universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere

Müller, Johannes

Leipzig, 1826

IV. Von dem natürlichen Doppeltsehen

urn:nbn:at:at-ubi:2-1574

IV.

Von dem

natürlichen Doppeltsehen.

---

1) Vom Doppeltsehen im Allgemeinen.

2) Von den Phänomenen des Doppeltsehens bei einer beweglichen Neigung der Sehachsen.

3) Von der verschiedenen Deutlichkeit der Doppelbilder.

4) Von den Farbenerscheinungen beim Doppeltsehen.

1. Vom Doppeltsehen im Allgemeinen.

Daß man unter gewissen Bedingungen ganz in der Sphäre der Gesundheit doppelt sehen müsse, war schon Kepler bekannt. Und schon hat der Jesuit Franciscus Aguilonius, in seiner 1613 zu Antwerpen erschienenen ungeheuren und umständlichen Optik dort, wo er von dem Orte der Bilder redet, die einfachsten Raumverhältnisse des natürlichen Doppeltsehens erörtert. In der Folge ist die natürliche, das gesunde Gesicht so häufig begleitende, Diplopie von den Schriftstellern vernachläßigt worden; oder es sind durch eine mißverstandene Verbindung dieser Phänomene mit anderen eine Menge von unbrauchbaren unvollständigen Beobachtungen eingeführt worden, welche die Physiologie, wie alle ohne Kenntniß des Grundphänomens bearbeiteten, abgeleiteten und zusammengesetzten Phänomene, eher verwirrt als gefördert haben. Besonders um die große Menge solcher unreifen Beobachtungen überflüssig zu machen, um ihre interessanten aber mißverstandenen Resultate von uns abzuweisen oder zu vereinfachen, habe ich es für nöthig gehalten, die Erscheinungen des natürlichen Doppeltsehens, welche Jahrelang meine Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, einer gründlichen Bearbeitung zu unterwerfen.

Zuerst möge aber das angeführt werden, was von Andern seit Kepler und Aguilonius in diesem engern Kreise geleistet worden.

Fragmentarische Andeutungen, die aber dem nicht beikommen, was der Pater Aguilonius über die Raumverhältnisse der Doppelbilder gesagt hat, sind in folgenden Schriften enthalten:

Lucas Din, de visione, quae oculo fit gemino. Jen. 1714.

Le Cat, traité des sens. Amst. 1744.

Wedel, de visione, quae oculo fit gemino, in Halleri disputat. select. T. IV. p. 221.

In dem Werke des Andreas Comparetti: observationes dioptricae et anatomicae comparatae, de coloribus apparentibus, visu et oculo. Patav. 1798. 4. sind artige Beobachtungen über die Farbensäume der Doppelbilder enthalten; allein der Verfasser, wenn er auch den Umfang dieser Phänomene kennt, ist nicht allzutreu in seinen Beobachtungen. Und so hat er auch hier manches Unwahre von den Farbensäumen der Doppelbilder gesagt, indem er zusammengesetzte Phänomene, der bei einer unbestimmten Fixation an dem Rande des objectiven Bildes saumartig erscheinenden Nachbilder und der eigentlichen Farbensäume der Doppelbilder nicht von einander zu scheiden wußte.

(Schulz) Ueber physiologische Farbenerscheinungen in Schweigger's Journal der Chemie und Physik. B. 16.

Diese Abhandlung enthält sehr treue und genaue Beobachtungen über die Farbensäume der Doppelbilder; denen sich in der That wenig zusetzen läßt. Dagegen erfordert das, was über die Raumverhältnisse der Doppelbilder gesagt ist, manche Berichtigung.

Troxler, über Schielen und Doppeltsehen, oder die Polarität des Gesichtssinnes, in Himly's ophthalmolog. Biblioth. B. 3. St. 3. S. 14.

So sehr Troxler's Verdienste um die Physiologie der Sinne im Allgemeinen zu schätzen sind, so ist doch diese Abhandlung mehr geeignet, den unbefangenen Ver-

stand, der sich dem Phänomene nähern und es sich unterwerfen will, zu verwirren, und läßt durchaus keine klare Einsicht in die wahre Verbindung der Erscheinungen zu. Es fehlt nicht an geistreichen Andeutungen, und diese werden wir an seinem Orte, wie sie es verdienen, herausheben; aber diese gehen unter einem Spiel von Gegensätzen unter, und das Ganze scheint, wenn man dem Gesammteindrucke folgen soll, nur um der Polarität willen geschrieben.

Purkinje, über die Einheit der Sehfelder und das Doppeltsehen, in seiner Schrift: Beiträge zur Kenntniß des Sehens in subjectiver Hinsicht. Prag 1819.

Ueber diesen minder vollendeten Theil der vortrefflichen Untersuchungen von Purkinje habe ich mich schon S. 78. ausgesprochen.

In der vorhergehenden Abhandlung haben wir gesehen, welche Theile in den Netzhäuten beider Augen in der Affection identisch sind, und wie eines und dasselbe Sehorgan durch die simultane gleichmäßige Affection seiner identischen Theile in beiden Augen einfach sieht, durch Affection seiner differenten Theile Doppelbilder eines und desselben Gegenstandes sehen muß. Dieß haben wir dort lediglich aus subjectiven Gesichtsphänomene bewiesen. Hier haben wir nun die näheren Bestimmungen dieses Doppelsehens zu untersuchen, wenn die Affection differenter Theile von dem, was wir objectives Licht nennen, ausgeht. Wir werden bald einsehen, daß aus objectiven Gründen die Bedingungen des Doppeltsehens auch da, wo wir einfach sehen, fast nie ganz vermieden werden, und daß es nur an den geringen räumlichen Unterschieden dieser Doppelbilder liegt, wenn ihre Differenz bei dem sogenannten einfachen Sehen nicht zur Perception kommt.

In Fig. 1. Taf. IV. seyen y und n die identischen Mittelpuncte der Netzhäute e f und g h, y c und n c die in dem mittlern Objecte c convergirenden Sehachsen. Die Linie c d sey parallel mit der senkrechten Ebene der Augen, parallel mit a b. Alles von d ausgehende und das linke Auge treffende Licht wird sich in x vereinigen; und zwar ist die Lage des Vereinigungspunctes x durch die Achse des Lichtkegels, welcher von d ausgehend in die Pupille einfällt, oder durch die Linie x d bestimmt. Eben so wird d in dem andern Auge in m entworfen. a, b können beiläufig als die Mittelpuncte der Linsen in beiden Augen betrachtet werden. Wenn nun y und n nach der Voraussetzung identische Stellen und zwar die Mittelpuncte der beiden Netzhäute sind, so liegt m, das Bild von d, in dem einen Auge weiter von dem Mittelpuncte n entfernt, als x, das Bild von d, in dem andern Auge von dem Mittelpunkte y. m und x werden also nicht auf den identischen Theilen beider Netzhäute entworfen, und folglich decken sich die Bilder von c d in beiden Augen nicht vollkommen. Daß aber m n und x y an Größe ungleich seyen, wird leicht zu beweisen seyn. Ein um die Puncte a, b, c zu beschreibender Kreis hat als Sehne a b. Alle auf dieser Sehne gegen die Peripherie zu beschreibenden Kreise, haben gleiche Winkel an der Peripherie. Da nun d außer der Peripherie jenes Kreises liegen muß, so muß $<$ a d b kleiner seyn als $<$ a c b, folglich $<$ c a d kleiner als $<$ c b d, folglich $<$ x a y kleiner als $<$ m b n, und so mit x y kleiner als m n.

Je mehr die Augen convergiren, oder je näher die Gegenstände der Sehweite c d, um so größer werden jene Unterschiede der sich deckender Bilder beider Augen x y und m n seyn; für ferne Gegenstände werden jene Unterschiede verschwinden. Was nun für den Punct d bewiesen worden, gilt für alle von dem Convergenzpuncte der

Sehachsen c entlegenen Puncte der Linie c d; und zwar werden die Unterschiede der Bilder dieser Puncte in Hinsicht ihres subjectiven Ortes um so größer seyn, je näher sie gegen d liegen, um so kleiner, je näher gegen den Convergenzpunct c. Denn alle von der Sehne a b des Kreises a b c gegen c d gefällten Dreiecke haben um so kleinere Winkel an der Linie c d, jemehr diese Winkel gegen d hinfallen.

Nur in dem Falle, wenn die Gegenstände in einem Kreise liegen, dessen Sehne die Entfernung beider Augen a b ist, müssen sich alle Theile des Gesichtsfeldes durchaus auf identischen Theilen der Netzhäute entwerfen, weil nämlich dann, wie es im Wesen des Kreises liegt, $<adb$ gleich dem Winkel der Sehachsen $= < acb$ würde.

Jene Unterschiede der Bilder in beiden Augen, welche von den identischen Mittelpuncten gegen die Peripherie der Gesichtsfelder abnehmen, kommen aber darum nicht zur Perception, weil sie zu klein sind, und weil dort, wo sie am größten sind, in der Peripherie der Gesichtsfelder nicht mehr deutlich gesehen wird *).

