Auge und sodann mit beiden Augen. Die Höhe *Pe* betrug hier 20 mm.

Tabelle XLIX. *EPE* = 20°.

	mit einem Auge		mit beiden Augen	
Beobachter A	83,9	1,0	85,2	1,8
Beobachter H	84,2	2,3	84,9	3,2

Tabelle L. $EPE = 40^{\circ}$.

	mit einem Auge		mit beiden Augen	
Beobachter A	90,1	0,8	87,1	2,0
Beobachter H	88,9	1,7	88,0	1,2

Die Täuschung blieb demnach bei einem Auge bestehen. Sie war für 40° kleiner als für 20°.

Vorstehende Täuschung ist schon lange in der Praxis bekannt; die Schriftzeichner wissen, dass, wenn der Querstrich im Buchstaben A genau auf halber Höhe des Buchstabens erscheinen soll, derselbe näher der Spitze als der Basis geschrieben oder gezeichnet werden muss. Lipps beobachtete denselben Fall bei der mit der Basis parallelen Theilung der Höhe eines Dreieckes.

Um diese Ergebnisse zu interpretiren, wollen wir dieselben mit den Ergebnissen vergleichen, welche man bei der Halbirung einer senkrechten, geraden Linie erhält. Schon Delboeuf hat solche Experimente ausgeführt[1]). Bei einzelnen seiner Beobachter war aber die Täuschung in entgegengesetzter Richtung vorhanden. Mellinghoff fand, dass sie in der Größe abweicht, aber in der von Delboeuf angegebenen Richtung constant ist[2]). Helmholtz dagegen fand sie unbestimmter und sowohl nach der einen wie nach der andern Richtung im Laufe einer Sitzung bei einem und demselben Beobachter abweichend. Fischer fand sogar eine der Delboeuf'schen entgegengesetzte Täuschung; während sie bei Delboeuf $+ \frac{1}{18}$ betrug, war sie bei Fischer $- \frac{1}{30}$ [3]). Dies scheint nun dagegen zu sprechen, dass die Täuschung von der verschiedenen Vertheilung der Muskelkräfte des Auges herrührt. Denn es wäre dann zu erwarten, dass sie in Richtung und Größe constant sei.

Wundt hat bemerkt, dass, wenn das Auge sich nach dem unteren Theil des Gesichtsfeldes richtet, diese Abwärtsbewegung

---

1) Delboeuf, Bullet. de l'acad. roy. de Belgique. 2. sér. XIX, 2, p. 9.
2) Wundt, Physiol. Psych. 4. Aufl. II, S. 139, Anm. 2.
3) R. Fischer, Archiv für Ophthalm. XXXVII, 1, p. 97 ff.

von einer Vermehrung der Convergenz begleitet ist; weiterhin, dass diese Convergenz den Bedingungen des Sehens entspricht. In der That sind, wenn der Blick sich senkt, die von uns erblickten Gegenstände näher und verlangen eine größere Convergenz. Demnach ist durch eine tief eingewurzelte Association die Annäherung des Gegenstandes mit einer größeren Convergenz verbunden. Die untere Hälfte einer senkrechten Linie liegt aber im unteren Theile des Gesichtsfeldes; sie wird also mit einer stärkeren Convergenz gesehen und erscheint daher näher und deshalb auch kleiner. Um nun diesen Einfluss der Convergenz auf die vorliegende Täuschung zu beweisen, wollen wir durch Thatsachen darthun, dass eine solche Association zwischen Convergenz und scheinbarer Größe der Gegenstände wirklich besteht.

Association zwischen Convergenz und scheinbarer Größe. Die stärkere Convergenz beeinflusst direct unsere Schätzung der Dimensionen, weil sie mit einer kleineren Entfernung des Gegenstandes verbunden ist. Im Laufe der im Leipziger Laboratorium von Herrn Arrer über die Convergenz der Blicklinien vorgenommenen Versuche konnten wir diese Wirkung bei einer Entfernung von 4 m auf einer weißen Schirmwand beobachten, auf welcher schwarze senkrechte Linien so gezeichnet waren, dass sie durch ihre Gesammtheit ein Rechteck darstellten. Heftete nun der Beobachter durch eine Ocularröhre seine Blicke auf einen circa 2 m entfernten Faden, so wurde das Rechteck ziemlich deutlich weiter gesehen, seine Dimensionen aber schienen stark reducirt zu sein.

Eine ähnliche bei diesen Versuchen beobachtete Täuschung war die folgende. Zwei Lothschnüre machten gleiche Schwingungen, die entgegengesetzte Amplituden hatten, aber sich gleichzeitig in einem mittleren Punkte kreuzten. Wenn nun die Augen auf diese zwei beweglichen Lothschnüre convergirten, so schien es, als wenn eine entfernter befindliche, vollständig unbewegliche, dritte Schnur sich so bewegte, dass sie im Moment der Kreuzung der beweglichen Schnüre näher, im Moment ihrer Divergenz ferner zu sein schien. Zugleich beobachteten wir, dass die Augen den Lothschnüren bei ihrer Bewegung folgten, was dann ein Maximum der Convergenz, wenn sie sich deckten, ein Minimum der Convergenz für die Lage ihrer größten Divergenz zur Folge hatte.

Starke Convergenz pflegt nun auch mit plastischen stereoskopischen Vorstellungen verbunden zu sein. Bekanntlich kann daher durch eine intensive Convergenz ein Reliefeindruck mittelst vollständig identischer Halbbilder erhalten werden. So sehen wir z. B. bei starker Convergenz den Mond im Relief wie eine Kugel und nicht mehr wie eine ebene Scheibe[1]). Eine starke Convergenz ruft die Vorstellung eines künstlichen Reliefs hervor, weil die Halbbilder die Netzhaut in solchen Lagen afficiren, welche normaler Weise erhabenen, sehr nahe gesehenen Gegenständen entsprechen. In Folge dessen erscheint auch der Mond bei diesem Versuch äußerst klein. Aus demselben Grunde erscheint der Durchmesser einer Kugel kleiner als derjenige eines Kreises, den man erhält, wenn die Kugel so halbirt wird, dass man dem Blick die kreisrunde Durchschnittsfläche zeigt; und allgemein erscheint ein beliebiger Reliefgegenstand kleiner als der Umriss seines flachen, in Projection gezeichneten Querschnittes.

Einfluss der Convergenz des Blickes auf die Täuschung im Dreieck *PEE* (Fig. 60).

Bewegt sich der Blick beim Dreieck *PEE* senkrecht, so ist die Convergenz der Augen für den Punkt *P* größer als für irgend einen Punkt der geraden Linie *EE*; die Convergenz ist ferner beim Durchlaufen des Theiles *Pe′* größer als beim Durchlaufen von *e′e*. Der obere Theil der Figur erscheint demnach näher und in Folge dessen relativ kleiner als der untere Theil.

Die Vergrößerung der Convergenz bei der Bewegung des Auges nach dem unteren Theil des Gesichtsfeldes ändert sich mit der Primärstellung. Nun weiß man aus den Untersuchungen von Donders und Moll und von Helmholtz, dass sich die Primärstellung bei einem und demselben Beobachter im Laufe derselben Sitzung verändern kann. Aehnliche Veränderungen haben wir aber in Bezug auf die Größe der Täuschung beobachtet[2]).

Auch die Richtung, in welcher das Auge die Linie durchläuft, übt einen Täuschungseinfluss aus: das Durchlaufen von unten nach

1) Hoppe op. cit. p. 187.

2) Ueber diese Täuschung unten mehr.

oben begünstigt nämlich die Täuschung, ein Durchlaufen in entgegengesetzter Richtung von oben nach unten vermindert sie. Wie Wundt bemerkt, geschieht die häufigste Art des Durchlaufens einer Figur von unten nach oben, und entspricht diese Art des Sehens in der That dem Umstand, dass wir zum Schätzen der Größe von entfernteren, im Gesichtsfelde höheren Gegenständen stets von den näheren uns umgebenden ausgehen.

Wenn man die einzelnen Lettern vergleicht, so findet man solche, bei denen die obere Hälfte größer als die untere erscheint. Dies beobachtet man bei den Buchstaben B, E, F, H, R, S, X und den Ziffern 3, 5 und 8. Bei anderen dagegen scheint die untere Hälfte die größere zu sein; es ist dies besonders bei den Buchstaben A, P und bei den Ziffern 4 und 9 der Fall. Bei allen diesen Schriftzeichen erscheint der Mittelstrich in der Mitte der senkrechten Höhe; mit Erstaunen sieht man den Unterschied, wenn man die gesammten Schriftzeichen derart umkehrt, dass man sie auf den Kopf stellt:

6, ᔭ, d, ∀,

8, ϛ, Ɛ, S, ᴚ, H, Ⅎ, Ǝ, ᗺ.

Delboeuf nahm an, dass die obere Hälfte des Buchstabens S in Folge des Kraftunterschiedes zwischen den oberen und den unteren geraden Augenmuskeln größer erscheine. Dieser Kraftunterschied ist aber bei allen Schriftzeichen derselbe; die Täuschung müsste also bei allen gleich sein. Ein weiterer Gegenbeweis besteht darin, dass die Täuschung nicht nur für die senkrechte, sondern auch noch für die wagerechte Dimension existirt. So z. B. weist der Buchstabe Z dieselbe Täuschung wie S auf. Kehrt man nun Z um, so sieht man, dass auch die wagerechten Stäbe, welche gleich erschienen, in der That ungleich sind. Augenscheinlich kann aber auf diesen Fall die Delboeuf'sche Hypothese keine Anwendung finden. Die Größe dieser Täuschung haben wir an einer Figur gemessen, die die Form des Buchstabens Z hatte. Der obere wagerechte Strich blieb constant gleich 150 mm; der untere wagerechte Strich wurde ihm nach dem Längenmaß gleich gemacht.

