

Ueber die Auffassung einfachster Raumformen.

Von

Richard Seyfert.

(Oelsnitz i. V.)

Mit Tafel IX.

Einleitung.

Die vorliegende Arbeit ist die selbständige Fortsetzung einer in den Philosophischen Studien, Band XIV, unter gleicher Ueberschrift veröffentlichten Untersuchungsreihe. Dort handelte es sich darum, die subjectiven Factoren der Formenauffassung festzustellen und auf ihre Bedeutung für den ganzen Complex der Gesichtswahrnehmung zu untersuchen. Zu diesem Zwecke mussten die Versuchspersonen bestimmte Dreiecksformen auffassen:

1. durch Fixiren des Dreiecks von dessen Mitte aus,
2. durch die bloße Augenbewegungsempfindung, die durch entsprechende Bewegung eines Fixationspunktes im neutralen Raume veranlasst wurde,
3. durch Tasten oder Nachziehen der erhabenen Umrisslinie bei geschlossenem Auge,
4. durch Verbindung des visuellen Netzhautbildes mit der Augenbewegung (der Fixationspunkt bewegt sich auf der sichtbaren Umrisslinie hin),
5. durch Verbindung der bloßen Augenbewegung mit der entsprechenden Handbewegung und
6. durch Verbindung des visuellen Netzhautbildes, der Augenbewegung und der Handbewegung.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Versuche sind folgende:

1. Das Ausschlaggebende für die Exactheit der Auffassung ein-

fachster Formen ist die unmittelbare oder reproducirte Augenbewegungsempfindung.

2. Die genaueste Auffassung der 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 visuelles Gesamtbild vorhanden ist.

4. Die Auffassung durch starres Fixiren ist sehr schwierig und gelingt nur geübten Personen. Bei diesen aber ist die Auffassung viel weniger genau als bei 1. und 2. Bei ungeübten Personen folgt das Auge unwillkürlich den Umrisslinien.

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

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

In der vorliegenden Arbeit handelte es sich nun darum, zunächst die objectiven Factoren, nämlich die Bedeutung der Umrisslinie und der markanten Punkte, die der Größe und der Entfernung, der Farbe und den Einfluss günstiger oder ungünstiger Beleuchtung, zu untersuchen, dann die unverkennbare Regelmäßigkeit der Fehler hervorzuheben und zu deuten. Die Arbeit zerfällt deshalb in zwei Theile, von denen der erste die objectiven Factoren bei der Auffassung einfachster Raumformen, der andere die Regelmäßigkeit der Fehler untersucht.

Wie der einleitungsweise erwähnten ersten Versuchsreihe lagen auch der zweiten, hier behandelten, 10 typische Dreiecksformen mit folgenden Basiswinkeln zu grunde:

Nr.	$\sphericalangle a$	$\sphericalangle b$	Nr.	$\sphericalangle a$	$\sphericalangle b$
I.	45°	45°	VI.	65°	65°
II.	90°	30°	VII.	50°	70°
III.	30°	90°	VIII.	80°	45°
IV.	40°	40°	IX.	25°	110°
V.	60°	60°	X.	115°	15°

Diese Dreiecke werden von den Versuchspersonen aufgefasst, angeschaut und dann nachgezeichnet.

Um gedächtnismäßiges Zeichnen möglichst zu verhindern, wurde für jeden Versuch die Reihenfolge und die Lage der Dreiecke verändert: bei Lage A liegt die Basis horizontal und unten, bei Lage B oben, bei Lage C vertical und links, bei Lage D rechts. Die Versuchspersonen sind bis zum Schlusse der Versuche darüber im Unklaren gelassen worden, ob sie immer dieselben Formen oder solche mit kleinen Abweichungen zu zeichnen hatten. In jedem Versuche wurde jedes der 10 Dreiecke dreimal gezeichnet.

Da es hier nicht mehr auf die subjectiven Factoren ankam, so wurde es jeder Person überlassen, in welcher Weise sie die Formen auffassen wollte, nur die Auffassungszeiten waren für alle gleich lang. Es zeigte sich aber in der Auffassungsweise eine weitgehende Uebereinstimmung, die auf die oben angegebenen Ergebnisse der früheren Versuche bestimmt zurückweist. Zunächst wird das Dreieck rasch als Ganzes betrachtet, nicht durch starres Fixiren, sondern so, dass der Blick den Umriss umläuft und dann für einen Moment auf dem Ganzen verweilt. Darauf erfolgt ein constructives Zerlegen, das fast durchweg durch das Hinzudenken der Dreieckshöhe geschieht.

Die Reproduction der angeschauten Formen geschah durch freihändiges Nachzeichnen, wobei Correcturen gestattet waren. Um der Genauigkeit des Ausmessens willen mussten die Eckpunkte beim Zeichnen etwas markirt werden. Vor dem Ausmessen der Winkel wurden dann die gezeichneten Linien unter Benutzung der markirten Punkte mit dem Lineal nachgezogen.

Die Aehnlichkeit der gezeichneten mit der aufgefassten Form wird sich in der Uebereinstimmung der Winkel aussprechen. Deshalb werden die Abweichungen hierin als Fehlermaß benutzt. Wenn z. B. das Dreieck mit den Basiswinkeln von je 45° in ein solches verändert wird, bei dem $\sphericalangle a = 43^\circ$, $\sphericalangle b = 41^\circ$ ist, so beträgt der Fehler

$$\begin{aligned} \text{für } \sphericalangle a &= -2^\circ, \\ \text{» } \sphericalangle b &= -4^\circ, \\ \text{» } \sphericalangle c &= +6^\circ, \\ \text{in Summa } &12^\circ, \end{aligned}$$

für die Summe ist also das Vorzeichen gleichgültig, für den Winkel c , der nicht direct gemessen zu werden braucht, aber nicht; denn in ihm erscheint der Fehler verstärkt oder aufgehoben, je nachdem die Fehler bei $\sphericalangle a$ und $\sphericalangle b$ gleiche oder ungleiche Vorzeichen haben.

Die objectiven Factoren.

Als objective Factoren wurden folgende Momente untersucht:

1. die Umrisslinie und die markanten Punkte,
2. die Größe,
3. die Entfernung,
4. Farben,
5. die Beleuchtung.

Weil die Zahl der Versuche groß war, mussten ziemlich viel Personen herangezogen werden, was zugleich den Vortheil bot, auch die individuellen Unterschiede kennen zu lernen und von zu weitgehenden Verallgemeinerungen abzuhalten. Es halfen mir folgende Herren: Fanghänel, Gessinger, Glier, Häntzschel, Kappler, Klöpfel, Lange, Lohse, Maul, Merkel, Nessmann, Schilling, Trautner, Wede, Vorwerk und Zanther. Diesen Herren spreche ich auch hier meinen Dank aus. Mit jedem der Herren wurden etwa 12 Versuche angestellt. Im Folgenden wende ich für sie folgende Chiffren an: Khn, Lg, Mi, Nt, Ol, Pf, Qg, Rs, Sl, Tk, Um, Vl, Wn, Xw, Yd, Zt.

Ueber die Versuchsanordnung ist bei jeder Gruppe das Nöthige gesagt. Es wurde bei dieser Reihe den Versuchspersonen zugemuthet, die Dreiecke auch in der richtigen Größe zu zeichnen, was bei der ersten Reihe nicht der Fall war. Den eigentlichen Versuchen gingen einige Uebungsversuche voraus.

I. Versuche, die die Umrisslinie und die markanten Punkte betreffen.

1. Versuch I¹. Kräftige Umrisslinie. Die Dreiecke sind mit schwarzer Tusche in kräftigen, etwa $\frac{3}{4}$ mm starken Linien auf weißem Carton aufgezeichnet. Jede Person sieht sie in der für sie geltenden Entfernung des deutlichsten Sehens.

Versuch I². Schwache Umrisslinie. Die Umrisse sind mit feinen Bleistiftlinien gezogen. Jede Person bestimmt für sich die Entfernung, in der sie die Dreiecke deutlich zu erkennen vermeint.

Versuch I³. Schwache Umrisslinie, deutlich markirte Eckpunkte. Die Dreiecke sind wie im vorigen Versuche gezeichnet, die Eckpunkte aber deutlich hervorgehoben.

Versuch I⁴. Bloss markirte Eckpunkte, die Umrisslinie fehlt.