Indessen werden jene Unterschiede beider Bilder sogleich auffallen, sowohl überhaupt in ihrer Größe als besonders in ihrer Breite, wenn wir einen kleinen Gegenstand, wie etwa ein kleines auf einer hellen Fläche gezeichnetes Viereck mit seitlich gewandten Augen so fixiren,

---

*) Indem die Vereinigungspuncte des Lichtes von seitlichen Gegenständen außer der concaven Fläche der Netzhaut in eine Ebene fallen, welche nur dem Mittelpuncte der Netzhaut angehört, und also die seitlichen Gegenstände nur in sogenannten Zerstreuungskreisen gesehen werden können, die gegen die Peripherie des Gesichtsfeldes zunehmen, andern Theils, indem die seitlichen Theile der Netzhaut auch minder reizbar für den Eindruck sind.

daß beide Augen in verschiedener Ferne von dem Gegenstande sind. Fixiren wir dann eine Seite des Viereckes, so blitzt uns ein schmaleres dem fernern Auge angehörendes Viereck, das breitere an der einen fixirten Seite nur deckend, immer auf. Dazu kommt ein anderer Umstand; um deutlich zu sehen bedürfen wir, bei der verschiedenen Entfernung des Gegenstandes, eines verschiedenen Refractionszustandes. Wir sind hier in demselben Falle, wie wenn wir denselben Gegenstand mit dem einen Auge durch ein Brillenglas, mit dem andern unbewaffnet betrachten. Da, wie wir später beweisen werden, der Refractionszustand der Augen für das deutliche Sehen in bestimmter Ferne auf das Engste an die Neigung der Sehachsen für die Fixation des Gegenstandes dieser Ferne geknüpft ist, in dem gegenwärtigen Falle aber der Refractionszustand beider Augen für denselben Gegenstand verschieden ist, so ist auch die Neigung der Sehachsen zwischen zwei Extremen schwankend, eben so wie bei dem Gebrauche des converen Glases für das eine Auge, während das andere denselben Gegenstand frei ansieht. Entweder sehen wir Doppelbilder von ungleicher Deutlichkeit, bald näher, bald weiter von einander entfernt nach Maßgabe des Schwankens der Convergenz der Sehachsen, oder wir sehen bei der ausschließlichen Thätigkeit eines Auges ein deutliches Bild, während das andere erlischt. Nie aber vereinigen sich, weder in dem einen noch in dem andern Falle, die verschieden großen Doppelbilder zu einer mittlern Größe; entweder wird das eine oder das andere allein, oder beide in einander gesehen.

Sind nun unter den Bedingungen des einfachen Sehens, wenn die Sehachsen in dem Objecte der Fixation sich vereinigen, die Unterschiede der seitlichen Theile des Gesichtsfeldes in den Bildern beider Augen zu klein, als daß sie zur Perception kommen, so müssen jene Doppelbil-

der sogleich ganz verrückt werden, und der Unterschied des Raumes zwischen ihnen wachsen, sobald die Sehachsen nicht mehr im Gegenstande convergiren, nicht mehr diesen fixiren.

In Fig. 2. seyen mn und xy die Netzhäute der Augen, a, b die identischen Mittelpuncte; also alle Theile, welche im Auge A von a nach m entfernt liegen, identisch mit den Theilen des Auges B, welche von b nach x gleich weit entfernt sind, ebenso wieder an identisch mit by, nach früher aus subjectiven Gesichtsphänomenen entwickelten Grundsätzen.

Wenn also die Sehachsen in c sich vereinigen, so erscheint c auf den identischen Stellen a, b einfach, d erscheint auch einfach auf den identischen Stellen e und f. Bei einer Convergenz der Sehachsen für c müssen aber alle Gegenstände anderer Entfernungen doppelt erscheinen. So erscheint i im Auge A in g, im Auge B in h. g und h sind aber nicht identisch, denn mit g ist im Auge B o identisch, nämlich um gleich viel vom Mittelpuncte der Netzhaut entfernt; und so also erscheinen die Doppelbilder von i in g und h um die wahre Größe von ag + nb von einander entfernt, d. h. die Entfernung der Doppelbilder verhält sich zum ganzen Gesichtsfelde, wie ag + hb zur Größe der Netzhaut oder in Beziehung auf den Punct der Convergenz, die Doppelbilder liegen um die Sehwinkel irc und csq seitlich der Sehachsen. i erscheint also in p und q in der Ebene des Convergenzpunctes. Da unter gleichen Sehwinkeln die Gegenstände aller Entfernungen an demselben Orte des Gesichtsfeldes erscheinen, so wollen wir uns in der Folge die Lage der Doppelbilder bloß durch ihre Bestimmung in der Ebene des Convergenzpunctes c versinnlichen; wobei wir nicht mehr nöthig haben, uns die Lage derselben in beiden Sehfeldern oder Netzhäuten zu vergegenwärtigen.

So oft wir also Gegenstände verschiedener Entfernun-

gen in demselben Gesichtsfelde sehen, erscheinen uns entweder die einen oder die anderen doppelt, je nachdem diese oder jene nicht in den Kreis fallen, welcher die Augenmittelpuncte und den Convergenzpunct der Achsen umschließt. Den Meisten entgeht bei einer geringen Aufmerksamkeit auf das Seitliche der Gesichtsfelder die Beobachtung jener Doppelbilder, und weil gerade das immer einfach erscheinen muß, worauf wir mit Willen behufs der Fixation die Sehachsen richten, ferner, weil alle Doppelbilder aus später anzugebenden Gründen undeutlich erscheinen. Sind wir aber einmal auf diese Erscheinungen aufmerksam gewesen, so werden sie uns auch immer begleiten. Um ein ganzes Gesichtsfeld in seinen Doppelbildern zu verwirren, dürfen wir nur einen nähern Gegenstand, den vorgehaltenen Finger u. s. w. fixiren. Eine sehr gewöhnliche Bedingung ihrer Erscheinung ist, wenn wir durch ein Fenster sehend bald ferne Gegenstände, bald die Rahmen des Fensters selbst fixiren. Wir sind sogar vermögend eines dieser Doppelbilder willkührlich undeutlicher zu machen und nach und nach zum Verlöschen zu bringen, wovon in dem Abschnitte vom undeutlichen Doppeltsehen das Nähere angegeben werden wird. Allen Menschen sind diese Erscheinungen in der Sphäre der Gesundheit zugänglich, ja nothwendig, mit Ausnahme derjenigen, die, bei einem presbyopischen und myopischen Zustande beider Augen schielend, nur mit einem Auge ausschließlich sehen.

Nur in dem Falle, wenn beide Augen von einem mittlern Lichte gleich beleuchtet werden, sind auch die Doppelbilder gleich beleuchtet. Wenn aber das Licht von den Seiten das objective Bild beleuchtend einfällt, muß auch derselbe Gegenstand durch die Verschiedenheit des von ihm auf beide Augen reflectirten Lichtes in verschieden erhellten Doppelbildern erscheinen. Deswegen hat eines und dasselbe

Object mit seitwärts gewendeten Augen angesehen und fixirt auch eine andere Beleuchtung, als wenn es nur dem einen Auge bei geschlossenem anderm erscheint.

Wo nun die Doppelbilder der Gegenstände sich dekken, scheinen sie, wenn man so sagen darf, durcheinander durch; die Formen des einen sind in den Formen des andern sichtbar; die Farben des einen werden durch die Farben des andern gesehen und beschmutzt, ohne daß es zur Vermischung der Farben käme. Wir vermögen die Beleuchtung und Deutlichkeit des einen zu heben auf Kosten des andern, je nachdem das eine durch willkührliche Bewegung der Augen bald mehr auf den mittlern, bald mehr auf den seitlichen Theil des einen Auges fällt; wobei denn auch des verschiedenen presbyopischen und myopischen Zustandes beider Augen zu gedenken ist.

Wenn wir aber Alles doppelt sehen, was nicht in der Ebene des Convergenzpunktes der Sehachsen liegt, verschiedenen Entfernungen aber andere Neigungen der Sehachsen zukommen, so müssen uns in der Erziehung des Gesichtssinnes jene Doppelbilder von großer Wichtigkeit gewesen seyn. Denn wir mußten lernen, bei welcher Neigung der Sehachsen jeder Gegenstand jeder Entfernung einfach gesehen werde, um im Zustande des Erwachsenen des deutlichen und einfachen Sehens nicht mehr zu verfehlen.

Und somit mögen wir denn auf die Wichtigkeit dieser Erscheinungen aufmerksam gemacht haben. Die Betrachtung derselben ist bisher durchaus vernachlässigt worden und es ist zu verwundern, wie sie die Optik und Physiologie sich haben verleugnen und verschweigen können. Ehe wir uns aber mit einer noch genauern Untersuchung dieser Erscheinungen beschäfftigen, mögen wir diese Art des Doppeltsehens von anderen, von ihr ganz verschiedenen und zum Theil krankhaften scheiden.

1. Scheinbares Doppeltsehen, auf dem undeutlichen Sehen beruhend. Tritt ein, wenn wir kleinere Gegenstände durch einen ihrer Entfernung nicht entsprechenden, verkehrten Refractionszustand des Auges undeutlich sehen. Dann entstehen nämlich von allen Theilen des Objectes auf der nicht in der Vereinigungsweite des Bildes befindlichen Netzhaut die sogenannten Zerstreuungskreise des Lichtes, die um so größer werden, je weniger der Refractionszustand des Auges der Entfernung des Objectes entspricht, und bei kleinen Gegenständen (Kerzenlicht, Sterne, schmale Linien) so wachsen, daß sie an Breite der scheinbaren Größe des Objectes gleichkommen und das Bild desselben gleichsam wiederhohlen. Diese Art des Doppeltsehens ist nur scheinbar; sie verwischt bei größeren Gegenständen nur den Rand, und kann bei kleineren Gegenständen nur täuschen: sie entsteht nicht durch eine Wiederhohlung des ganzen Bildes, sondern durch die Ausdehnung der lichten Puncte zu lichten Kreisen. Natürlich bedarf es zu dieser Art des scheinbaren Doppeltsehens nicht des Zusammenwirkens beider Augen.