Tabelle LI.

Beobachter K	152,5	1,5
Beobachter A	153,1	1,2

Ebenso erklärt die Delboeuf'sche Hypothese nicht, wie beim Buchstaben E der obere wagrechte Theil, der kleiner ist als der untere, trotzdem ebenso groß erscheint als dieser.

Durch ebendieselbe Hypothese will Delboeuf erklären, dass bei zwei senkrecht über einander gestellten bezw. gezeichneten Kreisen von gleicher Dimension der obere größer erscheint. Lipps bemerkte, dass die Biegung der beiden Kreise merklich größer an der Stelle erscheint, wo sie sich nähern. Dies wird durch die Thatsache erklärt, dass die sich nähernden Bogen mit einander spitze Winkel bilden, welche größer erscheinen, als sie wirklich sind. Zugleich bildet die obere Hälfte des unteren Kreises zwei gegen den oberen Kreis convergente Linien, welche die scheinbare Größe dieses oberen Kreises zunehmen lassen.

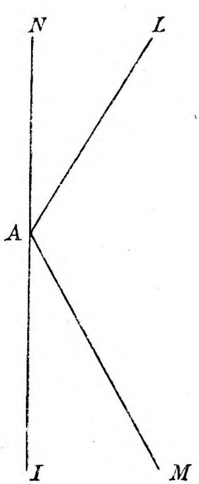

Fig. 61.

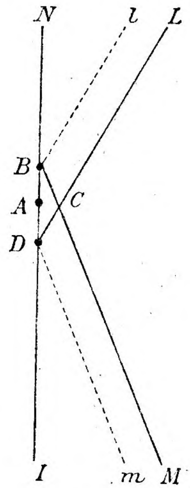

Fig. 62.

Der Buchstabe K (Fig. 61) bietet eine eigenthümliche Form des Einflusses der convergenten Linien. Angenommen, dass A die genaue Mitte der geraden Linie IN ist, so lassen, wenn der Blick die Figur in der Richtung von I nach N durchläuft, die convergenten Linien MA und IA den oberen Theil AN größer erscheinen, als er wirklich ist. Durchläuft hingegen das Auge die Figur in der Richtung von N nach I, so lassen die convergenten Linien NA und LA den unteren Theil AI größer erscheinen. Um dieser doppelten Täuschung gerecht zu werden, haben die Schriftzeichner die moderne Form (Fig. 62) angenommen, bei welcher sich die geraden

Linien LD, MB bei C schneiden, ehe sie zur Geraden IN gelangen. Durchläuft nun das Auge die Figur in der Richtung von I nach N, so scheint IN durch den Punkt B in zwei gleiche Theile getheilt zu sein; wenn man dagegen die Figur in der Richtung von N nach I durchläuft, so erscheint umgekehrt D als der Halbirungspunkt.

Diese Täuschung ist so unmerklich, dass, wenn man Jemanden auffordert, den Anfangsbuchstaben K in Druckschrift zu zeichnen, der Aufgeforderte dem Buchstaben fast ausnahmslos die archaistische Form gibt und nicht wenig erstaunt ist, wenn man ihn darauf aufmerksam macht, dass unsere Bücher alle die moderne Form des K zeigen.

Dasselbe gilt für die gothische Form des Buchstabens S (𝔖). Ebenso wie man den Punkt A durch die Punkte BD (Fig. 62) ersetzt hat, so hat man hier die beiden Biegungen des S getrennt. Durch diese Trennung kann man dieselben vergrößern, ebenso wie man LD und MB größer als LA und MA machen konnte. Aehnlich ersetzt man oft beim Buchstaben A die wagerechte Linie $E'E'$ (Fig. 60) durch zwei Querlinien, die nach unten convergiren (A).

Für den Buchstaben H haben wir eine der früher beschriebenen ähnliche Figur von 20 cm Höhe und 15 cm Breite ausgeschnitten und quantitative Bestimmungen ausgeführt über die Größe, die dem oberen Theil der Figur nach dem Augenmaß gegeben wurde.

Tabelle LII.

	Mit einem Auge	
Beobachter C	97	1,3
Beobachter E	97	0,5
Beobachter H	96,7	1,2

Tabelle LIII.

	Mit beiden Augen	
Beobachter C	96,9	0,5
Beobachter E	98,7	0,4
Beobachter H	97,1	0,9

Dasselbe Experiment wurde wiederholt bei einer Drehung des Modells um 45° in seiner Ebene.

Tabelle LIV.

	0°		45°	
Beobachter C	96,9	0,7	97,5	0,5
Beobachter A	96,7	0,4	98,0	0,7

Die Täuschung vermindert sich demnach bei 45°, und bei einer Neigung von 90° würde sie verschwinden.

Beim Buchstaben A ($\triangle$ *PEE*, Fig. 60) haben wir dagegen folgende Zahlen für die Linie *e'e* erhalten:

Tabelle LV.

	0°		90°	
Beobachter K	92,9	0,6	99,1	1,3

Die Täuschung bleibt also auch hier für 90° kaum bestehen, was unsere Interpretation bestätigt.

Die Ziffer 8 stellt die Figur der beiden Kreise dar; die Buchstaben B, R und S und die Ziffern 3 und 5 stellen dagegen nur einen Theil jener Figur dar. Die Biegung des Buchstabens P kann man sich als die halbe Peripherie des oberen Kreises denken (Fig. 63). Die convergente Linie *BA'* lässt die Hälfte *AI* größer erscheinen als *NA*. Dies bestätigt sich darin, dass, wenn der Theil *A'B*, wie beim Buchstaben H, verschwindet, die Täuschung sich umkehrt, d. h. der untere Theil scheint nun kleiner zu sein.

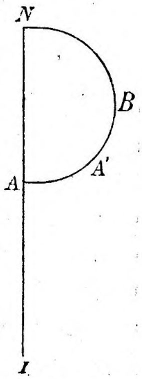

Fig. 63.

Für die Ziffer 9 gilt dieselbe Erklärung wie für den Buchstaben P. Die Ziffer 4 hingegen ist ein Theil der Figur *PEE*. Wie K, so besteht X aus zwei übereinander gestellten Dreiecken.

Sollen die verschiedenen Buchstaben gleich erscheinen, so müssen sie etwas ungleiche Dimensionen besitzen. So muss ein rundes O größer sein als ein gewöhnlicher geradliniger Buchstabe (I), denn O gibt, ebenso wie alle regulären Polygone, die kleiner erscheinende Müller-Lyer'sche Figur 40 wieder.

Aehnliche Beobachtungen ließen sich auch auf die kleinen Buchstaben des Alphabets ausdehnen. Doch soll das unterbleiben, da wir auf dieses Gebiet nur geführt wurden, um den Werth der Schlüsse zu prüfen, welche Delboeuf aus seinen Untersuchungen über die typographischen Schriftzeichen gezogen hat.

§ 4. Größentäuschungen an bestimmten Distanzen ohne Rücksicht auf transversale Linien.

Scheinbare Neigung der Verticalen. Wir wissen, dass monocular gesehen eine mit ihrem oberen Ende für das rechte Auge nach rechts und für das linke Auge nach links gerichtete Linie vertical erscheint. Halbe Bilder, die solche Neigungen besitzen, würden im allgemeinen, wenn sie stereoskopisch combinirt werden, einer Linie entsprechen, deren unteres Ende dem Beobachter näher ist. Doch wenn sich die horizontale Visirebene in ihrer Primärlage und der Faden in der Medianebene befindet, wird der wirklich verticale Faden auch für vertical gehalten. Diese Erscheinung wird dadurch hervorgerufen, dass die Ebene der seitlichen Muskeln und ebenso die Primärlage des Netzhauthorizontes nach vorn unter den wirklichen Horizont geneigt ist. Da unsere beiden Augen nicht vertical übereinander, sondern in einer horizontalen Ebene liegen, und da wir uns im allgemeinen auch in horizontaler Richtung bewegen, so ist nothwendig die Stereoskopie verticaler Parallelen am stärksten. Wenn wir daher den Kopf so um 90° drehen, dass die beiden Augen vertical übereinander stehen, so erscheint die Tiefe der verschiedenen horizontalen Flächen einer Landschaft oder eines beliebigen Gegenstandes auffallend vergrößert. Bei normaler Lage der Augen gibt es dagegen für horizontale Parallelen fast nur eine monoculare Stereoskopie. Es können darum auch, wie Wundt gezeigt hat, die zwei disparaten Halbbilder zweier verticaler paralleler Linien stereoskopisch zusammenfallen, während dies bei disparaten Bildern von zwei horizontalen Linien nicht der Fall ist[1]). Volkmann hat ferner auf experimentellem Wege gefunden, dass beim Sehen von Querlinien die Verschiedenheit des Abstandes der zwei Linien in den beiden Halbbildern (Grenzdistanz) desto größer sein darf, je mehr die Querlinien sich den verticalen nähern, nämlich je weniger sie zum Horizont geneigt sind, und dass ein Kreis leichter mit einer kleineren Ellipse als mit einem kleineren Kreise verschmilzt, vorausgesetzt dass die kleine Achse der ersten in der Richtung der Horizontale liegt[2]).