Der Versuch I¹, bei dem also die Dreiecke in kräftigen Conturen gezeichnet worden sind, wird bei allen Personen als der Normalversuch betrachtet; ihn haben darum auch alle auszuführen gehabt. Bei ihm haben sich für die einzelnen Personen folgende Fehlerzahlen ergeben:

OI	165°	Wn	340°
Yd	246°	Pf	341°
Lg	249°	Xw	356°
Nt	268°	Mi	374°
Sl	302°	Zt	378°
Rs	305°	Um	380°
Qg	318°	Kh	382°
Vl	338°	Tk	571°

Vergleicht man mit diesen Ergebnissen zunächst die des Versuches I², so zeigt sich folgendes Bild:

	Absolute Werthe		Relative Werthe	
	I ¹ kräftiger	I ² schwacher Umriss	I ¹	I ²
OI	165°	184°	100	111,5
Qg	318°	394°	100	123,9
Vl	338°	386°	100	114,2
Wn	340°	378°	100	111,2
Pf	341°	416°	100	122
Xw	356°	406°	100	114
Zt	378°	508°	100	134,4
Kh	382°	486°	100	129,8
		Mittel	100	120,1

Die Fehlerzahl wächst nahezu um ein Fünftel, obwohl die Versuchspersonen meinen, die Formen genau erkannt zu haben. In diesen Zahlen aber spricht sich die Bedeutung deutlicher Umrisslinien klar aus.

Um diese Bedeutung noch schärfer zu beleuchten, will ich hier die Resultate eines Versuches mit farbigen Dreiecken anfügen. Bei Versuch IV wurden grüne und rothe Dreiecke auf weißem Hintergrunde angeschaut, und zwar einmal ohne, das andere Mal mit kräftiger schwarzer Contur. Hierbei ergaben sich folgende Zahlen:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Grün auf weißem Grunde		
	ohne	mit	
	Umrisslinie		
OI	168	123	100 : 73,2
Nt	236	222	100 : 94,6
Lg	248	238	100 : 95,9
Zt	302	300	100 : 99
Um	298	254	100 : 85,5
Tk	428	424	100 : 99
	Mittel 100 : 91,2,		
	Roth auf weißem Grunde		
	ohne	mit	
	Umrisslinie		
Wn	267	238	100 : 89,5
Khn	352	334	100 : 92,5
Pf	360	269	100 : 74,4
(Vl	306	426) ¹⁾	
	Mittel 100 : 85,5.		

Nach diesen Ergebnissen wird man die Bedeutung der Umrisslinie wohl zu beachten haben.

Wie ein Widerspruch hierzu sieht der Ausfall des Versuches I⁴ aus, bei dem statt der Conturen nur die Eckpunkte der Dreiecke kräftig markirt wurden. Der Vergleich mit dem Versuche I¹, dem Normalversuche, zeigt dieses Bild:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	I ¹	I ⁴	
	kräftiger Umriss	kein Umriss, Eckpunkte markirt	
OI	165	176	100 : 106,1
Qg	318	370	100 : 116,3
Vl	338	380	100 : 112,4
Wn	340	368	100 : 108,2
Pf	341	270	100 : 79,2
Xw	356	286	100 : 80,2
Zt	378	350	100 : 92,6
Khn	382	282	100 : 73,7
	Mittel 100 : 96,1.		

¹⁾ Dieses Ergebniss fällt ganz aus der Reihe, nicht blos den übrigen Personen, sondern auch den übrigen Versuchen derselben Person gegenüber, da sie die Zahl aller Versuche, auch der sonst ungünstigsten übertrifft. Die Höhe der Zahl ist nur aus einer zeitlichen starken Indisposition zu erklären.

Die Versuchspersonen scheiden sich scharf in zwei Gruppen. Bei der ersten ist die Auffassung der durch Punkte markirten Dreiecke weniger günstig als beim Normalversuche. Das erscheint von vornherein als das Natürlichere. Um so auffälliger ist die Thatsache, dass sich bei der zweiten Gruppe die Fehlerzahl so bedeutend verringert; sie ist es um so mehr, als es die im Auffassen ungeübteren Personen sind, bei denen sie sich zeigt. Für uns aber ist sie ein weiterer Beleg für die im ersten Theile gefundene Thatsache, dass für die Auffassung der Formen die Augenbewegung das Entscheidende ist. Durch die Perception der drei markirten Eckpunkte entsteht im Auge kein wirkliches Bild des Dreieckes; wohl aber ist die durch eine Bewegung zu messende Entfernung genau gegeben und die Richtung dieser Bewegung durch die gegenseitige Lage der Punkte unzweideutig bestimmt. Dies Beides aber genügt zur genauen Auffassung der Form. Ja, es muss angenommen werden, dass die markirten Punkte die apperceptive Thätigkeit der betreffenden Personen noch stärker anregen, als die gleichförmig gezeichnete Umrisslinie. Nur so erklärt es sich, dass sie die Punkt-Dreiecke noch genauer auffassen als die mit Linien gezeichneten.

Die nächsten Versuche aber werden lehren, dass dieses günstige Ergebniss nur dann eintritt, wenn die drei markirten Punkte in den gelben Fleck fallen. Dies ist bei der gegebenen Versuchsanordnung der Fall gewesen.

Die Bedeutung markirter Punkte beweist auch Versuch I³, bei dem die Linien so fein wie bei Versuch I² gezeichnet, die Eckpunkte aber besonders markirt worden sind. Die Zahlen sind diese (verglichen mit Versuch I²):

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	I ²	I ³	
	Umriss fein, Punkte nicht markirt	Umriss fein, Punkte markirt	
Ol	184	176	100 : 95,7
Qg	394	348	100 : 88,3
Xw	406	330	100 : 81,3
Zt	508	318	100 : 62,6

Mittel 100 : 82.

In dem Maße, wie durch die Eckpunkte Größe und Richtung der Augenbewegung bestimmter wird, wird auch die Auffassung genauer.

Aus dieser Versuchsgruppe sind also folgende Sätze abzuleiten: Kräftige Conturen sind für die Auffassung der Formen günstig, schwache Conturen ungünstig. Der Nachtheil schwacher Umrisslinien kann aufgewogen werden durch Markirung entscheidender Punkte. Bei gespannter Aufmerksamkeit genügt das Hervorheben der markanten Punkte zur richtigen Auffassung.

II. Versuche, die sich auf die Größe der Formen beziehen.

Die Entfernung, in der die Dreiecke des Normalversuches aufgestellt wurden, betrug 60—70 cm. In dieser Entfernung hat beispielsweise das Netzhautbild des normalen gleichseitigen Dreiecks eine Höhe von etwa 1 mm. Wird nun die Entfernung beibehalten, werden aber die Dimensionen der aufzufassenden Dreiecke verdreifacht, so verdreifachen sich natürlich auch die linearen Ausdehnungen des Netzhautbildes und die Grenzlinien der Dreiecke fallen, wenn man den Mittelpunkt fixirt, jenseit des gelben Fleckes. Das Umgekehrte wird geschehen, wenn bei gleicher Entfernung dreimal so kleine Dreiecke angeschaut werden.

In Versuch II¹ werden nun bei einer Entfernung von ca. 650 mm linear dreifach vergrößerte,

in Versuch II² dreifach verkleinerte Dreiecke vorgeführt.

Die Fehlersummen beider Versuche seien mit denen des Normalversuches zusammengestellt:

	Absolute Werthe			Relative Werthe
	I ¹ Normal- versuch	II ¹ dreifach vergrößert	II ² dreifach verkleinert	
VI	338	400	568	100 : 118,3 : 168
W _n	340	410	568	100 : 120,6 : 167
Kh _n	382	458	369!	100 : 146 : 96,6
Pf	341	574	322!	100 : 168,3 : 94
U _m	320	374	368	100 : 116,9 : 115
Tk	450	557	630	100 : 123,8 : 140
Yd	246	534	576	100 : 217 : 234
Rs	305	644	375!	100 : 211,1 : 122,9
		Mittel 100 : 155,3 : 142,2.		

Es zeigt sich also, dass die vergrößerten Dreiecke sehr ungenau aufgefasst werden. Das scheint ein Widerspruch zu der von uns so stark betonten Bedeutung der Bewegungsempfindung zu sein.

