

Ueber geometrisch-optische Täuschungen.

Von

Armand Thiéry.

(Fortsetzung.)

Mit 10 Figuren im Text.

Capitel II. Grössen-Täuschungen.

§ 1. Täuschungen an unter einander gleichen Figuren, welche von parallelen Transversalen geschnitten werden.

Wundt¹⁾ hat darauf aufmerksam gemacht, dass eine Reihe von gleichen Kreisbogen denselben Einfluss ausübt wie Tangenten, die an den Endpunkten der Bogenabschnitte gezeichnet wurden. Durch die Convergenz dieser Tangenten scheint der dem Convergenzpunkte am nächsten liegende Kreisbogen größer, und in Folge dessen scheinen, wie in der Zöllner'schen Figur, die zwei parallelen geraden Richtungen, welche die Endpunkte der Kreisbogen verbinden, nach diesem Convergenzpunkte zu divergiren (Fig. 25). Der Einfluss dieser Convergenz wird in Fig. 26 noch dadurch unterstützt, dass die Convergenz der vier hier gezeichneten geraden Linien nach demselben Punkte hin gerichtet ist; in Fig. 27 dagegen ist die Convergenz der geraden Linien nach dem entgegengesetzten Punkte gerichtet. An diesen Figuren bilden die Tangenten mit den beiden imagi-



Fig. 25.

1) Wundt, Grundzüge. 4. Aufl. Bd. II. S. 151.

nären Parallelen einen Winkel von 55° und die geraden Linien mit denselben Parallelen einen Winkel von 34° . Da bei einem Winkel von 30° das Maximum der Zöllner'schen Täuschung entsteht, so muss der Winkel von 34° einen vorwiegenden Einfluss haben, weshalb die Convergenz der Geraden mehr hervortritt als bei Fig. 25. Uebrigens wird, wie Wundt bemerkt, die Täuschung noch dadurch begünstigt, dass bei Fig. 27 das Centrum der Kreise in gleichen Richtungen liegt mit den Convergenzpunkten der geraden Linien. Die Figuren werden in Folge dessen leicht als ungleiche Stücke zweier concentrischer Ringe aufgefasst. Bei Fig. 26

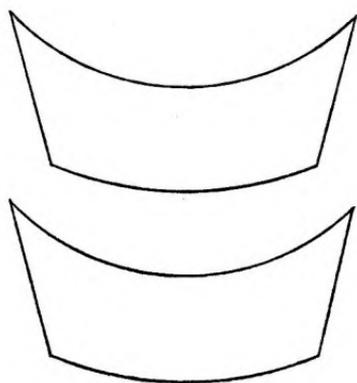


Fig. 26.

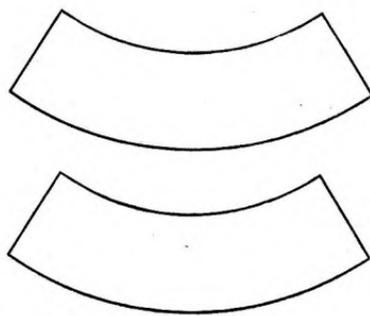


Fig. 27.

dagegen ist eine solche Auffassung nicht möglich, vielmehr liegen Centrum der Kreise und Convergenzpunkt der Geraden einander gegenüber, so dass die Auffassung der Convergenz erschwert erscheint. In Folge dessen ist hier in der That die Täuschung geringer.

Man kann noch durch einige weitere sehr einfache Figuren zeigen, dass die Zöllner'sche Täuschung auch dann noch zu Stande kommt, wenn die Hauptstreifen der Zöllner'schen Figur hinwegfallen. Es seien AC , ac und BD , bd (Fig. 28) vier Querstriche der Zöllner'schen Figur. Aa und Bb divergiren dann nach oben, wie dies schon Zöllner bemerkt hat. Müller-Lyer hat dieselbe Thatsache in anderer Form beobachtet; er sah, dass AB größer schein als ab , wenn er $ABCD$ und $abcd$ in der Weise verband,

dass Trapeze entstanden (Fig. 29). Das obere Trapez erscheint dann größer als das untere¹⁾.

Wir haben auch hier vermitteltst des oben (Fig. 12, S. 331 f.) beschriebenen großen Rahmens die Größe dieser Täuschung zu messen gesucht. Die Trapeze hatten eine Höhe von 4 cm. Der Beobachter verglich die kleineren parallelen Seiten AB und ab . Das Trapez, welches in der Richtung liegt, nach welcher die Seiten des

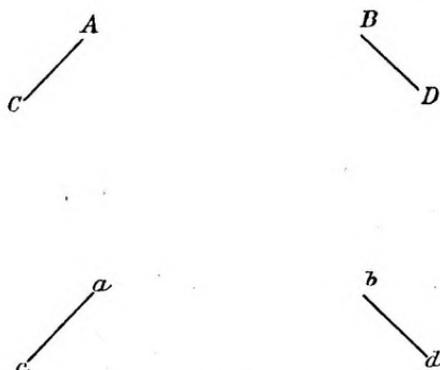


Fig. 28.