Dass für horizontale Distanzen zwischen verticalen Parallelen monoculare Stereoskopie bloß ausnahmsweise oder wenigstens viel seltener vorkommt als für verticale, das hat natürlich zur Folge, dass, wenn wir die Zeichnung eines rechtwinkligen Kreuzes vor Augen haben, die plastische Ansicht einer ungleichen Entfernung der beiden Enden der wagerechten Distanzen nicht zur Geltung kommen kann, während die für verticale Distanzen viel leichter stattfindet, vorausgesetzt dass die Zeichnungsebene senkrecht zur Medianebene steht. Recklinghausen hat gezeigt, dass, wenn man auf einer ebenen Fläche einen aus einer Anzahl von Linien, die sich in einem Punkte schneiden, bestehenden Stern zeichnet und dessen Mittelpunkt fest mit nach oben gerichtetem Blick fixirt, die nach oben gerichteten Strahlen des Sterns in einer concaven Kegelfläche zu liegen scheinen, die nach unten in einer convexen; — umgekehrt, wenn man den Kreuzungspunkt der Strahlen mit nach unten gerichtetem Blick fixirt. Helmholtz fand die Täuschung noch auffallender, wenn man die fast horizontalen Strahlenlinien weglässt (Phys. Opt. S. 683). Eine ähnliche falsche Stereoskopie eines verticalen Fadens wird beobachtet, wenn man den Kopf nach hinten oder nach vorn gebeugt hat. Man muss dann das untere Ende des Fadens vom Beobachter entfernen bez. ihm näher bringen, damit der Faden vertical erscheint (Hering, Beiträge V. p. 297. Helmholtz p. 663). Dreht man das ganze rechtwinklige Kreuz etwas gegen den Horizont, so verändert sich die scheinbare Neigung der Verticalen je nach der Richtung der Drehung. Helmholtz beobachtete, dass für eine Neigung von 18° nach links

1) Wundt, Grundzüge. 4. Aufl. Bd. II. S. 135.
2) Archiv für Ophthalmologie 1859, Bd. V. II. S. 45.

die Täuschung der geneigten Lage des oberen Schenkels für das rechte Auge aufhörte. In der That scheint in diesem Falle das obere Ende nicht mehr das entferntere zu sein, weil eine monocular betrachtete Linie, die in der Medianebene steht, und deren beide Enden ungleich entfernt sind, mit ihrem entfernteren Ende immer nach links gerichtet zu sein scheint, wenn man mit dem linken, nach rechts, wenn man sie mit dem rechten Auge ansieht. Dem entspricht, dass beim Sehen mit dem rechten Auge die rechts liegende Hälfte einer horizontalen Linie als die entferntere aufgefasst und deshalb für die größere gehalten wird.

Wenn durch vergrößerte Convergenz die Primärlage sich tiefer senkt, wird auch die scheinbare Neigung der monocularen Halbbilder der Verticalen entsprechend vergrößert (Helmholtz p. 469). Die scheinbare Neigung der Halbbilder einer verticalen Linie wird dagegen kleiner, wenn man nicht Kreuze, sondern einfache Linien betrachtet, wahrscheinlich deshalb, weil die Fixation des Kreuzungspunktes die stereoskopische Ansicht begünstigt. Volkmann beobachtete in diesem Falle die Täuschungsgröße 91,1°, 90,6°, also eine Abweichung von 0,5.

Hering glaubte, die scheinbare Neigung sei vom Horopter abhängig. Helmholtz zeigte aber, dass dies nicht der Fall ist. Man muss vielmehr mit Wundt annehmen, dass alle diese Thatsachen zusammen, der Horopter, die Neigung der Ebene der Musculi externi und interni, die schräge Richtung der Primärlage und die davon abhängende scheinbare Neigung einer monocular gesehenen verticalen Linie, der allgemeinen Bedingung des Sehens entsprechen, dass die Objecte in der Regel mit nach vorn geneigter Visirebene gesehen werden. Da in Folge dessen falsche Stereoskopien der verticalen Linie sehr leicht möglich sind, so wird die Größenschätzung derselben dadurch fortwährend beeinflusst.

Auf die Entwickelung der Tiefenvorstellungen sind vor allem die Bewegungen der Augen von Einfluss. Wir lassen unser Auge vom Nahen zum Fernen hinschweifen, und der Weg, den es dabei zurücklegt, gibt uns ein Maß für die Distanzen der nach einander gesehenen Gegenstände [1]. Dasjenige Ende, das zuerst gesehen wird,

1) Wundt, Menschen- und Thierseele. 2. Aufl. S. 185.

scheint daher am nächsten. Dass die untere Hälfte einer verticalen Linie gewöhnlich zuerst gesehen wird und deshalb näher und kürzer erscheint, haben wir schon gelegentlich erwähnt.

Eine Linie, deren Enden ungleich weit vom Beobachter entfernt sind, wird unter einem verkleinerten Gesichtswinkel gesehen. Wir sind jedoch im Stande, uns von einer solchen scheinbaren Verkleinerung Rechenschaft zu geben, und wir schätzen in Folge dessen gewöhnlich die Größe dieser Linien nicht nur nach ihrem verkleinerten Gesichtswinkel, sondern nach dem größeren Gesichtswinkel, welchen sie haben würden, wenn ihre beiden Enden vom Beobachter gleich entfernt wären, was ihrer objectiven Größe entspricht. Wenn nun die beiden Enden einer Linie durch falsche Stereoskopie ungleich entfernt erscheinen, so erscheint die Linie selbst entsprechend vergrößert. Wenn dagegen die Vorstellung einer verschiedenen Entfernung der beiden Enden einer verticalen Linie nicht mehr möglich ist, so hört auch die Ueberschätzung auf, und die verticale Linie wird nun ebenso groß erscheinen wie eine horizontale: das ist in der That der Fall für den verticalen und horizontalen Durchmesser eines Kreises. Beide erscheinen gleich groß, denn die Vorstellung einer ungleichen Entfernung des oberen und unteren Theiles eines Kreises ist nicht so leicht möglich wie die des oberen und unteren Theiles einer einfachen verticalen Linie.

Wenn die Verticale sehr kurz ist, dann werden ihre beiden Enden ebenfalls nicht so leicht als ungleich entfernt aufgefasst, weil eine Bewegung der Augen, welche das zuerst gesehene Ende näher erscheinen ließe, kaum erfolgt. Vielmehr wird die ganze Linie zugleich aufgefasst, weshalb auch hier die Täuschung kleiner ist. Chodin[1]) beobachtete z. B. an Linien von verschiedener Größe folgende Täuschungen:

Größe der Linie	2,5 mm	5	10	20	40
- - Täuschung	$^1/_{61}$	$^1/_{35}$	$^1/_{20}$	$^1/_{15}$	$^1/_{12}$.

Umgekehrt wird eine nur durch zwei Punkte markirte verticale Distanz in jedem der beiden Punkte getrennt beobachtet, da beide Punkte getrennt empfunden werden. Deshalb wird eine ungleiche

1) Chodin, Archiv f. Ophth. XXIII, S. 106.

Entfernung derselben viel leichter vorgestellt. Man kann sich hierbei sogar plastisch die verticale Richtung um eine horizontale Achse sich drehend denken, so dass sich der eine Punkt den Augen zu nähern, der andere zurückzutreten scheint. Thatsächlich bemerkte Wundt, dass die Täuschung bei einer solchen durch zwei Punkte markirten Verticalen größer ist als bei einer ausgezogenen verticalen Linie. So wurde z. B. eine wagerechte Distanz von 25 mm einer verticalen von 20 mm gleich geschätzt, was einer Täuschung von $^1/_5$ entspricht. Ein verticaler Abstand kann aber auch durch zwei wagerechte Linien markirt werden. Werden diese als ungleich entfernt vorgestellt, so erscheint in ähnlicher Weise ihr verticaler Abstand vergrößert. Gewöhnlich scheint der Abstand der kürzeren Parallelen größer als der der längeren (Fig. 46, S. 83). Man kann aber den letzteren Abstand größer erscheinen lassen, wenn man schräge Seitenlinien bei den längeren Parallelen zieht (Fig. 64), so dass ein schräges Parallelogramm entsteht. Die Figur stellt dann perspectivisch ein Rechteck dar, dessen beide horizontale Linien ungleich weit vom Beobachter entfernt sind, während dies nicht der Fall ist bei einem rechtwinkligen Viereck, das man zu den kürzeren Parallelen construirt. Diese Täuschung wird noch verstärkt, wenn die Perspective durch Schattirung deutlicher hervortritt.

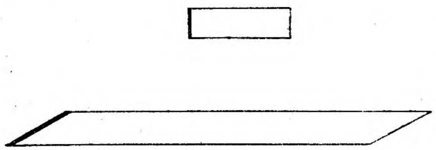

Fig. 64.

Concentrische Kreise. Wenn man ein System concentrischer Kreise auf ein Blatt Papier zeichnet und bei convergirenden Gesichtslinien und geneigter Blickebene deren Mittelpunkt fixirt, so erfahren die Kreise eine kleine scheinbare Drehung um eine horizontale Achse in demselben Sinne wie die verticalen Linien, aber von geringerer Größe. Hat man nun einen verticalen Diameter der Kreise hinzugefügt, so wird dieser stärker geneigt als die Kreise und löst sich scheinbar von ihnen los. Bei gehobener Blickebene erscheint das obere Ende des Durchmessers dem Beobachter näher als die Ebene des Kreises und das untere Ende entfernter. Zuweilen werden jedoch die oberen und unteren Kreisbogen auf den Durchmesser projicirt; dann erblicken wir sie aber zugleich winkelig verbogen[1]). Hierdurch lässt sich auch verstehen, dass ein spitzer Winkel von 30°—45°, wenn der eine der beiden Schenkel wagerecht liegt, größer erscheint, als wenn der betreffende Schenkel senkrecht steht. Im letzteren Fall erscheinen beide Schenkel um die horizontale Achse gedreht, so dass ihre Ebene schräg zu liegen scheint. Ist dagegen der Schenkel wagerecht, so wird er als in der Zeichnungsebene bleibend aufgefasst, während der andere Schenkel sich um die horizontale Achse zu drehen scheint. Wie oben bemerkt, ist die scheinbare Vergrößerung des Winkels davon abhängig, dass die beiden Schenkel in zwei um die Achse zugleich gedrehten Ebenen vorgestellt werden. Steht der eine Schenkel vertical, so dass die beiden Schenkel in derselben schrägen Ebene erscheinen, so muss also die scheinbare Vergrößerung der Winkel geringer werden, als wenn bloß ein Schenkel gedreht wird.