Denn wenn diese wirklich so bedeutungsvoll ist, dann müsste, wie man annehmen sollte, die Auffassung um so genauer sein, je intensiver die Bewegungsempfindung ist; denn sie ist um so intensiver, je größer die Formen sind. Dem ist zunächst entgegenzuhalten, dass unsere erste Versuchsreihe diejenige Auffassungsweise für die günstigste nachgewiesen hat, bei der Netzhautbild und Augenbewegung zusammenwirken, und es ist bei den unter I angeführten Versuchen darauf hingewiesen worden, dass die bloße Markirung nur dann günstig ist, wenn alle drei Punkte auf den gelben Fleck fallen. Wenn man sich nun bei der Auffassung der vergrößerten Dreiecke selbst beobachtet, erkennt man leicht, wie unsicher sich das Auge bewegt, wie es sich bemüht, die beiden ersten Eckpunkte nicht zu verlieren, wenn es den dritten fixirt. In der That ist die Fixirung des Ganzen nicht möglich, weil die Umrisslinien des Netzhautbildes eine größere Fläche umschreiben als der gelbe Fleck enthält. Die Localzeichen dieser jenseit der Centralgrube gelegenen Netzhauptpunkte sind weniger fein entwickelt und ihre gegenseitige, durch eine Bewegungsempfindung zu messende Lage weniger genau bestimmt als bei den Punkten der macula lutea. Sofort entsteht die Frage: Wird die Auffassung günstiger sein, wenn man die Dreiecke so auffassen lässt, dass ein Eckpunkt in den gelben Fleck fällt und nur die beiden anderen außerhalb liegen? wenn man also einen Eckpunkt markirt? Ein eingeschobener Versuch gibt die Antwort darauf:

	Absolute Werthe Vergrößerte Dreiecke von der Mitte von einem Eck- punkte aus fixirt		Relative Werthe
OI	348	180	100 : 51,7
Xw	732	656	100 : 89,5

Bei der ersten Versuchsperson ist die Differenz außerordentlich groß, bei der zweiten doch immerhin deutlich zu erkennen. Hieraus folgt aber die überaus wichtige Thatsache, dass unser Bewusstsein die Distanz irgend eines Netzhauptpunktes außerhalb des gelben Fleckes zu einem Punkte innerhalb desselben sicherer schätzt, als eine gleichgroße Distanz zwischen zwei Punkten außerhalb des gelben Fleckes. Es besteht demnach eine unverkennbare Abstufung in der Orientirungsempfindlichkeit, wie man diese Erscheinung wohl

bezeichnen könnte: Am sichersten orientiren sich zwei Punkte innerhalb, weniger sicher ein Punkt innerhalb mit einem Punkte außerhalb, am wenigsten sicher zwei Punkte außerhalb der macula lutea.

Wenn es wirklich die Größe des Netzhautbildes ist, die im Versuche II¹ die Genauigkeit beeinträchtigt, dann muss die Auffassung besser werden, wenn man die vergrößerten Dreiecke in der dreifachen Entfernung aufstellt. Hierbei zeigt sich folgendes Verhältniss zwischen diesem und dem Normalversuche:

	Absolut		Relativ
	Normal- versuch	Große Dreiecke, 2 m entfernt	
O1	165	164	100 : 100
Xw	356	402	100 : 113,2

Die Vermuthung, dass die Auffassung sich der des Normalversuches nähert, bestätigt sich.

Die im Versuche II² aufgefassten verkleinerten Dreiecke geben ebenfalls eine ungünstigere Fehlerzahl als die des Normalversuches, wenn sie auch durchschnittlich nicht so ungünstig ist wie bei den großen Dreiecken. Das Netzhautbild des gleichseitigen Dreiecks zeigt hier eine Höhe von etwa 0,3 mm. Zwar ist das Netzhautbild, da es ganz in den Blickpunkt fällt, deutlich und scharf, aber die zur Feststellung des Umrisses nöthige Augenbewegung ist so minimal, dass die Auffassung doch ungenau wird. Es gibt also auch eine untere Grenze für die Größe der Formen; geht man über diese nach unten hinaus, so wird die Auffassung ungenau. Man kann mit größter Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass die Punkte des Grenzbezirkes der macula lutea die feinste Orientirungsempfindlichkeit besitzen. Wir fassen also einfache Formen dann am exactesten auf, wenn diese eine solche Größe (und Entfernung) haben, dass ihr volles Bild auf den gelben Fleck fällt, zugleich diesen aber der Größe nach ungefähr deckt.

III. Versuche, die die Entfernung betreffen.

Schon in der vorangehenden Gruppe musste die Entfernung beachtet werden, da von ihr ja die Größe des Netzhautbildes mit abhängt. Die hier vorliegenden Versuche haben den Zweck — und in diesem leuchtet, wie auch in den weiterfolgenden Versuchen, die

pädagogische Rücksicht durch — Täuschungen nachzuweisen, denen man sich bei der Auffassung von Formen leicht hingibt. Bei den Entfernungsversuchen hatte jede Person für sich die Grenze des deutlichen Erkennens zu bestimmen. Dass diese je nach dem Bau des Auges verschieden ist, braucht nicht besonders gesagt zu werden. Wichtig aber ist es, dass jede Versuchsperson geglaubt hat, die Dreiecke deutlich genug zu erkennen, um sie richtig nachzuzeichnen. Es ergaben sich folgende Fehlerzahlen, die gleich neben die des Normalversuches gestellt werden mögen:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Normal- versuch	Normale Dreiecke an der Grenze des deut- lichen Erkennens	
Xw	356	410	100 : 115,2
Qg	318	479	100 : 150,7
Um	320	352	100 : 110
Yd	246	458	100 : 186,2
Rs	305	504	100 : 165,2
	Mittel 100 : 145,5		

Die Fehlerzahl steigt nahezu um die Hälfte. Da das Bild selbst deutlich erkannt wird, so ist nach den über den Einfluss der Augenbewegungen gelieferten Nachweisen zu vermuthen, dass die durch die geringere Größe des Netzhautbildes bedingten geringer gewordenen Bewegungsempfindungen die größere Fehlerzahl hervorrufen. Die Mittelzahl stimmt übrigens beiläufig mit der überein, die sich beim Nachzeichnen der verkleinerten Dreiecke ergeben hat: 145,5 : 142.

Die Nachtheile der großen Entfernung werden auch durch die Einführung der Farbe in die Versuche nicht beseitigt. Außer den gewöhnlichen Dreiecken wurden nämlich auch grüne Dreiecke auf weißem Grunde in der Entfernung aufgefasst, und es zeigte sich folgendes Ergebniss:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Normale Dreiecke in Entfernung	Grüne Dreiecke auf weißem Grunde gesehen	
Xw	410	474	100 : 114,6
Qg	479	420	100 : 87,7
Um	352	374	100 : 106,2
Yd	458	485	100 : 105,7
Rs	504	678	100 : 134,5
	Mittel 100 : 109,7.		

Mit einer einzigen Ausnahme hat sich bei keiner Person die Auffassung verbessert. Vielmehr zeigt sich eine kleine Verschlechterung, die, wie aus den Versuchen unter I hervorgeht, auf das Fehlen der Umrisslinie zurückzuführen ist. Wichtig ist für uns aber die Erkenntniß, dass durch größere Entfernung die genaue Auffassung der Formen wesentlich erschwert wird.

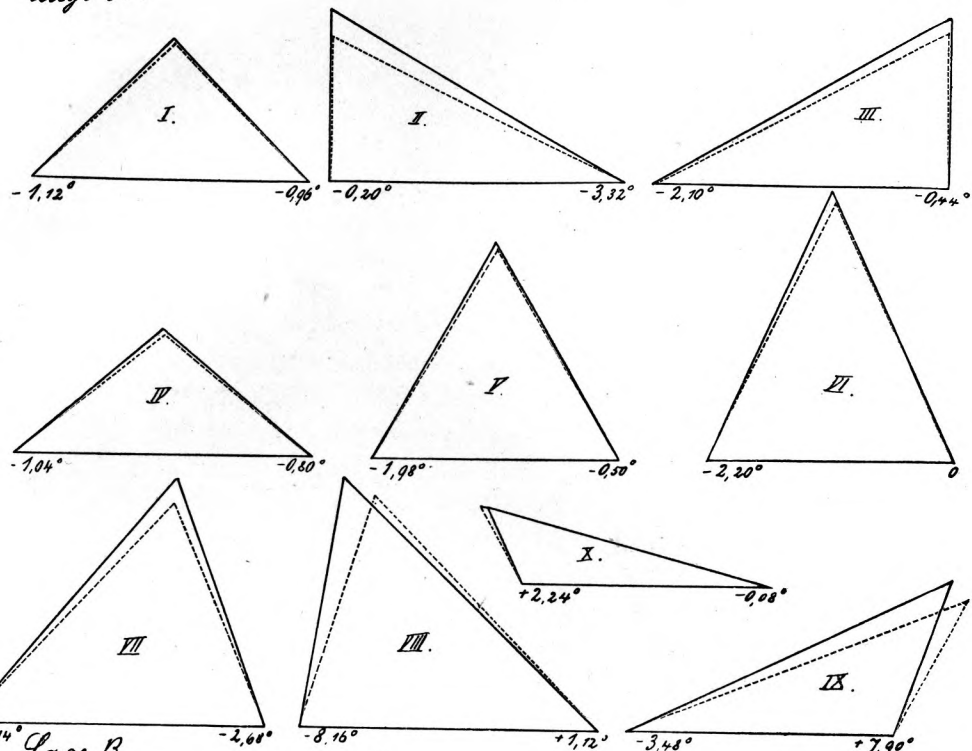
IV. Versuche, die sich auf die Farbe beziehen.