2. Scheinbares Doppeltsehen durch Reflexion des Lichtes von dem Augenliedrande. Entsteht, wenn wir hellleuchtende Gegenstände bei tiefgesenktem obern Augenliede, wie an dem Rande desselben vorbei betrachten. An dem untern Rande des Gegenstandes entwirft sich dann im Gesichtsfelde ein matter Schimmer in der Projection der lichten Theile des Gegenstandes. Sehr deutlich wird uns diese Art ebenfalls nur scheinbaren Doppeltsehens, wenn wir unter den angegebenen Bedingungen das helle Fenster mit seinen Rahmen betrachten. Bei wulstartigen Degenerationen der coniunctiva palpebrarum, wenn sie die Spalte der Augenlieder verengen, kann diese Täuschung besonders lebhaft werden. Die scheinbaren Doppelbilder entstehen hier immer am untern oder obern

Rande der Gegenstände, und bedürfen nicht des Zusammenwirkens beider Augen.

3. Scheinbares Doppeltsehen durch Inflexion des Lichtes. Wenn wir an scharfen Rändern vorbei die Ränder anderer Gegenstände betrachten, erscheinen die letzteren nicht selten doppelt, einmal gemäß der normalen Bewegung des von ihnen einfallenden Lichtes, zum zweitenmal durch die Inflexion eines Theiles des einfallenden Lichtes an dem vorgehaltenen scharfen Rande.

4. Wahres Doppeltsehen aus krankhafter Veränderung der brechenden Medien des Auges entweder in ihren Flächen oder in ihrer Dichtigkeit. Ausgang der Augenentzündung. Purkinje will durch Druck des einen Auges auch Doppeltsehen bewirkt haben und führt diese Erfahrung auf Brewsters Entdeckung von der Mehrheit der Brechungen in gedrückten Körpern zurück. Sollte wirklich das Gesichtsfeld des andern Auges hier außer Spiel gewesen seyn? Weder Rudolphi noch mir ist es gelungen, durch den stärksten Druck des einen Auges bei geschlossenem andern, Doppelbilder der Gegenstände zu sehen, wenn auch diese sehr ihre Größe änderten.

5. Wahres Doppeltsehen bei dem Unvermögen die Gegenstände verschiedener Entfernungen durch bewegliche Convergenz der Sehachsen zu fixiren. Schielen, nervöse Zustände, Nervenfieber, Trunkenheit, Ohnmacht, Einschlafen. Dieses Doppeltsehen beruht nicht auf einer aufgehobenen Identität der beiden Netzhäute, an deren Möglichkeit ich gar nicht glaube, sondern auf der Lähmung des Vermögens, die Sehachsen in ihrer Neigung genau nach der Entfernung der Gegenstände zu richten.

---

2. Von den Phänomenen des Doppeltsehens bei einer beweglichen Convergenz der Sehachsen.

Diejenige Ebene, in welcher die Gegenstände einfach und ohne räumliche Unterschiede der sich denkenden Bilder beider Augen gesehen werden, ist, wie wir gesehen, kreisförmig und zwar durch denjenigen Kreis bestimmt, in dessen Peripherie der Convergenzpunct der Achsen bei gleicher Neigung derselben den Gegenstand der Fixation trifft, und dessen Sehne die Entfernung der beiden Augen ist. Diese Ebene des einfachen Sehens werde ich hinfort immer den Horopter nennen, nach dem Beispiele des Aguilonius. Ich weiche aber darin von diesem Vorgänger ab, daß Aguilonius den Horopter für eine gerade Linie oder Ebene hält, da doch diese, wie früher bewiesen worden ist, kleinere Unterschiede der beiden Bilder in Hinsicht des Raumes nicht aufheben.

Ist die Entfernung eines Gegenstandes gleichbleibend, die Entfernung des Convergenzpunktes der Sehachsen hinter dem Gegenstande aber wachsend, so steigt die Entfernung der Doppelbilder des Gegenstandes in einem gewissen Verhältniß zur Entfernung des Convergenzpunctes von der Ebene der Augen, und zwar wächst die scheinbare Entfernung der Doppelbilder nicht in der Progression der Entfernungen des Convergenzpunctes, sondern mit der Summe der Sehwinkel, unter welchem jedes Auge den Gegenstand von der Sehachse entfernt sieht.

Fig. 3. Die Augen a, b fixiren in der Entfernung des Horopters fg den Punct c; dann erscheint der nähere Gegenstand o dem Auge a in e, von c entfernt um den Sehwinkel cae, dem Auge b in d, von c entfernt um den Sehwinkel dbc. Die scheinbare Entfernung der Doppelbilder von o ist also gleich der Summe der genannten

Sehwinkel. Ist nun der Convergenzpunct der Achsen noch ferner in z, so wächst der Winkel cao um den Winkel zac und ebenso der Sehwinkel des andern Auges, und die Entfernung der Doppelbilder von c ist also ebenfalls gewachsen, und zwar gleich der Summe der Sehwinkel zao und zbo.

Ist die Entfernung des Convergenzpunctes bleibend, und nimmt die Entfernung des Gegenstandes vor dem Convergenzpuncte ab, oder mit andern Worten, nimmt die Entfernung des Gegenstandes von dem Convergenzpuncte zu, so steigen die scheinbaren Entfernungen der Doppelbilder des optischen Punctes in demselben Verhältniß derselben bezeichneten Winkel.

Die Oertlichkeit der Doppelbilder auf dem hintern einfachen Grunde wird durch die Gemeinschaft der Sehwinkel bestimmt.

Ist die Entfernung eines Gegenstandes gleichbleibend, die Entfernung des Convergenzpunctes der Sehachsen von dem Auge vor dem Gegenstande abnehmend, so wächst die scheinbare Entfernung der Doppelbilder des Gegenstandes im Verhältniß der Summe der Sehwinkel, unter welchen jedes Auge den Gegenstand von der Sehachse entfernt sieht.

Fig. 4. Taf. IV. Die Augen a, b fiziren unter dem Winkel acb den Gegenstand c; dann erscheint o dem Auge a um den Sehwinkel oac von der Sehachse entfernt, ebenso o dem Auge b um den Sehwinkel obc; die Entfernung der Doppelbilder von o ist also gleich der Summe jener Sehwinkel; rückt der Convergenzpunct der Achsen weiter gegen o hin in d; so ist aus gleichen Gründen die Entfernung der Doppelbilder von o gleich der Summe der Sehwinkel oad und obd.

In gleichem Verhältniß wächst die scheinbare Entfernung der Doppelbilder, wenn bei bleibender Entfernung

des Convergenzpunctes die Entfernung des Gegenstandes vom Auge wächst.

Die Oertlichkeit der Doppelbilder gegen den Horopter des einfachen Sehens wird hier nicht bestimmt, weil in dem Convergenzpuncte vor dem optischen Puncte keine Gegenstände gelegen seyn dürfen, wenn fernere Gegenstände doppelt erscheinen sollen; wohl aber ist sie bestimmt in Hinsicht der andern Doppelbilder, die von andern Gegenständen in größeren Entfernungen hinter dem Convergenzpuncte entstehen.

Bei sehr entferntem Convergenzpuncte der Sehachsen wird der sehr nahe Gegenstand aus dem Gesichtsfelde verschwinden, weil die scheinbare Entfernung seiner Doppelbilder zu groß wird; wie man sich durch den Versuch leicht versinnlichen kann, wenn man ein Papierblatt mit einem mittlern schwarzen Puncte dicht vor den Augen hält, während man in eine große Ferne zu sehen scheint.

Dasselbe geschieht dem Doppelbilde des sehr fernen Gegenstandes bei sehr naher Convergenz der Sehachsen.

Bei sehr fernem Convergenzpuncte der Augenachsen und sehr großer aber ungleicher Entfernung eines andern Gegenstandes werden keine Doppelbilder von letzterem mehr gesehen, weil für große Entfernungen die Unterschiede der Neigungswinkel der Sehachsen verschwinden.

Die Puncte von Gegenständen jeder Entfernung, wenn sie in die Sehachsen fallen, werden von dem Auge, in dessen Achse sie liegen, in Hinsicht ihrer Oertlichkeit im Gesichtsfelde in dem Convergenzpuncte, von dem andern Auge außer demselben gesehen. Daher erscheinen zwei Puncte dreifach, wenn sie entweder beide in den Sehachsen oder beide zugleich in derselben Sehachse liegen. Schon Pater Aguilonius wußte das.

