

Über ein optisches Paradoxon.

Von

FRANZ BRENTANO

in Wien.

1. Ein befreundeter Physiologe machte mich jüngst mit einem überraschenden Falle optischer Täuschung bekannt, der — ich erfrug nicht durch wen — erst kürzlich, ohne Beigabe eines Erklärungsgrundes, veröffentlicht worden war. Auf einem Bogen Papier zog er mir zwei gerade Linien. Sie liefen ungefähr parallel nebeneinander; ihre Länge betrug etwa 3, ihr Abstand 6 cm; das sie nahezu gleich sein müßten, war sehr sichtlich. Dann brachte er an ihren Endpunkten je zwei kleine gerade Linien an, bei der einen so, das sie spitze Winkel (von etwa 30°), bei der anderen so, das sie stumpfe (von etwa 150°) mit ihr bildeten. (Figg. 1 u. 2.)



Fig. 1.



Fig. 2.

Sofort schien von den zuvor gleichgeschätzten Linien die erste beträchtlich kürzer als die zweite. Wie erklärt sich, frug der Gelehrte, diese höchst auffällige Täuschung?

Meine Antwort war, das Phänomen sei eine Folge der bekannten Thatsache der Überschätzung kleiner und der Unterschätzung großer Winkel. Ich erläuterte kurz den Zusammenhang, vermochte aber den Physiologen, der sich bereits eine andere Hypothese gebildet hatte, nicht recht zu überzeugen. Will ich dem Leser gegenüber eines besseren Erfolges sicher sein, so werde ich also den Fall wohl etwas umständlicher erörtern müssen.

2. Wie hatte ihn denn der erwähnte Forscher seinerseits sich zurechtlegen wollen? Seine Auffassung war folgende: Wenn man die angefügten Linien sehe, meinte er, komme einem unwillkürlich der Gedanke, daß sie wie gespannte Striche an den ursprünglich gegebenen Linien zögen. So associiere sich die Vorstellung eines Zusammengezogen- und Gedeht-werdens, und diese habe dann die ungleiche Beurteilung zur Folge.

Zeigen wir zunächst, wie diese Auffassung wenigstens nicht wohl richtig sein kann.

Vor allem. Wenn etwas Dehnbares an entgegengesetzten Enden gezogen wird, so scheint es nicht bloß, sondern wird wirklich verlängert; wenn aber etwas Undehnbares in ähnlicher Weise gezogen wird, so ist es — man mache nur den Versuch mit einem Bleistift oder längeren Stabe — nicht richtig, daß man einer Täuschung unterliegt, als sei es länger geworden. Offenbar sind die Fälle, wo Undehnbares gezogen wird, zu häufig, als daß eine so energische Association der Vorstellung der Dehnung an die Vorstellung des Ziehens, wie sie für die vermutete Suggestion erforderlich wäre, sich bilden könnte.

Ferner. Damit, daß etwas zusammengezogen und etwas anderes gedehnt wird, ist noch wenig wahrscheinlich gemacht, daß das erstere das kleinere sei; es könnte ja ursprünglich eine beträchtlich größere Länge gehabt haben. Die Versuchung zur Täuschung könnte also nur etwa für den bestehen, der die Linien vorher gesehen hätte, während sich dies — man blicke nur auf die oben gezeichneten Figuren — als durchaus gleichgültig erweist.

Endlich noch ein *experimentum crucis*. Man setze statt der angefügten geraden Linien, welche gespannten Strichen ähnlich genannt wurden, kleine flache Bogen mit der konvexen

Seite der Hauptlinie (respektive einer gedachten Verlängerung derselben) zugekehrt. (Figg. 3 und 4.)



Fig. 3.



Fig. 4.

Die Täuschung müßte schwinden; sie besteht aber tatsächlich ungeschwächt fort.