Bei diesen Versuchen handelt es sich zunächst nur darum, den Einfluss der Farbe auf die Perception im allgemeinen festzustellen, nicht den der einzelnen Farbenqualitäten. Zu untersuchen, ob bei sonst gleichen Versuchsumständen die einzelnen Farben verschiedene Ergebnisse zeitigen, wäre gewiss eine reizvolle Aufgabe; ihre Lösung muss aber einer besonderen Arbeit überlassen werden. Für die hier vorliegenden Versuche wurden nur zwei Farben — Roth und Grün — herangezogen. Bei der Auswahl der Farbtöne, die ohne besondere Hilfsmittel erfolgte, war ich bemüht, für beide Farben einen möglichst reinen Ton von mittlerer Sättigung und mittlerer Helligkeit zu treffen. Es sei gleich hier bemerkt, dass die Versuche selbst ergeben haben, dass der rothe Farbton um einige Nuancen dunkler getroffen worden ist als der grüne, ein zufälliger Umstand, der aber nicht ungünstig gewirkt, sondern für die Versuche und ihre Bedeutung sich als recht vortheilhaft erwiesen hat.

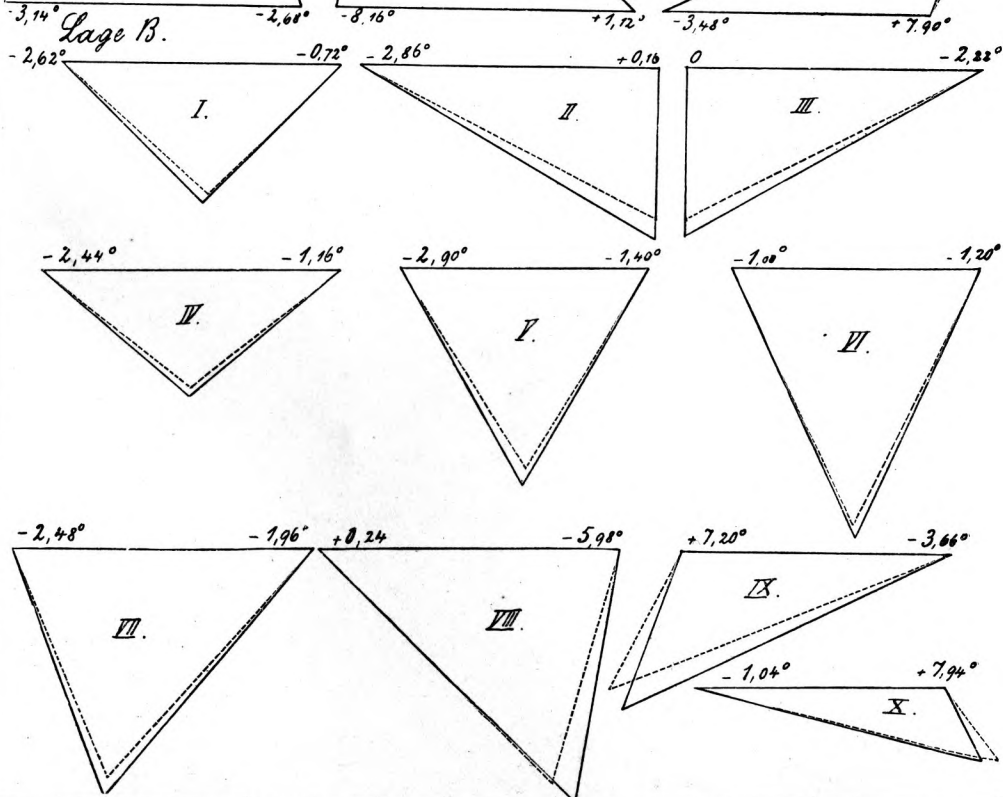
Vergleicht man zunächst die Auffassung der farbigen Dreiecke mit der der farblosen Normaldreiecke, so stellt sich folgende Uebersicht heraus:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Normalversuch	Grün auf Weiß	
Ol	165	168	100 : 101,8
Zt	378	302	100 : 80,2
Nt	268	236	100 : 88,1
Lg	249	248	100 : 99,5
Um	320	298	100 : 93,1
Tk	450	428	100 : 95,1
Mittel 100 : 94,6			
	Normalversuch	Roth auf Weiß	
Vl	338	306	100 : 90,5
Wn	340	267	100 : 78,6
Khn	382	352	100 : 92,1
Sl	302	236	100 : 78,1
Mittel 100 : 84,8.			

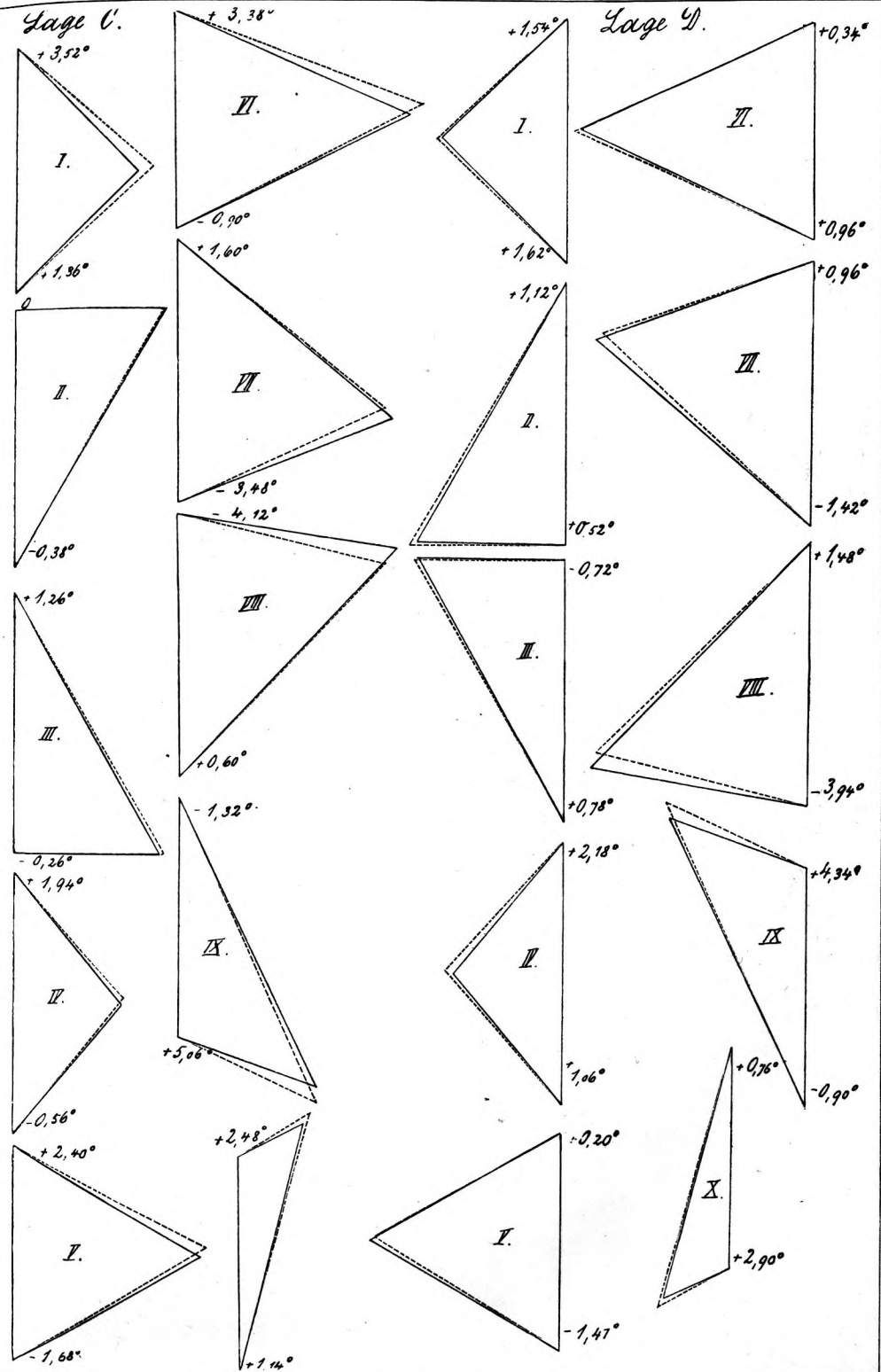
Lage A.