Fig. 5. Taf. IV. Der Convergenzpunct der Sehachsen für die Augen a, b sey e; dieß erscheint also einfach, wäh-

rend c, d doppelt erscheinen müssen. d wird aber von dem Auge b, in seiner Sehachse liegend, und ebenso c von dem Auge a, in e gesehen. Außerdem erscheint dem Auge b das Bild von c in o, dem Auge a das Bild von d in u. Sind nun c und d durchlöcherte Stellen in einem Papierblatte, durch welche man mit den Sehachsen einen fernern Gegenstand e fixirt, so hat man das berühmte aber sehr einfache Scheinersche Experiment. Alles in dem Horopter e wird einfach erscheinen. Alles hinter und vor demselben und also auch die durchlöcherten Stellen erscheinen doppelt, und zwar vierfach, wenn sie außerhalb der Sehachsen liegen, dreifach aus angegebenem Grund, wenn durch sie selbst fixirt wird. Manche Beobachter haben in dem letztern Falle die beiden seitlichen Doppelbilder, weil sie ganz zu den Seiten der Gesichtsfelder undeutlich erscheinen, übersehen, so Wedel in einem ähnlichen Versuch mit brennenden Kerzen, und Purkinje, wie schon S. 78. angeführt worden.

In der Convergenz der Sehachsen vor dem Bilde liegen die einem Auge entsprechenden Doppelbilder auf der Seite desselben Auges, umgekehrt in der Convergenz hinter dem Bilde.

Die Größe der Doppelbilder wird verschieden, sobald der Gegenstand in ungleicher Entfernung von beiden Augen liegt, und zwar: in der Convergenz der Sehachsen vor dem Bilde erscheint unter diesen Umständen jedesmal das äußerste Bild am größten, umgekehrt in der Convergenz der Sehachsen hinter dem Bilde.

Aendert die Ebene unserer Augen ihre Lage gegen den wahren Horizont, so verschieben sich die entstandenen Doppelbilder schief nach oben und unten gegen den wahren Horizont. Das Verhältniß der Verschiebung ist gleich dem Verhältniß der Verschiebung der horizontalen Augenebene gegen den wahren Horizont. Wir haben also bei

einer horizontalen Haltung des Kopfes in der Verschiebung der Doppelbilder ein bestimmtes Maaß zur Ermittelung der wahren horizontalen Lage äußerer Gegenstände.

Bei der Convergenz der Sehachsen hinter dem Bilde hat der Theil des Bildes, welcher in jeder beliebigen Entfernung von den Sehachsen eingeschlossen wird, seine Doppelbilder neben einander. Alles was innerhalb der Sehachsen liegt und diese nicht erreicht, erscheint in seinen Doppelbildern von einander getrennt. Alles was über die Sehachsen hinausliegt, erscheint in der Mitte des Sehfeldes mit seinen Doppelbildern zum Theil sich deckend.

In Fig. 6. Taf. IV. vereinigen sich die Sehachsen in der Linie k t. c d e das Bild vor dem Convergenzpunkte. c d wird von b in k n, von a in m i gesehen. In m n liegen doppelte Bilder. d e wird von a in i t, von b in n l gesehen. Wenn also c d schwarz, d e weiß, so liegt in k m einfaches Schwarz, durch welches die Bilder des Horopters k t durchscheinen, in m n Schwarz in Schwarz, in n i Weiß in Schwarz, in i l Weiß in Weiß, in l t einfaches Weiß.

Unter gleichen Bedingungen liegen in Fig. 7. in t u einfaches Weiß, in u v einfaches Schwarz, in v x Schwarz in Weiß, in x y Weiß in Weiß, und s. f. Und liegt in der Ebene t β noch ein Bild als Hintergrund, das wir grün nennen wollen, so erscheint in t u Weiß und Grün, in u v Schwarz und Grün, in v x Schwarz in Weiß, in x y Weiß in Weiß, in y w Schwarz in Weiß und s. f. Auf welche Weise verschiedene sich völlig deckende Doppelbilder in ihren unvermischten Farben abwechselnd gesehen werden, ist später näher zu erörtern.

Mögen wir uns nun auch die Raumverhältnisse der Doppelbilder welche bei der Fixation eines näheren Ge-

genstandes entstehen, in der Anschauung vergegenwärtigen.

In Fig. 8. Taf. IV., wenn die Vereinigung der Sehachsen in dem Bilde c d, sind die Beziehungen des einfachen Bildes c d und des doppelt gesehenen Horizontes i f folgende.

In c d kann nichts von dem gedeckten Horizonte, weder von a noch b, gesehen werden. In d i erscheint g f von b gesehen, in d v erscheint e f von a gesehen. Wenn wir also c d schwarz, den Horizont i f weiß setzen, so ist in c d, da h g von keinem Auge gesehen wird, ein ungetrübtes Schwarz. In d v ist Weiß in Weiß des Horizontes, in v i einfaches Weiß des Horizontes, so lange der begrenzte Horizont e f nicht wieder in Beziehung auf einen fernern Horizont, der das Gesichtsfeld ausfüllt, betrachtet wird.

So lange c d größer ist als die Entfernung der beiden Augen a und b, oder so lange c d = a b, kann h g nicht im Bilde erscheinen, so fern oder nah der Horizont i f auch rücken mag.

So wie aber c d kleiner als die Entfernung der Augen a und b wird, hängt es allein von der Entfernung des Horizontes i f ab, in wie fern der nicht gesehene Theil h g größer oder kleiner wird. Seine Größe steigt im geraden Verhältniß der Entfernung des Horizontes. Sobald demnach die projicirten c a und d b in ihrem Durchkreuzungspuncte den Horizont e f aufnehmen, wird h g = o. Der ganze Horizont erscheint dann in Doppelbildern.

In Fig. 9. Taf. IV. ist der Horizont über den Convergenzpunct von h b und g a hinausgerückt.

Wenn also die Sehachsen in c d convergiren, so erscheint, neben dem einfachen Bilde des Horopters c d, in d i der Theil des Horizontes h f, desselben Theiles kleinerer Theil e f erscheint von a gesehen wieder in d v, und bei gleicher Bezeichnung liegt in c d des Bildes einfaches

Schwarz, in d v Weiß in Weiß, in einander auf identischen Theilen, in v i aber einfaches Weiß, so lange nicht hinter dem begrenzten h f ein größeres Gesichtsfeld mit seinen nach Gesetz auf die Ebene des Convergenzpunctes geworfenen Bildern sichtbar wird.

In diesen Gesetzen der Perspective für 2 Augen verändern die Doppelbilder ihre Localität nach der Entfernung des Convergenzpunctes und der in ihm gelegenen Bilder und nach der Entfernung der verschiedenen Horizonte hinter dem Convergergenzpuncte, oder umgekehrt im andern Falle nach der Entfernung des Convergenzpunctes ohne fixirte Gegenstände und der vor ihm gelegenen Objecte. Viel einfacher aber werden die Erscheinungen der Doppelbilder, wenn die Entfernung des Convergenzpunctes in Bezug auf die Bilder nicht durch die freie Action der Augenmuskeln, sondern durch Fingerdruck bestimmt wird. Ich will nur ein Beispiel nehmen, um auch hier das Nothwendige in dem Erscheinen der Doppelbilder nach den Gesetzen der Perspective und der physiologischen Identität nachzuweisen.

Wir haben in Fig. 7. Taf. IV. das Ineinander und Nebeneinander der Doppelbilder als in dem bestimmten Fall so und nicht anders nothwendig erörtert. Unter den dort gegebenen Bedingungen liegt in t u einfaches Weiß, in u v einfaches Schwarz, in v x Weiß in Schwarz, in x y Weiß in Weiß, in y w Schwarz in Weiß, in w α einfaches Schwarz, in $\alpha\beta$ einfaches Weiß.

Wird nun dieselbe Convergenz der Sehachsen, die in jenem Falle durch die freie Action der Augenmuskeln ausgeübt wurde, durch den Fingerdruck an der innern Seite der beiden Augäpfel bewirkt, so daß der Convergenzpunct über den Gegenstand e f in die Linie t β gerückt wird, so muß durch die an der innern Seite angedrückten Finger ein Theil der Gesichtsfelder beider Augen und

zwar an der innern Seite bedeckt werden. Dieser Verlust ist nach der Stärke des Druckes veränderlich. In Fig. 7. ist er z. B. so stark, daß dem Auge a das Feld y β, dem Auge b das Feld t x genommen wird; alle Doppelbilder, die an diesen Stellen von dem einen oder andern Auge gesehen wurden, fallen weg, und es ist so gut, als sehen die Augen an dem Kegel a γ b vorbei. Es erscheint also im Horizont in t y der Theil e c, in x β der Theil d f, welche Bilder sich in x y decken. In t x liegen also einfache Bilder mit reinen Formen ohne Vermischung, in x y doppelte Bilder in einander, in y β wieder einfache Formen.

Dieser anschaulichen Darstellung entspricht ganz der Versuch. Wenn man in einem Zimmer, nach der Wand hinsehend, durch Fingerdruck an der innern Seite der Augäpfel die Sehachsen zu entfernter Durchkreuzung zwingt so verschwindet dem Gesichte der mittlere Theil des Gesichtsfeldes = c d; und die Seitenwände so wie die Seitentheile der mittlern Wand rücken im Verhältniß der Stärke des Druckes gegen einander, bis sie sich endlich berühren. Man kann auf diese Weise durch verstärkten Druck in der Mitte des Gesichtsfeldes immer mehr und mehr vernichten. Wenn vor und hinter dem Convergenzpuncte Körper gesehen werden, so erscheinen ihre Doppelbilder nach denselben Gesetzen, wie in den einfachen Fällen.

