

(Aus dem psychologischen Institut in Göttingen.)

Ein Beitrag über die sogenannten Vergleichen- übermerklicher Empfindungsunterschiede.

Von

JOS. FRÖBES S. J.

(Schluss.)

Zweiter Teil.

Versuche mit Helligkeiten.

§ 6. Wiederholung der AMENTSchen Versuche.

Um mich kurz fassen zu können, setze ich die Kenntnis von AMENTS Untersuchung (*Philos. Stud.* 16) voraus. Es handelt sich darum, aus einer grossen Anzahl verschieden heller grauer Papiere eine Stufenreihe von der Art herzustellen, daß je 2 in dieser Reihe aufeinander folgende Papiere sich soeben durch ihre Helligkeit voneinander unterscheiden („Methode der ebenmerklichen Unterschiede“ nach AMENTS Bezeichnung), ferner zu dem hellsten und dunkelsten Glied der Reihe aus den übrigen ein Papier *R* von mittlerer Helligkeit ausfindig zu machen, welches genau in der Mitte der Grenzureize zu liegen scheint („Methode der übermerklichen Unterschiede“). Die Frage ist dann, ob dieses *R* gleich ist dem der Zahl nach mittelsten Glied *M* der zuerst konstruierten Reihe.

Als Material der Versuche diente mir eine Skala von 90 grauen Papieren, von einem ziemlich tiefen Schwarz übergehend zu einem hellen Grau (Papiere von GLOCKE in Würzburg).

Durch Vorversuche wurde festgestellt, daß die dunkelsten Papiere in der Tat sehr kleine Abstände besaßen, so daß

gewöhnlich erst nach mehreren (3—4 oder mehr) Nummern ein Unterschied bemerkbar war; bei helleren Papieren wurden die Unterschiede aber immer schneller bemerkbar. Es mußte auf die höheren Nummern als 70 deshalb verzichtet werden, da hier sehr bald schon 2 aufeinander folgende Nummern als verschieden zu erkennen waren.

Eine andere bei den Vorversuchen gemachte Beobachtung war folgende. Bei 3 nebeneinander liegenden Papieren *ABC* lautete das Urteil: „*B* und *C* stehen sich näher; aber andererseits haben auch *A* und *B* als schwarz etwas gemeinsam.“ Bei näherem Zusehen fand sich, daß *A* durch seine Lage von den beiden anderen abstach. Die Papierchen waren nicht genau Quadrate, sondern Rechtecke; *A* lag zufällig allein so, daß seine längere Seite vertikal stand und so über die Grenzlinie von *B* und *C* ganz wenig hinausragte. Nachdem dieses verbessert war, wurde sofort der Unterschied *BC* mit voller Bestimmtheit für größer erklärt. Diese Erfahrung war ein ungesuchter Beweis dafür, daß alles, was die kollektive Auffassung beeinflusst, auch den scheinbaren Unterschied der Empfindungen verändern kann.¹ Selbstverständlich wurde nun immer sorgfältig darauf geachtet, die 3 Papiere möglichst gleichmäÙig anzuordnen.

Das Versuchungsverfahren war der Vergleichbarkeit halber demjenigen AMENTs im wesentlichen möglichst nachgebildet. Die zur Verwendung kommenden 70 Nummern wurden in 2 sich teilweise überdeckende Reihen zerlegt, die Nummern 1—50 und 40—70, und in jeder Sitzung bloÙ eine derselben durchgemacht. Gewechselt wurde ferner (wie bei AMENT) mit auf- und absteigender Reihe und mit dunklem und hellem Grund. Im ganzen kamen für die Stufenbildung auf diese Weise 8 Versuchsreihen zustande (für jede Sitzung eine davon): 1. auf hellem Grund, 1—50, aufsteigend; 2. dasselbe absteigend; 3. auf hellem Grund, 40—70, aufsteigend; 4. dasselbe absteigend; 5.—8. wie 1.—4. nur alles auf dunklem Grund.

Um möglichst alle fremdartigen Lichteindrücke auszuschließen, war der Tisch mit dunkelgrauem Tuch bedeckt, dahinter ein mittelgrauer Vorhang angebracht, auf dem das Auge ruhen konnte. Auf dem Tisch, in immer gleicher Lage zum Tisch und zum Beobachter, kam der Karton zu liegen, der als heller oder

¹ G. E. MÜLLER a. a. O. S. 509.

dunkler Grund diene, etwas schief wie ein Pult geneigt; darauf die 2 oder 3 Papierchen, dicht aneinander, so daß die oberen und unteren Grenzlinien derselben eine gerade Linie bildeten; endlich auf ihnen, sie anpressend, eine Glasscheibe.

An jedem Versuchstag wurde wegen der etwas wechselnden Beleuchtung durch die beiden hinter der Versuchsperson befindlichen Fenster durch einen Vorversuch festgestellt, ob die 2 nebeneinander gelegten Papiere gleichmäÙig beleuchtet seien; es wurden nämlich an ihrer Stelle liegende wirklich gleiche Papiere in beiden Raumlagen auf ihre anscheinende Gleichheit untersucht, und dem entsprechend nach Bedarf der Tisch etwas verschoben.

Die Ausführung der „Methode der ebenmerklichen Unterschiede“ gestaltet sich im übrigen, wie AMENT sie beschreibt.¹ Neben Nummer 1 liegt die damit zu vergleichende Nummer, z. B. (wenn 2 und 3 nicht als verschieden erkannt worden sind) Nummer 4. Wird $4 > 1$ erkannt, so wird mit der Raumlage von 1 und 4 gewechselt; erst wenn sich auch dann $4 > 1$ bestätigt, gilt 4 als Stufe, von der aus dann eine weitere gesucht wird, u. s. f., bis die letzte Nummer (hier 50) erreicht ist.

Für die Methode der mittleren Abstufungen gingen wir vom Vorbild AMENTs ab, um größere Genauigkeit zu erzielen. AMENT ließ zu den beiden Grenzureizen aus der Zahl aller anderen durcheinander gemischten Papiere das subjektiv mittlere herausuchen. Sein Zweck war, so Zeit zu gewinnen. Indessen scheint das doch schwer mit genügender Genauigkeit vereinbar. Es wurde deshalb vorgezogen, hierfür die Grenzmethode anzuwenden. Zwischen die beiden Grenzureize *A* und *C* wird zunächst ein Papier gelegt, das dem einen der beiden, etwa *A*, deutlich näher steht, dann Nummer für Nummer vorangerückt, bis ein Papier gerade die subjektive Mitte erreicht hat; dasselbe wird dann wiederholt, indem man von der Gegend des *C* ausgeht; hierauf wird *A* und *C* vertauscht (die Raumlage geändert) und beide Bestimmungen wiederholt. Es kommen mithin auf jede Sitzung 4 voneinander unabhängige Bestimmungen von *R*.

Der Urteilsfaktor bei der Bestimmung von *R* war, wie

¹ A. a. O. S. 158.

von vornherein bestimmt, immer derselbe, nämlich die Vergleichung nach „Kohärenzgraden“.¹

Die Durchführung der „Reihe der ebenmerklichen Unterschiede“ mit der darauffolgenden 4fachen Bestimmung des *R* zwischen den Endgliedern der gefundenen Reihe nahm gegen $\frac{5}{4}$ Stunde in Anspruch.

Das Verfahren war nach Möglichkeit unwissentlich. Die Versuchsperson erfuhr nicht, welches der beiden hingelegten Papierchen das hellere oder dunklere war (Irrtümer kamen deshalb in der einen Raumlage häufig genug vor), ebensowenig, ob eine neue Nummer hingelegt war oder die alte in einer neuen Raumlage.

Versuchsperson war Herr Professor MÜLLER. 8 Versuchstage. Tageszeit des Versuchs 11 $\frac{1}{2}$ vormittags.

Tabelle 10.

Nr.	Grund	Stufen	Z	M	R				R _m
					Rauml. 1		Rauml. 2		
					↑	↓	↑	↓	
1	hell	(1—50) 2. 3. 7. 12. 21. 25. 29. 30. 35. 47. 50.	11	25	29,5	29,5	29,5	26,5	28 ³ / ₄
7	dunkel	1. 2. 5. 7. 8. 9. 14. 16. 17. 20. 23. 25. 29. 30. 31. 36. 44. 49. 51.	19	20	29,5	29,5	31	29,5	29 ⁷ / ₈
3	hell	(50—1) 50. 49. 47. 44. 39. 34. 32. 29. 23. 21. 17. 16. 9. 1.	14	30,5	29	29	29	29,5	29 ¹ / ₈
8	dunkel	51. 49. 47. 37. 34. 29. 23. 15. 11. 4. (40—70)	10	31,5	29,5	28,5	29,5	29	29 ¹ / ₈
2	hell	41. 44. 48. 50. 55. 58. 60. 64. 67. 69. 71.	11	58	59	63	60	62	61
4	dunkel	40. 43. 46. 47. 50. 51. 52. 58. 60. 63. 66. 68. 69. 71.	14	55	62	62	62,5	62,5	62 ¹ / ₄
6	hell	(70—40) 71. 69. 68. 66. 63. 59. 56. 55. 52. 49. 47. 43. 38.	13	56+	61	62	63,5	58+	61 ¹ / ₈
5	dunkel	71. 69. 68. 67. 66. 64. 63. 62. 58. 52. 48. 46. 40.	13	63	62	62	63	61,5	62 ¹ / ₈

Die Tabelle ist leicht verständlich. Die 1. Kolumne bedeutet die Nummer des Versuchstages; es wurden behufs Ausschließung

G. E. MÜLLER a. a. O. S. 509 ff.

möglicher Fehlereinflüsse in unregelmäßiger Weise die 8 zu machenden Versuche durcheinander gemischt. Der Übersicht halber sind sie aber hier nicht in der Ordnung, in der sie gemacht wurden, sondern wie sie zusammengehören, nacheinander aufgeführt.

Bei der Reihe der eben merklichen Stufen war es natürlich nicht immer möglich, genau mit der gewünschten Nummer zu schließen; man ging dann weiter, bis man auf eine Nummer kam, die eine deutliche Stufe gab (z. B. Reihe 6) oder mußte schon früher aufhören (Reihe 8). Der Anfang mit Papierchen 2 in Reihe 1 beruht darauf, daß Papierchen 1 unter den damaligen Umständen heller erschien als Papierchen 2 (was bei Reihe 7 nicht mehr der Fall war). Für die folgenden Betrachtungen sind diese Differenzen in den Anfangs- und Endgliedern ohne Bedeutung, da es sich immer um das Verhältnis von R zu M bei derselben Reihe (also zwischen denselben Endgliedern) handelt.

Z ist die Anzahl der Stufen; ihre Abhängigkeit vom Grund und der Zeitfolge ist nachher zu besprechen.

M bezeichnet das mittelste Glied der Reihe der ebenmerklichen Stufen oder (bei gerader Zahl dieser Stufen) das arithmetische Mittel der beiden mittelsten Glieder.

R ist, wie schon gesagt, die zwischen den Endgliedern der betreffenden Reihe in der Raumlage 1 (rechts das hellere Papierchen) oder Raumlage 2 (rechts das dunklere Papierchen) bei aufsteigendem (\uparrow) oder absteigendem (\downarrow) Verfahren geschätzte Mitte. R_m ist das Mittel dieser 4 Werte.

Die beiden in Reihe 6 mit einem $+$ bezeichneten Werte von M und R sind als nicht ganz normal zu betrachten wegen stattgefundener Störung, die das Protokoll hervorhebt. Ich komme auf diesen Punkt noch zu sprechen.

Bevor wir uns zur Diskussion der R - und M -Werte wenden, müssen wir einige Eigentümlichkeiten der Reihen besprechen, von denen diese Werte erheblich beeinflusst sind.

Regelmäßigkeiten der Reihen. Diskussion der M und R .

a) Denkt man sich die Zahlen jeder Reihe nach Dekaden abgeteilt (wie das durch die Querstriche in der Tabelle angedeutet ist), so zeigt sich zunächst folgendes merkwürdige Verhalten: Die Nummern einer Dekade (z. B. die Einer) zeigen

bedeutend mehr unterscheidbare Stufen, wenn sie am Anfang einer Reihe auftreten, als wenn sie am Ende einer Reihe vorkommen. So zeigen die Einer in Reihe 1 und 7, wo sie die Reihe beginnen, 3 resp. 6 Nummern, in Reihe 3 und 8, wo sie die Reihe schliessen, nur 2 resp. 1 Nummer. Dasselbe bei der Dekade 40—50. Ähnlich betreffend der ersten und letzten Dekade der Reihen 40—70. Man kann dabei wohl am einfachsten an Ermüdung denken, die im Laufe der ziemlich anstrengenden Vergleichen das Entdecken der ebenmerklichen Stufen immer schwerer machte. Übrigens ist die Erscheinung eine individuelle; in AMENTS Reihen konnte ich sie nicht nachweisen.