3. Wenn nun dieser Erklärungsversuch nicht durchführbar ist, in was anderem könnte man den Grund der Täuschung vermuten?

Ein Gedanke liegt nicht fern, und besonders die zuletzt betrachteten Figuren dürften manchen darauf führen. Wenn die zu vergleichenden geraden Linien in der Weise, wie es hier geschieht, an ihren Enden Ansätze erfahren, so ist ihre Grenze nicht mehr so scharf markiert wie sie es früher gewesen. Infolge davon, könnte einer sagen, mag es geschehen, daß man beim Vergleichen unvermerkt etwas hinzunimmt, was nicht mehr dazu gehört. Und namentlich erscheint es denkbar, daß die Linie, wo die Ansätze oben und unten unter stumpfen Winkeln stattfinden, überschätzt wird, während für die andere eher das Gegenteil eintreten dürfte.

Aber wer hierin den Anlaß der irrigen Schätzung sucht, ist leicht zu widerlegen; denn die Täuschung besteht fort, auch wenn wir die Linien, deren Längen zu vergleichen sind, löschen und die schiefen Ansätze allein in der Zeichnung bestehen lassen. Die Abstände der voneinander abgekehrten Winkelspitzen scheinen auch dann noch kleiner als die der einander zugekehrten, und doch kann von dem Zurechnen eines Teiles der Ansätze zum Abstände unter diesen Umständen gewiß nicht mehr gesprochen werden. (Figg. 5 und 6.)

Nebenbei sei bemerkt, daß der Fortbestand der Täuschung bei so verändertem Phänomen nicht bloß diese, sondern als ein viertes und recht schlagendes Argument auch die frühere Hypothese zu widerlegen dient. Von einem Zusammenziehen und Dehnen des bloßen Abstandes, dem keine gezeichnete Linie entspricht, an der die Ansätze wie Striche angebracht wären, kann ja offenbar keine Rede sein.



Fig. 5.

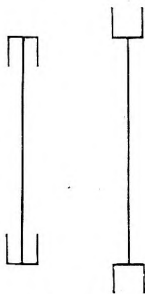


Fig. 6.

4. Aber eine dritte Hypothese bedarf noch einer kurzen Würdigung. Vielleicht denkt sich einer den Anlaß der Täuschung auf folgende Weise gegeben. Wenn wir die Linien ihrer Länge nach vergleichen, könnte er sagen, so bestreicht sie von einem Ende zum andern unser Blick, und die Muskelgefühle bei diesen Augenbewegungen dienen unserer Größenschätzung zum Anhalt. Wird nun die eine Linie in stumpfen Winkeln fortgesetzt, so geschieht es leicht, daß man, indem die Ansätze die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, beim Beginn der Bewegung nicht genau den Anfangspunkt, sondern einen Punkt, der noch außerhalb der Linie und zwischen den Ansätzen liegt, fixiert, und ebenso, daß man beim Aufhören der Bewegung nicht genau mit der Fixation des andern Endpunktes abschließt, sondern bis zu einem Punkte fortgleitet, der schon außerhalb der Linie zwischen den Ansätzen gelegen ist. Die Endpunkte der Linie mögen dabei den äußersten Fixationspunkten immer noch nahe genug liegen, um gleichzeitig deutlich wahrgenommen zu werden, und so mag es uns vollständig entgehen, daß unser erster und letzter Fixationspunkt nicht der eigentlich erste und letzte Punkt der Linie sind. Ähnliches wird da gelten, wo die Linie in spitzen Winkeln

Ansätze erfährt. Indem diese Ansätze unwillkürlich die Aufmerksamkeit auf sich lenken, macht man unvermerkt einen Punkt, der innerhalb der Linie, zwischen den beiden Schenkeln liegt, zum ersten und wieder einen solchen zum letzten Fixationspunkte.

Dafs aber auch diese Hypothese nicht ausreicht, zeigt folgende einfache Variation des Experimentes. Statt unter schiefen, setze man die kleinen Linien unter rechten Winkeln an und füge an die Ansätze selbst noch weitere kleine gerade Linien, ebenfalls unter rechten Winkeln, bei der einen Figur nach innen, bei der anderen gabelförmig nach aufsen gekehrt. (Figg. 7 u. 8.)



Figg. 7 u. 8.

