

Neue Versuche über intermittirende Gesichtsrreize.

Von

Karl Marbe.

Mit 3 Figuren im Text.

Für zwei Gesichtsrreize, welche successive und periodisch die Netzhaut treffen, gibt es eine gewisse kurze Periodendauer, bei welcher sie eben eine constante Empfindung erzeugen. Diese Periodendauer soll als die kritische bezeichnet werden¹⁾. Auch bei denjenigen Periodendauern, die kürzer sind als die kritische, erzeugen die beiden Reize constante Empfindungen.

Nach Baader²⁾ wächst für zwei farblose Reize die kritische Periodendauer mit abnehmendem Helligkeitsunterschied der beiden Reize. Baader hat diese Thatsache sowohl für den Fall constatirt, wo die mittlere Helligkeit der beiden Reize constant ist, als für denjenigen, wo sie mit zunehmendem Reizunterschied wächst. Sichere Schlüsse quantitativer Art über den Verlauf der zusammengehörigen kritischen Periodendauern und Reizunterschiede lassen sich aus den Versuchen Baader's, die ja auch nur qualitative Resultate anstrebten, nicht ziehen. Dagegen geben eine Anzahl von Experimenten, die von Kleiner ausgeführt und in einer in der Züricher Vierteljahrsschrift allzu lange vergrabenen werthvollen Arbeit³⁾ mitgetheilt sind, einige

1) Die reciproken Werthe der kritischen Periodendauern sind die Intermittenzahlen. (Filehne, Ueber den Entstehungsort des Lichtstaubes etc., Graefe's Arch. Bd. XXXI, Abth. 2, S. 20.)

2) Baader, Ueber die Empfindlichkeit des Auges für Lichtwechsel. Diss. Freiburg i. Br. 1891, S. 30 ff.

3) Kleiner (Zur Theorie der intermittirenden Netzhautreizung. Züricher

Auskunft über das fragliche Verhältniss. Die Versuche beziehen sich auf den Fall, wo die mittlere Intensität der beiden Reize mit den Reizunterschieden wächst. Sie wurden mit aus zwei gleich großen Sektoren¹⁾ bestehenden rotirenden Scheiben ausgeführt: der eine Sector war weiß, der andere schwarz und durch sehr dunklen Sammt hergestellt. Bei den Beobachtungen wurden die Scheiben entweder verschieden stark beleuchtet oder der Reihe nach durch graue Gläser von bekannten Absorptionscoefficienten betrachtet.

Aus den vielen Tabellen der Kleiner'schen Arbeit ergibt sich der Satz, dass die kritische Periodendauer mit von Null an zunehmendem Reizunterschied zuerst sehr schnell, dann immer langsamer und zuletzt fast gar nicht mehr abnimmt. Die Curven²⁾ für die Abhängigkeit der kritischen Periodendauern von den Reizunterschieden haben, wie Kleiner fand, unter den Curven von bekannter Gleichung am meisten Aehnlichkeit mit der gleichseitigen Hyperbel.

Baader hat gezeigt, dass die kritische Periodendauer mit zunehmendem Reizunterschied wächst, sei es, dass mit dem Reizunterschied auch die mittlere Helligkeit der beiden Reize zunimmt, sei es, dass sie constant bleibt. Kleiner hatte vor Baader den Verlauf der zusammengehörigen kritischen Periodendauern und Helligkeitsunterschiede für den Fall quantitativ untersucht, wo mit den Reizunterschieden die mittlere Reizintensität zunimmt. Tritt nun die Kleiner'sche Gesetzmäßigkeit unabhängig von dem Verlauf der mittleren Helligkeit der beiden Reize ein, ist sie lediglich bestimmt durch die Reizunterschiede?

Vierteljahrsschrift, Bd. 19 (1874) p. 105 ff.) nennt die kritischen Periodendauern Intermissionszeiten. — Die Ausdrücke Intermissionzahl und Intermissionszeit haben nur für den speciellen Fall einen Sinn, dass ein Reiz successive und periodisch unterbrochen wird.

1) Statt zwei gleich großer Sektoren wurden ausnahmsweise auch vier gleich große angewandt, was jedoch wegen des Einflusses der Contourenbewegung eine nicht unerhebliche Fehlerquelle bedeutet. — Die Thatsachen und die Theorie der Contourenbewegung habe ich in meiner Arbeit über die »Theorie des Talbot'schen Gesetzes« (Philos. Stud. Bd. XII, S. 279 ff.) behandelt. Auf diese Arbeit verweise ich auch hinsichtlich der zur Lehre von der intermittirenden Gesichtsrreizung gehörigen Litteratur.

2) Leider sind dieselben, obgleich im Text der Kleiner'schen Arbeit fortwährend auf sie verwiesen wird, dem Abdruck in der Züricher Vierteljahrsschrift größtentheils nicht beigegeben.

