

Ueber die Auffassung einfachster Raumformen.

Von

Richard Seyfert.

Mit einer Figur im Text.

Der Ausgangspunkt der folgenden Untersuchungen war ein pädagogisches Interesse. Genaue Auffassung der Formen der Dinge ist eine der wichtigsten Bedingungen der geistigen Bildung. Unsere Gesichtsvorstellungen aber sind complexe psychische Gebilde, in die außer den Netzhautempfindungen auch Augenbewegungsempfindungen, sowie anderweite Muskelempfindungen und schließlich auch Reflexionen eingehen. Es ist sicher interessant, festzustellen, welchen Antheil die genannten Momente an der Ausgestaltung der Gesichtsvorstellungen haben oder, anders ausgedrückt, wie sich die Vorstellungen gestalten, wenn die einzelnen Factoren für sich und wenn sie in willkürlich veränderten Verbindungen wirken.

Die Exactheit der Formenauffassung hängt aber auch von objectiven Bedingungen ab, von der Größe der Form, von der Entfernung, in der sie gesehen wird, von Helligkeits- und Farbencontrasten, von der Deutlichkeit der Umrisslinie und der markanten Punkte dieser Linie.

Zunächst sind die subjectiven Factoren ins Auge gefasst worden.

Bei den Versuchen stellten sich mir als Versuchspersonen die Herren Professor Meumann, Assistent Mosch, v. Jankowsky, Hanschmann, Walsemann, Schniedewind, Otto, Hertsch und Bräunlich freundlichst zur Verfügung, denen ich hierdurch danke. Ich verwende im Folgenden für die Namen der Herren Chiffren, die wohl für mich etwas, für den Leser aber nichts bedeuten: Al, Bro, Cha, Dro, Em, Fri, Gab, Hu, Ig.

A. Die Apparate.

Als die zu untersuchende einfachste Raumform wurde aus bestimmten Gründen das Dreieck gewählt.

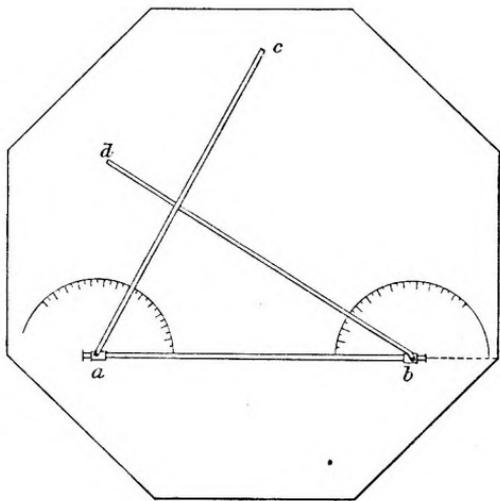
Den verschiedenen Zwecken der Versuche entsprachen mehrere Apparate.

I. Die einfachsten bestehen in weißen Cartonblättchen, auf die die aufzufassenden Dreiecke mit schwarzer Tusche gezeichnet werden.

II. Für einige Versuche (besonders für Massenversuche, die hier nicht weiter zu erwähnen sind) habe ich auf einer großen, mit weißem Papier überzogenen Papptafel die Eckpunkte der darzustellenden Dreiecke eingestochen. In die so entstandenen Löcher werden je drei feine Nadeln eingesteckt, die das bestimmte Dreieck bilden. Die Umrisslinie wird durch eine in sich geschlossene Gummischnur gebildet, die um die Nadeln herumgelegt wird.

III. Um endlich die Möglichkeit zu haben, jedes denkbare Dreieck möglichst schnell herzustellen, habe ich den in beistehender Figur dargestellten einfachen Apparat construiert. ab , ac und bd sind 40—50 cm lange Stahl-

stäbchen. ab ist fest, ac und bd aber sind mit Oesen auf ab verschiebbar, zugleich aber um ihren Endpunkt drehbar, dort also mit Charnier versehen. (Für meine Zwecke genügte es, das Gestäbe aus Regenschirmstäben zusammensetzen.) ab wird nun auf einer großen achteckig geschnittenen, mit weißem Papier überzogenen Pappe befestigt. Auf diese zeichnet man bei a (möglichst fein) die Winkeleintheilung,



während man bei b einen Transporteur aus Papier so anbringt, dass er sich mit dem Schenkel bd verschieben lässt. Mit diesem Apparate lässt sich jedes Dreieck schnell construieren, und durch Drehung der

Pappe kann man die Dreiecke auch in jeder beliebigen Lage zeigen. Bei den Versuchen selbst überdeckte man die überspringenden Enden der Schenkel mit einem Blatte weißen Papiere, indem man damit zugleich die Schenkel in ihrer Lage fixirt.