Was uns indessen hier allein interessiert, ist der Einfluss, den diese Regelmässigkeit auf die Lage des M haben muss. Da die ersten Stufen in allen Reihen verhältnismässig kleiner sind als die letzten, so wird das M (die der Zahl nach mittelste Stufe) in allen Fällen dem Anfang der jeweiligen Reihe genähert. Es ist also zu erwarten, dass das M der aufsteigenden Reihen eine kleinere (dem Anfang nähere) Ziffer zeige als das M der absteigenden Reihen; und das ist in der Tat der Fall: 25 und 20 kleiner als 30,5 und 31,5; 55 kleiner als 63. Dagegen macht eine Ausnahme 58 > 56. Der Grund dieser Ausnahme liegt vermutlich nicht so sehr darin, dass wir im einen Fall als untere Grenze 38 (Reihe 6), im anderen 41 (Reihe 2) haben, sondern wahrscheinlicher (was auch der Vergleich der Zahlen selbst nahelegt) in dem Umstand, dass in Reihe 6 eine längere Pause (die oben erwähnte Störung) eingeschoben war; wegen der dadurch bedingten Erholung musste die Stufenzahl im zweiten Teil der Reihe weniger schnell sinken, als es sonst der Fall gewesen wäre, und wurde die Nummer des M deshalb niedriger, als bei ungestörtem Verlauf der Reihe der Fall gewesen wäre.

Eine weitere Folgerung ergibt sich aus der gefundenen Regelmässigkeit für das Verhalten von M zu R_m . Wenn ohne Einfluss der Ermüdung sich $M = R_m$ finden sollte, muss dieser Einfluss bewirken, dass R_m jetzt immer zwischen den beiden Werten von M liegt, dass also in allen aufsteigenden Reihen $M < R_m$, in allen absteigenden $M > R_m$ wird. Diese Folgerung bewährt sich in der Tat in allen 4 aufsteigenden und in 3 der absteigenden Reihen. Eine Ausnahme bildet aus dem eben angegebenen Grunde nur Reihe 6.

b) Zwischen Stufenzahl einerseits, dem Hintergrund oder der Richtung der Reihe (ob auf- oder absteigend) andererseits zeigt sich nachfolgende Abhängigkeit:

Die aufsteigende Reihe zeigt auf hellem Grund (Reihe 1 und 2) weniger Stufen als auf dunklem Grund (Reihe 7 und 4). Das umgekehrte Verhalten der absteigenden Reihe ist klar bei Reihe 3 gegen 8; nicht dagegen bei Reihe 6 gegen 5 (die schon wiederholt besprochene Störung im Spiele).

Eine ähnliche Regelmäßigkeit ist folgende:

Auf hellem Grund hat die aufsteigende Reihe (1 und 2) weniger Stufen als die absteigende (3 und 6); auf dunklem Grund umgekehrt (7 und 4 gegen 8 und 5). Die Unterschiede sind viel ausgesprochener bei 1—50 als bei 40—70.

Eine andere Eigentümlichkeit endlich besteht darin, daß das M der aufsteigenden Reihe auf hellem Grund größer ist als auf dunklem Grund; das M der absteigenden Reihe umgekehrt.

Da alle diese Regelmäßigkeiten sich in den Resultaten AMENTS nicht zeigen und mithin nur individuelle Bedeutung zu besitzen scheinen, so gehen wir nicht näher auf dieselben ein.

c) Die Bestimmung des M kann nicht für sehr genau angesehen werden. Auch abgesehen von den konstanten, in einer Richtung wirkenden Einflüssen, die wir kennen gelernt haben, macht die Methode selbst nicht den Eindruck, sehr gut zueinander stimmende Werte liefern zu können. Bei der Bestimmung einer Stufe handelt es sich offenbar nicht um eine wahre Bestimmung des ebenmerklichen Unterschiedes, sondern um eine sehr summarisch (durch 2 Urteile) bestimmte Größe, die im allgemeinen um einen unbekannten Betrag die Ebenmerklichkeitsstufe überschreiten wird. Daß dieses Plus sich über die ganze Reihe so verteilen wird, daß seine Wirkung auf die Bestimmung des M sich aufhebt, ist nicht zu erwarten. Auch zeigen die gleichen Dekaden in verschiedenen Reihen in der Tat außerordentliche Unterschiede in der Zahl der gelieferten Stufen.

d) Eine sehr viel größere Genauigkeit als die Bestimmung des M zeigte dagegen die Bestimmung des R_m .¹ Leider ge-

¹ Diese Genauigkeit der Bestimmung des R war auch für den Versuchsleiter unmittelbar zu beobachten. Wurden der Versuchsperson zwei benachbarte Nummern vorgelegt, die sie direkt nicht unterscheiden konnte, so unterschied sie dieselben zuweilen sehr wohl, wenn sie nacheinander zwischen zwei Grenznummern (z. B. 1 und 50) zu liegen kamen behufs

stattete unsere Versuchsanordnung nicht, dasselbe immer zwischen genau denselben Grenzreizen zu bestimmen. Trotz dieses Mifsstandes findet sich eine sehr gute Übereinstimmung. Das Mittel aller Bestimmungen des R zwischen den Grenzen 1 und 50 (im einzelnen zwischen 2 u. 50, 1 u. 50, 1 u. 51, 4 u. 51) ist $29\frac{1}{4}$. Die mittlere Variation aller beobachteten (16) Werte ist nur $= \frac{1}{2}$ Nummer, d. h. ein sehr kleiner Bruchteil einer Stufe, da in der Gegend von 30 die Stufengröße mehrere Nummern zu betragen pflegt. Das Mittel aller Bestimmungen des R zwischen den Grenzen 40 und 70 (im einzelnen zwischen 41 u. 71, 40 u. 71, 40 u. 71, 38 u. 71) ist $61\frac{5}{8}$ mit einer mittleren Variation der 16 dafür beobachteten Werte von 1 Nummer (etwa $\frac{1}{4}$ einer Stufe). Der Einfluß der Raumlage erwies sich hier als unbedeutend; bei aufsteigendem Verfahren ist das R der zweiten Raumlage im Mittel um $\frac{4}{5}$ Nummer höher, bei absteigendem das R der ersten Raumlage um $\frac{7}{8}$ Nummer größer; so kleinen Differenzen ist selbstverständlich keine Bedeutung beizulegen.

e) Bedenkt man die Ungenauigkeit, welche der „Methode der ebenmerklichen Unterschiede“ anhaftet, so kann man wohl sagen, daß die erhaltenen Resultate eine mindestens annähernde Übereinstimmung zwischen M und R ergeben. Wie oben verlangt wurde, liegt R immer zwischen den Werten der aufsteigenden und absteigenden Reihe (mit der dort erklärten einen Ausnahme). Nimmt man aus allen zusammengehörigen M und R die Mittel, so bleibt M im Durchschnitt um weniger als eine Stufengröße hinter R zurück. Es wäre vielleicht nicht unberechtigt, diese kleine Differenz als innerhalb der Fehlergrenzen liegend anzusehen, zumal wenn man in Rücksicht zieht, daß gerade die Reihe 7, welche die größte Differenz zwischen R_m und M ergeben hat, durch die größere Zahl der Stufen, welche die Papiere 1—20 geliefert haben, ganz gewaltig von den übrigen mit ihr vergleichbaren Reihen (1, 3 und 8) absticht. Es scheint also in dieser Reihe das Verhalten der Versuchsperson bei der Bestimmung der Stufen irgendwie ein etwas abnormes gewesen zu sein von der Art, daß die Zahl der von den dunklen Papierchen gelieferten Stufen vermehrt und mithin M herabgedrückt wurde.

Mittenschätzung. Die Empfindlichkeit der Mittenschätzung (Vergleichung der Kohärenzgrade) war also (offenbar wegen der langjährigen Übung in dieser Art von Vergleichung) bedeutend größer als die gewöhnliche Unterschiedsempfindlichkeit.

Ferner ist hier auch noch die Verschiedenheit der objektiven Helligkeitsdifferenz, die zwischen je 2 ihren Nummern nach unmittelbar aufeinander folgenden Papieren bestand, zu beachten und zwar in folgendem Sinne. Wir wollen beispielshalber annehmen, daß bei den hellen Papieren ungefähr 2 Nummern Distanz genügen, um eine Stufe zu bilden, bei den dunklen dagegen 4 Nummern hierzu nötig sind. Da die objektive Helligkeitsdifferenz, die einem ebenmerklichen Unterschiede entspricht, bei hoher absoluter Helligkeit sicher größer ist als bei niedriger Helligkeit, so ist alsdann zu behaupten, daß der objektive Helligkeitsunterschied, der zwischen 2 in der Reihe aufeinander folgenden Nummern besteht, für die dunklen Papiere viel kleiner ist als für die hellen Papiere. Hieraus folgt aber, daß bei den hellen Papieren das Plus der eine Stufe begrenzenden Nummern über die genaue Ebenmerklichkeit des Unterschiedes als durchschnittlich größer anzunehmen ist als bei den dunklen Papieren. Denn mittels einer Anzahl kleinerer objektiver Helligkeitsstufen läßt sich der Punkt der Ebenmerklichkeit eines Unterschiedes im allgemeinen mit einer geringeren Abweichung nach oben herstellen als mit einer Anzahl größerer Helligkeitsstufen.¹ Es werden also in der Reihe der Stufen am dunklen Ende die Stufen durchschnittlich kleiner sein (die genauen Ebenmerklichkeitsstufen weniger übertreffen) als am hellen Ende. Die Folge davon muß sein, daß M mehr dem dunklen Ende genähert ist und hinter R_m etwas zurücksteht.

Die im vorstehenden vorausgesetzte Ungleichheit der Helligkeitsdifferenzen der Papierchen existiert nun in der Tat in ausgesprochener Weise für die 4 Reihen 40—70. Hier ist am unteren Ende (bei 40) die Stufengröße (berechnet aus den 4 Endgliedern) $= 3\frac{1}{4}$ Nummern, am oberen Ende dagegen nur $= 1\frac{3}{4}$ Nummern.

¹ Daß der zwei aufeinander folgenden Nummern entsprechende objektive Helligkeitsunterschied durchschnittlich für die dunklen Papiere kleiner ist als für die hellen Papiere, würde schon dann zu behaupten sein, wenn bei den dunklen Papieren durchschnittlich gleich viele Nummern auf eine Stufe entfielen wie bei den hellen Papieren. Es gilt also, wie wohl zu beachten, schon in diesem Falle die Behauptung, daß der ebenmerkliche Unterschied bei den dunklen Papieren mit einer durchschnittlich geringeren Abweichung nach oben hergestellt wird als bei den hellen Papieren. Eine Abweichung nach unten von der genauen Ebenmerklichkeitsstufe kann natürlich bei einer gewissenhaften Anwendung der Methode der ebenmerklichen Unterschiede gar nicht vorkommen.

Auch das hier erwähnte mangelhafte Verhalten der Helligkeitsdifferenzen der benutzten Papierchen mußte dahin wirken, M etwas zu gering erhalten zu lassen.

Untersuchen wir die Reihen AMENTS (seine Tabellen II und III) auf den soeben behandelten Punkt hin, so findet sich dort ein entsprechendes Verhalten; zwar nicht in den Reihen mit KÜLPE, ziemlich stark dagegen in den Reihen mit MARBE und AMENT. So entspricht z. B. bei MARBE den untersten 4 Stufen der Reihe durchschnittlich ein Bereich von 13,1 Nummern, den obersten 4 Stufen dagegen nur ein Bereich von 9,8 Nummern. Bei dem Beobachter AMENT sind die entsprechenden Zahlen 16,3 und 11,1. Sicher genügt dieses Verhalten nicht, den großen Unterschied zwischen R und M bei diesen beiden Beobachtern zu erklären; wohl aber dürfte es bei Berücksichtigung des in der Anmerkung zu S. 352 Bemerkten genügen, die in den AMENTschen Tabellen VII und VIII angeführten Resultate beider Beobachter begreiflich zu machen. Wenn der Überschufs über die Ebenmerklichkeit bei den Stufen der oberen Hälfte der Reihe in dem hier anzunehmenden Grade durchschnittlich gröfser ist als bei den Stufen der unteren Hälfte, so besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei Vergleichung eines einer bestimmten Anzahl unterer Stufen entsprechenden Helligkeitsunterschiedes mit einem einer gleichen Zahl oberer Stufen entsprechenden Unterschiede der erstere Unterschied kleiner erscheine als der zweite, und zwar ist diese Wahrscheinlichkeit um so gröfser, je mehr Stufen jeder Unterschied umfaßt. Und eben diese Konsequenz wird durch die erwähnten Tabellen AMENTS bestätigt. Auch die in den Tabellen V und VI von AMENT erhaltenen Resultate lassen sich unschwer von dem hier angeführten Gesichtspunkte aus erklären. Die Begründung der Theorie AMENTS ist also, soweit sie auf seinen Tabellen V—VIII beruht, nicht einwandfrei sichergestellt.