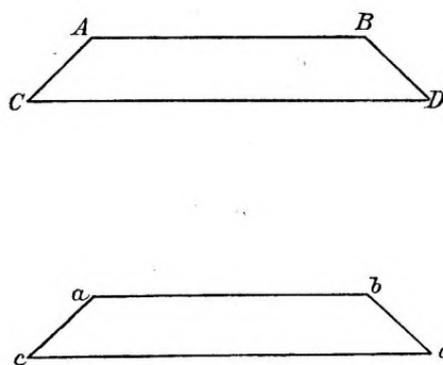


Fig. 29.

anderen divergieren, hatte seine parallelen Seiten constant und zwar gleich 25 cm und 15 cm; der freie Raum zwischen beiden Trapezen betrug 10 cm. Wir ließen nun den Rahmen in seiner Ebene drehen, so dass die Seiten des Vergleichstrapezes gegen verschiedene Richtungen des Sehfeldes convergirten. Diese Rotationen rechnen wir von der Lage an, in welcher die Seiten gegen den Horizont des Beobachters convergieren. Die erste Zahl jedes Feldes gibt die mittlere Größe der geschätzten Linie in mm, die zweite die mittlere Variation aus 12 Beobachtungen.

1) Lommel (Lehrbuch der Physik. 1893. S. 629. Fig. 422, 423) hat in einer allgemeineren Form gezeigt, dass die Täuschung für eine Reihe von gleichen Trapezen stattfindet, und er hat daher, die oben gegebene Entwicklung umkehrend, die Figur von Zöllner durch die der gleichen Trapeze erklärt. Die convergenten Seiten bewirken, wie er meint, dass wir das Trapez, gegen welches sie convergieren, kleiner zu sehen erwarten, und da dieses in Wirklichkeit nicht kleiner werde, erscheine es uns größer.

Tabelle XVI.

Beobachter A.

0°		15°		45°		90°		180°	
165	2,3	167,5	4	151	2,5	157,5	3,9	159,1	3,2

Die Täuschung erreicht demnach ein Minimum bei 45°, ein Maximum bei 15°; sie ist stärker für 0° als für 180°.

In einer anderen Serie von Versuchen hatte das Trapez, gegen welches die Seiten des anderen divergent waren, seine parallelen Seiten constant gleich 30 cm und 20 cm.

Tabelle XVII.

	0°		45°		135°		180°	
Beobachter C	224,5	3,1	220,6	2,0	210,7	0,4	209,6	3,0
- A	217,1	4,8	202,1	2,1	198,9	0,8	198,8	1,9
- E	215,5	2,5	205,8	1,8	201,2	1,5	202,1	2,1

Die Täuschung ist stärker bei 45° als bei 135°. Bei 135° und 180° kann sie sogar im entgegengesetzten Sinne stattfinden.

Die Täuschung zeigt ein Minimum bei 45°. Wir haben dagegen gesehen, dass sie in der Figur von Zöllner ein Maximum bei 45° zeigt. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich durch die Umstände der vorliegenden Experimente: Wenn die parallelen Seiten um 45° geneigt sind, so sind die convergenten Seiten, da sie ungefähr 37° zu den parallelen Seiten geneigt sind, bis auf ein wenig beziehungsweise parallel und senkrecht zum Horizont in dem Gesichtsfelde, und, wie man bei entsprechender Drehung der Fig. 29 sehen kann, wird alsdann der Parallelismus der in dieser Stellung horizontalen Seiten AC und ac und der in der nämlichen Stellung senkrechten BD und bd mehr auffallen, und AC , ac werden Fixationslinien; ebenso BD , bd . Es lenkt daher das Verhältniss der Convergenz, in welchem AC zu BD steht, weniger

die Aufmerksamkeit auf sich, um so mehr, da der Winkel zwischen beiden wenig von 90° abweicht. Da es nun dieses Verhältniss der Convergenz ist, welches die Täuschung verursacht, so vermindert sich diese naturgemäß mit der Auffassung jenes Verhältnisses. Bei 15° sind die convergenten Seiten der Trapeze nicht parallel zum Horizont des Gesichtsfeldes, sondern um 22° geneigt gegen diesen Horizont. Wie in der Figur von Zöllner wird also die Täuschung bei 15° größer sein als bei 0° .