Lage B.



Lage C.



Ganz unzweideutig geht aus diesen Zahlen hervor, dass die Farbe günstig wirkt. Die farbig erregten Netzhauttheile heben sich dem Bewusstsein intensiv von den farblos erregten ab; diese differenzirte Erregung lenkt die Aufmerksamkeit kräftig auf die Form und begünstigt so die Auffassung. Dazu kommt aber noch ein Moment von beträchtlichem Werthe, das ist das ästhetische Gefallen. Dieses wird durch die bunten Dreiecke auf dem elfenbeinweißen Grunde so lebhaft erregt, dass es sich bei einzelnen Versuchspersonen unwillkürlich in einem Urtheil, wie etwa dem: Das ist nett — äußert. Dieses ästhetische Lustgefühl darf aber als in hohem Grade apperceptiv wirkend angesprochen werden.

Der Unterschied zwischen der Auffassung der rothen und der der grünen Dreiecke darf nicht übersehen werden, da er nicht durch eine extrem niedrige Ziffer bei den rothen oder durch eine extrem hohe Ziffer bei den grünen Dreiecken veranlasst worden ist, sondern sich in allen Abstufungen zeigt. Dass die rothen Dreiecke auf weißem Grunde genauer aufgefasst worden sind, liegt darin, dass das gewählte Roth einen stärkeren Helligkeitsgegensatz zu Weiss bildet als das gewählte Grün.

Ist das richtig, so müssen sich die beiden Farben dem schwarzen Hintergrunde gegenüber entgegengesetzt verhalten. Man beachte die Zusammenstellung:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Grün auf Weiß	Grün auf Schwarz	
OI	166	185	100 : 110,1
Zt	302	274	100 : 90,1
Nt	236	234	100 : 99
Lg	248	200	100 : 80,6
Um	298	284	100 : 95,3
Tk	428	378	100 : 88,3
	Mittel 100 : 94		
	Roth auf Weiß	Roth auf Schwarz	
VI	306	322	100 : 105,2
Wn	267	316	100 : 118,4
Kh	352	430	100 : 122,1
Pf	360	464	100 : 128,9
	Mittel 100 : 118,7.		

Bei Grün hat also die Fehlerzahl ab-, bei Roth zugenommen; es kommt bei Roth die günstige Wirkung der Farbenqualität gar nicht

mehr recht zur Geltung, was sich besonders deutlich zeigt, wenn man den Roth-Schwarz-Versuch mit dem Normalversuch vergleicht:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Normalversuch	Roth auf Schwarz	
Vl	338	322	100 : 95,3
Wn	320	316	100 : 98,8
Khn	382	430	100 : 112,5
Pf	450	464	100 : 103,1
	Mittel 100 : 102,4.		

Die Thatsache aber, dass die Farbenqualität nahezu wirkungslos wird, weist uns darauf hin, dass es vor allem die Helligkeitsunterschiede sind, die die Genauigkeit der Formenauffassung günstig oder ungünstig beeinflussen. Je geringer der Helligkeitsunterschied zwischen dem Dreiecke und dem Hintergrunde ist, desto ungünstiger muss die Auffassung sein. Das zeigt sich nun sehr deutlich, wenn man die farbigen Dreiecke auf einen neutral grauen Hintergrund bringt. Vergleichen wir: 1. Grün auf Weiß mit Grün auf Grau, so ergibt sich das Verhältniss 100 : 120,8,

2. Roth auf Weiss mit Roth auf Grau 100 : 109,7.

Die Fehlerzahl steigt in beiden Fällen, weil die Helligkeitsdifferenz in beiden Fällen geringer wird. Sie ist bei Grün auf Grau größer, weil von dem Grün wirklich ein Mittelton der Helligkeit getroffen worden ist; sie ist beim Roth geringer, weil das Roth etwas zu dunkel gewählt wurde; der Helligkeitsunterschied ist hier etwas größer, darum die Auffassung etwas genauer.

Dagegen mit Schwarz verglichen, ergibt sich:

	auf Schwarz	auf Grau
Grün	94	120,8
Roth	118,7	109,7

Dass Grün auf Schwarz wenig Fehler zeigt, liegt an dem starken Helligkeitsunterschiede. Dass aber Roth auf Grau weniger Fehler aufweist als Roth auf Schwarz, sagt wiederum, dass es etwas zu dunkel ist und darum dem Schwarz näher liegt als dem Grau.

Die in den Versuchen vorhandenen Helligkeitsdifferenzen zwischen farbigem Dreieck und Hintergrund zeigen also folgende Stufen (die beigefügten Zahlen geben das Verhältniss der Fehlersummen zu der des Normalversuches an):

Grün : Grau	113,52
Roth : Schwarz	102,4
Grün : Weiß	94,6
Roth : Grau	91,56
Grün : Schwarz	88,9
Roth : Weiß	84

Es steht zu vermuthen, dass sich die Reihe, wenn das Roth ein wenig heller gewählt worden wäre, so gestaltet hätte:

Grün : Grau
Roth : Grau
Grün : Weiß
Roth : Schwarz
Grün : Schwarz
Roth : Weiß

Es wäre dann eine schöne Regelmäßigkeit herausgekommen, dafür aber wären die feinen Nuancen der Ergebnisse verwischt worden, und es hätte leicht übersehen werden können, was sich nunmehr so eclatant zeigt, dies nämlich, dass weniger die Farbenqualitäten als die Helligkeitsunterschiede die Exactheit der Auffassung bedingen.

In diesen Zusammenhang ist nun ein Entfernungsversuch einzu-reihen. Es war oben auf Grund der Versuche unter III ausgesprochen worden, dass die Farbe den Nachtheil einer übergroßen Entfernung nicht ausgleichen könne. Der Entfernungsversuch mit Grün auf Weiß ergab ein ungünstigeres Resultat als der mit den normalen Dreiecken, das Verhältniss war 109,7 : 100. Dies ändert sich nun sofort, wenn man an Stelle des Grün-Weiß-Versuches den Grün-Schwarz-Versuch einschleibt. Es werden also die Grün-Schwarz-Dreiecke auf weite Entfernung betrachtet; da stellen sich folgende Zahlen heraus:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Normaldreiecke	Grün-Schwarz	
	an der Grenze des deutlichen Erkennens		
Xw	410	362	100 : 88,3
Qg	479	464	100 : 99
Um	352	314	100 : 89,8
Yd	458	362	100 : 79
Rs	504	364	100 : 72,2
	Mittel 100 : 85,7		

Die starke Helligkeitsdifferenz zwischen dem Grün des Dreieckes und dem Schwarz des Hintergrundes vermag den Nachtheil der geringen Bewegungsempfindung auszugleichen und verbessert die an sich ungenaue Auffassung beträchtlich.

Grün und Roth sind Contrastfarben; wie wird die Auffassung sein, wenn man Grün auf rothem Grunde und Roth auf grünem Grunde untersucht? Hier sind die Zahlen zusammengestellt mit denen der Versuche mit weißem Grunde:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Grün auf Weiß	Grün auf Roth	
Ol	168	236	100 : 140,5
Zt	302	428	100 : 141,7
Nt	236	415	100 : 133,5
Lg	248	420	100 : 169,5
	Mittel 100 : 146,3		
	Roth auf Weiß	Roth auf Grün	
Vl	306	414	100 : 135,3
Wn	267	364	100 : 136,3
Khn	352	438	100 : 124,4
Pf	360	420	100 : 117,2
	Mittel 100 : 128,4		

Unmittelbar sich berührende Farbencontraste beeinflussen die Auffassung durchaus ungünstig. Es ist zunächst der Randcontrast, der die Umrisslinien verschwommen erscheinen lässt. Dann aber wirkt ein ästhetisches Missbehagen überaus störend. Der Versuch ruft bei einigen Versuchspersonen direct schmerzhaft empfindungen in den Augen hervor. Es ist aber dieser Versuch ein neuer Beweis dafür, dass für die Erfassung der Formen die Farbenqualitäten an Bedeutung zurücktreten.