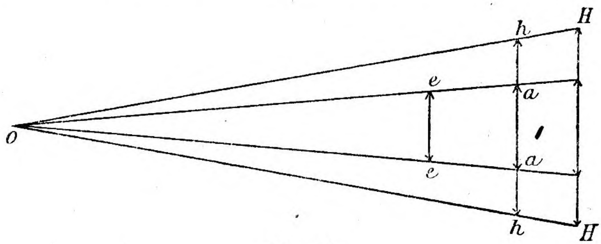

Fig. 65.

Die concentrischen Kreise in dem oben erwähnten Versuch lassen sich nun als Darstellungen von Scheiben betrachten, die eventuell in verschiedenen Entfernungen vom Beobachter gelegen sein können.

Untersuchungen an wirklichen und an gezeichneten Scheiben. A. Wirkliche Scheiben. Holtz[2]) brachte eine größere Scheibe *HH* und eine kleinere *ee* in verschiedene Entfernungen vom Auge *o* (Fig. 65). Er beobachtete dann, dass die kleine Scheibe *ee* vergrößert erschien. Diese Vergrößerung wurde von

1) Helmholtz, Phys. Optik. I. Aufl. S. 664.

2) Holtz, Göttinger Nachrichten, 1893, S. 496. Ein analoger Versuch findet sich schon bei Smith, Optics, Vol. I, S. 63. Priestley's Geschichte der Optik, übers. von Kluge, II, S. 508.

ihm quantitativ bestimmt, indem er *ee* mit verschiedenen anderen seitlich stehenden Scheiben vergleichen ließ. Aus diesen Bestimmungen ging hervor, dass die beobachtete Vergrößerung einer Projection entsprach, die nicht genau auf der hinteren Ebene *HH*, sondern etwa in *aa*, d. h. etwas näher, stattfand, was zu erwarten war, da eine solche stereoskopische Vorstellung nie so stark ist, dass sie die körperhafte Wirklichkeit vollständig erreicht. Da die Scheibe *HH* ebenfalls in eine zwischenliegende Entfernung projicirt wird, so erscheint sie in *hh*, d. h. etwas verkleinert. Man sieht übrigens, dass die Vergrößerung der Scheibe *ee* um so bedeutender sein wird, in je weitere Entfernung die hintere Ebene verlegt wird.

B. Gezeichnete Scheiben. Zwei concentrische Kreise (*A* Fig. 66) stellen perspectivisch dieselben ungleich entfernten Scheiben vor wie im vorigen Versuche. Delboeuf beobachtete auch an diesen Kreisen dieselbe Täuschung und dieselben Variationen derselben wie Holtz an wirklichen Scheiben. Dabei zeigte sich jedoch folgender Unterschied. Wenn die zwei Kreise objectiv fast gleich groß sind und ihre Peripherien sehr nahe an einander liegen, so ist die Täuschung nur klein. Es werden nämlich in diesem Falle die zwei Kreise nicht mehr so leicht als einzelne ungleich entfernte Kreise oder Scheiben aufgefasst, sondern eher als ein einziger Ring. Nimmt man aber die Unterschiede, wie in Fig. 66 *A*, so wird der äußere Kreis unterschätzt und der innere überschätzt, wie dies unmittelbar die Vergleichung mit den isolirt gezeichneten Kreisen *B* und *C* zeigt.

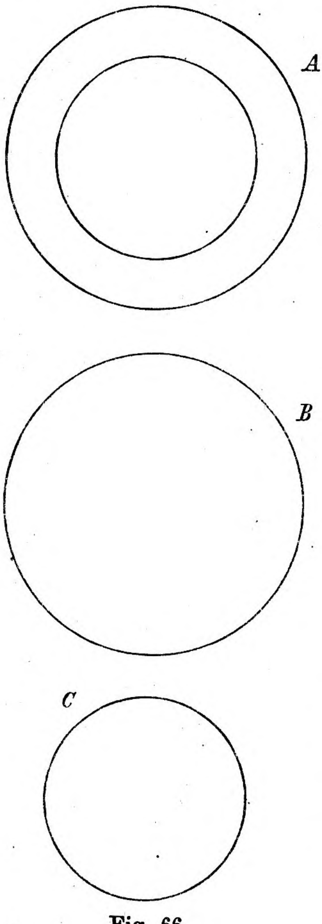

Fig. 66.

Delboeuf hat für diese Täuschung eine ganz andere Erklärung gegeben, indem er meint, dass die innere Figur deshalb überschätzt werde, weil sich das Auge nach der äußeren Figur hin bewege. Obgleich er quantitative Messungen der Täuschungen machte, hat er aber nicht erklärt, warum die Täuschung sehr groß für concentrische Figuren sein kann, während andere nicht concentrische, aber ebenfalls von seitlichen Theilen umfangene Figuren nicht überschätzt werden. Nach Delboeuf soll jedoch nicht nur diese Täuschungsursache in den concentrischen Figuren wirken, sondern noch eine zweite, indem, während man die äußere concentrische Figur durchläuft, man auch die inneren Conturen durchlaufen müsse, was eine größere Muskelspannung erfordere und deshalb die äußere Figur kleiner erscheinen lasse. Ferner werde der Durchmesser des äußeren Kreises durch den inneren Kreis getheilt und solle in Folge dessen überschätzt werden. So konnte also Delboeuf mit der einen oder der anderen dieser beiden Täuschungsursachen ebenso gut eine Ueberschätzung als eine Unterschätzung der äußeren Figur erklären. Wenn übrigens jede dieser beiden Täuschungsursachen allein wirkte, würde sie, quantitativ gemessen, bloß eine sehr kleine Täuschung verursachen. Wie kann man dann aber annehmen, dass, wenn beide einander entgegen wirken, sie so bedeutend große Täuschungen in den concentrischen Figuren hervorrufen? Delboeuf beobachtete, dass die Täuschung mindestens $^1/_4$ beträgt, nämlich ein Kreis von 3 cm Durchmesser wurde gleich einem von 4 cm geschätzt[1]).

---

1) Wie wenig eine solche Attraction wirkt, kann man sehen, indem man nicht concentrische, sondern neben einander liegende Linien oder Bogen vergleicht. Die in der Mitte liegende Strecke wird nicht überschätzt, und die von dem Endtheile markirte Strecke wird nicht unterschätzt, sondern eher überschätzt. Wir haben früher darauf hingewiesen, dass thatsächlich eine solche Attraction der Augen über die Grenzen einer Strecke von nebenstehenden Linien überhaupt nicht immer so wirkt, dass eine Ueberschätzung dieser Strecke entsteht. Vielmehr wenn die seitlich liegenden Theile passend perspectivisch aufgefasst werden, kann sogar eine Unterschätzung vorkommen. Dieselbe Erklärung, welche Delboeuf für die concentrischen Figuren gab, hat er auch bei den Müller-Lyer'schen Figuren angewendet. Er hielt die Täuschung an concentrischen Figuren für ein Beweismittel, um die Richtigkeit seiner Erklärung der Müller-Lyer'schen Figuren durch Analogie zu bestätigen. Das soeben Gesagte genügt, um zu beweisen, dass beide Erklärungen von Delboeuf unzulässig sind.

§ 5. Allgemeine Täuschungsursachen bei Größenschätzungen.

Wir wollen hier zunächst einige Thatsachen untersuchen, welche Delboeuf veröffentlichte, um seine Hypothese betreffs der Täuschung bei den Müller-Lyer'schen Figuren zu vertheidigen. Die Täuschung bei den Figuren bleibt bestehen, wenn man den schrägen Linien (Fig. 40) die Form von Halbkreisen gibt (Müller-Lyer). Als Delboeuf die Kreise vervollständigte, blieb die Täuschung bestehen. Delboeuf macht nun ferner darauf aufmerksam, dass sich die Täuschung abändert, wenn man in den Kreisen Parallellinien zieht. Er findet, dass die Täuschung größer wird, wenn die Linien in den Kreisen in derselben Richtung wie die horizontalen Geraden in Fig. 40 gezogen werden, und dass sie kleiner wird, wenn jene Linien zu diesen Geraden senkrecht gezogen werden. Haben die Parallellinien die Richtung der geraden Linien, so ziehen sie den Blick von dieser fort; hierdurch glaubt Delboeuf beweisen zu zu können, dass die Anziehung der Linien jenseits der Grenzen der Geraden in der Regel die Täuschungsursache bei der Müller-Lyerschen Figur sei.

Vergleicht man die Linien CD, $\gamma\delta$ und cd in Fig. 67, so ist es richtig, dass die Täuschung in Fig. III größer als in Fig. II ist; dagegen ist die Täuschung in Fig. III größer, wenn man die äußeren Strecken $\gamma'\delta'$ und $c'd'$ vergleicht. Dies konnte Delboeuf nicht leicht beobachten, weil er keine quatitativen Untersuchungen ausfünrte. Wir zeichneten Figuren, deren Distanz $CD = \gamma\delta = cd$ 34,5 mm war. Die Beobachter verglichen die einzelnen Strecken successiv mit einer geraden Linie, auf welcher sie mittelst des früher beschriebenen Zirkels eine Strecke abnahmen, die ihnen von gleicher Größe schien:

	CD		$\gamma\delta$		cd	
Beobachter A	36,9	0,2	38,9	2,3	36,7	1,8
- H	36,7	0,5	38,9	1,3	36,8	1,3
- E	35,8	0,3	37,7	0,8	35,4	0,6

Daraus ersieht man, dass die Täuschung für $\gamma\delta$ größer ist als für CD und cd. Die mittlere Variation ist für CD eine minimale.