Ferner ist die Täuschung stärker bei 0° als bei 180° , und bei 45° stärker als bei 135° . Dies erklärt sich daraus, dass sich das Trapez, gegen welches die nicht parallelen Linien convergiren, in größerer Entfernung zu befinden scheint. Diese Täuschung ist aber bei 0° am größten. Bei 180° ist hingegen dieses Trapez dem Beobachter mehr genähert. Ebenso verhält es sich bei 45° und 135° .

§ 2. Täuschungen an gemessenen Distanzen, welche von convergirenden Transversalen geschnitten werden.

Bis jetzt haben wir die Trapeze betrachtet, welche Müller-Lyer aus der Zöllner'schen Figur herleitete. Wenn die von uns gebrachte Erklärung richtig ist, so muss man eine analoge Täuschung finden, wenn man in der Fig. 29 die Querlinien AC , BD und ac , bd verlängert, und wenn diese Linien, anstatt parallel zu sein, alle gegen einen und denselben Punkt convergiren. Und wirklich zeigt sich die Täuschung, wie man an Fig. 30 sehen kann. CD scheint größer als $C'D'$ ¹⁾. Eine experimentelle Prüfung wurde ausgeführt mit Hilfe eines Apparates (Fig. 31 u. 32), welchen Prof. Ludwig zuerst zu ähnlichen Zwecken construiert hat, und welchen

1) An Scheiben ist die Täuschung dieselbe wie an Stäbchen. Beschreibt man gleiche Kreise längs der Halbierungslinie eines Winkels, so erscheinen sie successiv kleiner, je ferner sie dem Scheitelpunkte liegen. Stellt man Körper in der Halbierungslinie einer Zimmerecke auf, so erscheinen sie auch kleiner, je ferner sie der Ecke stehen. Ebenso erscheint ein Tisch in der Mitte des Zimmers viel kleiner als in der Nähe der Wand (Holtz, Gött. Nachr. 1893). Eine der in Fig. 30 dargestellten ganz entsprechende Täuschung in Bezug auf die Größe von Rechtecken, die zwischen convergirenden Linien gezeichnet sind, beschreibt W. von Bezold (Wiedemann's Annalen, Bd. 23, 1864, S. 352).

wir ein wenig veränderten, damit er für quantitative Maßbestimmungen dienen konnte. Man denke sich ein rechteckiges Brett von Buchenholz, 20 cm breit und 40 cm lang. Das Brett ist gut gehobelt und nach den Kanten ein wenig abgerundet. Es ist sehr sorgfältig geschwärzt, und auf der schwarzen Außenfläche sind weiß angestrichene cylindrische Holzstäbchen von 25 cm Länge und 3,5 mm Durchmesser angeordnet. An einem ihrer Enden sind sie in einer Länge von 1 cm in eine Kupferhülse eingepasst, die denselben äußeren Durchmesser hat. Durch diese Kupferhülse geht ein kleiner in dem Brett befestigter Nagel, so dass die verschiedenen Stäbchen, wenn sie im Punkte *A* verbunden sind, um diesen festen Punkt sich drehen können und man also die Winkel, welche die Stäbchen mit einander bilden, nach

Belieben wechseln lassen kann. Der Stab *AB* ist in seiner ganzen

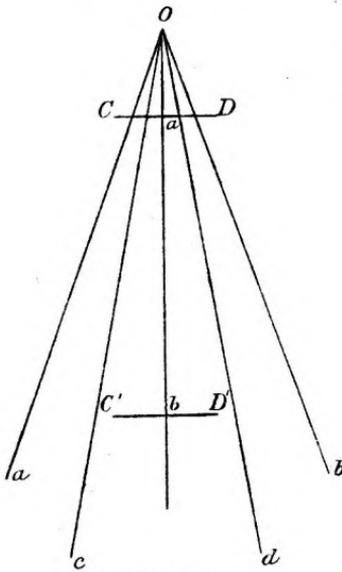


Fig. 30.

Belieben wechseln lassen kann. Der Stab *AB* ist in seiner ganzen

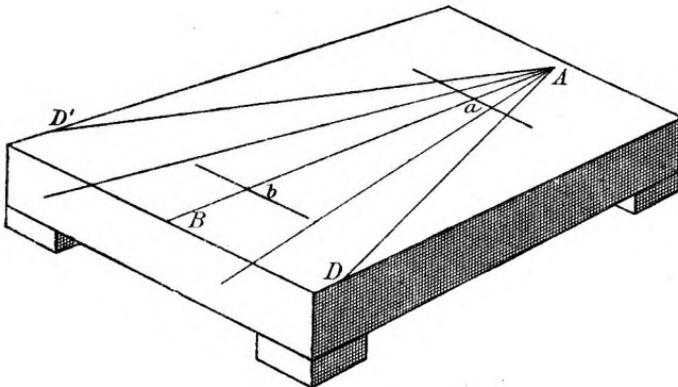


Fig. 31.