Sehen wir übrigens hiervon ab, so liegt die Sache so, daß den 2 Reihen AMENTS, die R_m erheblich gröfser als M ergeben, nunmehr 2 andere (mit KÜLPE und MÜLLER) gegenüberstehen, die R_m ungefähr gleich M ergeben. Den letzteren 2 Reihen wird wohl mindestens das gleiche Gewicht beizulegen sein wie den 2 ersteren. Eine bestimmtere Stellung läfst sich gegenüber der Diskrepanz zwischen beiden Gruppen von Beobachtern nicht einnehmen, weil wir nicht wissen, nach welchen Urteilsfaktoren die Beobachter AMENTS geurteilt haben.

§ 7. Versuche mit rotierenden Scheiben. Versuchsv erfahren.

1. Plan der Versuche. Als Ziel war ins Auge gefaßt eine vollkommene Wiederholung der AMENTSchen Versuche auf optischem Gebiete, welche die bei den bisherigen Versuchen zutage getretenen Mängel möglichst vermeiden sollte.

Zunächst wurden statt der grauen Papiere rotierende Scheiben gewählt, die eine Herstellung beliebiger Schattierungen des Grau erlauben und dieselben genau messen lassen.

Die bisherige Bestimmung von R war nach der Grenzmethode, bei AMENT sogar nach der unvollkommeneren Herstellungsmethode¹ geschehen. Nun gelangten wir allerdings dabei zu sehr gut übereinstimmenden Resultaten. Doch ist nicht dasselbe von jeder Versuchsperson zu erwarten. Die Mängel der Grenzmethode, Einfluß der Erwartung, Abhängigkeit vom Ausgangspunkt und Stufengröße usw., die schon ANGELL konstatierte, zeigten sich bei anderen Versuchspersonen, wie noch zu erwähnen, in ausgesprochener Weise. Es wurde deshalb versucht, ähnlich wie bei den Gewichtsversuchen, auch hier die Konstanzmethode anzuwenden. Verwendet wurden 3 rotierende Scheiben von gleichem Durchmesser. Eine derselben, die Scheibe A , war auf 0° Weiß und 360° Schwarz, die Scheibe C auf 360° Weiß eingestellt. Für die mittlere Helligkeit waren Scheiben $B = 40^\circ, 42^\circ, 44^\circ$ usw. um je 2° aufwärts bis zu $B = 110^\circ$ Weiß hergestellt. In unregelmäßiger Reihenfolge wurde je eine dieser 36 B -Scheiben in der Mitte aufgesteckt, alle 3 Scheiben in Rotation versetzt, und nun das Urteil abgegeben, ob B näher an C oder an A stehe oder der Fall unentschieden sei. Da die Scheiben mit der Hand gedreht wurden, gestaltete sich die Ausführung für den Versuchsleiter recht mühsam. Man ging deshalb dazu über, eine elektrische Triebkraft zu verwenden; für die beiden äußeren Scheiben wurden 2 (von ZIMMERMANN in Leipzig gelieferte) elektrisch bewegbare Rotationsapparate benutzt, die variable mittlere Helligkeit aber mittels eines MARBESchen Rotationsapparates hergestellt, der durch einen elektrischen Motor getrieben wurde. Dieser Apparat gestattete nun freilich sehr bequem und schnell auf beliebig viele Grade Weiß einzustellen; aber leider behielt er während der Rotation die Einstellung nicht

¹ G. E. MÜLLER a. a. O. S. 274, Anmerkung.

bei. Ich zog es deshalb vor, zur Grenzmethode zurückzukehren; nur wurde versucht, ähnlich wie es schon ANGELL mit Erfolg (*Philos. Studien* 7, S. 447 ff.) getan, durch Variierung des Ausgangspunktes und der Stufengröße die Nebeneinflüsse möglichst auszuschließen.

Besonders ungenau hatte sich im vorgehenden die Bestimmung der ebenmerklichen Stufen erwiesen. Es wurde versucht, auch hier die genauere Grenzmethode einzuführen. Zu dem Ausgangspunkt $A = 30^\circ$ Weiß sollte etwa durch 5maliges Herab- und Hinaufgehen an der veränderlichen Scheibe des MARBESchen Apparates ein guter Wert für die obere Schwelle gewonnen werden, etwa $B = 31^\circ$; dazu wieder auf gleichem Wege die nächste Stufe, usf., bis die ganze Strecke AC durchmessen wäre. Indessen forderte die Ausführung dieses Verfahrens bei einigermaßen großem Abstand AC mehr Zeit, als mir zur Verfügung stand. Ich kam deshalb zu folgender Vereinfachung. Sind $A = 30^\circ$, $C = 230^\circ$ Weiß die Grenzreize, so werden nur für etwa 10 Zwischenwerte, $A = 30^\circ, 50^\circ, 70^\circ \dots$ Weiß die Schwellen bestimmt, jede bei 4facher Raumlage.¹ Wegen der geringeren Zahl kann jede Bestimmung um so genauer geschehen. Wenn, wie zu erwarten, sich innerhalb enger Grenzen das WEBERSche Gesetz bestätigt, können dann aus diesen oder etwa noch weniger Bestimmungen die Stufengrößen viel genauer ermittelt werden, als bei der erwähnten langwierigen direkten Bestimmung der Fall sein würde.

Diese Versuche, für welche von 2 Versuchspersonen (Herrn Dr. ACH und Herrn stud. phil. SCHACHT) im ganzen mehr als 20 Sitzungen verwendet wurden, entsprachen den Erwartungen nicht. Zunächst erwies es sich als unmöglich, in einer Sitzung mehr als 2 Raumlagen zu erledigen. Jeder Gang der variablen Scheibe bis zum Punkt der Ebenmerklichkeit verlangte eben wegen des deutlich verschiedenen Ausgangspunktes und der notwendigen kleinen Schritte eine ziemliche Anzahl Urteile. Entscheidender als dieser große Zeitaufwand war, daß die Resultate die nötige Übereinstimmung durchaus vermissen ließen. Die mittlere Variation war ziemlich groß; die Resultate der

¹ Bezeichnet man die drei Orte der rotierenden Scheiben bei der Mittenschätzung mit a, b, c , die konstante Scheibe mit K , die variable mit V , so sind die in Betracht kommenden Raumlagen: K auf a , V auf b ; K auf b , V auf a ; K auf b , V auf c ; K auf c , V auf b .

beiden Beobachter gingen bei Wechsel der Raumlage oft in entgegengesetzter Richtung auseinander; die Endresultate stimmen sehr wenig zueinander. Es scheint nach allem nicht möglich, unter den angegebenen Umständen (bei 2 Rotationsscheiben, die sich in gewisser Entfernung voneinander auf einem hinsichtlich der Helligkeit von ihnen verschiedenen, mithin Kontrasterscheinungen auf ihnen hervorrufenden Grunde befinden) bei Versuchspersonen, die in diesem Gebiete nicht sehr geübt sind, die Schwellenbestimmung mit genügender Genauigkeit durchzuführen.

Ich beschränkte mich deshalb darauf, für verschiedene Helligkeiten die subjektive Mitte zu bestimmen und die erhaltenen Resultate mit den arithmetischen und geometrischen Mitteln der Grenzureize zu vergleichen.

2. Versuchsvorrichtung. Die Versuche fanden im Dunkelmuseum statt. Die 3 rotierenden Scheiben hatten einen Durchmesser von $11\frac{1}{2}$ cm und standen in einer gegenseitigen Entfernung von etwa $15\frac{1}{2}$ cm (von Mitte zu Mitte gemessen). Durch Visieren wurden sie so eingestellt, daß sie möglichst genau in derselben Ebene rotierten. Hinter ihnen hing ein hellgrauer Vorhang herab als Hintergrund; ein ebensolcher auch vor ihnen von ihrem unteren Ende an, so daß möglichst alle anderen Objekte aus dem Gesichtsfeld des Beobachters ausgeschlossen waren und er nur die 3 Scheiben auf dem gleichförmigen Hintergrunde sah.

Viel Schwierigkeit machte die Herstellung einer gleichmäßigen Beleuchtung der 3 Scheiben; schließlich wurde folgende Einrichtung gewählt. In etwa 2 m Entfernung vor den Scheiben stand ein Tisch, der den Beobachtungstisch trug; über diesem stand ein zweiter Tisch, und hierauf waren in einer zur Reihe der Scheiben parallelen Linie die Lampen angebracht in ausprobierten gegenseitigen Entfernungen, nämlich 5 Auerbrenner, von denen der mittlere (ein „Goliathbrenner“) etwa die doppelte Lichtstärke jedes der anderen, gewöhnlichen Brenner besaß. Ein mit weißem Papier beklebter Schirm hinter den Lampen reflektierte deren Licht auf die Scheiben und hielt dasselbe zugleich von der hinteren Hälfte des Dunkelmuseums ab. Eine Prüfung, ob die Beleuchtung der 3 Scheiben merkbar dieselbe sei, ließ sich dadurch bewerkstelligen, daß man auf den Rotationsapparaten Scheiben von ganz gleichem Papier, deren

Raumlagen überdies noch vertauscht wurden, anbrachte. Etwaige doch noch übrig bleibende minimale Ungleichheiten der Beleuchtung wurden hinlänglich unschädlich gemacht, indem bei allen Versuchen die beiden Raumlagen gleich oft verwendet wurden (A und C vertauscht wurden).

Auf dem unteren Tisch lag in Gesichtshöhe für den hinter dem Tisch sitzenden Beobachter (der also etwa $2\frac{1}{2}$ m Entfernung von den rotierenden Scheiben besaß) der Beobachtungstubus, ein abgestumpfter Kegel, dessen breite, durch einen Ring übrigens noch teilweise verschlossene, Öffnung gegen die Scheiben hin gerichtet war; innen war derselbe mit schwarzem Sammet ausgekleidet. Der Vorteil dieser Einrichtung bestand darin, daß alle störenden Eindrücke von den Augen möglichst ferngehalten wurden und sich die Aufmerksamkeit des Beobachters unbeeinträchtigt dem grauen Hintergrund mit den 3 Scheiben zuwenden konnte.

Die Ausführung eines Versuches gestaltete sich z. B. folgendermaßen. Es war etwa zu $A = 30^\circ$ Weiß und $C = 230^\circ$ Weiß die subjektive Mitte zu bestimmen. Zunächst wurde die Scheibe B des MARBESchen Rotationsapparates so eingestellt, daß bei Rotation B deutlich näher an C erschien und das Urteil der Versuchsperson lautete: „rechter Unterschied kleiner“. Dann wurde in kleinen Stufen der Unterschied von B und C vergrößert, bis das Urteil lautete: „unentschieden“ (oder etwa auch: „rechter Unterschied größer“, wenn „ u “ ausfiel). Scheibe B wird nun angehalten und ihr Stand an der Gradteilung der Peripherie (die mit der an der Seite des Apparates ablesbaren nicht immer übereinstimmt) abgelesen und notiert, wobei zugleich durch die Stellung des Versuchsleiters dafür Sorge getragen wird, daß die Versuchsperson die Sektorengröße der Scheibe B nicht sehen kann. Nun wird B so eingestellt, daß es bei Rotation dem A näher erscheint, und wieder schrittweise so lange abgeändert, bis der Punkt u erreicht ist.

Um die Augen zu adaptieren, mußte übrigens die Versuchsperson vor Beginn der Versuche etwa 5 Minuten lang schon ihren Platz einnehmen. Den eigentlichen Versuchen wurde am Anfang jeder Sitzung ein Probeversuch von oben und von unten her vorausgeschickt, der zwar notiert, aber nicht für die Resultate benutzt wurde. Pausen wurden nach Bedürfnis eingeschoben, und dabei darauf geachtet, daß die Versuchsperson im dunklen

Teil des Zimmers blieb und nicht ihre Augen dem grellen direkten Licht aussetzte. Da die Versuche manchmal die Augen sehr ermüdeten, konnte zuweilen, besonders bei helleren Grenzreizen, in der Sitzung nur eine Raumlage durchgemacht werden, was etwa $1\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{4}$ Stunde beanspruchte.