Die Ergebnisse dieser Versuchsgruppe lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die Farbe begünstigt im allgemeinen die Auffassung der Form.
2. Nicht die Farbenqualitäten, sondern die Helligkeitsunterschiede sind hierbei das Ausschlaggebende. Je größer die Helligkeitsdifferenz zwischen Form und Hintergrund, desto genauer ist die Auffassung.
3. Unmittelbar zusammentreffende Farbencontraste sind für die Auffassung der Form ungünstig.

V. Versuche, die die Beleuchtung betreffen.

Auch die Beleuchtungsversuche knüpfen an eine praktische pädagogische oder hygienische Frage an. Die hiesige Schule ist mit dem einen Flügel nach der Straße gerichtet; in kaum 12 m Abstand befinden sich ihr gegenüber Häuser. Die üble Folge davon ist die, dass die nach dieser Seite liegenden Zimmer bedeutend verdunkelt sind. Ueber den ungünstigen Einfluss dieses Umstandes auf die Gesichtswahrnehmungen gibt einer unserer Versuche Aufschluss. Vergleicht man mit dem Normalversuche, der unter günstigen Beleuchtungsverhältnissen angestellt worden ist, die Versuche an den normalen Dreiecken in einem solchen Zimmer, so zeigt sich folgender Unterschied:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Normalversuch	Versuch im ungünstig beleuchteten Zimmer	
Nt	268	320	100 : 119,4
Lg	249	282	100 : 113,3
Yd	246	264	100 : 118
	Mittel 100 : 116,9		

Dabei hatten die Versuchspersonen die Dreiecke in der günstigsten Entfernung vor sich; nun denke man sich mit der geringen Beleuchtung noch die ungünstige Entfernung zusammenwirken!

Um den Einfluss ungünstiger Beleuchtung weiter zu untersuchen, wurde der extreme Fall der unteren Grenze, d. h. für jede Person die Lichtstärke festgestellt, bei der sie die Form eben deutlich zu erkennen vermeinte. Durch allmähliche Aufhellung des vorher verdunkelten Zimmers wurde diese Grenze bestimmt. Auch hier zeigten sich wie bei den Entfernungsversuchen starke individuelle Differenzen.

Dem ersten Versuche liegen die gewöhnlichen Dreiecke zu Grunde; er ist deshalb mit dem Normalversuche verglichen:

	Absolute Werthe		Relative Werthe
	Normalversuch	Dunkelversuch mit den gewöhnlichen Dreiecken	
Qg	318	420	100 : 132
Nt	268	314	100 : 117,2
Lg	249	298	100 : 119,7
Mi	252	269	100 : 106,7
Sl	302	386	100 : 128,8
Yd	246	436	100 : 177,2
Rs	305	334	100 : 109,5
	Mittel 100 : 127,3		

Bei den Personen, bei denen die Fehlerzahl weit über dem Mittel steht, hätte vielleicht das Zimmer etwas mehr verdunkelt werden sollen. Jedenfalls aber sind die Zahlen völlig eindeutig und sagen: Ungünstige Beleuchtung verschlechtert die Auffassung in ganz beträchtlichem Maße.

Es muss hierbei aber noch auf ein recht wichtiges Moment hingewiesen werden, das ist die Ermüdung. Die Resultate wären sicher noch viel schlechter ausgefallen, wenn die Versuchspersonen nicht mit außerordentlicher Anspannung der Aufmerksamkeit gearbeitet hätten, derart, dass keiner der Versuche so anstrengend gewesen ist, wie diese Dunkelversuche. (Einer der Herren theilte mir am Tage nach einem solchen Versuche mit, dass er in Folge eines deutlich gefühlten Schmerzes im Auge während der Nacht fortwährend die Dreiecke gesehen habe.) Sehr nahe lag nun der Gedanke, die Versuche selbst zu benutzen, um die Ermüdung nachzuweisen. Ich ließ deshalb von zwei Personen, nachdem sie den Dunkelversuch ausgeführt hatten, den Normalversuch wiederholen, wobei sich Folgendes ergab:

	Normalversuch	Ermüdungsversuch
Nt	268	320
Lg	249	282

Ein ebenso deutlicher Nachweis für den Einfluss der Ermüdung, als ein hübscher Beweis für die Brauchbarkeit unserer Versuchsanordnung, diesen Einfluss nachzuweisen.

Sehr interessant gestalten sich die Farbenversuche bei ungünstiger Beleuchtung, deren Ergebnisse zunächst übersichtlich zusammengestellt werden mögen:

		Absolute Werthe			
		1.	2.	3.	4.
		Roth auf Weiß	Grün auf Schwarz	Grün auf Weiß	Roth auf Schwarz
Qg	318	410	400	415	488
Nt	268	360	330	292	—
Lg	249	252	276	287	476
Mi	252	386	434	474	504
Sl	302	326	337	344	402

		Relative Werthe			
		1.	2.	3.	4.
		Roth auf Weiß	Grün auf Schwarz	Grün auf Weiß	Roth auf Schwarz
	Normal- versuch				
Qg	100 :	129,5	125,8	130,8	153,4
Nt	100 :	134,3	123,1	108,9	—
Lg	100 :	101	110,8	115,2	191,6
Mi	100 :	153,2	160,3	180,2	200
Sl	100 :	108	111,6	113,9	133,1
Mittel	110 :	125,2	126,3	129,8	169,5

Der Beleuchtungsversuch mit den normalen Dreiecken, d. h. den Dreiecken mit kräftiger Contur auf weißem Grunde, zeigt die Fehlerzahl 126,2, die besten Farbenversuche 125,2 und 126,3. In Folge der mangelhaften Beleuchtung geht also der Vortheil, den sonst die Färbung bietet, verloren, trotzdem dass die Versuchspersonen die Farbenqualitäten deutlich erkennen.

Vergleichen wir nun die Farbenversuche unter einander, so ergibt sich zunächst für die Abstufung eine Reihenfolge, die genau mit derjenigen übereinstimmt, die in der IV. Versuchsgruppe gewonnen wurde: Roth : Weiß, Grün : Schwarz, Grün : Weiß, Roth : Schwarz. (Der graue Hintergrund wurde nicht mit untersucht.) Während also die Farbenqualitäten nahezu wirkungslos werden, behaupten die Helligkeitsunterschiede ihren Einfluss. Der festgestellte größte Unterschied zwischen Roth und Weiß gibt auch hier das günstigste, der schwächste Unterschied, der zwischen Roth und Schwarz, gibt das ungünstigste Resultat. Nun entspricht es ja einer bekannten physikalischen Thatsache, dass das Roth bei schwacher Beleuchtung ungünstiger wirkt als das Grün, weil es mehr Lichtstrahlen absorbiert als dieses und darum beim Dunkelwerden bald schwarz erscheint. Und die hohe Fehlerzahl bei Roth auf Schwarz erklärt sich daraus mit; aber da die Versuchspersonen das Roth thatsächlich als Roth erkennen, muss die hohe Fehlerzahl vor allem auf den Umstand zurückgeführt werden, dass das gewählte Roth relativ zu dunkel war.

Auf den Ausfall dieser Versuche ist deshalb besonderes Gewicht zu legen, weil sie für die vor allem von Prof. Wundt vertretene Ansicht sprechen, dass jede Farbenempfindung eine Farbenqualitäts- und eine Helligkeitsempfindung umfasst. In unseren Versuchen sind

sie in ihrer Wirkung auf die Auffassung der Formen klar von einander zu unterscheiden: Während die Qualitätsempfindung in ihrer Wirkung auf die Formenauffassung ausgeschaltet erscheint, zeigt sich die Helligkeitsempfindung deutlich wirksam.

Nunmehr können wir die Gesamtergebnisse der zweiten Versuchsreihe zusammenfassen. Es lassen sich daraus folgende Sätze ableiten:

1. Eine kräftige, deutliche Umrisslinie ist für die Auffassung wichtig. Bei schwachen Conturen wächst die Fehlerzahl. Die Umrisslinie verbessert die schon an sich günstige Auffassung farbiger Dreiecke auf weißem Grunde und gleicht die Nachteile großer Entfernung und geringer Helligkeitsunterschiede aus.