Wir untersuchten dann auf dieselbe Weise die Strecken $C'D'$, $\gamma'\delta'$ und $c'd'$, welche 80 mm maßen:

	$C'D'$		$\gamma'\delta'$		$c'd'$	
Beobachter A	73,5	0,9	79,4	0,4	75,0	1,5
Beobachter E	74,3	0,7	78,3	0,5	75,9	1,0

Die Täuschung ist hier eine minimale für $\gamma'\delta'$, ebenso die mittlere Variation.

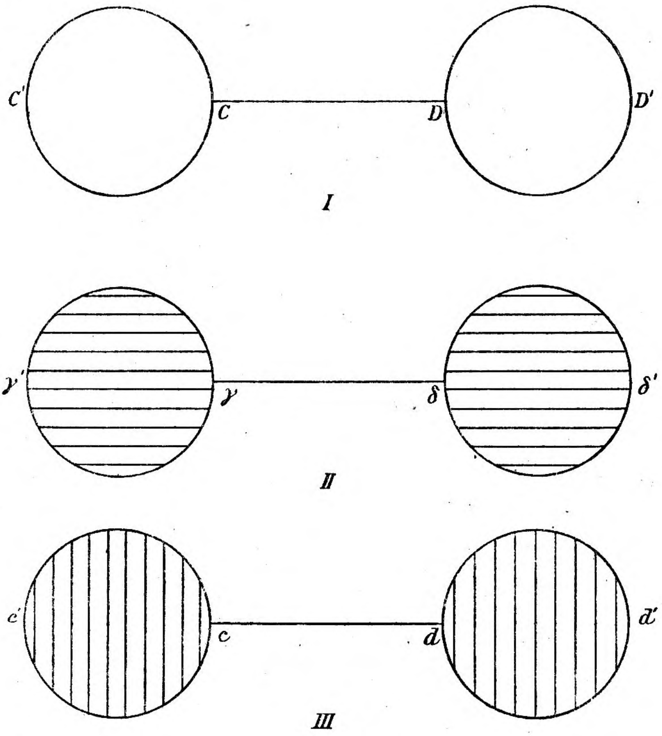

Fig. 67.

Im Gegensatze zu der Annahme Delboeuf's wird also die Vergrößerung der Täuschung nicht dadurch verursacht, dass die Parallellinien den Blick über die Grenzen der zu vergleichenden Strecke lenken oder auf ihr zurückhalten. Delboeuf beachtete eben nicht die Täuschung, welche in einem beliebigen, Parallellinien enthaltenden Kreise, oder die analoge, die in beliebigen durch Parallellinien eingetheilten Figuren stattfindet (Fig. 68). Jede solche Figur erscheint in der Richtung der Parallellinien erweitert, woraus sich die soeben besprochenen Thatsachen erklären.

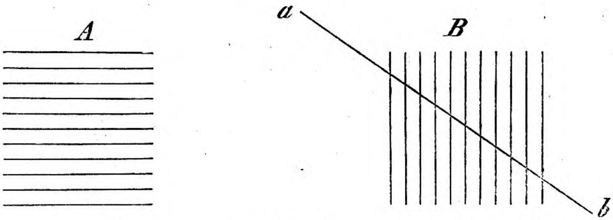

Fig. 68.

Ganz dasselbe gilt auch von der andern von Delboeuf veröffentlichten Figur. Das Quadrat *C* (Fig. 69) erscheint breiter und nicht so hoch als das Quadrat *D*. Dies rührt davon her, dass die Höhe des Quadrates *C* durch eine wagerechte Linie halbirt ist.

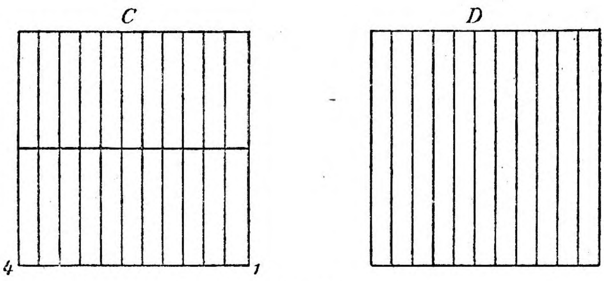

Fig. 69.

Wundt bemerkte, dass im allgemeinen jede beliebige halbirte Strecke kleiner erscheint, weil das Auge, anstatt die Strecke gleichmäßig zu durchlaufen, sich auf den Mittelpunkt heftet. So erscheint auch hier die verticale Strecke 1—3 kleiner als die gleich große horizontale. Noch manche andere Täuschungen, die von Müller-Lyer, Wundt u. A. mitgetheilt sind, erklären sich ohne weiteres nach Analogie von Fig. 68 oder 69.

Die gothischen Bauwerke, besonders diejenigen der zweiten Periode, bestehen aus neben einander stehenden Säulchen, welche ununterbrochene Parallellinien in senkrechter Richtung darbieten; diese Bauwerke erscheinen höher und schmäler.

Die antiken griechischen Bildsäulen waren mit langfaltigen Kleidern bedeckt, deren Falten ununterbrochen in der senkrechten Richtung liefen; diese Kleidung scheint die Statur schlanker und höher zu machen.

Alle diese Täuschungen basiren auf dem allgemein bekannten Gesetze, dass die vom Auge durchlaufenen Strecken größer als jene erscheinen, welche es sieht, ohne sie zu durchlaufen, oder die es nur theilweise durchläuft.

Um für diese Classe von Täuschungen noch weitere messende Bestimmungen zu gewinnen, verglichen wir mittelst des früher beschriebenen Zirkels eine gerade Linie mit der Breite eines in Papier ausgeschnittenen Quadrats, wenn dieses Quadrat entweder aus weißem oder aus in Millimeterquadraten liniirtem Papier bestand. Die verwendeten Quadrate hatten 40 mm lange Seiten:

	Weißes Papier		Liniirtes Papier	
Beobachter H	39,5	1,1	40,1	0,9
Beobachter A	40,1	0,4	41,45	0,3

In Folge des früher besprochenen Einflusses der Convergenz sind die Zahlen kleiner, wenn die Höhe verglichen wird.

	Weißes Papier		Liniirtes Papier	
Beobachter A	39,87	1,1	39,96	0,3

Die Linien, welche vorwiegend in einer Figur die Aufmerksamkeit fesseln und so den Blick bestimmen, sie in ihrer Richtung zu durchlaufen, treten lebhafter hervor; in dieser Richtung wird daher die Größe der Linien überschätzt. Diese Art Linien nennt Wundt Fixationslinien[1]). So sagt z. B. Wundt mit Beziehung

1) Wundt, Physiol. Psychol. 4. Aufl. II, S. 148.

auf die Figur 70: »Da die Figur verticale Fixationslinien zeigt, während in der horizontalen Richtung dieselben fehlen, schätzen wir die verticale Ausdehnung größer als sie ist«.

Die stereoskopischen Beobachtungen über den Streit der Conturen bieten ein weiteres Beispiel einer solchen Wirkung. In einem Experimente von Wundt wird jedem Auge eine Figur dargeboten; beide Figuren unterscheiden sich darin, dass die eine verticale, die andere horizontale Gerade enthält (Fig. 71). Wenn man nun die beiden Bilder durch ein Stereoskop vereinigt, so erscheint uns die Totalfigur entweder mit den horizontalen oder den verticalen Linien, je nachdem wir eine Bewegung der Augen nach der einen oder der andern Richtung vornehmen. Die Bewegung kann zufällig, unfreiwillig oder absichtlich sein.

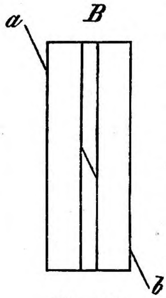

Fig. 70.

Man sieht also, dass die Muskelbewegung des Auges in einer bestimmten Richtung das Sehen der Linien begünstigt, die nach dieser Richtung gezogen sind. Da nun unsere Augen sich naturgemäß nach den bequemsten Functionsbedingungen einstellen, so

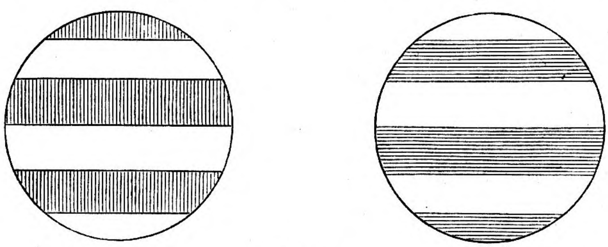
Fig. 71.

durchlaufen wir im allgemeinen eine Figur in der Richtung der vorwiegenden Linien, welche hauptsächlich die Figur bilden.

Wundt hat auch gezeigt, dass ein solcher Umstand zur Täuschung in der Figur von Müller-Lyer beiträgt. In der stumpfwinkligen Figur (der oberen Fig. 40) stellen die Schenkel mit der Hauptlinie zusammen eine Fixationslinie dar. Nun durchläuft das Auge mit einem einzigen Blicke die Schenkel und die Hauptlinie, wogegen es in der spitzwinkligen Figur (der unteren Fig. 40) nur die Hauptlinie durchläuft.