Länge auf der Fläche des Modells befestigt, die convergenten Stäbchen *AD'* und *AD* werden symmetrisch in Beziehung auf *AB* angeordnet. Der mittlere Stab *AB* trägt 2 Cylinder aus dünnem

Kupfer, die in Fig. 32 besonders dargestellt sind. Diese Cylinder sind auf ihrer ganzen Länge gespalten, um nach Belieben an dem festen Stabe hin- und hergeschoben werden zu können. Sie haben eine Länge von 15 mm und denselben inneren Durchmesser wie der Stab. Auf der oberen Seite jedes derselben ist ein anderer gleichartiger Cylinder angelöthet, dessen Achse senkrecht steht zur Achse des festen Stabes und zur Achse des beweglichen Cylinders. Die in dieser Weise aufgelötheten Cylinder können als Behälter dienen, um Stäbchen aufzunehmen, deren scheinbare Größe man vergleichen will. Wir verschafften uns exact gearbeitete Stäbchen, welche einen Durchmesser

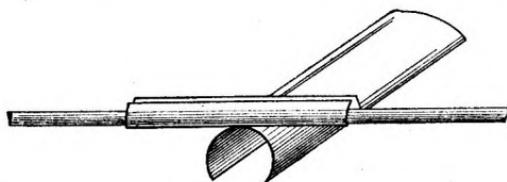


Fig. 32.

von genau 2 mm hatten, und welche wir in der Weise schnitten, dass wir eine Serie von 15 Stäbchen erhielten, die unter sich in der Länge eine Differenz von 1,5 mm hatten, wobei wir von einer Länge von 84 mm ausgingen. Wenn nun die Holzstäbe gegen den Punkt *A* convergiren und man bringt die kupfernen Behälter 7,5 cm von den äußeren Enden des festen Stabes an, so scheinen die gleich großen Stäbchen von 84 mm, welche sich in den Behältern befinden, nicht gleich, sondern das Stäbchen in der Nähe des Punktes *A* wird bedeutend größer gesehen.

1. Einfluss der Zahl der Convergenten. Symmetrisch zur Achse des Modells wurde eine Anzahl von Convergenten paarweise angebracht. Diese Anzahl ist in der Ueberschrift jeder Columne angegeben.

Tab. XVIII.
Beobachter A.

2		4		6		8	
80,1	2,2	73,0	1,2	73,2	1,9	74,0	1,1

Ergebniss: Die Täuschung wechselt mit der Zahl der Convergenten; sie ist am kleinsten bei 2, am größten bei 4 Convergenten;

sie nimmt bei 6 und 8 Convergenten langsam ab. Andere Beobachter bestätigten diese Thatsache:

Tabelle XIX.

	2 Convergenten.		4 Convergenten.	
Beobachter M	83,1	1,2	74,5	1,2
- C	80,2	1,2	70,5	1,5
- S	83,8	1,9	80,8	2,1
- H	79,8	1,1	77,5	1,1

Dasselbe Experiment mit 16 Convergenten, von denen 8 gegen den Beobachter und 8 gegen den Horizont divergirten, ergab folgende Werthe:

Tabelle XX.

C		H		E	
79,0	0,6	82,5	0,3	82,6	0,7

2. Einfluss der Lage des Modells. In den vorhergehenden Versuchen befand sich das Modell in einer solchen Lage, dass der Convergenzpunkt am entferntesten vom Beobachter war. Wenn man das Modell in seiner Ebene sich drehen lässt, bis der Convergenzpunkt dem Beobachter am nächsten liegt (Rotation von 180°), so beobachtet man nun folgende Veränderungen:

Tabelle XXI.

Beobachter A.

Zahl der Convergenten:	2		4		6		8	
Rotation 180°	79,3	1,5	82,7	0,9	80,2	1,4	81,4	2,1
- 0°	80,1	2,2	73,0	1,2	73,2	2,0	74,0	1,7

Aus dieser Tabelle ersieht man, dass im allgemeinen die Täuschung geringer wird, wenn das Modell um 180° gedreht ist.

Die folgenden bei 4 Convergenten gemachten Beobachtungen bestätigen dies:

Tabelle XXII.