Wenn in Fig. 10. Taf. IV. der Durchkreuzungspunct der Sehachsen in u, die Gegenstände in e und o, so muß, da alle Bilder in der Ebene des Decussationspunctes der Achsen scheinbar sind, o für a in c, für b in d, e für a in m, für b in n erscheinen. Setzen wir nun den Decussationspunct der Achsen in der Linie x y, so erscheint o und alle Puncte, welche in a q liegen, für a in q; in demselben q sind e und alle Puncte, welche in e q lie-

gen, für b sichtbar. Auf der andern Seite erscheint o und alle Puncte in der Linie p b dem Auge b geboten, diesem in p; in demselben sind e und alle in der Linie e p gebotenen Puncte für a sichtbar. Die Doppelbilder von o und e erscheinen demnach sich deckend in p und q.

Auf gleiche Weise: sind die Gegenstände, welche vor dem Decussationspuncte liegen, durch Zwischenräume getrennt und lassen den hinter dem Convergenzpuncte liegenden Horizont durchscheinen, so ist nach demselben Princip eine vielfache Complication der Doppelbilder möglich.

Der complicirteste Versuch wird uns nun nach dem Vorausgeschickten nicht mehr verwirren. Wir können in ihm keine neuen Aufschlüsse erwarten; er ist uns überflüssig und wird mit besonderer Absicht nur erläutert, um auch hier zu zeigen, wie unzweckmäßig man auf ähnliche Weise eine Menge von zusammengesetzten optischen Experimenten erdacht hat, um aus den unerklärbar gewordenen Phänomenen einfache abzuleiten. Die Schriften der Physiologen aus einer Zeit, wo sich Physiologie und Optik ungesellig in die Untersuchung über das Sehen theilten und ohne gegenseitige Durchdringung wiederum von einander entlehnten, tragen häufig genug solche verwirrende unfruchtbare Versuche an der Spitze.

Wenn man ein Blatt mit einem viereckigen zollgroßen Loche in der Entfernung von 18 Zoll vor den Augen und einige Zoll vor einem andern beliebigen Gegenstande hält, so aber, daß ein dritter dünner Körper, ein Stäbchen, zwischen dem Papier und der hintern Wand sich befindend, in dem Convergenzpuncte der Augen durch die Oeffnung des Papiers fixirt werde, so wird das Stäbchen, so lange man es durch den mittlern Theil der Oeffnung sieht, unverändert, seine Localität auf der hintern Wand behaupten. Sobald man aber Seitenbewegungen mit dem Papiere machend, einen der Sei-

tenränder der Oeffnung dem ruhenden Stäbchen nahe führt, ohne daß das Papier eine größere Entfernung von der Ebene der Augen einnehme, wird das Bild des Stäbchens plötzlich an einer gewissen Stelle seine Localität gegen die hintere Wand ändern, es wird durch die Oeffnung in einer mehr seitlichen Stelle der hintern Wand gesehen werden. Nach der Bewegung des Papiers hat also das Bild des Stäbchens, durch die Oeffnung gesehen, drei verschiedene, aber bis zu einer gewissen Grenze constante, Localitäten, einmal, so lange mehr der mittlere Theil der Oeffnung auf das Stäbchen fällt, auf dem mittlern Theile der hintern Wand, dann aber plötzlich auf einem mehr seitlichen Theil derselben, sobald ein gewisser Theil der Oeffnung in der Bewegung mit dem Stäbchen congruirt. Wir mögen nun, nachdem wir von dem Einfachen ausgegangen, den complicirten Versuch auf die einfache Darstellung zurückführen.

Da der Convergenzpunct hinter dem Loche des Papiers auf dem Stäbchen ruht, so wird, nach dem Grundgesetz des Doppeltsehens, sowohl das Loch, als das ganze Papierblatt vor dem Decussationspunct doppelt gesehen werden müssen. Daß dem so sey, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man das Papierblatt bei unverrücktem Convergenzpuncte den Augen näher bringt. Das Loch wird nämlich dann doppelt und durch einen Streifen Papier getrennt erscheinen, welcher letztere um so größer wird, je näher man das Blatt den Augen bringt. In der ursprünglichen Entfernung des Blattes sieht man also ein Bild des Loches in dem andern, diese Bilder zum Theil sich deckend; und es muß daher das Loch größer erscheinen als es wirklich ist, je nachdem ein größerer oder geringerer Theil seiner Bilder sich decken. In der That, wenn man ein Auge schließt, erscheint das Loch sogleich in seiner natürlichen geringern scheinbaren Größe. Oder auch,

wenn man die Ebene der Augen in der Richtung nach oben und unten verrückt, so erscheinen die Doppelbilder der Oeffnung in ihrer natürlichen scheinbaren Größe neben und über einander.

Wenn also in Fig. 11. c d die Oeffnung des Papierblattes, x der Convergenzpunct in dem Stäbchen, y z der schließende Theil des Horizontes hinter dem Convergenzpuncte, so erscheint die Oeffnung c d für a in m p, für b in l n des Horizontes, wenn gleich die scheinbare Größe von l n und m p = 2mal c d, da l n mit c d gleichen Sehwinkel l b n hat. Die scheinbare Größe der Oeffnung unter diesem Convergenzpunct ist also = dem Sehwinkel des gedeckten Theiles m n + dem Sehwinkel von n p + dem Sehwinkel von l m, oder = < m a n + 2 X < n a p, da die scheinbare Größe des Loches, wenn der Convergenzpunct auf der Ebene des Papierblattes ruhte, = < c a d oder < m a n + < n a p wäre. Unter dem gegebenen Convergenzpuncte ist also die scheinbare Größe des Loches um < n a p größer.

Die Hinterwand y z wird in Beziehung zum Convergenzpuncte x doppelt gesehen. Rückt nun das Blatt nach der Seite, so daß etwa der Rand c des Loches in u sey, so kann x (von c u bedeckt) nicht mehr von a gesehen werden, auch nicht der Theil der Hinterwand v n. Dieser Theil wird also blos von b gesehen, und zwar nicht als Doppelbild, sondern als einfaches in einem ganz andern Localitätsverhältniß. Wie weit nun c u vorrücke, dieses Locolitätsverhältniß der Hinterwand zu x bleibt, bis endlich x auch nicht mehr von b gesehen werden kann.

Die relative Ausdehnung der drei Localitäten, in denen x nnter solchen Umständen gesehen wird, steht in einem bestimmten Verhältniß zur Entfernung des Blattes von der Augenebene, ferner in einem bestimmten Verhältniß zur ursprünglichen Größe der Oeffnung c d, so daß bei

bedeutender Größe derselben die mittlere Localität bei der Seitenbewegung des Blattes am längsten bleibt, und die seitliche Localität erst eintritt, wenn v b ganz nahe an x gerückt ist.

Warum eine Linie, die senkrecht auf die senkrechte Ebene der Augen innerhalb der Entfernung beider Augen fällt, den Augen als Kreuz oder Winkel erscheine? Wie der Decussationspunct der Winkellinien oder des Kreuzes mit dem Convergenzpuncte der Achsen zusammen falle, wie das Kreuz der Linien zum Winkel werde, wenn der Convergenzpunct in den Anfang oder das Ende der Linie fällt? Die Nothwendigkeit dieser Erscheinungen läßt sich aus dem einfachen Gesetz der Perspective für ein Auge einsehen, daß nämlich jede auf die Ebene der Augen senkrecht fallende Linie und Fläche von dem einen Auge schief gesehen werden müsse. In unserm Falle bestimmt der Convergenzpunct die Durchkreuzung der beiden Doppelbilder, die als ineinander gesehen werden müssen, sobald sie in der horizontalen Ebene der Augen liegen, als nebeneinander in bestimmtem Winkel sich durchschneidend, sobald sie über die horizontale Ebene der Augen hinausfallen.

Das ist zu einleuchtend, als daß man eine anschauliche Darstellung, die wegen der Vielheit der Ebenen in der Voraussetzung auf der einfachen Ebene der Tafel sehr schwierig und mühsam ist, wünschen könnte.

* * *

Wie sich die Doppelbilder bei einer unendlich fernen Convergenz der Sehachsen oder beim Parallelismus derselben verhalten, wird uns zu bestimmen keine Schwierigkeit mehr machen. In die Mittelpuncte der Netzhäute fallen Gegenstände, welche in der Richtung der Sehachsen liegen; also Theile, deren wahre Entfernung von einander

gleich der Entfernung der parallelen Sehachsen, oder gleich der wahren Entfernung der Augenmittelpuncte ist, fallen im subjectiven Gesichtsfelde zusammen. Da nun jene Entfernung in der äußern Gesichtswelt, je weiter entrückt, in scheinbarer Größe um so kleiner wird, so fällt für die fernsten Gegenstände jener Unterschied ganz weg, und bei parallelen Sehachsen müssen die fernsten Gegenstände einfach gesehen werden. Die Unterschiede der Bilder beider Augen werden aber um so größer, je mehr die scheinbare Größe der Gegenstände wächst, welche zwischen den parallelen Sehachsen inneliegen, oder je näher die Objecte dem Auge sind. Der räumliche Unterschied der Doppelbilder beträgt immer so viel, als der Sehwinkel des zwischen den Sehachsen begriffenen Theils der Objecte vom ganzen Gesichtsfelde einnimmt.