2. Eine exacte Auffassung der Dreiecke ist schon durch die Markirung der Eckpunkte gesichert. Indem die markirten Punkte die Aufmerksamkeit noch stärker anregen als die gleichförmigen Linien, bewirken sie bei einzelnen Personen eine noch genauere Auffassung als die Umrisslinie. Auf jeden Fall verbessert die Hervorhebung der Eckpunkte die sonst ungünstige Auffassung bei schwachen Conturen.

3. Größe und Entfernung der Dreiecke müssen sich so entsprechen, dass das ganze Netzhautbild in den gelben Fleck fällt, diesen womöglich deckt. Liegen die Umrisslinien und die markanten Punkte des Netzhautbildes außerhalb des gelben Fleckes, so ist die Auffassung sehr ungenau. Nahezu ebenso ungenau ist sie auch, wenn das Netzhautbild sehr klein und in Folge dessen die Bewegungsempfindung minimal ist.

4. Die Orientirungsempfindlichkeit der Netzhautpunkte, d. h. die von ihren Localzeichen abhängige Fähigkeit, ihre gegenseitige Entfernung und Lage zu empfinden, ist am größten zwischen den Punkten des gelben Fleckes und hier wieder innerhalb eines Grenzbezirkes; sie ist weniger groß zwischen einem Punkte innerhalb und einem außerhalb, am geringsten zwischen zwei Punkten, die außerhalb des gelben Fleckes liegen.

5. Die Färbung der Dreiecke begünstigt im allgemeinen die Auffassung.

6. Wichtiger als die Farbenqualität ist für die Genauigkeit der Auffassung der Helligkeitsunterschied zwischen der Farbe und dem

Hintergrunde. Jede Steigerung dieses Helligkeitsunterschiedes bedingt eine Verminderung der Fehlerzahl. Bei großer Entfernung und bei ungenügender Beleuchtung verschwindet die Wirkung der Farbenqualität, während der Helligkeitsunterschied für die Auffassung wirksam bleibt.

7. Unmittelbar sich berührende Farbencontraste sind für die Auffassung ungünstig.

8. Mangelhafte Beleuchtung beeinträchtigt die Genauigkeit der Auffassung dermaßen, dass die Fehlerzahl bis auf das Doppelte der normalen Zahl anwachsen kann.

9. Ermüdung verringert die Schärfe der Auffassung; die erhöhte Fehlerzahl kann gegebenen Falles als Zeichen (bei weiterer Ausbildung der Versuche auch als Maß) der Ermüdung angesehen werden.

10. Aesthetisches Gefallen erhöht, ästhetisches Missfallen verringert die Exactheit die Auffassung.

Die Regelmäßigkeit der Fehler.

(Hierzu Tafel IX.)

So groß die individuellen Unterschiede in den Fehlersummen sein mögen, so groß ist die Uebereinstimmung in der Art der Fehler. Die Differenz der Fehlersummen bei den einzelnen Versuchspersonen schwankt schon bei dem Normalversuche zwischen 165° (Ol) und 571° (Tk). Ol ist eine mit vorzüglichem Formensinn und ausgezeichnete Zeichenfertigkeit ausgestattete, Tk eine im Auffassen und Darstellen sehr ungeübte Person. Stellt man bei Kindern derartige Unterschiede fest, so wird man in dem einen Falle, in dem sich ein deutliches Ueberragen des Durchschnittes im günstigen Sinne findet, vielleicht auf besondere Begabung für Formengebung schließen dürfen, im anderen Falle, wo sich ein großer Mangel zeigt, die Nöthigung zu einer planmäßigen Pflege des Formensinnes wohl empfinden. Die individuellen Differenzen bleiben durch alle Versuche, so dass die für den Normalversuch geltende Reihe mit geringen Schwankungen auch für die übrigen Versuche gilt.

Die erste Regelmäßigkeit der Fehler zeigt sich in einer durchgängigen Verkürzung der Strecken. Diese Thatsache konnte bei der gewählten Versuchsanordnung nur im allgemeinen festgestellt,

nicht im einzelnen untersucht werden. Sie erklärt sich leicht zunächst daraus, dass die Zeichenfläche dem Auge näher liegt als die zur Auffassung dargebotene Form; die größere Nähe der gezeichneten Figur lässt diese also dem Bewusstsein der entfernteren gleich erscheinen, wiewohl sie thatsächlich etwas kleiner ist. Diese Erklärung genügt aber nicht für die Versuche, bei denen es den Versuchspersonen gestattet war, die nachzuzeichnende Figur in gleicher Entfernung mit der Zeichenfläche zu betrachten. Es muss also noch eine mitwirkende Ursache vorhanden sein. Diese aber ist in der Complication der Augenempfindungen mit den Muskelempfindungen des Armes und der Hand zu suchen. Das Bewusstsein setzt die kürzere gezeichnete Strecke wegen des damit verbundenen größeren Kraftaufwandes der größeren, bloß wahrgenommenen Strecke gleich.

Die zweite Regelmäßigkeit, die für alle Personen und für alle Versuche gilt, ist die übereinstimmende Tendenz zu Fehlern gleicher Art. So zeigt sich bei Lage *A*, d. h. bei der Lage, in der sich die Basis als Horizontale unten, und bei Lage *B*, wo sich die Basis als Horizontale oben befindet, die Tendenz, die Höhe des Dreiecks kürzer, das Dreieck von oben oder unten gedrückt zu zeichnen; in Lage *C* und *D*, wo die Basis vertical steht, äußert sich dieselbe Tendenz darin, dass die Basis relativ verkürzt, die Höhe verlängert gezeichnet wird. Auf's Deutlichste lässt sich diese Thatsache aus den beige-fügten Tafeln erkennen. Aus den sämtlichen Versuchen sämtlicher Personen ist für jedes Dreieck eine »mittlere Fehlerform« berechnet und auf gleicher Basis neben die richtige Form gezeichnet worden.

Auf der linken Seite der Tafel IX sind die Dreiecke in Lage *A* und *B* gezeichnet. Ein Blick auf diese ergibt,

1. dass alle Höhen der gezeichneten Dreiecke zu kurz,
2. dass alle gezeichneten spitzen Basiswinkel (bis auf zwei Ausnahmen) zu klein,
3. dass alle gezeichneten stumpfen Basiswinkel zu groß sind (die Höhen und die spitzen Winkel sind also beim Zeichnen überschätzt, die stumpfen Winkel unterschätzt worden),
4. dass die Spitzen fast aller Dreiecke ein wenig nach rechts gerückt worden sind.

In der Erklärung dieser auffälligen Regelmäßigkeit der Fehler

können wir uns, nachdem wir die Bedeutung der Augenbewegungsempfindung — der unmittelbaren wie der reproducirten — nachgewiesen haben, der Auffassung Wundt's anschließen, die dieser über die optisch-geometrischen Täuschungen gibt (Physiologische Psychologie. IV. Aufl. II. Band. Seite 137 ff.). Die dort gegebenen Ausführungen werden durch die Ergebnisse der hier vorliegenden Versuche voll bestätigt. Darnach ist es die Asymmetrie der Augenbewegungswerkzeuge, die es bewirkt, dass wir zunächst die verticale Distanz, also hier die zwar nicht gezeichnete, aber bei der Zeichnung vorgestellte Höhe der Dreiecke überschätzen. Diese Thatsache wirkt so streng gesetzmäßig, dass unter den Tausenden der gezeichneten Dreiecke nicht 50 dagegen verstoßen. Eine Folge dieser Verkürzung der Höhe ist es nun zunächst, dass die spitzen Basiswinkel zu klein, die stumpfen zu groß gezeichnet, beim Zeichnen also jene über-, diese unterschätzt worden sind. Lediglich als eine Folge der Verkürzung der Höhe aber dürfen die Winkelfehler nicht angesehen werden, weil 1. viele Dreiecke beim Zeichnen mit Hülfe der Basiswinkel construirt werden, weil 2. der Grad der Verkürzung der Höhe von der Größe des Winkelfehlers abhängt und weil 3. (besonders bei Lage *C* und *D*) der Winkelfehler den Höhenfehler compensiren kann, wie dies bei dem Dreieck Nr. 10 in Lage *A* erkennbar ist.