B. Die Reproduction der Auffassung.

Als einfachste Form der Reproduction erscheint zunächst das freihändige Nachzeichnen der aufgefassten Figur. Aber bei geringer Uebung entspricht nach dem Zugeständniss einiger Versuchspersonen das Gezeichnete dem Vorgestellten nicht oder doch nur ganz annähernd. Darum versuchte ich die Reproduction dadurch zu erleichtern, dass ich im Zeichenhefte der Versuchspersonen die Basis des zu reproducirenden Dreieckes einzeichnete, deren Endpunkte etwas markirte und nur das Setzen des dritten Punktes forderte.

Nebenbei sei erwähnt, dass ich um anderer Zwecke willen auch andere Reproductionsweisen anwenden ließ, zunächst das freihändige Zeichnen mit geschlossenem Auge, endlich auch das Construiren mit schwarzen Fäden. Für diese letztere Art ist ein kleiner Apparat nöthig, der im Princip mit dem oben dargestellten übereinstimmt. Der Unterschied besteht darin, dass die Dimensionen kleiner und dass statt der Stahlstäbe Fäden vorhanden sind, die straff gezogen werden müssen.

C. Die Versuche.

1. Allgemeine Vorbemerkungen.

Die ersten der Versuche waren Abstufungsversuche, so angestellt, dass einer der Basiswinkel constant blieb, während der andere von 5° zu 5° vergrößert oder verkleinert wurde. Die Abstufungsversuche wurden später zweckmäßig durch Typenversuche ersetzt, deren Ergebnisse allein im Folgenden benutzt worden sind. 10 Dreiecke mit folgenden Basiswinkeln wurden in jeder Versuchsreihe gezeichnet:

Nr.	a	b
1.	45°	45°
2.	90°	30°
3.	30°	90°
4.	40°	40°
5.	60°	60°
6.	70°	70°
7.	50°	70°
8.	80°	45°
9.	25°	110°
10.	115°	15°

Durch Veränderung der Reihenfolge, vor allem aber durch Aenderung der Lage der Dreiecke bei jeder neuen Versuchsreihe wurde das Wiedererkennen und gedächtnismäßige Zeichnen möglichst verhindert. Um eine große Zahl von Fällen zu erhalten, wurde jedes Dreieck dreimal hinter einander aufgefasst und dargestellt, so aber, dass die Auffassungszeiten im Verhältniss 3 : 2 : 1 standen, sich also bei der Wiederholung verkürzten.

2. Uebersicht über die Versuche.

1. $A-F$ (Augen-fest)-Versuche. Bei diesen werden die Dreiecke in der Weise aufgefasst, dass ein innerhalb derselben markirter Punkt scharf fixirt wird. Die Auffassungszeiten sind 12, 8 und 4 Sekunden. Unwillkürliche Mitbewegungen der Hand werden dadurch ausgeschaltet, dass man die Fingerspitzen der beiden Hände leicht gegeneinander pressen lässt.

2. $A-B^I$ (Augen-bewegt)-Versuche¹, das sind reine Augenbewegungsversuche. Die Dreiecke sind auf der weißen Fläche so fein nur angedeutet, dass sie wohl vom Experimentator, nicht aber von der Versuchsperson erkannt werden können. Mit Hülfe eines weißen Zeigestabes, an dessen Ende sich eine kleine schwarze Scheibe befindet, werden die Dreiecksformen umfahren. Die Versuchsperson hat die Aufgabe, die bewegte Scheibe zu fixiren und ihrer Bewegung mit dem Auge zu folgen. Auf scharfes Fixiren muss sorgfältig geachtet werden, um die Nachbildwirkung möglichst auszuschalten. Damit die Bewegung recht ausgiebig werde, sind die Dreiecke groß

zu zeichnen. Das Umfahren der Dreiecksumrisse erfordert etwas Uebung und eine ruhige Hand. Nöthig ist es auch, dass der Zeigestab immer sich parallel geführt wird. Mitbewegungen der Hand der Versuchsperson sind wie bei dem 1. Versuche zu verhindern.

3. *H-B* (Hand-bewegt)-Versuche. Sie werden so ausgeführt, dass die Versuchsperson bei geschlossenem Auge tastend mit dem Finger auf den Stäben des oben unter Fig. 1 dargestellten Apparates hinfährt und aus den Tast- und den Bewegungsempfindungen der Hand und des Armes das Dreieck reconstruirt. Das Tasten erfolgt bei jedem Dreieck erst drei-, dann zwei-, zuletzt einmal. Bei einer zweiten Versuchsanordnung ließ ich die Umrise ausgestanzter Dreiecke mit dem Bleistift nachziehen. Ein wesentlicher Unterschied in den Ergebnissen hat sich zwischen beiden Arten nicht herausgestellt.