Müller-Lyer hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Schenkel eines spitzen Winkels kleiner erscheinen als die eines stumpfen. Diese Täuschung beruht auf demselben Princip. In den stumpfen Winkeln sind die Schenkel nicht weit davon entfernt, eine einzige Richtung zu bilden, die gleichzeitig Fixationsrichtung wird; die Schenkel eines spitzen Winkels hingegen bilden sehr abweichende Richtungen.

Müller-Lyer meinte, die Täuschung werde dadurch hervorgerufen, dass der durch einen spitzen Winkel eingeschlossene Zwischenraum geringer sei als der durch einen stumpfen Winkel umschlossene, und das Urtheil über den eingeschlossenen Zwischen-

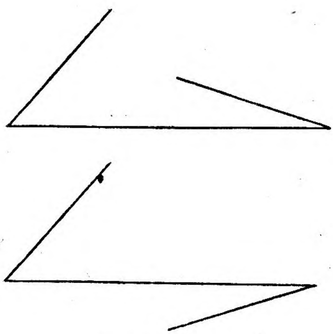

Fig. 72.

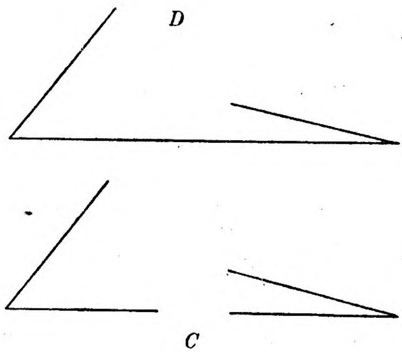

Fig. 73.

raum beeinflusse jenes über die Schenkelgröße des Winkels. Experimente, die von Láska[1]) ausgeführt worden sind, zeigen aber, dass dem nicht so ist; in Fig. 72 erscheinen die Schenkel des spitzeren Winkels länger. Dies rührt davon her, dass die horizontale Linie, weil sie länger ist, Fixationslinie wird. Da sich nun der schräge Schenkel des spitzeren Winkels dieser Fixationsrichtung nähert, und zwar am meisten, so wird auch dieser Schenkel überschätzt.

Ein anderes gleichfalls von Láska herrührendes Beispiel zeigt dies noch klarer. In der Figur *C* (Fig. 73) erscheint der schräge Schenkel des spitzen Winkels kleiner als der analoge schräge Schenkel des größeren Winkels. In der Figur *D* findet das Gegentheil statt: hier stellen die horizontalen Schenkel, da sie verbunden sind, eine mehr hervortretende lange Linie dar, welche Fixationslinie

1) Láska, Archiv f. Physiologie, 1890, S. 326.

wird. Doch sei bemerkt, dass Láska diese Täuschungen, statt sie an die Erscheinungen der Fixationslinien anzureihen, von einem neuen Princip, das er das »Princip der Discontinuität« nennt, abhängig machte. Nach diesem Principe sollen wir Linien beurtheilen, indem wir ihre freien Enden in irgend einem Punkte der Figur durch imaginäre Linien verbinden, so als wenn alle Unterbrechungen ausgefüllt wären. So z. B. ergänzt Láska die Figuren 72 und 73 in der in Fig. 74 angegebenen Weise. Er bemerkt nun, dass sich die Täuschung im entgegengesetzten Sinne zeigt, d. h. dass die schrägen Schenkel des minder spitzen Winkels größer erscheinen. Er meint, dies werde dadurch hervorgerufen, dass in diesem Falle die Unterbrechungen ausgefüllt werden, indem man die freien Enden der Schenkel der spitzeren Winkel und in derselben Weise die der minder spitzen Winkel verbinde. Da diese letzteren imaginären Linien größer seien, so sollen die Schenkel selber größer erscheinen. Aber, wie wir gesehen haben, wird das Auge diese Figur in der verticalen Richtung durchlaufen, da in dieser Richtung die wesentlichen Elemente symmetrisch geführt sind; die Schenkel der weniger spitzen Winkel werden also in diesem Falle länger erscheinen, weil sie mehr in der Blickrichtung liegen.

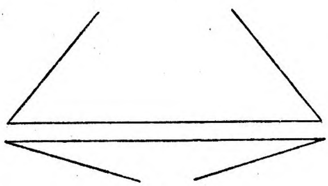

Fig. 74.

Aus diesen zwei Beispielen ersieht man, wie leicht es ist, die durch Müller-Lyer beschriebene Täuschung über die Schenkel der spitzen und stumpfen Winkel zu verändern und die umgekehrte Täuschung an deren Stelle zu setzen. Ueberdies ist, wie Müller-Lyer selbst bestätigt, die Täuschung äußerst minimal. Diese beiden Umstände beweisen, dass die Ueberschätzung der Schenkel eines stumpfen Winkels die Täuschungsursache der Müller-Lyer'schen Figuren nicht sein kann.

Vermöge einer wohlbekannten Täuschung erscheint ein gleichseitiges Dreieck gleichschenklig aber ungleichseitig; die eine Seite erscheint kleiner als die beiden anderen. Denkt man sich, dass irgend eine der drei Seiten die Basis des Dreiecks sei, so erscheint diese Seite sofort kleiner; die anderen erscheinen unter sich gleich, aber größer als jene. Man kann sich daher successive je eine der drei Seiten als Basis des Dreiecks denken und solchermaßen die scheinbaren Größen ändern. Wenn man bei dieser Täuschung die eine Seite als Basis annimmt, betrachtet man aber in Wirklichkeit als symmetrische Linie die auf der Mitte jener Seite gezogene Senkrechte, und diese ist dann die Blickrichtung. In Fig. 75 *A* sind zwei Seiten eines Dreiecks zwei Seiten eines andern parallel. Die nicht wagerechten parallelen Seiten liegen auf der Verlängerung zu einander. Die parallelen Seiten sind gleich lang, die dritte Seite wird daher als die Basis angesehen. Der soeben besprochenen Täuschung gemäß erscheinen nun die beiden ersten Seiten verlängert, und es scheint die Höhe des Dreiecks vergrößert, woraus sich erklärt, dass die in Wirklichkeit auf der Verlängerung zu einander liegenden Seiten zwar parallel, aber gegen einander verschoben erscheinen. Es scheint so, als wäre das untere Dreieck etwas nach rechts verstellt. Verlängert man dagegen die wagerechte Seite um eine sehr geringe Größe (Fig. 75 *B*), so findet die Täuschung in umgekehrter Richtung statt: es scheint nun das untere Dreieck nach links verstellt zu sein. Durch diese Abänderung der Figur ist nämlich die wagerechte Linie vergrößert worden, und dies genügt, um die früher untersuchte Täuschung der beiden, von einer Transversalen durchkreuzten Parallellinien zu erzeugen (s. oben Fig. 70). Brentano hat diese Figuren mit der früheren Orts bereits mitgetheilten unzulänglichen Erklärung veröffentlicht. Der Einfluss der Fixationslinien muss nun nothwendigerweise jedes Mal eine umgekehrte Täuschung hervorbringen, wenn das Auge, statt der Richtung

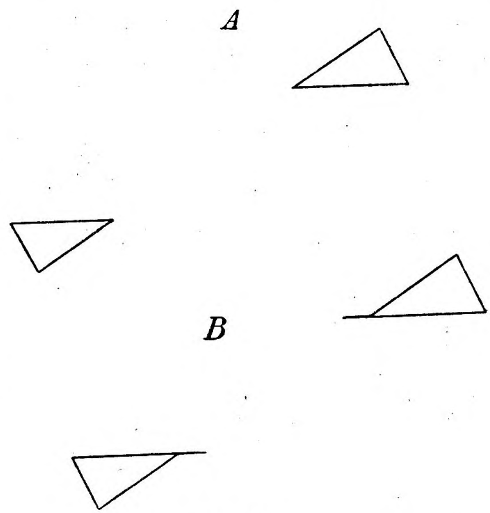

Fig. 75.

der Linien einer Figur zu folgen, gezwungen wird, diese Figur in umgekehrter Richtung zu durchlaufen. Nehmen wir z. B. das schon besprochene gleichseitige Dreieck an. Wenn wir darin von einander gleich weit entfernte, mit einer der Dreiecksseiten parallel laufende gerade Linien zeichnen, so ist es kaum mehr möglich, eine beliebige Seite als die Basis des Dreiecks zu betrachten, sondern durch die Linien werden wir veranlasst, diejenige Seite als Basis zu betrachten, zu der die Parallellinien gezogen sind. Aber auch noch auf andere Weise kann man bewirken, dass eine Seite allein als Basis betrachtet wird, und dass die Dimension der anderen beiden Seiten in Folge dessen größer erscheint. Wenn man z. B. in einem gleichseitigen Dreieck eine Seite durch Farbe oder durch Punktirung auszeichnet, so wird diese als die Basis angesehen. Lässt man in der Dreiecksfigur, die durch die Parallellinien zur Basis gewonnen ist, die beiden andern Seiten ganz weg, so dass die Richtung dieser Seiten nur durch die Enden der Parallellinien bezeichnet wird, so muss der Blick, um sich über die Form der Figur klar zu werden, die zu den Parallellinien senkrechte Richtung durchlaufen. Da also das Auge nicht den Parallellinien folgen kann, sondern die Höhe des Dreiecks durchläuft, so scheint diese Höhe größer zu sein, eine Täuschung, die außerdem durch die Eintheilung der Figur unterstützt werden kann.