Beobachter:	M		C		H	
Rotation 180°	76,8	1,4	81,8	1,6	76,3	1,1
- 0°	74,5	1,2	70,5	1,5	77,5	1,1

3. Einfluss des Durchmessers der Stäbchen. Um diesen Einfluss zu bestimmen, benützten wir das Modell mit zwei großen Stäben. Wir haben die Querstäbchen zuerst parallel senkrecht zu den großen Stäben angeordnet (Fig. 33). Mit D bezeichnen wir dickere Stäbchen von 3 mm, mit d dünnere von 2 mm Durchmesser. In allen vorhergehenden Versuchen waren nur dünne Stäbchen von 2 mm benutzt worden. Wir verbinden senkrecht durch eine Klammer die beiden Buchstaben, welche die Stäbchen bezeichnen, die verglichen werden, und setzen oben an die erste Stelle das Stäbchen, welches auf dem Modell am höchsten sich befindet, d. h. am entferntesten vom Beobachter:

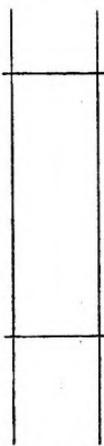


Fig. 33.

Tabelle XXIII.

Beobachter A.

$\left\{ \begin{matrix} d \\ d \end{matrix} \right.$	$\left\{ \begin{matrix} D \\ d \end{matrix} \right.$	$\left\{ \begin{matrix} d \\ D \end{matrix} \right.$
83,8	83,3	79

Ergebnisse: 1) Die Täuschung ist minimal für $\left\{ \begin{matrix} d \\ d \end{matrix} \right.$. 2) Sie ist ein wenig bedeutender für $\left\{ \begin{matrix} D \\ d \end{matrix} \right.$. 3) Sie ist viel größer für $\left\{ \begin{matrix} d \\ D \end{matrix} \right.$.

Wir stellten alsdann die größeren Stäbe convergent ein wie vorher. Die Versuche ergaben:

Tabelle XXIV.

Beobachter M.

	$\left. \begin{array}{l} d \\ d \end{array} \right\}$		$\left. \begin{array}{l} d \\ D \end{array} \right\}$	
2 Convergenten	83,1	1,2	79	1,3
4 Convergenten	74	1,2	67,5	1,6

Daraus ergibt sich: 4) Die Täuschung ist viel stärker für $\left. \begin{array}{l} d \\ D \end{array} \right\}$ als für $\left. \begin{array}{l} d \\ d \end{array} \right\}$. Als wir ferner das Modell sich, wie oben, um 180° drehen ließen, erhielten wir:

Tabelle XXV.

Beobachter A.

	0°		180°	
	$\left. \begin{array}{l} d \\ d \end{array} \right\}$			
6 Convergenten	73,2	70,5	80,2	79,7
8 Convergenten	74	72,3	81,4	80,3

In diesem Falle ist also die Täuschung immer noch für $\left. \begin{array}{l} d \\ D \end{array} \right\}$ größer als für $\left. \begin{array}{l} d \\ d \end{array} \right\}$.

4. Einfluss der Lage der Stäbchen längs der symmetrischen Achse. Wir wollen jetzt die Täuschung studiren, wenn eins der Stäbchen auf der Länge der symmetrischen Achse verschoben wird. Das Stäbchen, welches nach der Seite zu gelegen ist, nach welcher die großen Stäbe divergiren, bleibt unbeweglich, während das andere Stäbchen sich zuerst in seiner ursprünglichen Lage befindet, 7,5 cm unter dem Convergenzpunkt, dann sammt seinem Gestell auf den Convergenzpunkt, endlich längs der symmetrischen Achse in eine gleiche Entfernung (7,5 cm) jenseit von

diesem Punkte gebracht wird. Wir bezeichnen die ursprüngliche Lage durch + 75, die zweite durch 0, die dritte durch - 75.

Tabelle XXVI.

Beobachter A.

	+ 75		0		- 75	
0°	73,0	1,2	75,8	1,3	75,5	1,5
180°	82,7	0,9	74,0	1,4	75,6	1,1

In derselben Weise erhielten wir, indem wir für die Anordnung - 75 Stäbchen von verschiedenen Durchmesser anwendeten, folgende Resultate:

Tabelle XXVII.

Beobachter A.

	$\left. \begin{matrix} d \\ d \end{matrix} \right\}$		$\left. \begin{matrix} d \\ D \end{matrix} \right\}$	
0°	75,5	1,5	75,2	1,2
180°	75,6	1,1	74,1	1,3

Im allgemeinen bleibt also die Täuschung fast ebenso stark für 0 und für - 75. Die mit andern Beobachtern angestellten Prüfungen ergaben folgendes:

Tabelle XXVIII.

Beobachter E.

	- 75	
0°	74,2	2,3
180°	83,5	0,5

Tabelle XXIX.
Beobachter C.