Um diese Frage zu beantworten, benützte ich wie auch zu allen andern im Folgenden mitzutheilenden Versuchen eine Collection von über vierzig verschieden hellen grauen Papieren, die ich auf photographischem Wege hergestellt und deren Herstellungsmethode ich früher beschrieben habe¹⁾. Das hellste der benützten Papiere (d. i. weiß) reflectirte ungefähr dreizehnmal so viel Licht als das dunkelste (d. i. schwarz), was sich aus einer Reihe von Bestimmungen mittelst des Kirschmann'schen Photometers ergab. Die zwischen Weiß und Schwarz liegenden benützten Helligkeiten der Papiere wurden so bestimmt: Eine weiße und eine schwarze Scheibe von je 16 cm Durchmesser wurden auf dem Farbenkreisel (nach Maxwell) combinirt. Concentrisch über denselben wurde diejenige graue Scheibe (Durchmesser = 10 cm) befestigt, deren Intensität gemessen werden sollte. Dann wurden die beiden großen Scheiben so eingestellt, dass sie bei der Rotation dieselbe Helligkeit zeigten, wie die kleine. Bei der Einstellung gingen wir das eine Mal von einem deutlich hellern, das andere Mal von einem deutlich dunklern Werth aus. Die in den folgenden Tabellen mitgetheilten Helligkeitswerthe sind die Mittel aus beiden Ablesungen.

Auf dem Rotationsapparat wurden nun 180 Grad Weiß mit 180 Grad Grau (bezw. Schwarz) der Reihe nach combinirt: das Weiß war bei den einzelnen Versuchen stets dasselbe, das Grau wurde variirt. Dann wurde im wesentlichen nach früher beschriebenen Methoden²⁾ die Geschwindigkeit festgestellt, bei welcher die beiden Reize eine constante Empfindung erzeugten.

Als treibende Kraft für den Rotationsapparat diente bei diesen sowie bei allen andern noch zu besprechenden Experimenten ein Elektromotor mit einem von A. d. Fick construirten exacten Regulator³⁾.

1) Neue Methode zur Herstellung homogener grauer Flächen von verschiedener Helligkeit. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. XII (1896) S. 62 f.

2) Zur Lehre von den Gesichtsempfindungen, die aus successiven Reizen resultiren. Philos. Stud. Bd. IX, S. 389 ff.: »Bei den Versuchen mit constanter Beleuchtung wurde folgendermaßen verfahren . . .« Die Ablesungen bezogen sich auf die Zeit für 500 Scheibenumdrehungen.

3) Der Regulator ist beschrieben in der Dissertation von Bradt: Ueber die Wärmebildung bei summirten Zuckungen des Muskels. Würzburg, Etlinger's Buchdruckerei 1893, S. 13 ff.

Die Resultate der Versuche veranschaulicht folgende Tabelle 1 und die aus ihr resultirende Curve 1. Die Werthe für die kritischen Periodendauern bedeuten in Tabelle 1 wie in allen folgenden Tabellen Tausendstelsecunden. In Curve 1 sowie in allen folgenden Curven sind die kritischen Periodendauern auf den Ordinaten abgetragen, während die ihnen entsprechenden Reizunterschiede (Curve 1) bezw. subjectiven Unterschiede (Curve 2 u. 3) auf den Abscissen abgetragen sind.

Curve 1.

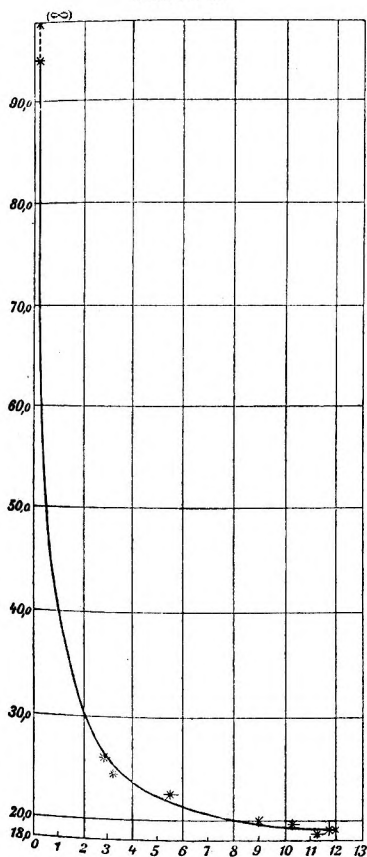


Tabelle 1.

Beob.: Prof. Külpe.