Das Verfahren war unwissentlich; der Versuchsperson wurde nichts davon bekannt, ob sich ihre Resultate dem arithmetischen oder geometrischen Mittel näherten. Besonders wurde darauf geachtet, daß die Versuchsperson nicht etwa durch Vergleichung der Sektorengrößen ihr Urteil bestimmen lassen konnte; bei einer etwaigen längeren Pause, wo alle Scheiben stillstanden, wurde dafür gesorgt, daß die mittlere Scheibe nicht die Einstellung hatte, bei der das Urteil „ abgegeben worden war, sondern eine ganz andere.

Um dem Einfluß der Gewöhnung, infolge dessen die Versuchsperson nach einer bestimmten Anzahl von Stufen das Urteil „ erwartet, entgegenzuwirken, wurde öfters in unregelmäßiger Weise sowohl Ausgangspunkt als Stufengröße variiert, und schon im Anfang die Versuchsperson darauf aufmerksam gemacht, daß dies geschehen werde. Allerdings besteht praktisch für beide Variationen ein enger Spielraum, da man die Zahl der Urteile, die zu einem Versuch gehören, nicht zu sehr häufen darf, um nicht zu stark zu ermüden; auch muß in der Nähe des Entscheidungspunktes die Stufengröße immer ungefähr die gleiche (und möglichst klein) sein, um vergleichbare Werte zu erhalten. Dieselbe war dort im allgemeinen etwa 1° .

Der Urteilsfaktor war, wie schon in der Einleitung erwähnt, bei diesen Versuchen vorgeschrieben, nämlich die Vergleichung nach Kohärenzgraden; man frug sich, ob *A* und *B* oder *B* und *C* sich besser zusammenfassen ließen. Diese Instruktion wurde öfter wiederholt.

Die Urteilsrichtung war frei und ergab auch bei den verschiedenen Beobachtern Verschiedenheiten.¹

Die eigentlichen Versuche fallen in die beiden Semester 1903 und 1903/4 und umfassen Reihen vom Herrn Prof. MÜLLER, Herrn

¹ SCHACHT, NELSON und RUPP bevorzugten die Beziehung des Urteils auf den kleineren der beiden Unterschiede (rechts kleiner, links kleiner), ACH dagegen die Beziehung auf den rechten Unterschied (rechts kleiner, rechts größer).

Dr. ACH, Herrn stud. phil. SCHACHT, Herrn stud. philos. NELSON, Herrn stud. philos. RUPP.

§ 8. Resultate der Scheibenversuche.

Es handelt sich, wie erwähnt, um Bestimmung des mittleren B bei gegebenem festen A und C unter Anwendung der Grenzmethode. B wird abwechselnd von oben (der Nähe des C) und von unten her dem Punkte der scheinbaren Gleichheit¹ von AB und BC genähert, bis etwa das Urteil u gefällt wird. Solcher auf- und absteigender Reihen werden nacheinander gewöhnlich 5 ausgeführt und dann die Raumlage gewechselt. Da zu einer Bestimmung des Gleichheitspunktes je eine aufsteigende und eine absteigende Reihe zusammengenommen werden müssen, haben wir also bei jeder Raumlage zunächst 5 voneinander unabhängige Einzelbestimmungen des Gleichheitspunktes. In den folgenden Tabellen sind die Gesamtmittel aller Einzelbestimmungen aufgeführt, das Mittel B_m^I der ersten Raumlage, bei welcher die dunklere Scheibe A links von B stand, das Mittel B_m^{II} der zweiten Raumlage und der Durchschnittswert dieser beiden, das Gesamtmittel B_m der ganzen Versuchsreihe.

Die mittleren Variationen ($m. V.$) sind berechnet einerseits für die Endwerte, welche beim absteigenden Verfahren erstens bei der ersten Raumlage ($\downarrow 1$), zweitens bei der zweiten Raumlage ($\downarrow 2$) erhalten worden sind, und andererseits für die Endwerte, welche beim aufsteigenden Verfahren bei beiden Raumlagen ($\uparrow 1, \uparrow 2$) erhalten wurden. Die Endwerte der auf- und absteigenden Gänge treffen, wie aus der Theorie der Grenzmethode bekannt ist, im allgemeinen nicht im selben Punkt zusammen, sondern lassen entweder ein freies Intervall zwischen sich oder können auch wegen verschiedener Umstände sich kreuzen. Der mittlere Abstand zwischen den beim absteigenden und den beim aufsteigenden Verfahren erhaltenen Endwerten von B ist in den nachfolgenden Tabellen unter k angeführt. Je nachdem k das positive oder negative Vorzeichen besitzt, hat das absteigende Verfahren Werte von B geliefert, die um den absoluten Betrag

¹ Der Kürze halber bezeichne ich den Punkt, wo die Kohärenzgrade von AB und BC gleich erscheinen, als den Punkt der scheinbaren Gleichheit beider Unterschiede.

von k durchschnittlich grösser oder kleiner waren als die vom aufsteigenden Verfahren gelieferten Werte.

n ist die Gesamtzahl der Einzelbestimmungen, die in der betreffenden Versuchsreihe oder Abteilung einer Versuchsreihe erhalten worden sind, wobei unter einer Einzelbestimmung eine absteigende und eine aufsteigende Bestimmung (also gewöhnlich etwa 20 oder mehr Urteile) zusammengefasst sind.

Um den Abstand der gefundenen Werte des B_m von den geometrischen und arithmetischen Mitteln richtig zu beurteilen, ist zu beachten, dass die Helligkeit der rotierenden Scheiben nicht bloß von der Größe der weißen Sektoren abhängt, sondern auch von der zwar viel kleineren, aber immerhin meßbaren Helligkeit des schwarzen Teiles. Die Weißvalenz des Schwarz wurde bei der Beleuchtung der Versuchsanordnung festgestellt (von Prof. MÜLLER) und ergab für unsere Papiere den Wert $\frac{1}{4}$, d. h. 1° Schwarz ist an Helligkeit äquivalent $\frac{1}{4}^\circ$ unseres Weiß. Es sind also die Werte des A , B_m , C , sowie der arithmetischen und geometrischen Mittel unter Berücksichtigung dieser Feststellung zu berechnen, um eine Vergleichung von B_m mit den genannten Mitteln ausführen zu können.

Die ersten beiden Versuchsreihen mußten (wegen Semester-schlusses) leider vorzeitig abgebrochen werden; sie enthalten deshalb bloß wenige Werte, da die ganze Reihe der vorausgegangenen Sitzungen mit Versuchen zur Bestimmung der Unterschiedsschwelle verloren worden war. Da indessen die Grenzmethode nicht gleich viel Zahlenmaterial verlangt wie die Konstanzmethode, so darf immerhin aus den 20—30 Bestimmungen des Gleichheitspunktes, die jede dieser Reihen liefert, ein vorläufiger Schluß gezogen werden.

Versuchsreihe I. Versuchsperson Dr. Ach. Tageszeit der Versuche gegen $11\frac{1}{2}$ Uhr vormittags. Die Werte von B_m , k und $m. V.$ sind hier wie überall in Graden von Weiß angegeben. $A = 30^\circ$, $C = 230^\circ$.

Tabelle 11 (Versuchsreihe I und II).

Versuchsreihe	B_m^I	B_m^{II}	B_m	k	$m. V.$				n
					\downarrow	\uparrow			
					1	2	1	2	
I	97,2	101,1	99,1	— 8,5	8,9	5,9	3,0	4,0	30
II	113,6	112,6	113,1	+ 46,8	5,6	4,0	5,0	7,9	20

Es wurde, wie immer, mit erster und zweiter Raumlage möglichst abgewechselt. Wie die Mittelwerte der beiden Raumlagen zeigen, ergibt die zweite Raumlage einen um rund 4° größeren Mittelwert; eine so kleine Differenz kann als durch Mittelziehung eliminiert angesehen werden.

Die aufeinander folgenden auf- und absteigenden Bestimmungen kreuzten sich fast immer; die Grösse der Kreuzung ist von der Raumlage nicht abhängig und nimmt übrigens mit fortschreitender Übung selbst in diesen wenigen Versuchen bis Null ab. Die mittlere Variation ist noch verhältnismässig groß.

Bestimmen wir unter Berücksichtigung der Weissvalenz des Schwarz die endgültigen Werte, so erhalten wir $A = 43\frac{3}{4}$, $B_m = 109,9$, $C = 235,4$, das arithmetische Mittel $\mathfrak{A} = 139,6$, das geometrische Mittel $\mathfrak{G} = 101,5$. Mithin

$$\Delta_a = B_m - \mathfrak{A} = -29,7$$

$$\Delta_g = B_m - \mathfrak{G} = +8,4.$$

Versuchsreihe II. Versuchsperson Herr SCHACHT. Tageszeit des Versuches gegen $8\frac{1}{2}$ Uhr vormittags. 20 Einzelbestimmungen. $A = 30^{\circ}$, $C = 230^{\circ}$ wie in der vorigen Reihe.

Der Unterschied der Raumlage ist hier nur sehr gering. Der große positive Wert von k zeigt, daß, wie auch gelegentliche Bemerkungen bestätigen, die Versuchsperson sofort auf u urteilte, sobald der Eindruck der Zusammengehörigkeit zweier Eindrücke nicht mehr ganz deutlich war. Bei diesem großen Werte von k kann es zweifelhaft erscheinen, ob man überhaupt erwarten darf, durch Mittelziehung aus den Endwerten der auf- und absteigenden Versuche einen brauchbaren Wert des Gleichheitspunktes zu finden. Will man ferner aus den Endwerten der auf- und absteigenden Versuche das Mittel bestimmen, so muß man es als arithmetisches und geometrisches Mittel besonders bestimmen, da man diese Mittel nicht wie bei kleinem k als annähernd gleich voraussetzen darf.

Rechnen wir die Werte um unter Berücksichtigung der Weissvalenz des Schwarz, so erhalten wir

$$A = 43,75, C = 235,4, \mathfrak{A} = 139,6, \mathfrak{G} = 101,5,$$

$$B_{ma} \text{ (d. h. } B_m \text{ als arithmetisches Mittel der Endwerte von oben und unten) } = 123,3,$$

$$B_{mg} \text{ (d. h. } B_m \text{ als geometrisches Mittel der Endwerte von oben und unten) } = 120,8.$$

Die Abweichungen des B_m von den beiden Mitteln der A und C sind also

im ersten Fall: $\Delta_a = -16,3, \Delta_g = +21,8,$
„ zweiten „ $\Delta_a = -18,8, \Delta_g = +19,3.$

Versuchsreihe III. Versuchsperson Dr. Ach. Diese Versuchsreihe umfaßt 3 Teile, jeden von etwa 70 Einzelbestimmungen; den ersten (1) mit $A = 30^\circ, C = 140^\circ$, den zweiten (2) mit $A = 140^\circ, C = 250^\circ$, den dritten (3) mit $A = 250^\circ, C = 360^\circ$. Es wurde zuerst die ungefähre Hälfte der Versuche von Teil 1 (1 a), darauf die Hälfte von Teil 2 (2 a), dann Teil 3, darauf die zweite Hälfte von Teil 2 (2 b), endlich die zweite Hälfte von Teil 1 (1 b) durchgemacht. Da die Versuchsanordnung, um Weitläufigkeiten zu vermeiden, für eine gleichzeitig daneben stattfindende Versuchsreihe stehen bleiben mußte, konnte die Innehaltung der Hälften, sowie die Aufeinanderfolge der Raumlagen nicht immer ganz programmäßig erfolgen; es wurde nur gesorgt, daß die Anzahl der Versuche für jede Teilreihe ungefähr dieselbe war. Zeit der Versuche gegen 11 $\frac{1}{2}$ Uhr vormittags.

Tabelle 12 (Versuchsreihe III).