Aus den Hering'schen und Kundt'schen Experimenten weiß man, dass eine durch unzusammenhängende Punkte gezeichnete Strecke größer erscheint als eine ununterbrochen gezeichnete. Ferner erhält man verschiedene quantitative Ergebnisse, je nachdem man mit Punkten oder mit zu der gemessenen Richtung senkrechten geraden Linien experimentirt. Kundt hat sorgfältige Versuche gemacht, um die Größe der Täuschung zu bestimmen, die uns eine von Punkten ausgefüllte Strecke größer als eine leere Strecke erscheinen lässt. Die von ihm erhaltenen Zahlen waren kleiner als die von Aubert bei sonst gleichen Verhältnissen an geraden Linien erhaltenen, die durch leere Zwischenräume getrennt sind. Dieser Unterschied bei so genauen Experimentatoren fiel Messer auf, welcher die Kundt'schen und Aubert'schen Experimente erneuerte [1],

1) Poggendorff's Annalen, CLVII, S. 172.

und es gelang ihm nachzuweisen, dass der Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Gelehrten ein regelmäßiger und constanter ist, indem bei geraden Linien die Täuschung stets größer ist als bei unzusammenhängenden Punkten. Auch fand Messer, dass die Distanz zwischen den Parallellinien um so größer erscheint, je länger die Parallellinien sind. Ebenso erscheint bei geraden Linien, welche so angeordnet sind, dass ihre Enden den Umriss eines vollkommenen Quadrats bilden, das Quadrat in der zu den Parallellinien senkrechten Richtung größer. Auch hier entscheidet, wie beim Dreieck, neben der vergrößernden Wirkung der Eintheilung, die Richtung, in welcher das Auge die Figur durchläuft.

Wäre die früher (S. 109) erwähnte Delboeuf'sche Erklärung der von ihm beobachteten scheinbaren Verkleinerung einer aus concentrischen Kreisen bestehenden Figur richtig, so müsste eine getheilte Linie dieselben Täuschungen darbieten. Ein Kreis, welcher zwei andere Kreise umschließt, hat 6 Eintheilungen in der Richtung des Durchmessers; er müsste also größer erscheinen als ein einfacher Kreis vom selben Durchmesser. In der That erscheint auch, wenn man nicht einen Kreis (wie in Fig. 66, S. 108), sondern zwei Kreise concentrisch in einen größeren Kreis einfügt, dieser Kreis nicht kleiner, wie Delboeuf glaubt, sondern größer als ein leerer Kreis, und diese Täuschung wird noch größer, wenn man die Zahl der concentrischen Kreise weiter vermehrt. Doch geht dies nur bis zu einer gewissen Grenze, jenseits deren dann die Täuschung wieder abnimmt. Dies zeigen die folgenden Messungen. Ein einfacher Kreis oder ein Kreis von gleichem Durchmesser, welcher zwei oder mehr andere, kleinere Kreise umschloss, wurde dem Beobachter vorgelegt, welcher die Distanz eines Zirkels abänderte, bis dieselbe ihm dem Kreisdurchmesser gleich schien. Der Zirkel wurde hierbei auf eine gerade Linie gelegt, und die Versuchsperson veränderte die Distanz des Zirkels mittelst einer angebrachten Schraube.

Tabelle LVI.

	1 Kreis		3 Kreise		14 Kreise		28 Kreise	
Beobachter A	27,6	0,7	28,1	0,9	29,6	1,0	28,8	0,7

Bei 28 concentrischen Kreisen fand sich demnach ein Maß von 28,83 mm, während bloß 14 Kreise ein solches von 29,66 mm ergaben. Ein Raum scheint nicht proportional der Zahl seiner Eintheilungen größer. Dagegen ist bekannt, dass ein regelmäßig eingetheilter Raum kleiner erscheint als ein unregelmäßig eingetheilter.

Wir haben bereits gesehen, dass eine in zwei gleiche Theile getheilte Linie kürzer erscheint als eine eingetheilte Linie, dies hängt nach Wundt davon ab, dass man, sobald man die Mitte einer geraden Linie bezeichnet, versucht wird, die ganze Linie durch Fixirung dieses Mittelpunktes zu sehen, ohne sie zu durchlaufen. Vielleicht könnte man sagen, dass dasselbe bei zwei concentrischen Kreisen geschieht, und dass man dabei versucht wird, diese Kreise durch Fixirung des gemeinschaftlichen Mittelpunktes zu sehen, ohne diese Kreise zu durchlaufen, und dass der äußere Kreis deswegen kleiner erscheine. Ein anderer Factor besteht darin, dass wir, wenn wir die Mitte einer wagerechten Strecke fixiren, versucht werden, die Mitte in größere Entfernung zu localisiren als die Enden und zwar wegen der Disparität der Bilder.

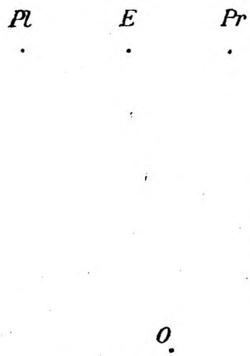

Fig. 76.

Die drei Punkte (Fig. 76) sind in gleichen Abständen von einander und auch vom Beobachter O gleich entfernt. Da die Strecke EPl dem linken Auge näher ist als dem rechten, so ist sie auf der Netzhaut dieses Auges größer als die Strecke PrE (umgekehrt für das rechte Auge); die beiden ungleichen Halbbilder erwecken aber stereoskopisch combinirt den Schein, als ob der Punkt E vom Beobachter entfernter wäre als die beiden andern Punkte. Helmholtz beobachtete diese Täuschung mittelst dreier senkrechter Stangen oder Fäden und stellte die Lage fest, welche der Faden E vor den Punkten Pr und Pl einnehmen musste, damit diese drei Punkte auf einer geraden Linie zu liegen schienen. Wir denken, dass die griechischen Architekten aus diesem Grunde der Vorderseite des Tempels eine leichte convexe Biegung gaben, damit die Mitte der Tempelfront nicht vertieft aussehen sollte. Diese Ursache steht zugleich in Verbindung mit dem Umstande, dass das subjective Sehfeld kugelförmig ist.

Dass eine in zwei gleiche Theile getheilte Distanz kleiner scheint, ist eine dem Gesichtssinne eigenthümliche Täuschung. So scheint sie z. B. beim Tastsinn nicht kleiner, sondern größer als eine ungetheilte Distanz. Abgesehen von den in zwei Theile getheilten Distanzen ist aber die Ueberschätzung der getheilten Distanzen beim Tast- wie beim Gesichtssinn übereinstimmend zu finden.

§ 6. Schlussbemerkungen.

Es ist eine interessante Thatsache, dass bei den geometrisch-optischen Täuschungen die Schätzung einem rein sinnlichen Reize zu entsprechen scheint, so dass, wenn die Versuchsperson befragt wird, warum sie von zwei gleich großen Figuren die eine größer schätzt als die andere, sie dies nicht sagen kann, also z. B. auch über die Motive der Perspective sich keine Rechenschaft gibt. Hiernach beruht die Täuschung auf einer Art von Simultan-Association, die man Assimilation nennt[1]). Bei dieser Associationsform glaubt man das äußere Object unmittelbar und nur nach seinen unmittelbar gegebenen Eigenschaften wahrzunehmen, während in der That sich auch andere mittelbare, durch Gewohnheit erworbene Elemente an der Vorstellung des Objectes betheiligen, ohne dass das Bewusstsein von diesem Zusatz eine besondere Vorstellung empfängt. Bekannte Assimilationen sind beispielsweise diejenigen, welche darin bestehen, dass man ein bekanntes Wort liest, wo nur einige bedeutungslose Buchstaben vorhanden sind. In diesem Falle merken wir gar nicht, dass wir zu den vorhandenen Buchstaben irgend etwas hinzugefügt haben, vielmehr glauben wir das Wort wirklich gesehen zu haben. Noch auffallender ist eine solche Assimilations-Association, wenn man die auf den Coulissen einer Bühne gemalten Gegenstände wahrnimmt. Wir haben auch in diesem Falle keine Ahnung von den vielen Elementen, die wir dem Vorhandenen hinzufügen, und wir merken z. B. keineswegs, dass diese falsche Schätzung der Dimensionsverhältnisse durch einen perspectivischen Einfluss hervorgerufen wird.

1) Wundt, Physiol. Psychol. 4. Aufl. II, S. 439.

Die Assimilation überhaupt beruht auf der Gewohnheit, diejenigen Elemente hinzuzufügen, welche man mit dem Vorhandenen immer verbunden gesehen hat. Ist man z. B. mit einer bestimmten Lectüre fortwährend beschäftigt, so werden die speciellen Worte dieser Lectüre geläufig, und man glaubt sehr oft dieselben zu sehen, wenn man auf der Straße zufällig Namen liest, die mit jenen Worten nur eine geringe Aehnlichkeit, d. h. nur einige Buchstaben und allgemeine Formen mit ihnen gemein haben (Wundt). Bei den perspectivisch-geometrischen Täuschungen können ebenso wie bei dem Anblick von Theatercoulissen Dimensionstäuschungen entstehen. Ein Unterschied zwischen beiden Fällen liegt aber darin, dass bei den perspectivisch-geometrischen Täuschungen die perspectivische Ansicht zuweilen nicht so auffallend ist.

Wir haben in der That mehrere Beispiele von geometrisch-optischen Täuschungen kennen gelernt, welche die Eigenschaft hatten, dass sie von Relief- oder perspectivischen Vorstellungen begleitet werden können. Im allgemeinen gibt es aber zwei Classen perspectivisch-geometrischer Täuschungen:

1) Täuschungen, welche so beschaffen sind, dass Relief-Vorstellungen der Figur entstehen können. Durch die Relief-Ansicht erscheint die Figur nicht mehr als eine Ebene, sondern als ein erhabenes Object. Zum Beispiel kann man diese Relief-Ansicht an den prismatischen Figuren (Fig. 4—6, Bd. XI S. 319) und bei der Helmholtz'schen Untersuchung der Zöllner'schen Figur (Bd. XI S. 313) wahrnehmen.