Bei divergirenden Augen, deren Netzhäute vollkommen identisch sind, welche also nicht wie die Augen der Thiere, sondern durch Schielen divergiren, sind beide subjectiv vereinte Sehfelder fast ganz verschieden. Jedes Auge sieht andere seitliche Gegenstände, und von den rechten und linken seitlichen Gegenständen fällt dasjenige subjectiv räumlich zusammen, dessen Bilder auf identischen Theilen beider Netzhäute entworfen werden; und können bei einer geringern Divergenz mittlere Gegenstände gesehen werden, welche doppelt erscheinen müssen, so müssen alle Puncte solcher Gegenstände, welche sich in den Doppelbildern entsprechen, soweit im Sehfelde entfernt von einander liegen, als die Sehwinkel in Summe betragen, unter welchen sie von beiden Augen von den Sehachsen seitwärts entfernt gesehen werden.

---

3. Von der verschiedenen Deutlichkeit der Doppelbilder.

Da das Doppeltsehen von einem deutlichen und einfachen Sehen in einer andern Ferne abhängt, so sind alle Doppelbilder nothwendig undeutlich, und zwar um so undeutlicher, je größer der Widerspruch der wahren Entfernung der doppelt gesehenen Gegenstände und der wahren Entfernung des Horopters ist. Es ist schon früher bemerkt worden, daß die Doppelbilder beider Augen in der Regel, und zwar vorzüglich bei seitlich einfallendem Lichte, in der Beleuchtung oder Intensität ihrer Farben verschieden seyen. Diese Verschiedenheit nimmt zu, je mehr die Augen bei einer convergirenden Stellung unter verschiedenen Winkeln von dem seitlich einfallenden und von dem Objecte des Doppeltsehens reflectirten Lichte beleuchtet werden.

Es ist auch schon früher beiläufig bemerkt worden, daß eines der Doppelbilder willkührlich unterdrückt werden könne. Davon ist der Grund hier näher anzugeben. Haben die Augen eine solche Stellung in der Fixation eines Gegenstandes oder durch willkührliches Schielen, daß ein anderer näherer oder fernerer Gegenstand zwar in der Richtung der Achse des einen Auges, aber außerhalb der Sehachse des andern gelegen ist, oder wenn Fig. 5. Taf. IV. a e und b e die Sehachsen, c der Gegenstand des Doppeltsehens, so müssen nothwendig die Doppelbilder in der Deutlichkeit verschieden seyn, weil das eine in die Mitte des einen Auges, das andere in dem andern Auge auf einen seitlichen Theil des Gesichtsfeldes fällt; und zwar wird die Undeutlichkeit des einen Bildes zunehmen mit der Größe der Entfernung der beiden Doppelbilder, oder mit der Zunahme des Winkels c b e, oder mit der Entfernung

des Horopters von dem Gegenstande des Doppeltsehens, während dieser in der Sehachse des einen Auges bleibend ist. So kann durch willkührliche Bewegung der Augen eines der Doppelbilder immer mehr auf einen seitlichen Theil des Sehfeldes gebracht werden, während das andere seine Lage in der Mitte desselben behauptet oder der Sehachse näher bleibt.

Das schwächere Bild, auch ohnehin schon als Doppelbild undeutlicher als ein anderes Bild des Horopters, verschwindet endlich ganz, wird von dem deutlichen Grunde absorbirt, wie denn alle auf den Seitentheilen des Gesichtsfeldes entworfenen Bilder nach einem kurzen Eindrucke bald erlöschen *). Werden die Doppelbilder auf irgend einem Grunde gesehen, der nicht ihnen gehört, so bedecken sie diesen im subjectiven Sehfelde ganz, ohne daß die Farben des Grundes mit den Farben der Doppelbilder sich zu einer Mittelfarbe vereinigen; vielmehr leuchtet bald die Farbe des Grundes, bald die des Doppelbildes durch die gemeinsamen Grenzen durch. Dasselbe geschieht, wenn verschieden gefärbte Theile der Doppelbilder im gemeinsamen Gesichtsfelde sich decken. Nur theilen sich beide Bilder desselben subjectiven Ortes ihre Helligkeit und Dunkelheit ausgleichend mit. Vergl. S 80 ff. vom Sehen durch gefärbte Gläser. Wo aber gleich gefärbte Doppelbilder über einander wegtreten, kann der Grund nicht mehr durchscheinen, weil hier nicht wie im andern Fall, wo das Doppelbild des einen Auges den Grund bedeckt, der Grund von dem andern Auge frei gesehen wird, sondern beiden Augen an derselben Stelle der Grund bedeckt ist. Wo also gleich gefärbte Doppelbilder über einander wegtreten, ist die Farbenintensität rein erhöht.

Wir gedenken hiernächst einer höchst merkwürdigen Er-

---

*) Troxler.

scheinung in dem vorherrschenden Eindrucke eines der sich deckenden Doppelbilder, welcher weder durch das Hellere oder Schattigere desselben, noch durch seine Uebereinstimmung oder seinen Widerspruch mit der Helligkeit und Schattigkeit des ganzen Gesichtsfeldes entstehen kann, daß nämlich, wo sich helle und dunkle oder verschieden gefärbte Doppelbilder decken oder zum Theil über einander wegtreten, die Grenzen derselben immer in ihren Farben vorherrschen, während der über die Grenze der andern Farbe fortschreitende Grund in seiner Farbe verschwindet, um da wieder über die Farbe eines andern Doppelbildes sich zu erheben, wo er Grenze, dieses aber fortschreitenden Grund bildet.

Man führe die aneinander liegenden Felder e c d f Fig. 7. Taf. IV. als Gelb, Blau, Gelb, durch Schielen so über einander weg, daß in u v reines Blau des freien Doppelbildes, in u x Gelb in Blau der sich deckenden Doppelbilder, in x y intensives Gelb der sich deckenden Doppelbilder gesehen werde; so erscheint das Gelbe i k an dem Rande i oder v vorherrschend, wo es den blauen Grund l m zu decken aufhört und mit dem reinen ungedeckten Blau u v im Gegensatze steht; und eben so ist in v x, wo Blau und Gelb sich decken, das Blaue an dem Rande m vorherrschend, wo es Grenze bildet über dem fortschreitenden Gelben. An dem einen Rande ist also das Gelbe, an dem andern das Blaue vorherrschend, während sich die eine und andere Farbe schmutziger bis zur Hälfte bewegt, oder auf Kosten der andern bald einen größern bald einen kleinern Theil jenes Feldes der sich deckenden Doppelbilder einnimmt. Dieses Schwanken allein ist von dem Streite der beiden Gesichtsfelder überhaupt und von dem Widerspruch oder der Uebereinstimmung des hellern und dunklern allgemeinen Gesichtseindruckes mit dem partiellen auf den identischen Stellen abzuleiten.

Solche Verhältnisse haben wir auf der fünften Tafel zur Anschauung gebracht.

---

4. Von den Farbensäumen der Doppelbilder.

Die pathologischen Schriftsteller erwähnen der farbigen Säume, mit welchen die Gegenstände in verschiedenen nervösen Zuständen umgürtet erscheinen*). Auch sind die Farbensäume als eine *suffusio visus* mit in die Vorboten des schwarzen Staares aufgenommen, obgleich sie viel häufiger, von diesem unabhängig, vielmehr ein besonderes Leiden des Ciliar-Nervensystems beurkunden, und auch, wo sie dem schwarzen Staare vorausgehen, doch nicht zunächst von der Netzhaut abhängen, wie im Verfolge dieser Untersuchung klar werden wird. In dieser Beziehung unterscheiden sich die Farbensäume wesentlich von dem krankhaften Farbensehen oder der Crupsie der ophthalmologischen Schriftsteller, deren Grund unmittelbar in der Netzhaut zu suchen ist. Die Farbensäume sind aber durch die Bedingungen, unter welchen sie krankhaft erscheinen, so gut, wie das natürliche Doppeltsehen, bei einiger Beweglichkeit des Auges im Zustande vollkommner Gesundheit des Sehorganes darstellbar; ja sie begleiten sogar überall das Gesicht in eine Ferne, welcher der Refractionszustand der

---

*) Von den Farbensäumen im Schwindel, in der Epilepsie, in der Hysterie Cael. Aurel. morb. chron. L. I. C. IV. p. 292. ed. Amst. Sennert, med. pract. L. I. P. II.

brechenden Medien nicht entspricht; sie begleiten immer das undeutliche Sehen und die Doppelbilder. Die nächste Ursache jenes Phänomenes als krankhaften ist aber von den Schriftstellern ganz übersehen worden, und man hat ein mit der Lähmung der innern Veränderungen des Auges für verschiedene Fernen nothwendig verbundenes symptomatisches Phänomen als das wesentliche der Krankheit oder als unmittelbares in der Netzhaut selbst begründetes Symptom einer andern Krankheit angesehen.