Teil	B_m^I	B_m^{II}	B_m	k	m. V. ↓		↑		n
					1	2	1	2	
1 a	64,8	67,2	66,0	− 3,5	1,6	2,4	2,5	2,2	40
2 a	206,4	207,2	207,0	+ 0,3	2,6	2,0	1,7	2,0	45
3	333,3	340,6	336,95	− 0,5	4,3	2,5	3,7	2,8	70
2 b	211,2	211,2	211,2	− 0,2	2,8	2,7	2,4	3,5	30
1 b	81,0	90,2	85,6	− 1,1	3,9	2,5	3,4	2,4	30

1. Teilreihe, 1. Hälfte (1 a). $A = 30^\circ, C = 140^\circ$. Unter Berücksichtigung der Weißvalenzen des Schwarz wird

$A = 43\frac{3}{4}, C = 149,2, B_m = 78,2, \mathfrak{A} = 96,5, \mathfrak{G} = 80,8,$
 $\Delta_a = -18,2, \Delta_g = -2,6.$

Auch hier, wie teilweise auch in den folgenden Teilreihen, tritt Kreuzung der auf- und absteigenden Bestimmungen auf, aber von sehr unbedeutendem Betrag. Die mittlere Variation ist sehr klein, sowohl im Verhältnis zu Versuchsreihe I als absolut. Der Unterschied der Raumlage ist ebenfalls unbedeutend, aber im selben Sinn wie in Reihe I und von ähnlicher Größe (2,4 $^\circ$).

2. Teilreihe, 1. Hälfte (2a). $A = 140^\circ$, $C = 250^\circ$. Mittels der gewohnten Umrechnung erhält man: $A = 149,2$, $C = 254,6$, $B_m = 213,4$, $\mathfrak{A} = 201,9$, $\mathfrak{G} = 194,9$, also $\Delta_a = +11,5$, $\Delta_g = +18,5$. Die mittlere Variation ist hier noch kleiner geworden als in der vorigen Teilreihe. Der Unterschied der Raumlage ist noch unbedeutender als vorher, wenn auch im selben Sinne.

3. Teilreihe (3). $A = 250^\circ$, $C = 360^\circ$. Die Umrechnung ergibt $A = 254,6$, $C = 360$, $B_m = 337,95$, $\mathfrak{A} = 307,3$, $\mathfrak{G} = 302,7$, also $\Delta_a = +30,65$, $\Delta_g = +35,2$.

Dafs die Bestimmung der subjektiven Mitte bei so grofsen Helligkeiten beträchtlich schwerer ist, zeigt sich schon in der durchgängig (gegen früher) gröfseren mittleren Variation; zum Teil beruht diese Vergröfserung allerdings wohl auch darauf, dafs hier bisweilen stärker mit Ausgangspunkt und Stufengröfse variiert wurde.

Die Werte der ersten Raumlage zeigen in dieser Teilreihe eine ausgeprägte Zweiteilung; nach einem anfänglichen niederen Wert, der 3 Sitzungen anhält (der übrigens kein wesentlich anderes Verhalten zum arithmetischen und geometrischen Mittel zeigen würde), steigt B plötzlich zu einem um 7° höheren Wert an, den es für die 4 übrigen Sitzungen beibehält. Dieses Verhalten scheint nicht auf äufseren Umständen zu beruhen; denn die zweite Raumlage weist vorher und nachher die gleichen Werte auf; es mufs wohl eine Änderung des subjektiven Verhaltens im Spiele sein. Würde man bei der ersten Raumlage nur die letzten, höheren Werte berücksichtigen, so würde sich als Mittel derselben ergeben 336,6 und als Gesamtmittel 338,6. Der Mittelwert der zweiten Raumlage ist auch hier gröfser als der der ersten.

2. Teilreihe, 2. Hälfte (2b). $A = 140^\circ$, $C = 250^\circ$. Das Gesamtmittel B_m ist umgerechnet $= 217,4$, also um 4° gröfser als bei der früher ausgeführten ersten Hälfte der Teilreihe (2a). $\Delta_a = +15,5$, $\Delta_g = +22,5$.

1. Teilreihe, 2. Hälfte (1b). $A = 30^\circ$, $C = 140^\circ$. Umgerechnet ist das Gesamtmittel $B_m = 97,0$. Also $\Delta_a = +0,5$, $\Delta_g = +16,2$. B_m weicht bedeutend (um ca. 20°) von dem B_m der ersten Hälfte dieser Teilreihe ab (ein Punkt, der noch zu besprechen bleibt). Außerdem zeigt diese Reihe die Eigenschaft, dafs die Mittelwerte der einzelnen Tage deutlich und stark anwachsen. Anfangend bei einem Wert, der schon um 10° und mehr höher liegt als die Anfangswerte der ersten Hälfte, steigt

der Tagesmittelwert der *B*'s außerdem noch beträchtlich an. Auch zeigt die zweite Raumlage einen erheblich höheren Wert als die erste. Kurz dieser ganze Teil macht nicht den Eindruck einer regelmässigen Reihe.

Eine allgemeine Tatsache der Versuchsreihe III ist die hier oft beobachtete Beharrungstendenz des Urteils (die ja auch sonst bei der Grenzmethode oft beobachtet wird); das Urteil *u* kommt leicht zu spät; deshalb kreuzen sich die Werte sehr häufig. Auch Selbstbeobachtungen der Versuchsperson bestätigten das; sie fand öfter, daß, wenn das Urteil *u* gegeben war, nach etwas längerer Betrachtung der *u*-Punkt als schon überschritten erkannt wurde.

Versuchsreihe IV. Versuchsperson Rupp. Es wurden der Reihe nach dieselben 3 Helligkeitsgebiete durchgemacht wie in Versuchsreihe III, von den höchsten Helligkeiten anfangend. Da die Reihe wegen Semesterschlusses schneller zum Abschluß gebracht werden mußte, als anfangs geplant war, weisen die einzelnen Gebiete nicht gleich viel Einzelbestimmungen auf, sondern die letzteren werden im Verlauf immer weniger zahlreich. Zeit der Versuche gegen 3 Uhr nachmittags.

Tabelle 13 (Versuchsreihe IV).

Teil	B_m^I	B_m^{II}	B_m	k	m. V.				n
					1	2	1	2	
1	326,3	326,6	326,4	+ 13,3	3,8	4,7	4,0	5,4	45
2	202,8	202,4	202,6	+ 1,4	2,0	1,4	1,8	1,4	26
3	73,8	77,0	75,2	— 1,4	1,9	1,6	2,3	1,6	22

1. Teil (1). $A = 250^\circ$, $C = 360^\circ$.

Umgerechnet ergibt sich $B_m = 327,8$. Also $\Delta_a = + 20,5$, $\Delta_g = + 25,1$. Die mittlere Variation ist, wie für den Anfang zu erwarten, noch ziemlich groß. Im übrigen zeigen sowohl die Tagesmittel als auch die Bestimmungen jedes einzelnen Versuchstages nur unregelmässige Variationen, was auch von den folgenden Teilreihen gilt.

2. Teil (2). $A = 140^\circ$, $C = 250^\circ$.

Umgerechnet ergibt sich $B_m = 209,2$. Also $\Delta_a = + 7,3$, $\Delta_g = + 14,3$. Die mittlere Variation ist bereits sehr klein.

3. Teil (3). $A = 30^\circ$, $C = 140^\circ$.

Umgerechnet wird $B_m = 87,1$. Also $\Delta_a = -9,4$. $\Delta_g = +6,3$.

Versuchsreihe V. Versuchsperson NELSON. Da bei dieser Versuchsreihe nicht viel Zeit zur Verfügung stand, umfaßt sie nur eine kleinere Zahl von Versuchstagen (14), die sich über dieselben 3 Gebiete verteilen wie die vorhergehenden 2 Versuchsreihen. Sie beansprucht deshalb nicht so sehr als selbständige Reihe zu dienen, sondern als Bestätigung resp. Kontrolle der von den anderen Versuchspersonen gefundenen Resultate. Ich gebe daher der Kürze halber nur die umgerechneten Mittelwerte von B_m .

Für $A = 30^\circ$,	$B_m = 76,1$,	$\Delta_a = -20,4$,	$\Delta_g = -4,7$,	$n = 10$
$A = 140^\circ$,	$B_m = 203,1$,	$\Delta_a = +1,2$,	$\Delta_g = +8,2$,	$n = 30$
$A = 250^\circ$,	$B_m = 327,6$,	$\Delta_a = +20,3$,	$\Delta_g = +24,9$,	$n = 20$
$A = 30^\circ$,	$B_m = 88,0$,	$\Delta_a = -8,5$,	$\Delta_g = +7,2$,	$n = 10$

Betreffs der Reihen selbst ist zu bemerken, daß bei $A = 30^\circ$, sowie $A = 140^\circ$ die einzelnen Bestimmungen unregelmäßig variieren; auch die mittlere Variation ist nicht übermäßig groß. Anders bei $A = 250^\circ$. Hier treffen die Gänge von oben und unten nicht nahe im selben Punkt zusammen, sondern kreuzen sich sehr bedeutend. Auch bilden die Bestimmungen eines Tages öfter eine stark fallende oder steigende Reihe. Die Bestimmung des Gleichheitspunktes erwies sich hier außerordentlich schwierig; auch die große mittlere Variation weist darauf hin. Trotzdem scheinen sich die Unregelmäßigkeiten der einzelnen Tage ziemlich ausgeglichen zu haben.¹

¹ Hier ist der Ort, auf eine Eigentümlichkeit einzugehen, welche den Reihen III und V gemeinsam ist. Betrachtet man die zueinander gehörigen Hälften der Teilreihen, von denen die eine vor, die andere nach den Versuchen mit den größten Helligkeiten ($A = 250^\circ$) stattfand, so zeigt sich in allen in Betracht kommenden Teilreihen, daß in der zweiten Hälfte die Mittelwerte B_m bedeutend gestiegen sind. So für NELSON bei $A = 30^\circ$ um 12° , für Dr. ACH bei $A = 140^\circ$ um 4° , bei $A = 30^\circ$ sogar um 20° . Mag auch der letzte Wert wegen der Unregelmäßigkeit der betreffenden Hälfte (vgl. S. 363 f.) anfechtbar sein, so ist doch zu bemerken, daß jene zweite Hälfte schon mit einem um mehr als 10° höheren Wert anfängt als die erste Hälfte. Bei Prof. MÜLLER zeigt sich, wie gleich zu sehen, kein ähnliches Anwachsen der B_m nach Absolvierung der größten Intensitäten; freilich liegen hier auch zwischen der ersten und zweiten Hälfte bloß zwei Versuchstage mit den höchsten Intensitäten.

Versuchsreihe VI. Eine kurze Reihe von 6 Versuchstagen, mit Versuchsperson Prof. MÜLLER angestellt, um Versuchswerte zu erhalten, die ganz sicher mit dem Urteilsfaktor der Kohärenzgrade erzielt seien. Es wurde auch hier wie in Versuchsreihe III eine zurücklaufende Reihe über alle 3 Helligkeitsgebiete angestellt, aber wegen der Kürze der zu Gebote stehenden Zeit jedem Gebiet nur 2 Versuchstage zugeteilt. An jedem Versuchstag (Versuchszeit 11 $\frac{1}{2}$ Uhr vormittags) wurden beide Raumlagen durchgemacht, jede mit 2 Einzelbestimmungen. Die Bezeichnungen 1a, 1b usw. haben dieselbe Bedeutung wie in Versuchsreihe III. Es ergab sich

	für 1a das umgerechnete		
$B_m = 85,4$	$\Delta_a = -11,1$	$\Delta_g = +4,6$	$k = +1,6$
	für 2a das umgerechnete		
$B_m = 216,8$	$\Delta_a = +14,9$	$\Delta_g = +21,9$	$k = +2,6$
	für 3 das umgerechnete		
$B_m = 330,2$	$\Delta_a = +22,9$	$\Delta_g = +27,5$	$k = -0,4$
	für 2b das umgerechnete		
$B_m = 214,9$	$\Delta_a = +13,0$	$\Delta_g = +20,0$	$k = -1,7$
	für 1b das umgerechnete		
$B_m = 85,9$	$\Delta_a = -10,6$	$\Delta_g = +5,1$	$k = -1,0$

§ 9. Zusammenfassung der Resultate.