Die weiteren Versuche sind nun Combinationen.

4. Die *A-B^{II}*-Versuche erfolgen so, dass das Auge durch den Zeigestab veranlasst wird, der deutlich sichtbaren Umrisslinie des Dreiecks zu folgen. Netzhautbild (Nachbild) und Augenbewegungsempfindung wirken also zusammen.

5. *A-B^I*- und *H-B*-Versuche, d. h. eine Verbindung des 2. und des modificirten 3. Versuches. Es wirken zusammen die Augenbewegungsempfindungen (ohne Netzhautbild) und die Bewegungsempfindungen der Hand und des Armes. Die Ausführung erfolgt wie bei dem 2. Versuche, gleichzeitig aber zeichnet die Versuchsperson mit Bleistift das Dreieck, ohne jedoch die Markierungsscheibe des Zeigestabes aus dem Auge zu verlieren.

6. *A-B^{II}*- und *H-B*-Versuche, d. i. eine Combination des 4. und des modificirten 3. Versuches. Das Auge folgt dem Zeigestabe, der die deutlich sichtbaren Dreiecke umfährt, gleichzeitig zeichnet die Hand das angeschaute Dreieck nach. So wirken demnach zusammen das Netzhautbild (Nachbild), die Augenbewegungsempfindung und die Bewegungsempfindungen der Hand und des Armes.

Als mehr nebensächlich und gelegentlich wurde noch ein Versuch mit innerlich erregten Vorstellungen, also mit Hülfe der Reflexion angestellt. Die Aufgabe der Versuchsperson war hier die, auf die bloße Angabe der Größe der Basiswinkel hin die Dreiecke zu zeichnen.

3. Ermittlung der Ergebnisse.

Die Exactheit der Auffassung der Formen soll erschlossen werden aus der Richtigkeit der Reproduction ähnlicher Formen im geometrischen Sinne. Da die geometrische Aehnlichkeit auf der Uebereinstimmung der Winkel beruht, lassen sich die in der Reproduction gemachten Fehler durch die Abweichungen in den Winkeln ausdrücken.

Wird ein Dreieck mit den Basiswinkeln $a = 90^\circ$, $b = 30^\circ$ verändert in ein solches mit $a = 92^\circ$, $b = 36^\circ$, so beträgt der Fehler

$$\begin{aligned} \text{für } a &= +2^\circ \\ > b &= +6^\circ \\ > c &= -8^\circ. \end{aligned}$$

Wird 86° und 28° gezeichnet, so sind die Fehler -4° , -2° , $+6^\circ$. Wird gezeichnet 92° und 26° , so betragen die Fehler $+2^\circ$, -4° , $+2^\circ$.

Die Hereinziehung des 3. Winkels ist nöthig, weil in ihm der Fehler entweder verstärkt oder theilweis compensirt erscheint, je nachdem die Basiswinkel im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne verfehlt worden sind. Für die Fehlersumme eines Dreieckes ist das Vorzeichen gleichgültig; sie beträgt bei den angeführten Beispielen 16° , 12° , 8° .

Da bei jedem Versuche 10 Dreiecke, jedes 3mal, im Ganzen also 30 Dreiecke gezeichnet wurden, enthält jedes Protocoll 90 Winkelangaben.

Das Beispiel eines Protocolls möge hier folgen.

23. 2. 97. II. Versuch. Lage des Dreiecks: $\begin{matrix} a \\ | \\ b \end{matrix} \cdot c$ Herr Dro.

Reihenfolge: 2. 4. 6. 8. 10. 1. 3. 5. 7. 9.

Dreieck	1. Reproduction				2. Reproduction				3. Reproduction				SSa.		
	Nr.	a	b	Sa.	a	b	c	Sa.	a	b	c	Sa.			
1.	30°	90°	+2°	0	-2°	4°	0	0	0	-3°	-3°	+6°	12°	16°	
2.	90°	30°	0	-2°	+2°	4°	+2°	-3°	+1°	6°	+2°	-3°	+1°	6°	16°
3.	40°	40°	-1°	-4°	+5°	10°	+1°	+3°	-4°	8°	-9°	-5°	+14°	28°	46°
4.	45°	45°	-5°	+1°	+4°	10°	+1°	-2°	+1°	4°	-6°	+3°	+3°	12°	26°
5.	60°	60°	-8°	-3°	+11°	22°	0	-5°	+5°	10°	-10°	-7°	+17°	34°	66°
6.	70°	70°	-10°	-8°	+18°	36°	-9°	-10°	+19°	38°	-4°	-7°	+11°	22°	96°
7.	50°	70°	-16°	+4°	+12°	32°	-11°	-4°	+15°	30°	-10°	-9°	+19°	38°	100°
8.	80°	45°	+1°	+11°	-12°	24°	+5°	+12°	-17°	34°	-2°	+8°	-6°	16°	74°
9.	25°	110°	-6°	-8°	+14°	28°	-8°	0	+8°	16°	-8°	-4°	+12°	24°	68°
10.	115°	15°	+6°	+1°	-7°	14°	-6°	0	+6°	12°	-8°	-2°	+10°	20°	46°