Wir sehen die Gegenstände durch die brechenden Medien des Auges so lange achromatisch, als die inneren Veränderungen des Auges mit der Entfernung der Objecte genau übereinstimmen. Wenn aber der Refractionszustand des Auges auf eine andere Ferne gerichtet ist als die Ferne des angeschauten Objectes, erscheinen um die Gegenstände jene Farbensäume, die wir, um sie von andern Phänomenen leichter zu unterscheiden, subjective dioptrische Farben nennen wollen. So wenig wie die Doppelbilder überhaupt kommen auch die dioptrischen Farbensäume gewöhnlich zur Perception, eben weil wir bei einer genauen Fixation die Gegenstände durch Adaptation des Refractionszustandes auch deutlich sehen. Da aber in den Phänomenen des natürlichen Doppeltsehens der Refractionszustand der brechenden Medien des Auges nur der Entfernung des Horopters entspricht, so erscheinen alle Doppelbilder von Gegenständen vor und hinter dem Horopter wie undeutlich, so auch in Farbensäumen. Doppelbilder sind also nothwendig nie achromatisch.

Der Pater Scheiner scheint die dioptrischen Farbensäume zuerst beobachtet zu haben. Göthe sind sie entgangen, obgleich sie eigentlich die Grundphänomene der objectiven dioptrischen Farben sind, welche durch den Gebrauch brechender Mittel entstehen. Wären sie aber bekannt gewesen, so würde die Göthe'sche Farbenlehre in dem Theile, wel-

cher von den dioptrischen Farben handelt, noch vollendeter geworden seyn; worüber wir in der Folge einige Betrachtungen anzustellen gedenken. Der Verfasser der schon früher aufgeführten Abhandlung über die physiologischen Farbenerscheinungen hat jene Phänomene recht treu beobachtet, obgleich demselben der Zusammenhang mit den dioptrischen Farben überhaupt nicht erschienen ist.

1. Betrachtet man mit einem Auge ein helles Feld auf einem dunkeln Grunde so, daß der Refractionszustand einem ferneren als dem angeschauten Gegenstande entspricht, so wird das undeutliche hellere Feld mit einem Farbensaume umgürtet erscheinen, dessen einzelne Farben von innen gegen den Grund sich folgen in der Reihe: Violett, Blau, Gelb, Roth.

2. Ist unter denselben Bedingungen, das Feld dunkel, der Grund hell, so ist die Reihe der Farben umgekehrt: Roth, Gelb, Blau, Violett von innen nach außen.

3. Betrachtet man ein helles Feld auf einem dunkeln Grunde so, daß der Refractionszustand einem näheren Gegenstande als dem angeschauten entspricht, so wird der Farbensaum des undeutlichen Bildes in eben der Folge: Roth, Gelb, Blau, Violett.

4. Ist unter denselben Bedingungen das Feld dunkel, der Grund hell, so ist die Reihe der Farben umgekehrt.

Dieser vierfache Wechsel unter vierfachen Bedingungen, ist der Grundversuch in aller möglichen Mannigfaltigkeit, welcher allen dioptrischen chromatischen Versuchen mit Linsen und Prismen vorausgesetzt werden sollte.

Die Farbensäume, welche das undeutliche Gesicht des einzelnen Auges begleiten, sind auch an dem Rande der Doppelbilder erkennbar, welche bei einem verkehrten Refractionszustande eben undeutlich erscheinen müssen.

Kreuzen sich nämlich die Sehachsen hinter dem Objecte der Doppelerscheinung, so ist die Folge der Farbensäume wie im ersten und zweiten Falle.

Kreuzen sich die Sehachsen vor dem Objecte der Doppelerscheinung, so folgen sich die Farben wie in dem dritten und vierten Falle.

Die Farbensäume sind an dem einen und andern Doppelbilde deutlicher, je nachdem eines deutlicher oder undeutlicher. Indessen ist es doch keineswegs der Fall, daß die Farbensäume um so größer und deutlicher werden, je weiter die Gegenstände der Diplopie von dem Horopter entlegen sind. Bei einer solchen Ferne werden die Ränder zuletzt durch die Zunahme der Zerstreuungskreise ganz undeutlich, die Farben fließen in einander und lassen sich nicht mehr von einander unterscheiden.

Die Farbensäume erleiden eine andere Verunreinigung durch das Vorspringen der Nachbilder am Rande des objectiven Bildes bei einer leisen seitlichen Bewegung des Auges. Wir betrachten kaum einige Secunden einen Gegenstand, ohne daß seine Beleuchtung, seine Färbung nach und nach getrübt werden. Das physiologische Nachbild bedeckt bei der Fixation des Gegenstandes nämlich das ganze objective Bild, und da alle Farben mit ihren physiologischen Gegensätzen sowohl chemisch als physiologisch zu Grau sich ausgleichen, so muß das objective Feld bei längerem fixirenden Betrachten mehr und mehr an seiner Reinheit verlieren. So wie aber das Auge nur leise in der Fixation schwankt, tritt das Nachbild in der umgekehrten Beleuchtung und Färbung des objectiven Bildes, als heller, dunkler oder farbiger Saum auf der einen Seite des objectiven Bildes hervor. Menschen mit reizbarem Auge und unbestimmter Fixation sehen häufig solche einseitige Licht- und Farbensäume um die Gegenstände. Diese sind jedoch sowohl ihrer Entstehung nach als im Phänomen

selbst von den subjectiven dioptrischen Farbensäumen zu unterscheiden. Die Säume der Nachbilder erscheinen bei jedem Refractionszustande bald hier bald dort nach der unbestimmten Fixation des Gegenstandes; immer wird die eine Seite des objectiven Bildes wieder rein, so wie das Nachbild nach der andern Seite, nur einen Theil des Gegenstandes bedeckend, hinausrückt; immer sind die Säume der Nachbilder in der geforderten Beleuchtung und Farbe des objectiven Bildes, und also einfach; sie verschwinden bei einer sichern Fixation und werden zu einem vollständigen Nachbilde, wenn der Blick von dem objectiven Bilde weggeführt wird.

Dagegen sind die subjectiven dioptrischen Farbensäume nie einseitig, und nur durch das Vorspringen der Säume der Nachbilder kann der Schein einer Einseitigkeit entstehen. Solche complicirte Phänomene hat Comparetti in der schon erwähnten Schrift als einfache beschrieben und den dioptrischen Farbensäumen namentlich fälschlich beigelegt, daß sie nur an einer Seite des Gegenstandes auftreten, oder daß auf beiden entgegengesetzten Seiten des Gegenstandes verschiedene Farbensäume liegen sollen.

Die subjectiven dioptrischen Farbenphänomene sind im gemeinen Leben häufig genug. Dahin gehören die rothen, blauen Säume schwarzer Schrift bei einer durch Affect, geistige Anstrengung, Nachtwachen, Schläfrigkeit eingetretenen Lähmung der inneren Veränderungen des Auges für das deutliche Sehen in bestimmten Fernen, die blutigen Würfel u. s. w. Sehr lebhaft erscheinen auch die Farbensäume an den Rahmen der Fenster, wenn man durch diese blickend fernere Gegenstände fixirt, oder mit auf das Fenster gerichteten Augen einen näheren Gegenstand, den vorgehaltenen Finger, deutlich ansieht*). Die subjectiven Farben-

*) Es kömmt dabei nicht darauf an, daß der Finger vor den Augen hin und her bewegt werde, wie der Verfasser der Ab-

säume um leuchtende Körper oder die sogenannten subjectiven Lichthöfe haben zwar auch eine gleiche Entstehung wie alle dioptrischen Farben überhaupt, nämlich daß die brechenden Medien für eine andere Entfernung eingerichtet sind als die des Objectes; allein die subjectiven Lichthöfe bleiben auch bei der Fixation des Körperlichtes, der Sterne, und sie sind eigentlich nicht Farbensäume jener leuchtenden Gegenstände sondern des Randes der Iris. Da die Entstehung dieses Phänomenes, von allen Schriftstellern, wie es mir scheint, mißverstanden worden, so wollen wir ihm eine genauere Würdigung in dem späteren Abschnitte, welcher unser Bekenntniß von der Göthe'schen Farbenlehre enthalten soll, schenken.

Es ist von Mehreren schon beobachtet worden, daß auf die äußere Anwendung des Belladonnen- und des Bilsenkrautextractes auf das Auge, außer der Erweiterung der Pupille, auch die Gegenstände in Farbensäumen erscheinen, und daß das Auge in einen ganz fremdartigen Refractionszustand versetzt ist, oder daß seine inneren Veränderungen nach Maßgabe der Entfernung der Objecte ganz ungewöhnlich sind. Auch hier hängt die Farbenerscheinung von nichts Anderem ab, als von der Lähmung des Vermögens in verschiedenen Fernen deutlich zu sehen.