Wäre der Grund der Täuschung derjenige, welchen die Hypothese vermutet, so müßte sie bei dieser Variation ungeschwächt sich erhalten. Aber das Gegenteil ist der Fall; die Versuchung zur Täuschung ist, wenn sie überhaupt noch besteht, jedenfalls wesentlich geringer, so zwar, dafs, wie ich fand, selbst wenig geübte Beobachter bei einiger Aufmerksamkeit ihr nicht mehr erliegen, sondern alsbald für die Gleichheit der Linien sich aussprechen. Der allgemeinere und hauptsächlichliche Anlaß der Täuschung ist also jedenfalls ein anderer. Man sieht aus dieser Variation, dafs die schiefe Richtung der Linien von Belang ist.

5. Dies führt auf das, was ich sogleich als den Erklärungsgrund der Täuschung bezeichnet hatte. Ich will nun den Gedanken ein wenig erläutern. Zuvor aber verdient es wohl kurz bemerkt zu werden, dafs die optische Täuschung, um welche es sich handelt, auch in folgender, einfacherer Weise anschaulich gemacht werden kann. Man ziehe eine gerade Linie (am besten in einer Richtung, die weder horizontal noch vertikal ist), halbiere sie und bringe an dem einen Ende die kleinen geradlinigen Ansätze in spitzen, an dem anderen parallel mit ihnen, also in stumpfen Winkeln an. In der Mitte endlich mache man ebenfalls zwei kleine geradlinige Ansätze, unter denselben Winkeln, aber so, dafs keiner den ihm gleichseitigen Ansätzen parallel ist. (Figg. 9 u. 10.)

Sofort tritt die Versuchung der Täuschung auf und zeigt sich ebenso stark wie früher. Und auch jetzt ist es nicht von

Belang ob man die Längen wirklich gezogener Linien oder nur die von leeren Abständen der Winkelspitzen zu vergleichen unternimmt.

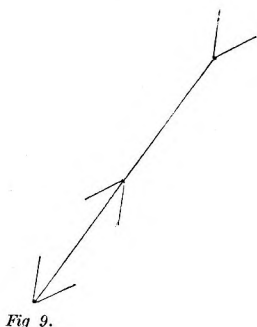


Fig. 9.

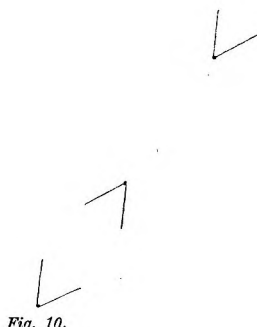
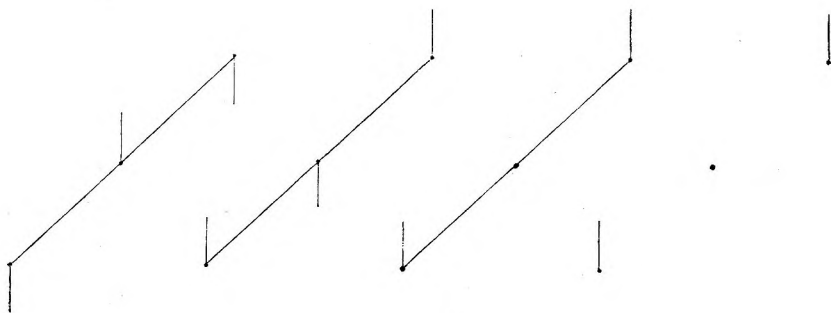


Fig. 10.

Doch mehr noch und wesentlichlicher können wir die Figur vereinfachen, wenn wir die Zahl der kleinen Ansätze unter schiefen Winkeln vermindern. Es ist interessant zu sehen, wie auch dann schon eine Versuchung zu gleichartiger Täuschung, aber in geringerer¹ Kraft besteht. (Figg. 12—15.)



Figg. 12—15.