+ 75		0	
80,2	1,2	81,25	0,75

5. Einfluss der Richtung der Stäbchen. Wir bringen die Gestelle für die Stäbchen nicht mehr an der symmetrischen Achse an, sondern an einem der convergenten Stäbe (Fig. 31); die Stäbchen bilden auf diese Weise Transversale, die um 30° zur symmetrischen Achse gezeigt sind. Wir werden diese Lagen als seitliche bezeichnen. Wir wendeten 2 Convergente an. Indem wir das Modell nicht nur um 180° gedreht beobachteten, sondern auch um 90° , erhielten wir:

Tabelle XXX.
Beobachter E.

0°	82,4	0,7
90°	83,1	1,3
180°	85,1	0,4

Bei demselben Beobachter war die Täuschung bei der mittleren Lage der Stäbchen für 0° 75,2 0,75. Beobachtungen behufs Controlirung der Resultate ergaben:

Tabelle XXXI.
Beobachter M.

	Seitliche Lage		Mittlere Lage	
90°	85,3	1,7	83,1	1,2

Beobachter A.

	Seitliche Lage		Mittlere Lage	
0°	81	2,1	80,1	2,2

Ergebnisse: 1) Die Täuschung nimmt bedeutend ab, sobald die beiden Stäbchen sammt ihren Gestellen auf einer der Convergenten angebracht werden, so dass sie schräg stehen zur symmetrischen Achse. 2) Die Täuschung kann sogar im entgegengesetzten Sinne auftreten bei 90° und 180° . (85,3 für den Beobachter M und 85,1 für den Beobachter E.) 3) Für 0° kann man die Täuschung auch im entgegengesetzten Sinne erhalten, wenn man ein Stäbchen mit größerem Durchmesser anwendet und die Combination $\left\{ \begin{matrix} D \\ d \end{matrix} \right.$ bildet:

Tabelle XXXII.

Beobachter E.

	2 Convergenten	4 Convergenten
$\left\{ \begin{matrix} D \\ d \end{matrix} \right.$	84,7	83,1

6. Einfluss des monocularen Sehens und der Entfernung. Die Beobachtungen, welche mit 2 Convergenten angestellt wurden, ergaben folgende Zahlen. Das Modell befand sich 0,8 m und 1,8 m vom Beobachter entfernt.

Tabelle XXXIII.

	binocular nah 0,8		binocular fern 1,8		monocular nah 0,8		monocular fern 1,8	
Beobachter H	79,8	1,2	82,5	1,5	79,2	1,1	83,2	1,3
Beobachter A	80,1	2,2	82,7	1,0	77,3	1,3	82,1	1,1

Die Täuschung findet also auch bei monocularem Sehens statt, und sie ist in diesem Fall für nahe Entfernungen größer.

7. Einfluss der Lage der Modellfläche. Statt die Fläche des Modells auf dem Tische zu lassen, stellen wir dieselbe senkrecht. Wir bezeichnen mit 0° die Lage, in welcher die symmetrische Achse senkrecht und der Convergenzpunkt oben liegt, mit 90° die Lage, in welcher die symmetrische Achse wagerecht ist. Wir erhielten für 2 Convergente:

Tabelle XXXIV.

	Beobachter A		Beobachter H	
0° nah	79,8	1,2	84,2	0,9
0° fern	83,8	0,3	84,3	0,7
90° nah	80,3	1,1	78,1	1,4
90° fern	78,2	0,7	72	0,8

Mit 4 Convergenten untersuchten wir eine Zwischenlage zwischen der senkrechten und wagerechten Lage der Modellfläche, und zwar senkrecht zur Visirlinie.

Tabelle XXXV.

	A		E	
0° nah	76,5	1,5	72,2	2,1
0° fern	81,7	0,6	83,0	1,0

Wenn das Modell senkrecht steht, so nimmt also die Täuschung ab und kann sogar im entgegengesetzten Sinne stattfinden. Für eine schräge Lage steht die Größe der Täuschung in der Mitte zwischen der bei der senkrechten und wagerechten Lage stattfindenden.

8. Einfluss der Winkel, welche die beiden Convergenten bilden. Vermittelst mehrerer Zeichnungen, die der Fig. 34 entsprachen, haben wir Winkel von 20°, 40°, 60° untersucht, welche die beiden Convergenten bildeten, und dabei folgende Zahlen erhalten:

Tabelle XXXVI.

Beobachter E.

Neigung	20°		40°		60°	
Täuschung	196,5	1	186,7	0,5	176	2,2

Die Täuschung ist also am größten bei 60°.

9. Einfluss der Richtung der Parallelen. Wir maßen die Größe der Täuschung, als die Parallelen der Fig. 34 um 45° geneigt waren zur Medianebene. Der Winkel der 2 Convergenten blieb constant und zwar gleich 60° .

Tabelle XXXVII.