Ehe ich zur Verwerthung der Ergebnisse übergehe, möchten noch einige Einwendungen beseitigt werden. Es könnte doch zweifelhaft erscheinen, ob die Reproduction ein zulässiges Kriterium für die Perception sei. Manuelle Ungeübtheit, blitzschnelle Reflexionen, vermeintliches oder bewusstes Wiedererkennen müssen die Ergebnisse beeinflussen. Das ist nicht zu bestreiten; insbesondere wird sich der Uebungseinfluss einigermaßen geltend machen. Wollte ich aber meine Versuchspersonen auf die bestimmten Dreieckstypen einüben, bevor die eigentlichen Versuche beginnen, so würden eben wegen des Erinnerungseinflusses die zu untersuchenden subjectiven und objectiven Momente gar nicht mehr zur Geltung kommen. Um aber doch den Uebungseinfluss abzuschwächen, nahm ich vor den eigentlichen Versuchen Uebungsversuche mit anderen Dreiecken vor. Ferner suchte ich durch Drehung der Dreiecke und durch Veränderung der Aufeinanderfolge das Wiedererkennen möglichst zu verhindern. Dass dies im allgemeinen gelungen, beweist folgende Thatsache: Nach Ablauf der ersten sechs Versuche ließ ich bei einigen Versuchspersonen den ersten wiederholen. Die Gesamtfehlersumme, immer von 30 Dreiecken gewonnen, dieses 7. Versuches stimmt annähernd genau mit der des 1. Versuches überein. Sie beträgt bei

	1. Versuch	Wiederholung
Fri	234°	232°
Al	374°	362°
Dro	378°	424°

Bei Dro ist also sogar eine Steigerung der Fehlersumme vorhanden, ein Beweis dafür, dass Nebenumstände wie Ermüdung, Sinken der Aufmerksamkeit u. dergl. die Ergebnisse beeinflussen, wenn ich auch bemüht gewesen bin, solche durch Gleichhaltung der Zeitlage, durch moralische Beeinflussung u. s. w. fernzuhalten. Doch sprechen diese Umstände eben dafür, dass die Reproduction ein Maß für die Exactheit der Perception ist. Wie fein dieses Maß ist, möge noch ein Versuch beweisen: Eine Versuchsreihe wurde mit den Herren Fri und Ig bei Lampenlicht ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Reihe wichen von denen derselben Reihe, bei Tageslicht vorgenommen, in geradezu frappanter Weise ab. Die Gesamtfehlersummen auf 30 Dreiecke betragen:

	bei Tageslicht	bei Lampenlicht
bei Ig	370°	604°
> Fri	364°	542°

4. Uebersicht über die Ergebnisse.

Als deutlichen Ausdruck für die zu untersuchenden Thatsachen betrachte ich die Fehlersummen jeder einzelnen Versuchsreihe, die zunächst einmal übersichtlich zusammengestellt sein mögen. Die angeführten Zahlen geben also in Graden an, um wieviel die 90 Winkel der reproducirten Dreiecke von der Winkelsumme der vorgezeigten Dreiecke abweichen.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Versuchs- person	<i>A-F</i> Augen fest	<i>A-B^I</i> Augen bewegt, ohne Netzhaut- bild	<i>H-B^I</i> Hand bewegt, Auge ge- schlossen	<i>A-B^{II}</i> Auge bewegt mit Netzhaut- bild	<i>A-B^I</i> <i>H-B</i> 2. Versuch mit Hand- bewegung	<i>A-B^{II}</i> <i>H-B</i> 4. Versuch mit Hand- bewegung	Summe	Versuch mit Reflexion
1. Al	374	274	410	280	446	290	2074	236
2. Bro	436	292	620	294	342	440	2424	232
3. Cha	458	348	620	412	324	320	2492	254
4. Dro	490	376	536	260	478	416	2556	296
5. Em	332	418	776	300	404	268	2498	234
6. Fri	404	396	602	364	490	436	2692	
7. Gab	368	400	930	362	670	438	3168	392
8. Hu	356	582	848	340	734	592	3452	258
9. Ig	556	762	602	604	806	736	4066	378
Arithm. Mittel:	419	428	660	357	522	437		285