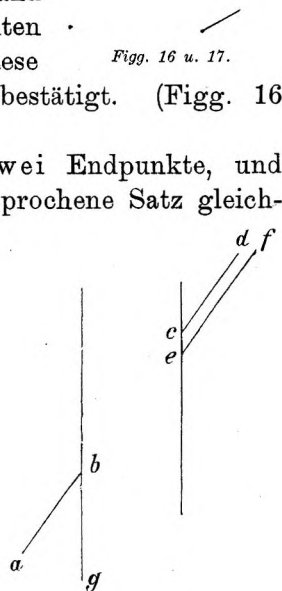
Hiernach müssen wir erwarten, daß in abermals verminderter Kraft die Versuchung zu ähnlicher Täuschung auch

¹ Diese Abschwächung ist etwas, was sich als ein besonderes Argument gegen die unter Nr. 3 von uns widerlegte Hypothese verwenden ließe. Würden die Ansätze überall nur einseitig angebracht, so wären die Endpunkte der zu messenden Linien nicht mehr, sondern eher weniger markiert, als in dem Falle, wo sie auf beiden Seiten angefügt werden. Die Versuchung zur Täuschung müßte also auf Grund jener

schon bestehen werde, wenn wir nur zwei von den Punkten nehmen und von dem einen aus eine kleine Linie ziehen, mit welcher eine zwischen den beiden Punkten gedachte Gerade einen spitzen oder stumpfen Winkel bilden würde. Sobald die kleine Linie gezogen ist, wird im ersten Fall der Abstand der beiden Punkte verkleinert, im zweiten vergrößert scheinen müssen. Und diese Erwartung wird durch den Versuch bestätigt. (Figg. 16 u. 17.)

Aber die kleine gerade Linie hat zwei Endpunkte, und für jeden von ihnen hat der eben ausgesprochene Satz gleichmäÙig Geltung. Somit besteht für den Abstand des einen wie anderen von dem isolierten Punkte eine Neigung, ihn anders zu schätzen, als wenn die beiden Punkte, um deren Abstand es sich handelt, allein gegeben wären. Bei dem einen ist man geneigt, seinen Abstand für kleiner, bei dem andern, seinen Abstand für gröÙser zu halten als in jenem Falle.

Haben wir so das einfache Element, aus dessen Vervielfältigung die mächtige Versuchung zur Täuschung erwächst, gefunden, so ist es auch nicht mehr schwer, sie zu erklären und deutlich zu



Figg. 16 u. 17.

Fig. 18.

Hypothese bei einseitigen Ansätzen gröÙser oder doch jedenfalls nicht geringer sein. Auch folgende Abänderung des Versuches kann dagegen verwertet werden. Man nehme drei Punkte, von welchen der zweite in gerader Richtung mitten zwischen dem ersten und dritten liegt, und füge an jeden eine kleine gerade Linie, welche eben dieselbe Richtung hat. Von den angefügten Linien sollen die erste und zweite zwischen dem ersten und zweiten Punkte, die dritte aber über den dritten Punkt hinaus liegen. (Fig. 11.) Nach der betreffenden Hypothese wäre zu erwarten, dafs die Versuchung zur Täuschung hier ebenso wie bei dem Anfügen unter schiefen Winkeln bestände, sie besteht aber thatsächlich gar nicht, oder doch in viel geringerem Mafse. Selbst wenig geübte Beobachter sah ich leicht zu einer richtigen Längenschätzung gelangen.

Fig. 11.

machen, wie sie sich in der That als Folge des Gesetzes der Überschätzung kleiner und der Unterschätzung großer Winkel erweist. Ich darf das Gesetz selbst beim Leser als bekannt voraussetzen, und auch das wird ihm erinnerlich sein, wie sich aus ihm schon verschiedene merkwürdige Fälle optischer Täuschung begreiflich machen ließen. So scheint in der folgenden Figur (Fig. 18) wegen Überschätzung von abg nicht sowohl, wie es wirklich der Fall ist, cd , als vielmehr ef

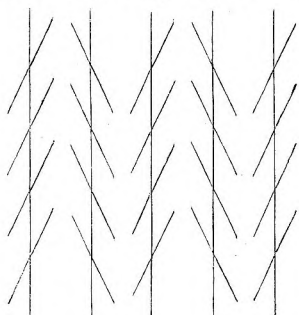


Fig. 19.

in der geradlinigen Fortsetzung von ab zu liegen. Und bei den sogen. ZÖLLNERSCHEN Figuren (Fig. 19) scheinen die durch kleine Linien schiefwinkelig geschnittenen Parallelen nicht mehr parallel zu sein, sondern abwechselnd nach der einen oder anderen Seite sich einander zu nähern; die veränderte Beurteilung der Richtungen findet offenbar im Sinne der

der Überschätzung der spitzen und Unterschätzung der stumpfen Winkel statt.