Neigung zur Medianebene	0°		45°	
Beobachter C	192,7	0,9	182	2,1
- H	186,3	1,3	182,5	4,5
- E	176,0	2,2	175,6	3,7

Die Täuschung ist demnach stärker bei 45° . Diese Resultate stimmen mit schon bekannten überein; sie genügen, um darzuthun, dass sich das, was wir bei den Stäbchen beobachtet haben, auch auf Zeichnungen anwenden lässt.

Erläuterungen zu obigen Ergebnissen. 1. Einfluss der Zahl der Convergenten. Wir haben gesehen, dass die Täuschung für 2 Convergente kleiner ist als für 4, 6, 8 u. s. w. Da es die Convergenten sind, welche die Vorstellung der Entfernung erzeugen, so ist es natürlich, dass eine größere Zahl von Convergenten diese Vorstellung steigert. Ferner kann man bei 2 Convergenten die vollständige Figur sehen, indem man die beiden Convergenten in irgend einem Theile fixirt; sobald es hingegen 4, 6, 8 Convergenten gibt, wird man gedrängt, den Convergenzpunkt zu fixiren. Und dies verstärkt, wie wir oben sahen, die Täuschungen dieser Art. Wenn die Zahl der Convergenten sich über 4 hinaus vermehrt, so kann übrigens die Täuschung vermindert werden, da die große Zahl von Convergenten dann auch aufhört, die Form einer regelmäßigen Zeichnung in einer Ebene anzunehmen. Dies ersieht man deutlich aus dem Versuche mit 16 Convergenten, die als Stern angeordnet sind.

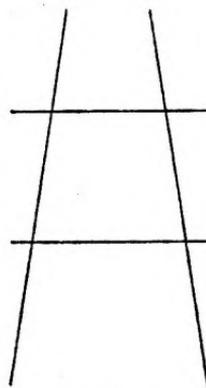


Fig. 34.

2. Einfluss der Lage des Modells. Wir haben gesehen, dass die Täuschung für 180° geringer ist als für 0° . Denn für 0°

ist der Convergenzpunkt, von dem wir durch die Convergenten die Vorstellung gewinnen, er sei der entfernteste Punkt, auch in Wirklichkeit vom Beobachter am weitesten entfernt. Dieses Zusammenwirken der beiden Factoren — der wirklichen und der vorgestellten Entfernung — bewirkt, dass die Täuschung stärker ist. Für 180° hingegen wirken diese beiden Factoren einander entgegen. Denn der Convergenzpunkt, welchen die Convergenten als den entferntesten darstellen, ist in Wirklichkeit am meisten genähert. Man kann nicht behaupten, dass die Täuschung bei 0° wegen des Unterschiedes der Gesichtswinkel, unter welchen die beiden Stäbchen gesehen werden, die stärkere sei. Denn wenn die Stäbchen gleich sind, hat dasjenige, welches am nächsten liegt, einen größeren Gesichtswinkel, also würde die Täuschung bei 180° stärker als bei 0° sein.

3. Einfluss des Durchmessers der Stäbchen. Das Ergebniss 1 (dass die Täuschung sehr gering ist für $\left\{ \frac{d}{d} \right\}$) ist eine Thatsache, welche vielleicht denen sich nähert, die von Götz Martius beobachtet wurden¹⁾. In diesem Falle gibt es keine Täuschungsursache, denn erstens sind die Durchmesser gleich, und zweitens sind Convergente nicht vorhanden. Was die Ergebnisse 2 und 3 betrifft, so ist bei der Anordnung $\left\{ \frac{d}{D} \right\}$ die Täuschung am stärksten, weil in dieser Anordnung das Stäbchen d , welches das in Wirklichkeit entfernteste ist, den Eindruck einer größeren Entfernung hervorruft, indem diese Anordnung die Vorstellung erweckt, als seien die beiden Stäbchen von gleichem Durchmesser und das Stäbchen d habe einen kleinern Gesichtswinkel einzig und allein nur wegen seiner größern Entfernung, während in Wirklichkeit außer dieser auch noch sein objectiv kleinerer Durchmesser den Gesichtswinkel bestimmt. Die Täuschung, welche uns die Länge des Stäbchens überschätzen lässt, wird daher veranlasst durch den Eindruck, dass dieses Stäbchen eine größere Entfernung habe als die wirkliche. Daraus erklärt sich auch Ergebniss 4 (S. 612). Da für $\left\{ \frac{d}{D} \right\}$ die Differenz der Stäbchendurchmesser den Eindruck einer

1) Götz Martius, Phil. Stud. V. S. 601 ff.

größeren Entfernung des Convergenzpunktes erzeugen kann, so versteht man leicht, dass dieser Eindruck noch verstärkt wird, wenn sich die Anordnung $\left\{ \begin{array}{l} d \\ D \end{array} \right.$ mit dem der Convergenten verbindet.