5. Deutung der Ergebnisse.

Der Ueberblick zeigt zunächst ganz bedeutende individuelle Unterschiede, die in den Einzelsummen, vor allem aber in den Gesamtsommen zum Ausdruck kommen. Die letzte der angeführten Personen hat fast genau doppelt soviel Fehler gemacht als die erste; die Personen unter 2—6 weichen nur wenig in den Summen von einander ab u. dergl. Auf diese individuellen Differenzen einzugehen, ist hier nicht der Ort.

Lässt man die Zahlen ganz im allgemeinen sprechen, so wären daraus folgende Sätze zu folgern:

1. Die exacteste Auffassung erfolgt so, dass das Auge die Figur im Ganzen vor sich sieht und sich auf den Umrisslinien hinbewegt.

2. Die dieser Auffassungsweise in der Genauigkeit nächststehende wäre die mit fixirtem, also ruhendem Auge.

3. Die bloße Augenbewegungsempfindung garantirt eine ziemlich sichere Auffassung, auch wenn das Netzhautbild fehlt.

4. Gleichzeitige Muskelbewegungen der Hand und des Armes verringern die Exactheit der Auffassung.

5. Die ungenaueste Auffassung ist die, welche auf Grund der bloßen Hand- und Armbewegungen erfolgt.

Diese Sätze bedürfen der Nachprüfung.

Fassen wir zunächst das Verhältniss zwischen dem 1. und dem 4. Versuche ins Auge. Bei dem 1. sollte das Netzhautbild des ruhenden Auges für sich, bei dem 4. Versuche mit dem Netzhautbilde zugleich die Augenbewegung die Auffassung der Figur vermitteln. Es ergaben sich folgende Fehlersummen:

	absolut		auf 100 reducirt	
	1. Versuch Netzhautbild ohne Augenbeweg.	4. Versuch Netzhautbild mit Augenbeweg.	1. Vers.	4. Vers.
Al	374	280	100	: 74,87
Bro	436	294	100	: 67,43
Cha	458	412	100	: 89,96
Dro	490	260	100	: 53,06
Em	332	300	100	: 90,36
Fri	404	364	100	: 90,10
Gab	368	362	100	: 98,37
Hu	356	340	100	: 95,51
Ig	556	604	100	: 108,63

Abgesehen von der letzten Versuchsperson, zeigt sich bei allen Versuchen ein günstiger Einfluss der Augenbewegung auf die Ergebnisse.

Dieser Einfluss wird noch viel deutlicher, wenn die Versuchs-umstände genauer ins Auge gefasst werden. Unter den Versuchs-

personen sind fünf (Al, Bro, Cha, Dro und Fri) durch anderweite Versuche im Fixiren ausgezeichnet oder doch gut geübt, die Personen Em, Gab, Hu und Ig gar nicht geübt. Auffällig ist es, dass die Personen Em, Gab, Hu und Ig relativ so günstige Ergebnisse bei dem 1. Versuche haben. Dies erklärt sich aber daraus, dass sie, ungeübt im Fixiren, nicht im Stande sind, das Dreieck aufzufassen, ohne die Augen zu bewegen, dass sie nach eigener Aussage fortwährend den Fixationspunkt aus dem Auge verlieren und den Umrisslinien folgen, eine Thatsache, die ich bei allen ungeübten Personen festgestellt habe. Sie haben also in Wirklichkeit den 1. Versuch gar nicht ausgeführt, sondern statt dieses den 4. Damit stimmen denn auch die relativen Werthe beider Versuche

Em	100	:	90,36
Gab	100	:	98,37
Hu	100	:	95,51
Ig	100	:	108,63

gut überein. Diese vier Personen müssen demnach aus dem 1. Versuche ausgeschieden werden; dann aber gestaltet sich das relative Fehlermittel noch viel markanter für den Einfluss der Bewegungsempfindung. Die Mittelzahlen der bleibenden 5 Personen sind dann:

1. Versuch, ohne	4. Versuch, mit
	Augenbewegung
100	: 75,08

Hieraus ergibt sich, dass das Entscheidende für die exacte Auffassung der Formen die Augenbewegung ist.