In unserem Falle, in seiner einfachsten Gestalt, wo (vgl. Fig. 17) ein isolierter Punkt und eine kleine Linie einander gegenüberstehen, und der Abstand eines ihrer Endpunkte von dem isolierten Punkte geschätzt wird, haben wir nun auch einen schiefen Winkel, welchen die kleine Linie mit derjenigen bildet, die wir, den Abstand schätzend, in Gedanken zwischen ihrem einen Endpunkte und dem isolierten Punkte ziehen. Dieser Winkel wird falsch geschätzt, und infolge davon scheint uns die Lage der kleinen Linie im Verhältnis zur Lage einer zwischen dem Endpunkte und dem isolierten Punkte zu ziehenden Geraden verändert.

Dies hat nun sehr natürlich einen Einfluss auf die Schätzung der Distanz selbst, denn, wo nicht zwei isolierte Punkte, sondern ein isolierter Punkt und der Endpunkt einer kleinen Linie in der Erscheinung vorliegen, hat nicht bloß die Lage der Punkte selbst, sondern alles, was, zur Erscheinung gehörig, irgendwie ein Anhalt zur Schätzung des Abstandes werden kann, unwillkürlich und so zu sagen instinkartig darauf einen Einfluss. Dies gilt also von der ganzen kleinen Linie bis zu ihrem anderen Endpunkte. Wenn nun die Richtung

der Linie falsch beurteilt wird, so muß dieser Einfluss ein störender sein. Würde die Entfernung des einen Endpunktes vom isolierten Punkt richtig geschätzt werden, so müßte bei falscher Schätzung der Winkel die des anderen sogar noch unrichtiger geschätzt werden, als es jetzt der Fall ist; nun aber wirken dieselben Ursachen, welche uns die Entfernung des einen Endpunktes unrichtig schätzen lassen, auch zur unrichtigen Schätzung der Entfernung des anderen. Und so zerteilt sich die Kraft, die zur optischen Täuschung führt, indem sie die Entfernung des entfernteren Punkts als geringer, die Entfernung des näheren Punktes als größer beurteilen läßt, als wenn wir ihn nur isoliert mit dem isolierten in Vergleich gebracht hätten. Auf der folgenden Figur wird die Art der Wirkung der falschen Beurteilung der Lage der kleinen Linie durch die punktierte Linie angedeutet. (Fig. 20.)

Ist dies klar geworden, so ergibt alles Weitere sich von selbst. Wir haben in der ursprünglich vorgelegten Figur das gleiche täuschende Moment achtfach gegeben; natürlich wird dadurch die Wirkung eine viel auffälligere.

Zur Bestätigung unseres Nachweises, daß die Täuschung aus der Überschätzung kleiner und Unterschätzung großer Winkel entspringt, mögen auch noch folgende vier Variationen des Versuches dienen. (Fig. 21—24.)



Fig. 21.

Fig. 22.



Fig. 23.

Fig. 24.

Die erste und zweite Figur zeigen die Täuschung in besonders hohem Grade, weil die Zerlegung der kleinen Winkel in noch kleinere die Ursache, die zur Täuschung führt, verstärkt. Die dritte Figur zeigt, daß kleine Kreisbogen rechtwinkelig angesetzt, ungleich schwächer wirken als spitze Winkel, während die vierte mit ihren geradlinigen rechten Winkeln

überhaupt kaum zu einer Täuschung Anlaß geben kann; wenn aber, so aus einem ganz anderen, nur bei wenig vorsichtigen Beobachtern gegebenen Grunde, der unter Nr. 4 in Vorschlag gebracht, aber von uns als zur Erklärung des Phänomens ungenügend befunden worden ist.

Das Ergebnis unserer Untersuchung zeigt also, daß der uns vorgelegte Fall optischer Täuschung nichts anderes ist, als was auf Grund eines schon bekannten Gesetzes konsequent erwartet werden mußte, so daß man das neu beobachtete Phänomen, weit entfernt sich darüber zu verwundern, eigentlich mit logischer Sicherheit hätte voraussagen können.