1. Die 1. Gruppe von Versuchsreihen umfaßt das Gebiet von 30° und 230° Weiß als Grenzreizen. Es gehören dazu die beiden kleinen Versuchsreihen I und II. Hier ist unter Berücksichtigung der Weißvalenzen des Schwarz $A = 43 \frac{3}{4}$, $C = 235,4$, $\mathfrak{A} = 139,6$, $\mathfrak{G} = 101,5$. Es fand sich:

$$\begin{aligned} \text{in Reihe I: } & B_m = 109,9; \Delta_g = +8,4; \Delta_a = -29,7 \\ \text{" " II: } & \left\{ \begin{array}{l} B_m = 123,3; \Delta_g = +21,9; \Delta_a = -15,9 \\ \quad \quad \quad = 120,8; \quad \quad = +19,4; \quad \quad = -18,4. \end{array} \right. \end{aligned}$$

Betreffs der beiden Werte von B_m in Versuchsreihe II vergleiche man das auf S. 361 Gesagte. Es ergibt sich mithin als geschätzte Mitte zwischen A und C ein Wert, der bei der Reihe I (Dr. ACH) sehr viel näher (um mehr als das Dreifache) bei der geometrischen, als bei der arithmetischen Mitte liegt. Bei Reihe II liegt B_m , das aus dem aus S. 361 angegebenen Grund nur einen fraglichen Wert besitzt, ungefähr in der Mitte dieser beiden Mittel.

2. Alle weiteren Versuchsreihen (III—VI) beziehen sich auf die 3 Gebiete: 30° — 140° , 140° — 250° , 250° — 360° Weiß, deren Umfang objektiv gleich groß ist, die aber sehr verschiedene Höhen der Reizintensität aufweisen. Es sollte untersucht werden, ob dasselbe Verhältnis zu geometrischem und arithmetischem Mittel, das für niedere Intensität gilt, auch für höhere eintritt.

Die Grenzureize, sowie deren Mittel sind hier unter Berücksichtigung der Weißvalenzen des Schwarz folgende:

$$\begin{array}{llll} A = 43,75, & C = 149,2, & \mathfrak{A} = 96,5, & \mathfrak{G} = 80,8 \\ A = 149,2, & C = 254,6, & \mathfrak{A} = 201,9, & \mathfrak{G} = 194,9 \\ A = 254,6, & C = 360, & \mathfrak{A} = 307,3, & \mathfrak{G} = 302,7 \end{array}$$

Vereinigen wir überall die zueinander gehörigen Hälften der Teilreihen, so erhalten wir folgendes Gesamtbild der Abhängigkeit der geschätzten Mitte von den Intensitäten der Grenzhelligkeiten.

Tabelle 14.

Versuchs- person	$A = 30^{\circ}$			$A = 140^{\circ}$			$A = 250^{\circ}$		
	B_m	Δ_g	Δ_a	B_m	Δ_g	Δ_a	B_m	Δ_g	Δ_a
ACH	86,3	+ 5,5	— 10,2	215,1	+ 20,2	+ 13,2	337,9	+ 35,2	+ 30,6
NELSON	82,0	+ 1,2	— 14,5	203,1	+ 8,2	+ 1,2	327,6	+ 24,9	+ 20,3
RUPP	87,1	+ 6,3	— 9,4	209,2	+ 14,3	+ 7,3	327,8	+ 25,1	+ 20,5
MÜLLER	85,6	+ 4,9	— 10,8	215,8	+ 20,9	+ 13,9	330,2	+ 27,5	+ 22,9

Zwischen ACH, RUPP und MÜLLER besteht bei $A = 30^{\circ}$ eine recht gute und bei $A = 140^{\circ}$ noch eine ziemliche Übereinstimmung. NELSON weicht in beiden Fällen etwas nach unten ab. Bei $A = 250^{\circ}$ steht nur ACH mit einem höheren Werte von B_m isoliert da. Im ganzen genommen besteht also eine ziemlich gute Übereinstimmung zwischen den Resultaten der verschiedenen Beobachter.

Betreffs des Verhältnisses von B_m zu dem arithmetischen und geometrischen Mittel steht es folgendermaßen: bei $A = 30^{\circ}$ liegt B_m bedeutend näher (etwa doppelt so nahe) beim geometrischen wie beim arithmetischen Mittel. Bei $A = 140^{\circ}$ übersteigt B_m schon das arithmetische Mittel um durchschnittlich 9° , bei $A = 250^{\circ}$ übersteigt es dasselbe um mehr als 20° .

Bevor wir uns zur Besprechung dieser teilweise ganz überraschenden Resultate wenden, führen wir zunächst dasjenige an, was an Selbstbeobachtungen vorliegt, sei es durch gelegentliche Äußerungen, die bei den Versuchen selbst zu Protokoll gegeben wurden, teils (so bei Prof. MÜLLER und RUPP) durch später redigierte Zusammenfassungen.

§ 10. Selbstbeobachtungen.

I. Prof. MÜLLER.¹

„1. Maßgebend für mein Urteil waren die Kohärenzgrade. Bei jedem Versuch wurde zunächst nur ein Paar kollektiv aufgefaßt. Nachdem die mittlere Scheibe um einige Stufen geändert worden war, kam das Stadium, wo auch das andere Paar kollektiv auffaßbar war, wenn auch noch deutlich schwieriger. Sowie die Sache fraglich wurde, verfuhr ich so, daß ich abwechselnd (zuweilen zu oft wiederholten Malen) zuerst das eine Paar und dann das andere auf seine Kohärenz prüfte. Hierbei richtete ich teils den Blick auf die Mitte des zu prüfenden Paares, teils ließ ich ihn (aus weiter anzugebendem Grunde) zwischen den beiden Gliedern jedes Paares hin- und hergehen. Sehr häufig stand die Sache so, daß, wenn ich das eine Paar kollektiv auffaßte, dann plötzlich gegen meinen Willen die kollektive Auffassung umschlug und das andere Paar sich als einheitliches Ganzes mir aufdrängte. In solchem Falle machte ich die Gegenprobe und sah zu, ob beim Versuche, das andere Paar kollektiv festzuhalten, der entsprechende ungewollte Umschlag der Auffassung gleich leicht eintrete. In manchen Fällen bin ich so zu oft wiederholten Malen mit der kollektiven Auffassung hin- und hergegangen, um festzustellen, welches Paar sich länger und leichter kollektiv festhalten lasse.

Es kommt vor, daß beim Fällen des Urteils, das eine Paar (z. B. *BC*) sei kohärenter, das Vorherrschende nicht der Eindruck ist, daß die Glieder dieses Paares besonders leicht zusammengehen, sondern vielmehr die Wahrnehmung, daß die dritte Scheibe (*A*) durchaus sich isoliert herausheben will.

„2. In manchen Fällen, wo die Sache nicht so kritisch war,

¹ Das im nachstehenden Mitgeteilte bezieht sich zugleich auch auf Beobachtungen, die Prof. Müller bei den früheren Versuchen nach der Konstanzmethode (vgl. S. 354) gemacht hat.

d. h. wo noch ein ziemlicher Abstand von der letzten Stufe des auf- oder absteigenden Verfahrens bestand, urteilte ich einfach, nachdem ich alle drei Scheiben einmal mit dem Blicke überflogen hatte.

„3. Zwei Punkte sind hier besonders hervorzuheben.

a) Es gibt einen gewissen kleinen Bereich von Helligkeiten der Mittelscheibe, bei denen auf den ersten Blick oder dann, wenn man sich mit dem Blicke den Scheiben von oben oder von unten her nähert, die Scheiben BC mehr zu kohärieren scheinen als die Scheiben AB , bei denen aber, wenn ich die beiden Paare in der oben angedeuteten Weise abwechselnd auf ihre Kohärenz prüfe, noch AB sich als etwas mehr kohärent erweist wie BC . Ich habe nun das Urteil u stets auf Grund einer solchen eingehenden Prüfung der Kohärenzgrade beider Paare, nicht auf Grund des beim ersten Blick oder bei der Auf- oder Abwärtsbewegung des Blickes entstehenden Eindruckes abgegeben. Hätte ich das Letztere getan, so würde ich die subjektiv mittlere Helligkeit um 1—2 Stufen¹ geringer bestimmt haben. Psychologisch läßt sich das hier Bemerkte kurz folgendermaßen formulieren: bei gleichen Kohärenzgraden beider Paare hat das lichtstärkere Paar (BC), wie leicht zu verstehen, eine stärkere Tendenz, die Aufmerksamkeit von vornherein auf sich zu ziehen; hierdurch kann eine gröfsere Kohärenz dieses Paares vorgetäuscht werden.

b) Wichtiger noch scheint mir die folgende Bemerkung zu sein. Wenn man das Paar AB fixiert, so kann der Eindruck entstehen, daß man dasselbe sehr ruhig kollektiv festhalte, während man tatsächlich nur seine Aufmerksamkeit auf B konzentriert hat und das dunkle A nur die Rolle eines Bestandteiles des Hintergrundes von B spielt. Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, die um so stärker in Betracht kommt, je näher A seiner Helligkeit nach dem grauen Hintergrund steht, habe ich bei Prüfung der Kohärenz eines Paares den Blick zwischen beiden Gliedern des Paares mit hin- und hergehen lassen. Hierdurch wurde ein Übersehen von A vermieden.

„4. Anderweite Urteilsfaktoren, die das Urteil zu bestimmen suchten, denen ich aber nicht gefolgt bin:

a) Es kommt vor, daß man sich beim Überblicken der drei

¹ d. h. um etwa 2—5°.

Scheiben ohne weiteres sagt: hier ist ein größer, dort nur ein kleiner Unterschied. Schon solche wörtliche Charakterisierungen der beiden Unterschiede können das Urteil bedingen.

b) Ist gegeben Schwarz, mittleres Grau, Hellgrau, so ist eine Tendenz da, den unteren Unterschied deshalb für größer zu erklären, weil das Schwarz als eine mehr reine Farbe imponiert, hingegen die zwei anderen Farben beide graue und verschleierte Farben sind. Ähnlich in dem Falle, wo Dunkelgrau, Hellgrau und Weiß gegeben ist. Hier ist eine Tendenz, die beiden grauen Farben als schmutzige Farben für einander verwandt zu erklären und dem Weiß gegenüberzustellen. Gegeben war ein ziemlich tiefes Schwarz, ein Grau und ein ziemlich reines Weiß. Ich frug mich unwillkürlich, ob ich das Grau mehr weißlich oder mehr schwärzlich nennen würde. Als ich nun fand, es sei mehr weißlich als schwärzlich zu nennen, war eine Tendenz da, es für dem Weiß näher verwandt zu erklären.

c) Es kommt vor, daß der absolute Eindruck (etwa die relative Reinheit) des Weiß oder Schwarz imponiert und ohne wirkliche Vergleichung der Kohärenzgrade das Urteil zu bestimmen sucht.

d) Wenn ich einmal zufällig mit dem Blicke über die drei Scheiben hingehe, ohne auf die Kohärenz zu achten, so kommt es, falls der Unterschied der dritten (zudritt beobachteten) Scheibe von der zweiten bedeutend ist, zuweilen vor, daß ich etwas Ähnliches wie einen Eindruck der Überraschung erlebe. Als ich einmal die drei Scheiben in der Reihenfolge CBA durchging und A im Vergleich zu B bedeutend dunkel war, hatte ich beim Auffassen von A den Eindruck des Hinunterfallens. Da ich mich beim Urteilen durchaus an die Kohärenzgrade halten wollte und hielt, so habe ich diesen Urteilsfaktor nur in einigen Fällen zufällig kennen gelernt und keine weiteren Beobachtungen über denselben angestellt.

„5. Mit allergrößter Bestimmtheit kann ich versichern, daß die Erinnerung daran, welche Helligkeit die mittlere Scheibe B bei früheren Fällungen des Urteils „besaß, bei meinen Urteilen gar keine Rolle gespielt hat. Der Eindruck, den B isoliert macht, kam ja gemäß meiner Art des Urteilens für mich gar nicht in Betracht. Ich war immer darauf bedacht, B in Verbindung mit A oder mit C kollektiv aufzufassen. Was sich in

meiner Auffassung isoliert darstellte, war gemäß der Art meines Vorgehens *A* oder *C*, aber nicht *B*.

„6. Die drei Scheiben erschienen wohl niemals in derselben Entfernung vom Beobachter. In der Mehrzahl der Fälle erschien die hellste Scheibe als die nächste, die dunkelste als die entfernteste. Es kam aber auch der entgegengesetzte Fall vor, ebenso der Fall, daß *B* als die nächste Scheibe erschien. Ich empfand die scheinbaren Distanzunterschiede der Scheiben als störend und kann nicht behaupten, daß sie ohne allen Einfluss auf die kollektive Auffassung und das Urteil gewesen seien. Denn wenn z. B. *C* näher als *B* und *B* näher als *A* erschien, so war zuweilen ganz deutlich ein Urteil darüber vorhanden, ob der scheinbare Distanzunterschied (in der Richtung nach vorn oder hinten) zwischen *A* und *B* größer, gleich groß oder kleiner sei, als der entsprechende Unterschied zwischen *B* und *C*. Soweit ich hier urteilen kann, verhielten sich die beiden Raumlagen hinsichtlich dieser scheinbaren Distanzunterschiede der Scheiben nicht gleich. Bei der ersten Raumlage war (soweit ich ohne ganz regelmäßige Protokollierungen hierüber zu urteilen vermag) die Tendenz, die hellste Scheibe am nächsten zu sehen, stärker ausgeprägt als bei der zweiten Raumlage.