2) Täuschungen, bei welchen man keine directe Relief-Ansicht beobachtet, wobei man jedoch erkennen kann, dass es möglich ist, die Figur perspectivisch zu interpretiren. Das heißt: die Figur erscheint in der Zeichnungsebene, stellt jedoch erhabene Gegenstände dar, so dass sie wirklichen Gegenständen entspricht, deren verschiedene Theile in verschiedenen Entfernungen vom Beobachter liegen würden.

Man könnte die Täuschungen beider Classen erklären wollen, indem man sagte, die Relief- und die perspectivische Vorstellung veranlasse eine entsprechende Veränderung der Dimensionen der Figur. Diese Erklärung ist indess unzulässig, denn die Täuschung existirt auch, wenn die Relief- oder perspectivischen Vorstellungen nicht mehr vorhanden sind, so dass nur die Dimensionsvorstellung der Figur, d. h. die Dimensionstäuschung allein zum Bewusstsein kommt. Demnach ist die Täuschungsursache in keiner anderen Vorstellung als in der Dimensionsvorstellung selbst, d. h. in der einfachen Dimensionsschätzung der Figur zu suchen. Die falsche Schätzung, welche die Täuschung bildet, erscheint in unserem Bewusstsein als ganz unabhängig von irgend einer anderen Vorstellung; sie entsteht keineswegs als Schluss oder Ergebniss einer Reihe oder Kette von Vorstellungen. Dem entsprechend ist eine successive Association kein nothwendiges Element der Täuschung.

Um die Art der hier vorhandenen Simultanassociationen zu verstehen, muss man bedenken, dass überhaupt die Dimensionsschätzung beim Gesichtssinn immer eine Verschmelzung von mehreren Bestandtheilen ist, in denen der Gesichtswinkel und die Distanz, in welche wir das Netzhautbild projiciren, zwei nothwendige Elemente jeder Schätzung sind. Doch sind auch sie keineswegs als solche distincte Vorstellungen, sondern sie verschmelzen in der einzigen Vorstellung der Dimensionen. Betrachtet man z. B. die Sonne am freien Himmel, so wird man eine gewisse Schätzung ihrer Größe bekommen; betrachtet man alsdann die Sonne durch ein in einer schwarzen Mappe gemachtes Loch, so wird man von der Größe der Sonne eine viel kleinere Vorstellung haben (vorausgesetzt, dass die Mappe ungefähr einen Fuß vom Auge entfernt ist, und dass in dieser Lage der Gesichtswinkel des Loches ungefähr zweimal so groß ist wie derjenige der Sonne). Indem man diese scheinbare Verkleinerung der Sonne beobachtet, wird man nicht zum Bewusstsein davon gelangen, dass dieselbe dadurch verursacht worden ist, dass man die Sonne viel näher projicirt hat. Man hat vielmehr keine Ahnung davon, dass man dieselbe einmal näher und einmal weiter projicirt; nur die Reflexion a posteriori kann uns hierüber aufklären.

Die Projectionsdistanz, der Gesichtswinkel sowie die anderen Elemente der Schätzung sind also keineswegs distincte Vorstellungen, die separat zum Bewusstsein gelangen und dann in einer ganz bestimmten Weise sich vereinigen, sondern sie sind verschmolzen in die Gesammtvorstellung der Dimensionsschätzung, so dass, wenn sich ein ein einziges Element ändert, die Gesammtvorstellung auch sich ändert, insofern dieses Element ein constitutiver Bestandtheil der Gesammtvorstellung ist. Aber nur diese Veränderung des Ganzen, d. h. der Gesammtvorstellung, ist für unser Bewusstsein wahrnehmbar. So ist die Veränderung der Projectionsdistanz im obigen Beispiele unwahrnehmbar; bloß die Veränderung der scheinbaren Größe der Sonne wird wahrgenommen.

Ueberhaupt kann das Bewusstsein keineswegs sagen, ob die wahrgenommene Veränderung der Gesammtvorstellung von der Veränderung des einen oder des andern Elementes hervorgerufen wird, denn die verschiedenen Elemente einer Gesammtvorstellung verschmelzen, so dass nur die planmäßige Untersuchung und die Beachtung der Umstände und der physiologischen und geometrischen Momente darüber entscheiden können, von welchen Veränderungen der Elemente die Veränderung der Gesammtvorstellung hervorgerufen worden ist.

In dem vorstehenden Beispiele der scheinbaren Größe der Sonne wird, obgleich man von einer Veränderung der Projectionsdistanz nichts wahrnimmt, doch niemand zweifeln, dass die Veränderung der scheinbaren Größe von jener herrührt.

In diesem Falle wäre demnach der Schluss nicht richtig: man hat keine perspectivische Vorstellung der Veränderung der Projectionsdistanz wahrgenommen, also kann die Veränderung dieser Projectionsdistanz nicht die Ursache der Veränderung der scheinbaren Größe der Sonne sein. Ein solcher Schluss kann also auch für die anderen in dieser Arbeit behandelten Täuschungen nicht richtig sein. Nicht nur haben Nebenvorstellungen offenbar Einfluss auf eine Vorstellung, sondern auch deren verschiedene Bestandtheile. Ein solcher Bestandtheil, keine Nebenvorstellung, ist aber die Projectionsdistanz. An und für sich kann sie nicht von der Schätzung, auf die sie eine Wirkung ausübt, abgetrennt werden; sie braucht nicht selbst eine besondere Vorstellung zu bilden, um einen Einfluss auf die Gesammtvorstellung auszuüben, welche sie mit anderen Bestandtheilen constituirt, sondern man muss annehmen, dass, wenn ein Bestandtheil einer solchen Vorstellung verändert wird, dieses einen Einfluss auf die Gesammtvorstellung ausübt. Bloß in einem speciellen Sinne darf man sagen, die perspectivisch-geometrischen Täuschungen seien unbewusste Schlüsse, insofern nämlich, als die Schätzung als eine unmittelbare erscheint. Eine wissenschaftliche

Darlegung ist aber allein im Stande, den Einfluss der verschiedenen Elemente der Schätzung und speciell den der perspectivischen Elemente direct zum Vorschein zu bringen; gerade so wie Wundt für mehrere andere psychologische Gebiete diesen Process beschreibt. So verhält es sich z. B. mit optischen Täuschungen gerade so wie mit Vorstellungen der Bewegung. Die Vorstellung der Dimensionen der Gegenstände ist für uns die Hauptsache, während die Elemente einzeln nicht in Betracht kommen.

In diesem Sinne ist es richtig, dass distincte perspectivische Vorstellungen im allgemeinen die geometrisch-optischen Täuschungen nicht verursachen, da solche distincte Vorstellungen an und für sich erst nach Ueberlegung erscheinen und zuweilen überhaupt nicht zum Vorschein kommen. Die perspectivische Erklärung der Täuschung ist daher nicht so zu verstehen, dass eine perspectivische Vorstellung nothwendig sei, damit die Täuschung entstehe. Vielmehr haben viele Menschen, für welche diese Täuschungen bestehen, die perspectivische Bedeutung der Figuren überhaupt nicht bemerkt[1]).

---

1) Anmerkung des Herausgebers. Den eingehenden Untersuchungen des Verf.'s, die über die wechselseitigen Beziehungen zahlreicher geometrisch-optischer Täuschungen Licht verbreiten, möchte ich nicht unterlassen hier die kurze Bemerkung beizufügen, dass ich zwar mit dem Verf. die große Bedeutung der perspectivischen Projection für diese Erscheinungen anerkenne, dass ich aber mit seinen Interpretationen, insofern in denselben fast durchgängig die perspectivische Vorstellung als primäre Ursache der Täuschungen betrachtet wird, nicht überall einverstanden sein kann. Ich glaube vielmehr, dass in der Regel die perspectivische Vorstellung selbst erst als die Wirkung anderer primärer Momente, namentlich der Augenstellungen und Augenbewegungen, zu betrachten ist, und es scheint mir, dass der Beweis für diese These zu einem großen Theil aus den oben mitgetheilten Beobachtungen selbst sich ergibt. Ich behalte mir vor, demnächst in einem besonderen Aufsatze dieser Studien auf diesen Gegenstand zurückzukommen.

Nachtrag. In dem Augenblick, in dem die letzte Correctur dieser Arbeit zur Druckerei gehen soll, erhalte ich einen Aufsatz von Prof. G. Heymans in Groningen mit dem Titel »Quantitative Untersuchungen über das optische Paradoxon« (Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, Bd. IX, S. 221—255), der sich mit der Täuschung der Müller-Lyer'schen Figuren beschäftigt. Die interessante Untersuchung von Heymans hat demnach dasselbe Thema wie ein Theil der in § 3 der obigen Arbeit enthaltenen Beobachtungen, und es ist erfreulich zu bemerken, dass in einigen wichtigen und für die Erklärung entscheidenden Punkten die Resultate beider Beobachter zusammentreffen. In anderer Beziehung divergiren sie freilich, hauptsächlich deshalb, weil die Messungen Thiéry's an den Müller-Lyer'schen Figuren in Beziehung zu andern verwandten Erscheinungen gebracht sind, die Heymans nicht herbeigezogen hat. Da die obige Arbeit lange vor dem Erscheinen der Heymansschen abgeschlossen und sogar gedruckt war (das Manuscript wurde zu Anfang des Sommers, der Satz im August d. J. vollendet, aber bis zum Schluss der Ferien zurückgestellt), so war es selbstverständlich für Herrn Thiéry nicht mehr möglich, die Untersuchungen von Heymans zu berücksichtigen.

1. November 1895. W. Wundt.