Die fast regelmäßig zu nennende Verschiebung der Spitze nach rechts kann nicht übersehen werden und erklärt sich so: Die Dreiecke in der Lage *A* und *B* werden fast ausnahmslos von links nach rechts construirt, d. h. das Auge beachtet den linken Basiswinkel genauer als den rechten, die Spitze des Dreiecks wird also nach der Basis und der linken Ecke orientirt. Man kann sich demnach den Blick auf die linke Hälfte des Dreiecks fixirt denken, von wo aus dann die Blickbewegung nach dem rechten Eckpunkte eine größere Energie erfordert, als wenn sich das Auge von der Spitze aus gleichzeitig nach links und rechts orientirte; bei dem größeren Kraftaufwande würde also schon eine verhältnissmäßig kürzere Strecke als äquivalent der beabsichtigten entsprechen. Die Verschiebung der Spitze nach rechts ist verhältnissmäßig gering; wenn sie also bei *A III* und bei *B VI* nicht zu finden ist, so mag das an zufälligen Fehlern liegen; bei *B VIII* aber wird dieser Fehler der seitlichen

Verrückung überwogen durch den Winkelfehler. Vergleicht man aber dieses Dreieck *B VIII* mit dem entsprechenden bei Lage *A*, so findet man doch die Tendenz der Verschiebung nach rechts deutlich wirksam; bei *A VIII* ist nämlich durch sie der Winkelfehler vergrößert, er beträgt $8,16^\circ$; bei *B VIII* ist durch die gleiche Ursache der Winkelfehler verkleinert, er beträgt nur noch $5,98^\circ$. In gleichem Sinne unterscheiden sich *A IX* und *B IX*; bei ersterem ist der stumpfe Winkel um $7,90^\circ$, bei letzterem nur um $7,20^\circ$ zu groß gezeichnet; in beiden Fällen bewirkt die Differenz von dem Mittel ($7,55^\circ$) eine Verschiebung der Spitze des Dreiecks nach rechts. Und am allerdeutlichsten zeigt sich das Gesagte bei *A X* und *B X*, wo der Winkelfehler erst $+ 2,24^\circ$, dann $+ 7,94^\circ$ beträgt. Das so festgestellte Verhältniss zwischen seitlicher Verkürzung und Winkelfehler ist zugleich ein weiterer Beweis dafür, dass die Winkelfehler nicht als eine bloße Folge der Höhenverkürzung angesprochen werden dürfen.

Betrachtet man auf der rechten Seite der Tafel IX Lage *C* und *D*, so fallen drei Erscheinungen als allgemeine auf:

1. In 13 von 20 Fällen sind die (hier horizontal liegenden) Höhen der Dreiecke verlängert; in zwei Fällen sind sie den gegebenen gleich, und nur in 5 Fällen erscheinen sie etwas verkürzt.

2. In 12 von 20 Fällen sind die Spitzen der Dreiecke nach oben gerückt; in 4 Fällen liegen sie fast genau in der Horizontalen mit den Höhen der Normaldreiecke und nur in 4 Fällen erscheinen sie merkbar nach unten verschoben.

3. Die Winkelfehler sind bei weitem nicht so eindeutig wie in Lage *A* und *B*; von 32 spitzen Basiswinkeln sind 22 zu groß und 10 zu klein gezeichnet worden.

Zweierlei ist also charakteristisch, erstens dass die gemachten Fehler denen bei Lage *A* und *B* entgegengesetzt sind, zweitens aber, dass die Fehler nicht so markant auftreten wie dort. Deutlich genug sind sie aber immerhin, so dass sie eine Erklärung erheischen, die völlig analog der im vorigen Abschnitt gegebenen ausfallen wird: Die Verlängerung der horizontal gedachten Höhen ist nur eine Folge der Verkürzung der hier vertical zu zeichnenden Grundlinien. Die Hebung der Spitzen beruht auf der vielfach erwähnten optischen Täuschung, nach der wir von zwei Strecken, die in einer Verticalen

liegen, die höher gelegene überschätzen, gegebenen Falles also zu kurz zeichnen. Indem die Versuchspersonen die Spitze des Dreiecks nach der verticalen Basis orientiren, theilen sie diese in zwei Abschnitte, von denen, wie gesagt, der höher gelegene zu kurz genommen wird. Die Folge davon, dass die Basis verkürzt, die Höhe relativ verlängert wird, ist nun die, dass die spitzen Basiswinkel vergrößert werden. In Folge der Verschiebung der Spitze nach oben trifft die Vergrößerung zunächst und hauptsächlich den oberen der beiden Basiswinkel, wie aus der Tafel deutlich hervorgeht. So finden auch die hier vorkommenden allgemeinen Fehler ungezwungen ihre volle Erklärung in den Bewegungsgesetzen unserer Augen. Wie ist es aber zu erklären, dass die Fehler hier nicht so allgemein und auch nicht so groß sind als bei Lage *A* und *B*? Wie kommt es, dass die relative Verlängerung der horizontalen Höhe nicht so ausnahmslos und nicht so eminent ist wie bei Lage *A* und *B* die Verkürzung der verticalen Höhe? Woher rührt es, dass die Verschiebung der Spitze nach oben, die nach den Augenbewegungsgesetzen bedeutend mehr hervortreten müsste als die seitliche Verschiebung dort? Nun, der Grund für alles das liegt darin, dass die natürlich gegebene, auf die Anordnung unserer Augenmuskulatur zurückzuführende Neigung, vorgestellte spitze Winkel zu überschätzen, sie, wie bei *A* und *B* geschehen, also unwillkürlich zu klein zu zeichnen, jene Fehler compensirt. Die Thatsache, dass wir einen gegebenen Punkt zu einer verticalen Linie sicherer orientiren als zu einer horizontalen oder gar zu einer schrägen, welche Thatsache bei allen freihändigen Constructionen hervortritt, ist durch die vorliegenden Versuche nachgewiesen und erklärt. Nachgewiesen ist sie durch die Feststellung, dass die Gesamtfehlersummen aller zehn mittleren Fehlerformen, die zu einer Gruppe gehören,

	in Lage <i>A</i>	79,66°,
»	»	<i>B</i> 87,16°,
»	»	<i>C</i> 61,04° und
»	»	<i>D</i> 50 62°

betragen. Und diese bedeutenden Unterschiede trotzdem, dass die Dreiecke in Lage *A* und *B* nur mit Zuhilfenahme der gedachten verticalen Höhe construirt worden sind! Und erklärt ist die That-

sache daraus, dass bei Lage *A* und *B* Strecken- und Winkelfehler sich verstärken, bei Lage *C* und *D* sich compensiren müssen.

Die dritte Regelmäßigkeit der Fehler endlich liegt in der Bevorzugung und der Vernachlässigung bestimmter Formen. Die Durchschnittsfehlersumme, aus sämtlichen mittleren Fehlerformen berechnet, beträgt $27,67^\circ$. Fünf Dreiecksformen haben ein geringeres, fünf ein höheres Fehlermittel; jene können als die bevorzugten, diese als die vernachlässigten Formen bezeichnet werden. Obenan stehen unter den bevorzugten Formen die beiden ungleichseitigen rechtwinkligen Dreiecke (Nr. 3 und 2) mit den Fehlersummen $13,60^\circ$ (Nr. 3) und $16,76^\circ$ (Nr. 2). In zweiter Linie kommen dann die gleichschenkligen Dreiecke, und zwar Nr. 6 (Basiswinkel 65°) mit $18,16^\circ$, das gleichseitige Dreieck Nr. 5 mit $21,18^\circ$ und das Dreieck Nr. 4 (Basiswinkel 40°) mit $21,32^\circ$. Unter den ungünstigen Formen finden sich das gleichschenklige rechtwinklige Dreieck Nr. 1 mit $28,92^\circ$ Fehlersumme, dann die beiden unregelmäßigen spitzwinkligen Dreiecke Nr. 7 und 8 mit $30,02^\circ$ (Nr. 7) und $44,36^\circ$ (Nr. 8) Fehler-summe, endlich die beiden stumpfwinkligen Dreiecke Nr. 9 und 10 mit den Fehlersummen $33,40^\circ$ (Nr. 10) und 49° (Nr. 9). Ein Blick auf die Formen genügt um zu erkennen, dass die bevorzugten Formen solche sind, die man als ästhetisch wohlgefällig, als ästhetische Elementarformen bezeichnen kann, während die vernachlässigten als die an und für sich ästhetisch missfälligen Formen erkannt werden. So eröffnen die vorliegenden Versuche einen Weg, auf dem die ästhetischen Elementarformen festgestellt werden können; zugleich aber lassen sie klar und deutlich erkennen, dass es im letzten Grunde die Augenbewegungsgesetze sind, auf Grund deren sich eine gewisse Uebereinstimmung in dem Urtheile darüber hat bilden können, ob eine einfachste Form für sich ästhetisch wohlgefällig oder missfällig sei.