„Zusatz: Der Umstand, daß nicht immer alle Teile einer Scheibe den ganz gleichen Helligkeitseindruck erweckten, hat mich beim Urteilen gar nicht berührt, weil ich eben immer nur nach Kohärenzgraden urteilte. Es ist nicht im entferntesten nötig, daß jedes Glied eines kollektiv aufzufassenden Paares von ganz gleichförmiger Helligkeit sei.¹ Hätte man mir die Aufgabe gestellt, im eigentlichen Sinn des Wortes Empfindungsunterschiede miteinander zu vergleichen, so würde ich allerdings, von anderem abgesehen, wohl gefragt haben, die Helligkeit welches Teiles jeder Scheibe ich bei meinem Urteilen zu berücksichtigen hätte, oder, wie ich es anzustellen hätte, um zur Wahrnehmung der Durchschnittshelligkeit einer Scheibe zu gelangen.“

II. Die übrigen Versuchspersonen.

1. Als Urteilsfaktor war, wie schon bemerkt, die Vergleichung

¹ LEHMANN (*Philos. Studien* 3, S. 498) wirft die Frage auf, wie DELBOEUF trotz des Umstandes, daß die Ringe seiner Scheiben infolge der Kontrastwirkung in ihren verschiedenen Teilen verschieden hell waren, dennoch die von den Ringen gebildeten Empfindungsunterschiede habe miteinander vergleichen können. Vielleicht liegt die Antwort im obigen.

der Kohärenzgrade vorgeschrieben. Über die Ausführung dieser Instruktion liegen mehrere Bemerkungen vor. Am eingehendsten berichtet darüber RUPP; derselbe führte die Vergleichung der Kohärenzgrade je nach Umständen in etwas verschiedener Weise aus. „Beim Anfangsstadium springt sofort in die Augen, daß 2 Scheiben gleich sind; von ihnen hebt sich die dritte isoliert ab.“ Im Verlauf folgte die Aufmerksamkeit dann hauptsächlich entweder denjenigen 2 Scheiben, die sich als annähernd gleich abhoben, oder sie wandte sich der isolierten Scheibe zu. „Wenn die Zusammenfassung zweier Scheiben bei flüchtigem Überblicken nicht mehr gelingt, so wende ich folgende Methode an: ich fasse z. B. die linke weiße Scheibe ins Auge und versuche, das Weiß sehr deutlich vorzustellen; während ich das tue und die Scheibe fixiere, vergleiche ich mit ihr die beiden anderen; dieselben sind dann viel ähnlicher, als wenn ich sie für sich betrachte. Wenn nun ihr Unterschied leicht verschwindet, die linke weiße Scheibe sich aber deutlich von ihnen abhebt, und wenn das Analoge dann auch von der dunklen Scheibe bei Fixierung gegenüber den 2 lichten links gilt, dann urteile ich unentschieden.“

Das Umgekehrte wurde ausgeführt bei der Reihe $A = 30^\circ$, wo der Unterschied der einzelnen Scheiben zu groß erschien, als daß sich ohne weiteres 2 zusammenfassen ließen. Hier suchte er sich über die Kohärenzgrade von A und B einerseits und von B und C andererseits ein Urteil zu verschaffen, indem er einmal einen zwischen A und B gelegenen Punkt, nachher einen zwischen B und C gelegenen Punkt so lange fixierte, bis die beiden Scheiben sehr ähnlich erschienen.¹

Dr. ACH hielt im Gegensatz zu den übrigen Versuchspersonen den Urteilsfaktor der Kohärenz nur am Anfang fest. „Früher wurden die beiden Reize, die näher schienen, zusammengefaßt, und man suchte nun, wie sich die dritte Helligkeit dazu verhielt, ob sie stark kontrastierte, ganz daneben fiel (isoliert erschien) usw.“ Später fand er diese Methode zu schwierig und ging zu folgender über: „Ich betrachte den einen Kreisel, schaue dann auf den anderen, das gibt einen gewissen Ruck; dann auf den dritten,

¹ Es muß bemerkt werden, daß durch dieses lange Hinstarren mehr, als der Versuchsabsicht entsprach, gewisse physiologische Vorgänge ins Spiel gezogen wurden. Es ist bemerkenswert, daß trotzdem RUPP ungefähr dieselben Resultate ergeben hat wie Prof. MÜLLER, der, wie gesehen, ein solches langes Hinstarren vermied.

gibt auch wieder einen Ruck, eine Gefühlswirkung; von einer kollektiven Auffassung ist keine Rede.“ In einer anderen Aussage hebt Dr. ACH hervor, daß er am Anfange eines Versuches immer bloß die beiden rechten Helligkeiten auffasse und zusehe, ob „rechts kleiner“ oder „rechts größer“ zu sagen sei. „Erst wenn es kritisch wird, wird das letzte dazu genommen; und zwar gehe ich immer vom Dunklen zum Hellen; ich könnte gar nicht vom Hellen anfangen . . . Beim Hinübergehen vom einen zum anderen ist der Stofs ein verschieden großer.“

2. Einen deutlichen Einfluß übte bei einigen Beobachtern die Erinnerung daran aus, welches Urteil früher bei bestimmten Helligkeiten abgegeben worden war. RUPP: „In späteren Reihen fiel mir auf, daß ich durch Übung schon wußte, wie groß der Unterschied war (bei dem „unentschieden“ zu urteilen war), und ich erinnere mich bestimmt, daß dieses Wissen in zweifelhaften Fällen mitbestimmend war.“ Dr. ACH: „Bei einer gewissen Helligkeit ist das Wissen da, jetzt kommt ungefähr die Entscheidung.“¹

3. Über nichts anderes finden sich gleich viele Bemerkungen wie über den blendenden Charakter der hellsten Scheibe.

SCHACHT findet das Weiß ($C = 230^\circ$) „blendend hell“, dagegen das Schwarz ($A = 30^\circ$) nicht recht dunkel. „Die Bedingungen sind sehr ungleich. Weiß ist viel heller, als Schwarz dunkel ist; daher eine größere Neigung, das Mittlere (B) zum gedämpften Schwarz zu ziehen.“ Daß C bei ihm die Neigung hatte, isoliert zu stehen, zeigt seine Bemerkung, wenn es ihm einmal gelungen sei, B und C zusammenzufassen, schwinde diese Zusammenfassung, sobald er die Aufmerksamkeit A zuwende.

NELSON findet in der 2. ($C = 250^\circ$) und 3. ($C = 360^\circ$) Teilreihe die hellste Scheibe sehr blendend, nicht dagegen in der 1. ($C = 140^\circ$).

Dr. ACH fand die hellste Scheibe in jedem Fall blendend (selbst $C = 140^\circ$), ganz besonders allerdings in der höchsten Lage. „ C (360°) ist kolossal hell.“ „ C (250°) ist blendend, sogar etwas unangenehm, eine Art Erschrecken.“ Selbst $C = 140^\circ$ ist ihm

¹ Auch in den Resultaten scheint sich bei dieser Versuchsperson der obige Einfluß der Erinnerung dadurch zu dokumentieren, daß die Resultate einer und derselben Sitzung oft eine sehr kleine Variation zeigen, aber von Sitzung zu Sitzung sehr große Abweichungen vorkommen.

„zu hell.“ „Das Weiß hat eine zu starke Gefühlswirkung im Verhältnis zum Schwarz“. „Je mehr ich Versuche mache, desto mehr scheint mir das Weiß hervorzutreten.“

Im Gegensatz zu allen anderen erklärt Prof. MÜLLER selbst bei den höchsten Intensitäten keinen der Reize blendend finden zu können.

4. Einzig bei RUPP vertreten findet sich die sehr häufig wiederholte Aussage, daß die mittlere Scheibe ihre Helligkeit zu ändern scheine, wenn sie mit der helleren oder dunkleren Randscheibe zusammengefaßt werde. „Die mittlere Scheibe scheint, wenn ich darauf achte, tatsächlich dunkler oder heller, je nachdem sie mit der dunkleren oder helleren Scheibe zusammengefaßt wird.“ Auch bei dem isolierten Heraustreten erfährt eine Scheibe nach seiner Aussage zuweilen eine Änderung ihrer scheinbaren Helligkeit. „Während sich die äußere lichte Scheibe allmählich von der mittleren, anfangs ungefähr gleich lichten, Scheibe abhob, wurde sie selbst blendender, während beide zuerst matt erschienen waren.“ Inwieweit hierbei Augenbewegungen im Spiele waren, wird nicht gesagt.

§ 11. Besprechung der Resultate.

Wir fanden, daß in Versuchsreihe I und ebenso in den Versuchsreihen III—VI bei den niedersten Helligkeiten B_m zwar nicht mit dem geometrischen Mittel übereinstimmte, aber immerhin demselben bedeutend näher stand als dem arithmetischen Mittel. Dieses Resultat hat nichts Auffallendes. Man kann sogar fragen, ob sich dasselbe, wenigstens bei einigen Versuchspersonen, nicht zur Not noch vom Standpunkte derjenigen aus erklären lasse, welche behaupten, daß mit entsprechenden unteren Abweichungen wie das WEBERSche Gesetz auch der andere Satz gelte, daß gleich deutlichen Empfindungsunterschieden gleiche Verhältnisse der Reizintensitäten zugehören. Denn die niedersten der benutzten Helligkeiten fielen wenigstens bei einigen Versuchspersonen (z. B. Prof. MÜLLER), wohl noch in das Gebiet der unteren Abweichungen vom WEBERSchen Gesetze.

Ganz auffallend dagegen ist das Verhalten, das B_m in Versuchsreihe III—VI bei den höheren Helligkeiten zeigt. Es geht über alles bisher Beobachtete weit hinaus. B_m ist hier größer als das arithmetische Mittel, es liegt bei den höchsten Helligkeiten der oberen Grenzhelligkeit (C) 2 bis 3 mal, bei Dr. ACH

sogar fast 4 mal näher als der unteren Grenzhelligkeit (A). An individuelle Eigentümlichkeiten zu denken, ist angesichts der nahen Übereinstimmung der verschiedenen, völlig unabhängig voneinander urteilenden Beobachter ganz unmöglich. Auch kann man nicht einwenden, das merkwürdige Resultat beruhe auf der eigentümlichen Art des Urteilens, nämlich auf dem Urteilen nach Kohärenzgraden; denn bei Dr. ACH, der diese Beurteilungsart vollständig aufgab, zeigt sich jenes eigentümliche Resultat im stärksten Grad. Auch der Versuch versagt, unter Bezugnahme auf die Kontrastwirkungen das Resultat dem geometrischen und arithmetischen Mittel näher zu bringen. Ich maß zu diesem Zwecke den Helligkeitswert des Grundes und berechnete nach dem Gesetz von EBBINGHAUS¹ die sich daraus ergebenden Werte der 3 Scheiben resp. die Grenzen dieser Werte. Es ergeben sich so natürlich für die einzelnen Scheiben ganz andere Werte als vorher. Vergleicht man aber das so umgerechnete B_m mit den gleichfalls umgerechneten Mitteln (\mathfrak{M} und \mathfrak{G}), so ergeben sich die Abweichungen Δ_a und Δ_g von den beiden Mitteln in derselben Richtung und von derselben Größenordnung (bei den höchsten Reizen sogar etwas größer) wie die direkt gefundenen.