Die im Fixiren ungeübten Personen zeigen im Fixirversuche auffällig gute Ergebnisse, weil sie den Versuchsbedingungen nicht entsprechen können, sondern unwillkürlich die Augen bewegen. Die geübten Personen zeigen ungünstige Ergebnisse, eben weil sie die Versuchsbedingungen erfüllen und das Auge ruhig halten. Das Verhältniss ändert sich sofort, wenn man auch diesen Personen (im 4. Versuche) die Augenbewegung gestattet, sofort stellt sich bei ihnen eine bedeutende Verbesserung der Ergebnisse ein, während bei jenen fast keine Differenz der Fehlersummen vorhanden ist.

Die Schwierigkeit aber, die im Fixiren liegt, spricht von selbst

dafür, wie stark die Bewegungstendenz unseres Auges bei der Auffassung von Formen ist. Unbefragt, sagen auch die geübten Personen aus, dass immer und immer die Neigung des Auges zu bekämpfen ist, den Linien zu folgen. Wie groß aber der Einfluss dieser Bewegungstendenz auf die Auffassung auch bei ruhendem Auge ist, lässt sich durch die Versuche leider nicht ermitteln.

Wenn die Augenbewegungsempfindungen das Entscheidende sind, so müssen sie das auch isolirt beweisen. Dies geschieht durch den 2. Versuch, den reinen Augenbewegungsversuch, bei dem ein Netzhautbild der Umrisslinien objectiv nicht gegeben ist, sondern das fixirende Auge einem bewegten Punkte im indifferenten Raume folgen soll. Diesem Versuche steht von vornherein der Einwand entgegen, ob nicht doch bei der Bewegung des Fixationspunktes ein Nachbild auf der Netzhaut entstehe, das der Umrisslinie der Figur entspricht. Bei ungeübten Personen ist dies gewiss nicht, bei geübten nicht völlig zu vermeiden.

Die absoluten Fehlersummen sind folgende:

2. Versuch: bloße Augenbewegung

Al	274
Bro	292
Cha	348
Dro	376
Em	418
Fri	396
Gab	400
Hu	582
Ig	762
Mittel:	428

Die ungeübten Personen stehen weit hinter den geübten zurück, weiter als sonst der Durchschnitt der Ergebnisse besagt. Wollte man also bei den ersteren ein stärkeres Mitwirken des Netzhautnachbildes annehmen, so wäre diese Mitwirkung für die Genauigkeit der Perception nicht als günstig anzusehen. Dagegen stehen die Zahlen der geübten Personen über dem Durchschnitt, der für sie aus allen Versuchen gewonnen wird. Dieser günstige Ausfall kann kaum in etwas anderem als in der intensiveren Bewegungsempfindung des

Auges begründet sein; man müsste denn annehmen, dass der Vortheil darin läge, dass das Nachbild auf einen kleinen Bezirk um den gelben Fleck des Auges beschränkt bleibt.

Die absoluten Zahlen rücken durch Vergleichung mit denen des 1. Versuches in noch helleres Licht. Sie gestaltet sich so:

	absolute Werthe		relativ	
	1. Versuch Augen fest	2. Versuch Augen bewegt	1. Vers.	2. Vers.
Al	374	274	100	: 73,53
Bro	436	292	100	: 66,98
Cha	458	348	100	: 75,10
Dro	490	376	100	: 76,55
Fri	404	396	100	: 98,02
	Mittel: 100		:	78,03

Unter dem Mittel steht demnach nur die im Fixiren weniger geübte Person Fri, bei deren relativ günstigem Ausfall des 1. Versuches ohne Zweifel Bewegungsempfindungen mitgewirkt haben, und bei der in Folge der geringeren Fähigkeit, den Fixationspunkt festzuhalten, die Augenbewegungsempfindungen im 2. Versuche weniger intensiv ausfallen müssen. Lässt man diese Person außer Berechnung, achtet man nur auf die sehr gut geübten, so erhebt sich das Verhältniss der Fehlermittel auf

$$100 : 73,4,$$

von welchem Mittel die wirklichen Werthe nur ganz wenig abweichen.

Hieraus folgt also: Die Auffassung einfachster Figuren (ohne besondere Helligkeits- und Farbenqualitäten) durch die bloße Augenbewegung ist exacter als die Auffassung derselben bei ruhendem Auge oder: Für die Auffassung einfacher Formen ist die Augenbewegungsempfindung wesentlicher als das Netzhautbild. (Der oben auf S. 558 ausgesprochene allgemeine Satz unter 2. ist demnach zu berichtigen.)