Hat man einen Tropfen einer gesättigten Auflösung

---

handlung über die physiologischen Farbenerscheinungen meint, sondern lediglich, daß er und nicht die Fensterrahmen fixirt werden. Auch ist es nicht der Fall, was dort angegeben ist, daß die Farbenerscheinung verschwinde, wenn von zwei entgegengesetzten Seiten zwei Finger oder sonst zwei dunkle Grenzen gegen das Bild bewegt werden. So giebt auch Comparetti fälschlich an, daß durch die Interception des Lichtes mit dem Finger von der einen Seite die Farben diesseits verschwinden. Es kömmt hier auf nichts an, als auf Fixation eines näheren oder ferneren Gegenstandes.

des Belladonnenextracts in das Auge eingebracht; so erscheint nach Verlauf einer Virtelstunde bei einer weiten Pupille diesem Auge Alles heller und zugleich undeutlicher. Die Gegenstände scheinen weniger scharf begrenzt, ihre Ränder sind verwischt und scheinen sich bei einer lebhaften allgemeinen Beleuchtung in ihre Umgebung wie aufzulösen. In der Entfernung eines Fußes unterscheidet das kranke Auge, wenn die Gegenstände dem gesunden Auge undeutlich wurden, genau. In der Entfernung von 6 Fuß verschwanden dem kranken Auge die kleineren Buchstaben immer mehr und mehr; die größeren aber erschienen deutlicher. In der Entfernung eines Fußes von dem Spiegel sah ich immer Doppelbilder meiner selbst. Das Bild des rechten gesunden Auges war kleiner, viel kleiner als das Bild desselben Auges, wenn das linke kranke Auge bedeckt wurde; übrigens war das Bild des rechten gesunden Auges auf der entgegengesetzten Seite. Das Spectrum des linken kranken Auges war größer, sehr deutlich und hell. Wenn ich das kranke linke Auge schloß, verweilte das undeutliche kleine Spectrum des rechten Auges noch einige Zeit, bis es sich durch unwillkührliche Abänderung des Refractionszustandes, der nun nicht mehr durch das kranke Auge limitirt war, zu dem natürlichen und deutlichen Spectrum des gesunden Auges erweiterte. Durch wiederholte Beobachtung überzeugte ich mich, daß, wenn beide Augen offen waren, die Sehweite des gesunden rechten Auges äußerst kurz war, wodurch eben das Bild aus der doppelten Spiegelweite sehr klein und undeutlich wurde. Was bei der Betrachtung der Bilder im Spiegel von der Entfernung eines Fusses gilt, dieß gilt für andere Objecte außer dem Spiegel in der doppelten Entfernung, aus leicht begreiflichen Gründen. Bei der Betrachtung eines Gegenstandes von 2 Fuß Ferne mit beiden Augen treten deshalb dieselben Phänomene auf, wie bei der Betrachtung des

eigenen Bildes im Spiegel, der mir in der Entfernung eines Fußes war. Trat ich dem Spiegel näher, so wurde das Spectrum des rechten gesunden Auges größer und deutlicher, weil sein Refractionszustand in Begleitung des kranken Auges für die Nähe war, während sich das frühere deutliche Spectrum des kranken linken Auges gleich verminderte. Es geht daraus hervor, daß der Refractionszustand des gesunden Auges für die allernächsten Gegenstände verbunden war mit einem Refractionszustande des kranken Auges für die Ferne, und daß, wenn bei dieser Verbindung sich beide Augen für die Unterscheidung näherer oder fernerer Gegenstände einrichten sollen, bald das eine, bald das andere Auge deutlicher sehen muß. Denn da der nisus für beide Augen gleich ist, so bedarf es, um nahe Gegenstände deutlich zu sehen, für das weitsichtige kranke Auge eine Abänderung des Refractionszustandes, mit welcher gleichzeitig das gesunde Auge sich für die allernächsten Objecte verändert; d. h. wenn das weitsichtige kranke Auge in der Nähe deutlich sehen will, muß das gesunde die Gegenstände dieser Nähe undeutlich sehen, und nur die allernächsten Objecte deutlich unterscheiden. Uebrigens verliert das kranke Auge bei einer sehr weiten Pupille und bei seiner Weitsichtigkeit durch den Einfluß der narcocis keineswegs das Vermögen die Pupille um etwas zu verengern und den Refractionszustand gleichzeitig abzuändern. Auch das kranke Auge sieht willkührlich bald in der Nähe, bald in der Ferne deutlicher; und bei dem Blick in die Ferne ist die Iris fast ganz zurückgezogen, bei dem willkührlichen Blick in die Nähe verengert sich wieder die Pupille um etwas durch Contraction der Iris. Sehen beide Augen gleichzeitig, so sind in der Regel Doppelbilder vorhanden, und zwar ist bald das Spectrum des gesunden, bald das des kranken Auges deutlich, je nachdem der gemeinschaftliche nisus das Object in die Sehweite

des deutlichen Sehens des einen oder andern Auges bringt. Warum aber immer bei einem ungleichen Refractionszustande beider Augen Doppelbilder erscheinen, warum mit diesem Zustande nothwendig eine gewisse Art des Schielens verbunden sey, wollen wir im nächsten Buche untersuchen. Es genügt hier zu bemerken, daß jene Doppelbilder bei dem Blick in eine große Ferne zusammenfallen, weil ihre räumlichen Unterschiede zu klein werden. Ueberdieß sehen beide Augen auch in der Ferne gleich deutlich, weil einmal das kranke Auge schon weitsichtig ist, und es also bloß einer willkührlichen Lähmung der inneren Veränderung des gesunden Auges für die Nähe bedarf, daß beide Augen in der Ferne gleich deutlich sehen. Wo Doppelbilder eintraten, ließen sich diese nur mit großer Mühe zu einem einfachen Bilde vereinigen, und hier waren die Erscheinungen ganz denen gleich, welche eintreten, wenn das eine Auge durch eine Linse sieht, wenn das andere in anderm Refractionszustande frei sieht.

Besonders merkwürdig ist, daß wenn das kranke weitsichtige Auge sich für das deutliche Sehen der nahen Gegenstände einrichtete, die Bilder fast um 1/3 des Natürlichen kleiner waren, während die undeutlichen Nebenbilder des gesunden Auges, das unter diesen Umständen nur dicht vor ihm selbst deutlich sah, ihre natürliche Größe beibehielten. Hier war ich nun vermögend, durch den Blick in größere Ferne (wobei das kranke Auge wieder in seine Weitsichtigkeit zurückkehrte), das Bild des gesunden Auges zu heben, während das kleine des kranken Auges verschwand, und umgekehrt.

So viel mußten wir vorausschicken, daß die dioptrischen Säume der Doppelbilder, die wir nun beschreiben wollen, besser ausgelegt werden. Wir haben damit zugleich uns für die Untersuchung des im nächsten Buche behandelten Gegenstandes vorbereitet.

Dunkles Feld auf hellem Grunde.

1. Wenn die Decussation der Achsen hinter dem Gegenstande des undeutlichen Sehens ist, so ist der Farbensaum des von dem kranken Auge gesehenen Spectrums von dem dunkeln Felde auf hellem Grunde wie in dem früher aufgeführten einfachen Versuche an dem gesunden Auge, nämlich von Innen nach Außen: Roth, Gelb, Blau, Violett. Der Farbensaum ist klein aber deutlich.

2. Wenn sich die Sehachsen vor dem Gegenstande des undeutlichen Sehens kreuzen, letzterer aber nahe gelegen ist, ist der Farbengürtel des von dem kranken Auge gesehenen Spectrums klein und zugleich undeutlich, aber in derselben Folge, wie im ersten Versuche. Das Spectrum des gesunden Auges war nun ohne Farbensaum. Trat ich mehr von dem Gegenstande des undeutlichen Sehens zurück, so waren bei einer gewissen Entfernung des letztern die Spectra beider Augen von gleicher Größe, gleicher Undeutlichkeit, aber ihre Farbensäume in verkehrter Ordnung der Farben. Bei einer noch größern Entfernung des Gegenstandes, während die Decussation der Sehachsen hinter demselben bleibt, wird das Bild des kranken Auges deutlicher, indem es zugleich seinen Farbensaum verliert, das Bild des gesunden Auges aber undeutlicher und sein Farbensaum größer. Bei einer noch größern Entfernung tritt zuletzt ein Moment ein, wo das bisher deutliche Bild des kranken Auges wieder getrübt wird und einen Farbensaum annimmt, der dem Farbensaum des Spectrums des gesunden Auges in der Reihe der Farben gleich ist; dabei ist der Farbengürtel des kranken Auges zwar kleiner, aber zugleich viel deutlicher und entschiedener.

Helles Feld auf dunkelm Grunde.

3. Kreuzen sich die Sehachsen hinter dem nahen Gegenstande, so ist das entgegengesetzte Spectrum des kranken Auges kaum größer, aber heller; sein Farbensaum, wie der andere, nach Außen: Violett, Blau, Gelb, Roth. Je mehr ich von dem Gegenstande zurücktrat, während die Kreuzung der Sehachsen hinter demselben blieb, um so deutlicher wurde das Spectrum des kranken Auges, am deutlichsten ohne Farbensaum in der weitesten Ferne.

4. Kreuzen sich aber die Sehachsen vor dem Gegenstande, so ist bei der geringsten Entfernung des letztern das Spectrum des kranken Auges kleiner und undeutlich; sein Farbensaum von Innen nach Außen: Violett, Blau, Gelb, Roth, während das Bild des gesunden Auges sehr deutlich und farblos ist. Bei einer gewissen Entfernung von dem Gegenstande, werden beide Spectra gleich groß und gleich undeutlich. Die Reihe ihrer Farbensäume ist aber entgegengesetzt. Bei einer noch größern Entfernung wird das Bild des kranken Auges deutlicher mit deutlicheren Farben, während das Bild des gesunden Auges überhaupt und auch in seinen Farbensäumen undeutlich, zugleich aber größer wurde. Trat ich noch weiter zurück, wurden beide Spectrum in ihren Farbensäumen gleichartig, nämlich in der Reihe von Innen nach Außen: Roth, Gelb, Blau, Violett, bis endlich das Bild des kranken Auges wieder ganz deutlich, das des andern undeutlich wurde.