Um nun zu Positivem überzugehen, so ist, wenn man sich nur an die vorliegenden Beobachtungen und protokollierten Aussagen halten will, als ein Erklärungsmoment hervorzuheben, daß C bei den mittleren und höheren Intensitäten blendend hell schien und isoliert stand. Schon die oben erwähnte Bemerkung SCHACHTS gehört hierher. „ C (230°) ist blendend hell, viel heller, als A dunkel ist.“ Das Isoliertstehen von C wird sehr gut charakterisiert durch die Worte: „eine größere Neigung, das mittlere (B) zum gedämpften Schwarz zu ziehen. Ist CB zusammengefaßt worden, so wird dieser Eindruck der Zusammengehörigkeit durch einen Blick auf A sofort zerstört“. Ähnliche Äußerungen von NELSON und ACH sind bereits auf S. 373 f. angeführt worden. Wie schon erwähnt, konnte Prof. MÜLLER selbst bei der höchsten Lage keine der Helligkeiten als blendend bezeichnen. Es scheint hier ein Typusunterschied vorzuliegen, wie

¹ TSCHERMAK (in ASHER u. SPIRO, Ergebnisse der Physiologie, II. Jahrg., II. Abteil., S. 752 ff.) findet, daß betreffs der Gesetzmäßigkeit der Kontrasterhellung (die hier allein in Frage kommt) die Ergebnisse von LEHMANN, EBBINGHAUS, HESS und PRETORI übereinstimmen.

ein solcher bereits auch bei den Lichtversuchen von ANGELL¹ hervorgetreten ist. Besonders tritt dieser Unterschied bei Vergleichung von Prof. MÜLLER mit Dr. ACH hervor. Während letzterer selbst $A = 140^\circ$ „zu hell“ findet, erscheinen dem ersteren auch die höchsten in Versuchsreihe III—VI benutzten Helligkeiten noch hellgrau. Dieses Verhalten von Prof. M. verträgt sich aber vollkommen mit der Tatsache, daß auch bei ihm bei den Versuchen in den beiden intensiveren Helligkeitsgebieten die lichtstärkste Scheibe infolge ihrer Eindringlichkeit eine besonders hohe Tendenz, sich isoliert zu stellen, besessen hat.

Hiernach scheint es ein Resultat unserer Versuche zu sein, daß unter den benutzten Versuchsumständen² von gewissen Intensitäten an die jeweilig hellste Scheibe eine unerwartet starke Tendenz besitzt die Aufmerksamkeit allein auf sich ziehen und, wenigstens bei gewissen Versuchspersonen, zugleich auch eine unerwartet hohe Gefühlswirkung in dem von Dr. ACH gemeinten Sinne (vgl. S. 373) hat. Um zu weiteren positiven Resultaten zu gelangen, wird es sich empfehlen, die Untersuchung in der Weise

¹ G. E. MÜLLER a. a. O. S. 395f. Daß hier eine Verschiedenheit hinsichtlich der Ausbildung und Adaptationsfähigkeit des Stäbchenapparates im Spiele sei — bei den Versuchen war, wie sogleich näher auszuführen, nicht volle Helladaptation vorhanden —, scheint durch anderweite Beobachtungen ausgeschlossen.

² Es ist nicht unwichtig zu bemerken, daß bei diesen Versuchen die Adaptation der Versuchsperson keineswegs eine volle Helladaptation war, sondern eine mittlere Adaptation, bei welcher auch noch der Stäbchenapparat mehr oder weniger im Spiele war. Dadurch, daß sich die Versuchsperson im dunklen Teile des Dunkelmimmers befand und auch der Beobachtungstubus mit schwarzem Sammet ausgeschlagen war, wurde tatsächlich bewirkt, daß es trotz der eingeschobenen Vergleichen der rotierenden Scheiben niemals zu einer vollen Helladaptation kam. Natürlich wird bei einem solchen Adaptationszustand der Punkt, wo eine lichte Fläche sehr hell oder sogar blendend erscheint, eher erreicht als unter gewöhnlichen Beobachtungsverhältnissen, wo der Adaptationszustand der reinen Helladaptation näher steht. Mit dieser Auffassung, daß ein noch vorhandener nicht unerheblicher Grad von Dunkeladaptation eine Rolle bei den Resultaten gespielt habe, steht die Aussage von Dr. ACH in Einklang, daß der Eindruck des Blendenden, den die dritte Scheibe mache, sich im Verlaufe einer und derselben Sitzung immer deutlicher ausprägen. Es hat sich eben bei ihm während jeder Sitzung die Dunkeladaptation noch etwas gesteigert. Bei den früheren Versuchen mit Prof. MÜLLER (Wiederholung der AMENTSchen Versuche) bestand wesentlich nur Helladaptation.

fortzusetzen, daß man erstens versucht, ob es doch nicht möglich ist den Gang der Unterschiedsschwelle unter den bei meinen Scheibenversuchen benutzten Bedingungen festzustellen, zweitens untersucht, wie sich die Resultate bei völlig durchgeführter Helladaptation verhalten, drittens mit 4 Scheiben operiert. Es ist möglich, daß man andere Resultate erhält, wenn A und B mäßig helle, C und D bedeutend hellere Scheiben sind und die scheinbare Gleichheit der Unterschiede AB und CD hergestellt wird. Auch der Einfluss, den eine Variation der Helligkeit des Grundes auf die Resultate ausübt, könnte noch untersucht werden. Da ich Göttingen verlassen mußte, hatte ich keine Zeit, auf die eine oder andere dieser Fragen noch einzugehen.

Aus dem im vorstehenden geltend gemachten Gesichtspunkte erklären sich auch noch einige Einzelheiten. Wir fanden z. B., daß SCHACHT in Versuchsreihe II einen Wert von B_m ergab, der sich dem arithmetischen Mittel bedeutend mehr nähert als der von ACH bei den gleichen Grenzhelligkeiten gelieferte Wert. Dieses Verhalten wird uns verständlich durch die oben (S. 373) angeführten Äußerungen SCHACHTS über die außerordentliche Helligkeit und isolierte Stellung des C . Bei Schacht besaß C den Charakter des Blendenden anscheinend noch mehr als bei ACH.

Eigentümlich ist ferner der Gang, den im Verlaufe von Versuchsreihe III das Mittel B_m bei Dr. ACH nimmt. In der den Anfang dieser Versuchsreihe bildenden, mit den niedersten Helligkeiten ($A = 30''$) angestellten Versuchsabteilung 1a (vgl. S. 362) ist B_m um eine innerhalb der Fehlergrenzen liegende GröÙe kleiner als das geometrische Mittel. In der am Schlusse dieser Versuchsreihe mit denselben Grenzhelligkeiten angestellten Versuchsabteilung 1b dagegen fällt B_m mit dem arithmetischen Mittel zusammen (ist um $0,5^\circ$ gröÙer als dieses), und, wie auf S. 363 erwähnt, zeigte auch im Verlaufe letzterer Versuchsabteilung der Tagesmittelwert von B ein beträchtliches Ansteigen. Dieses Verhalten versteht sich ohne weiteres aus der von Dr. ACH ohne jede Kenntnis der von ihm gelieferten Werte getanen Aussage, daß im Verlaufe der Versuchsreihe die Eindrucksfähigkeit der hellsten Scheibe für ihn immer gröÙer geworden sei. „Je mehr ich (im Fortschritte der Versuchsreihe) Versuche mache, desto mehr scheint mir das Weiß hervorzutreten.“ Es ist also bei Dr. ACH bei $A = 30''$ ein mit dem geometrischen Mittel annähernd übereinstimmender Wert der subjektiv mittleren Hellig-

keit im Verlaufe der Versuche durch eine Zunahme der Eindringlichkeit und Gefühlswirkung der größten Helligkeit (C) immer mehr nach oben, bis über das arithmetische Mittel hinaus, abgelenkt worden. Durch den gleichen Vorgang ist natürlich auch die Verschiebung nach oben zu erklären, welche der zu $A = 140^\circ$ zugehörige Wert von B_m in der Versuchsabteilung 2 b von Versuchsreihe III (S. 363) gegenüber der Versuchsabteilung 2 a erfahren hat.

Dafs bei $A = 250^\circ$ Dr. Ach einen deutlich gröfseren Wert von B_m ergeben hat als die anderen mit denselben Helligkeiten untersuchten Versuchspersonen, dürfte auch mit der hohen Impressionierbarkeit zusammenhängen, die er der hellsten Scheibe gegenüber bekundete.

Es hat sich also als ein wesentliches Ergebnis unserer Versuche folgendes herausgestellt. Die Urteile werden unter den benutzten Versuchsbedingungen ganz wesentlich von der Gefühlswirkung der hellsten Scheibe und ihrer Tendenz, die Aufmerksamkeit allein auf sich zu ziehen, bestimmt. Dieser Faktor, der die subjektiv mittlere Helligkeit um so weiter vom geometrischen Mittel nach oben ablenkt, je stärker er ist, macht sich im allgemeinen in um so höherem Grade geltend, je intensiver das untersuchte Helligkeitsgebiet ist, und hängt ausserdem von der Individualität ab. Es kommt vor, dafs die subjektiv mittlere Helligkeit bei niederen Lichtintensitäten mit dem geometrischen Mittel übereinstimmt, dagegen bei hohen Intensitäten infolge der Wirksamkeit dieses Faktors der oberen Grenzhelligkeit fast viermal näher liegt als der unteren Grenzhelligkeit. Natürlich ist anzunehmen, dafs der hier erwähnte Faktor sich auch bei Versuchen, die in etwas anderer Weise wie die unserigen angestellt werden, geltend machen kann.¹ Ganz verfehlt erweist sich unseren Resultaten gegenüber der Versuch, die Ergebnisse derartiger Experimente durch die Konkurrenz zweier Tendenzen zu

¹ Man fragt sich unwillkürlich, ob der Umstand, dafs bei den früher erwähnten Versuchen AMENTS (vgl. S. 353) die Versuchspersonen MARBE und AMENT Werte der subjektiv mittleren Helligkeit R_m ergeben haben, die abweichend von dem bei KÜLPE und MÜLLER beobachteten Verhalten bedeutend gröfser als M waren, nicht dadurch bedingt ist, dafs die beiden ersteren Versuchspersonen im Gegensatz zu den beiden letzteren sich wesentlich von dem oben erwähnten Faktor bestimmen liefsen.

erklären, von denen die eine auf das geometrische, die andere auf das arithmetische Mittel ginge. Denn die subjektiv mittlere Helligkeit liegt ja bei unseren Versuchen in der Mehrzahl der Fälle noch jenseits des arithmetischen Mittels. Und zu ganz absonderlichen Folgerungen würde man gelangen, wenn man im Sinne vorliegender Ansichten meinen wollte, daß der Intensitätsunterschied zwischen der Empfindung der oberen Grenzhelligkeit und der Empfindung der subjektiv mittleren Helligkeit immer gleich groß sei wie der Unterschied der letzteren Empfindung und der Empfindung der unteren Grenzhelligkeit, oder gar annehmen wollte, daß das Intensitätsverhältnis der beiden ersteren Empfindungen gleich demjenigen der beiden letzteren sei. Denn nach diesen Ansichten würde aus unseren Versuchsergebnissen zu schließen sein, daß bei zunehmender Helligkeit die Empfindungsintensität von gewisser Grenze ab viel schneller zunehme als die Reizstärke. Es ist hier endlich auch der Ort, noch einer interessanten Tatsache zu gedenken, nämlich der, daß alle Versuchspersonen, welche mit den in Versuchsreihe III benutzten 3 Helligkeitsgebieten untersucht worden sind, mit voller Bestimmtheit erklärten, daß die Empfindungsunterschiede in dem untersten Helligkeitsgebiete bedeutend größer seien (die Kohärenzgrade der subjektiv mittleren Helligkeit und der beiden Grenzhelligkeiten in diesem Gebiete geringer seien) als in den beiden anderen Helligkeitsgebieten. Also z. B. dieselbe Versuchsperson, welche den Unterschied $(360-330)^\circ$ für subjektiv gleich groß erklärte wie den Unterschied $(330-255)^\circ$, versicherte zu gleicher Zeit auf Grund mittels der Erinnerung vollzogener Vergleichung, daß die Unterschiede $(149-86)^\circ$ und $(86-44)^\circ$ subjektiv bedeutend größer seien als die beiden erstgenannten Unterschiede. Der Vergleichung mittels der Erinnerung erschien also der Unterschied $(86-44)^\circ$ subjektiv bedeutend größer als der objektiv fast doppelt so große Unterschied $(330-255)^\circ$, während bei gleichzeitigem Gegebensein der 3 Helligkeiten 255° , 330° und 360° der untere Unterschied gleich groß erschien wie der objektiv nicht halb so große obere Unterschied. Man sieht, von welchem Einflusse in diesem ganzen Gebiete der sogenannten Vergleichung übermerklicher Empfindungsunterschiede der Versuchsmodus ist, und wie weit die Dinge hier davon entfernt sind, so einfache Deutungen zuzulassen, als man bisher für angezeigt gehalten hat.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, allen meinen Versuchspersonen für ihre freundliche Mitwirkung bei den langwierigen und anstrengenden Versuchen zu danken; ganz besonders aber möchte ich Herrn Prof. MÜLLER, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit, sowie die immer bereite Mithilfe bei ihrer Ausführung und Ausarbeitung verdanke, auch an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank aussprechen.

(Eingegangen am 3. Mai 1904.)