Der oben ausgeführte Vergleich zwischen dem 1. und dem 4. Versuche ergab die Thatsache, dass die Fehlersumme um fast $\frac{1}{3}$ fällt, wenn man das vorher ruhende Auge den Umrisslinien gemäß sich

bewegen lässt, dass also die Augenbewegungsempfindung den Gesichtseindruck verschärft. Es fragt sich nun, wie das zur reinen Augenbewegungsempfindung hinzutretende Netzhautbild die Auffassung beeinflusst. Dies verdeutlicht ein Vergleich zwischen dem 2. und dem 4. Versuche, die beide Augenbewegungsversuche sind, sich aber dadurch von einander unterscheiden, dass beim 2. Versuche die Bewegungsempfindungen isolirt, beim 4. aber mit dem Netzhautbilde verbunden sind, dass also der 2. Versuch ohne die objectiv gegebenen Umrisslinien, der 4. mit ihnen erfolgt.

Es ergeben sich folgende Werthe:

	2. Versuch, mit Umrisslinien	4. Versuch, ohne Umrisslinien	2. Vers.	4. Vers.
Al	274	280	100	: 102,19
Bro	292	294	100	: 100,68
Cha	348	412	100	: 118,39
Dro	376	260	100	: 69,15
Em	418	300	100	: 71,77
Fri	396	364	100	: 91,91
Gab	400	362	100	: 90,50
Hu	582	340	100	: 58,42
Ig	762	604	100	: 79,29

Mittel: 100 : 86,70

Die Mittelzahl sagt, dass das Hinzukommen des objectiv gegebenen Umrisses zur Bewegungsempfindung des Auges die Perception verbessert, freilich weitaus nicht in dem Maße, als umgekehrt die hinzutretende Bewegungsempfindung das bloße Netzhautbild günstig beeinflusst. Scheidet man den extremsten Fall Hu aus, der laut Protocoll beim 2. Versuch unter sehr ungünstiger Disposition des Reagenten zu leiden hatte, so verändert sich das Verhältniss in

100 : 90,49.

Auffällig und ungemein bezeichnend ist die Thatsache, dass der günstige Einfluss der objectiv gegebenen Umrisslinie nur bei einer (bei Dro) der vier geübten Personen erkennbar ist, während er bei den übrigen (Al, Bro und Cha) nicht nur nicht vorhanden, sondern eher etwas in sein Gegentheil umgeschlagen erscheint. Eine wirk-

liche Störung der Auffassung durch die objectiv gegebene Umrisslinie kann natürlich nicht angenommen, sie muss auf andere in der Ausführung des Versuches oder in der zeitlichen Disposition der Person liegende Gründe zurückgeführt werden. Aber die Zahlen weisen für diese Personen nach, dass für die relativ exacteste Auffassung einfachster Figuren die Augenbewegungsempfindungen ausreichen, und dass die Umrisslinie nur die Aufgabe hat, diese Bewegungen zu leiten.

Kann man diese Verallgemeinerung auch nicht auf alle Personen anwenden, so ist doch durch alle Versuche die große Bedeutung der Augenbewegungsempfindungen für die Formvorstellungen erwiesen.

Die Reproduction der Dreiecke erfordert eine Umsetzung von Augenempfindungen in Bewegungen des Armes und der Hand. Es lag nun nahe zu untersuchen, wie weit die isolirten Hand- und Armbewegungen die Auffassung und Reproduction sicherten. Zu diesem Zwecke wurde der auf S. 554 beschriebene Tastversuch angestellt. Er zeigte das zu erwartende Ergebniss, dass wir Flächenformen durch bloßes Tastbewegen sehr ungenau auffassen, wenigstens im Vergleich zu den Gesichtsvorstellungen.

Die Fehlerzahlen sind folgende:

Al	410
Bro	620
Cha	620
Dro	536
Em	776
Fri	602
Gab	930
Hu	848
Ig	602

Das Ergebniss bei der letzten Person ist nicht zweifellos; ich muss es deshalb unbeachtet lassen.

Vergleicht man diese Zahlen etwa mit den im 4. Versuche (dem günstigsten) gewonnenen, so ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

	absolute Werthe		relative Werthe (abgerundet)	
	4. Versuch Augen bewegt und Netzhautbild	3. Versuch Tasten	4. Vers.	3. Vers.
Al	280	410	100	: 147
Bro	294	620	100	: 212
Cha	412	620	100	: 150
Dro	260	536	100	: 206
Em	300	776	100	: 259
Fri	364	602	100	: 165
Gab	362	930	100	: 257
Hu	340	848	100	: 249
	Mittel 100 : 206.			

Diese Zahlen sprechen relativ ungünstig für die bloßen Muskelempfindungen. Bedenkt man aber, dass hier eine Auffassungsart vorliegt, die dem Sehenden ganz und gar ungewohnt ist, so muss man immerhin die große Annäherung an das Richtige bewundern.