4. Einfluss der Lage der Stäbchen längs der symmetrischen Achse. Die Täuschung ist vorhanden für die Lagen 0 und -75 . Dieses Ergebniss zeigt, dass die Täuschung nicht dadurch veranlasst wird, dass das dem Convergenzpunkte nächstgelegene Stäbchen von mehreren Convergenten durchschnitten wird, welche es in Abschnitte theilen, während das andere nur von der symmetrischen Achse durchschnitten wird. Man weiß in der That, dass eine getheilte Linie länger erscheint als eine andere ungetheilte Linie. In unsern Versuchen für 0 und -75 waren aber die beiden Stäbchen nur durch die symmetrische Achse getheilt und zwar in derselben Weise; die Ursache der Täuschung ist also nicht in dem Modus der Theilung zu suchen. Man kann auch nicht behaupten, die Täuschung werde dadurch hervorgerufen, dass die Convergenten den Blick über die Enden der Stäbchen hinaus lenken; denn für -75 befindet sich das Stäbchen vollständig isolirt von den Convergenten.

5. Einfluss der Richtung der Stäbchen. Die Täuschung vermindert sich bedeutend, wenn die beiden Stäbchen sammt ihren Gestellen auf einer der Convergenten angebracht werden, so dass sie schräg zur symmetrischen Achse stehen. In diesem Falle kann die Täuschung sogar im entgegengesetzten Sinne erfolgen. Sind die Stäbchen um 30° zur symmetrischen Achse geneigt, so bilden sie mit derselben ein System von Convergenten nach der entgegengesetzten Seite der convergirenden großen Stäbe. Die Stäbchen convergiren mit der symmetrischen Achse gegen den Beobachter, die convergenten großen Stäbe gegen den Horizont des Beobachters. Diese beiden Systeme von Convergenten wirken nur im entgegengesetzten Sinne. Man versteht, dass je nach dem Systeme, welches man betrachtet, wir den Eindruck erhalten, als befinde sich das eine oder das andere Stäbchen in größerer Entfernung, und die Täuschung findet daher entweder im gewöhnlichen oder im umgekehrten Sinne statt. Für 0° ist der Convergenzpunkt der großen Stäbe in Wirklichkeit der entfernteste, und die Wirkung der

convergenten großen Stäbe muss daher überwiegen. Die Täuschung wird also im gewöhnlichen Sinne erfolgen; sie wird nur abgeschwächt werden durch die Convergenz der Stäbchen mit der Achse. Für 90° oder 180° ist aber der Convergenzpunkt der großen Stäbe nicht mehr der entfernteste, die Convergenten des einen oder des andern Systems werden den Blick auf sich lenken, und die Täuschung wird in dem einen oder in dem andern Sinne erfolgen. Bei 0° kann man endlich die Täuschung im entgegengesetzten Sinne erhalten, wenn man Stäbchen mit verschiedenen Durchmessern zur Anwendung bringt und die Combination $\left\{ \begin{matrix} D \\ d \end{matrix} \right.$ bildet. Wir haben oben gesehen, dass die Combination $\left\{ \begin{matrix} d \\ D \end{matrix} \right.$ die Täuschung begünstigt; aus demselben Grunde muss die umgekehrte Combination die Täuschung vermindern und eine solche im entgegengesetzten Sinne begünstigen.

6. Einfluss des monocularen Sehens und der Entfernung. Die Täuschung ist für das monoculare Sehen größer in nahen Entfernungen, offenbar weil die Verschiedenheit der Bilder in beiden Augen wesentlich dazu beiträgt, eine genauere Vorstellung der wirklichen Entfernung der beiden Stäbchen zu bilden.

7. Einfluss der Lage der Modellfläche. Wenn das Modell senkrecht steht, vermindert sich die Täuschung und kann sogar im entgegengesetzten Sinne stattfinden. Denn bei senkrechtem Modell sind die beiden Stäbchen in Wirklichkeit gleichweit entfernt von der senkrechten Ebene, welche durch die Verbindungslinie der beiden Augencentren geht. Man begreift, dass dies den Eindruck, das eine der Stäbchen sei weiter entfernt als das andere, abschwächen muss. Bei 0° ist das dem Convergenzpunkte am nächsten gelegene Stäbchen dem Auge näher als das andere; dies wirkt im entgegengesetzten Sinne auf die Association ein. Da für zwei Convergenten die Täuschung am schwächsten ist, so kann sie in diesem Falle leicht im entgegengesetzten Sinne erzielt werden.

(Schluss folgt.)