Die überaus wichtige Frage, ob die Versuchspersonen während des Tastens die Armbewegungsempfindungen in Gesichtsvorstellungen umsetzen, lässt sich nur auf Grund der Selbstbeobachtung beantworten. Darin aber waren nur die vier ersten Personen geübt. Von diesen beantworteten Al und Bro die Frage bestimmt mit Ja, Dro mit Nein; Cha vermag keine bestimmte Antwort zu geben.

Wichtig ist die Entscheidung der Frage, ob die Handbewegungsempfindungen die Auffassung begünstigen, wenn sie in eine Combination aufgenommen werden. Dies ist beim 5. Versuche geschehen, der in sich den 2., die bloße Augenbewegung, und eben die Handbewegung enthält. Seine Ergebnisse mögen gleich mit denen des 2. Versuchs zusammengestellt werden:

	absolute Werthe		relative Werthe (abgerundet)	
	2. Versuch bloße Augen- bewegung	5. Versuch Augen- und Handbewegung	2. Vers.	5. Vers.
Al	274	446	100	: 163
Bro	292	342	100	: 117
Cha	348	324	100	: 93
Dro	376	478	100	: 125
Em	418	404	100	: 97
Fri	396	490	100	: 124
Gab	400	670	100	: 163
Hu	582	734	100	: 126
I	762	806	100	: 106
	Mittel 100 : 124.			

Demselben Zwecke diene ein Vergleich zwischen dem 4. und dem 6. Versuche; der 4. ist die Verbindung von Augenbewegung und Netzhautbild, hierzu tritt beim 6. noch die Handbewegung.

Das Ergebniss ist dieses:

	absolute Werthe		relative Werthe (abgerundet)	
	4. Versuch Augenbewegung und Netzhautbild	6. Versuch Augenbewegung, Netzhautbild und Handbewegung	4. Vers.	6. Vers.
Al	280	290	100	: 104
Bro	294	440	100	: 150
Cha	412	320	100	: 78
Dro	260	416	100	: 160
Em	300	268	100	: 89
Fri	364	436	100	: 120
Gab	362	438	100	: 121
Hu	340	592	100	: 174
Ig	604	736	100	: 122

Mittel 100 : 124.

Der Mittelwerth sagt: Die mit der Gesichts- und Augenbewegungs-empfindung simultan verbundene Handbewegung verringert die Genauigkeit der Auffassung. Diese Thatsache hat gewiss in der Theilung der Aufmerksamkeit ihren Grund. Es ist wichtig, sie zu betonen, der Meinung gegenüber, die den Armmuskelpfindungen (und Mitbewegungen) bei der Perception von Formenumrissen eine entscheidende Rolle zuweisen will. Allerdings bilden zwei Personen charakteristische Ausnahmen, Cha und Em, insofern, als bei ihnen die Auffassung durch die gleichzeitigen Handbewegungen verbessert wird. Da dies in beiden Reihen der Fall ist, so muss die Erscheinung entweder in charakteristischer Anlage oder individueller Gewöhnung liegen; die letztere Vermuthung liegt sehr nahe, weil beide Herren Zeichenlehrer sind. Es träte dann hier der Fall ein, der auch sonst vorkommt, dass Complicationen, die einander zunächst hindern, in Folge der Uebung einander fördern.

Aus allen diesen Erörterungen lassen sich folgende allgemeine Sätze ableiten:

1. Das Ausschlaggebende für die Exactheit der Auf-

fassung einfachster Formen ist nicht das Netzhautbild, sondern die Augenbewegungsempfindung.

2. Die exacteste Auffassung solcher Formen erfolgt so, dass das Auge die Figur im Ganzen vor sich sieht und sich auf den Umrisslinien hinbewegt.

3. Dieser Perceptionsart am nächsten kommt diejenige, bei der die bloße Augenbewegung ohne Gesichtseindruck vorhanden ist. Bei geübten Personen steht diese Auffassungsart der ersten an Exactheit nicht nach.

3. Die Auffassung mit fixirtem Auge ist sehr schwierig und gelingt nur geübten Personen. Bei diesen aber ist die Auffassung viel weniger genau als unter 1) und 2). Bei ungeübten Personen folgt das Auge unwillkürlich den Umrisslinien.

4. Simultane Bewegungen der Hand und des Armes vermindern in der Regel die Genauigkeit der Auffassung. Große Uebung der Muskeln kann aber die Genauigkeit fördern.

5. Die ungenaueste, aber immerhin auch dem Sehenden mögliche Auffassung ist die auf Grund der bloßen Hand- und Armbewegungen erfolgende.