Combinirte Reize	Unterschied der beiden Reize	Kritische Periodendauer
13 u. 12,7	0,3	94,0
13 u. 10,1	2,9	26,0
13 u. 9,8	3,2	24,4
13 u. 7,5	5,5	22,4
13 u. 4,0	9,0	20,0
13 u. 2,7	10,3	19,6
13 u. 1,7	11,3	18,8
13 u. 1,2	11,8	19,2
13 u. 1,0	12,0	19,2

Der aus den Kleiner'schen Beobachtungen resultirende, oben aufgestellte Satz über den Verlauf der zusammengehörigen kritischen Periodendauern und Reizunterschiede gilt, wie aus Tabelle und Curve 1 zu ersehen ist, auch wenn die mittlere Stärke der beiden Reize mit zunehmendem Reizunterschiede abnimmt. Uebrigens ist die vorstehende Curve den aus den Kleiner'schen Tabellen resultirenden im Princip durchaus ähnlich. Wir kommen daher zu dem Schluss, dass das Gesetz — »wenn der Unterschied zweier Reize von Null an stetig

wächst, nimmt die kritische Periodendauer zuerst sehr schnell, dann immer langsamer und zuletzt fast gar nicht mehr ab« — unabhängig von der mittleren Intensität der beiden Reize gilt.

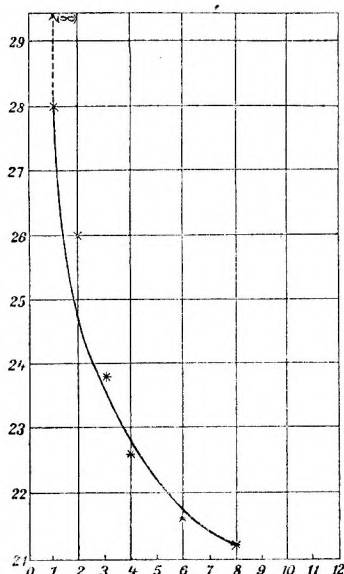
Weil nun diese Beziehung unabhängig von der Größe der beiden Reize gilt, so muss sie ebenso wie für Reizunterschiede auch für subjective Unterschiede gelten. Dass sie ohne Rücksicht auf die mittlere Reizintensität oder (was dasselbe sagen will) die Thatsachen der Unterschiedsempfindlichkeit besteht, bedeutet nichts anderes, als dass man das fragliche Gesetz ohne einen erheblichen Fehler statt auf die objectiven Unterschiede auf die subjectiven beziehen kann. Es muss also auch folgender Satz gültig sein: Wenn man einen subjectiven Unterschied von Null an stetig wachsen lässt, so nimmt für die den subjectiven Unterschieden entsprechenden Reize die kritische Periodendauer zuerst sehr schnell, dann immer langsamer und zuletzt fast gar nicht mehr ab.

Die Richtigkeit dieser Ueberlegung wurde durch Versuche geprüft. Auf einer großen weißen Fläche wurden nach der Methode der mittleren Abstufungen eine ganze Reihe subjectiver Helligkeitsunterschiede von bekanntem Verhältniss hergestellt. Zwischen zwei Reizen wurde der scheinbar in der Mitte liegende Werth gefunden, indem wir in minimalen Abstufungen einmal von dem dunklern, dann von dem hellern der beiden Normalreize ausgingen. Stießen wir mittelst dieser Methode auf zwei verschiedene Mittelwerthe, so wurden beide als gleichwerthig betrachtet und beide den weiteren Untersuchungen zu Grunde gelegt. Dann wurden zwischen den subjective Helligkeitsunterschiede von bekanntem Verhältniss repräsentirenden Reizen die kritischen Periodendauern gebildet. Hierbei war der Rotationsapparat vor derselben weißen Fläche aufgestellt, auf welcher vorher nach der Methode der mittleren Abstufungen die Helligkeitsstufen ausgewählt worden waren. Die Resultate dieser Untersuchungen sind aus folgenden Tabellen (2, 3) und Curven (2, 3) ersichtlich.

Tabelle 2.
Beob.: Verfasser.

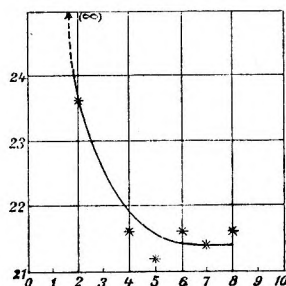
Combinirte Reize	Reiz- unter- schied	Subjectiv. Hellig- keits- unter- schied	Kritische Perioden- dauer
1 u. 1,7	0,7	1	29,6
1 u. 1,8	0,8	1	26,4
1 u. 2,6	1,6	2	26,0
1 u. 3,4	2,4	3	24,0
1 u. 3,7	2,7	3	23,6
1 u. 4,8	3,8	4	23,2
1 u. 5,2	4,2	4	22,0
1 u. 7,4	6,4	6	21,6
1 u. 13,0	12,0	8	21,2

Curve 2.


 Tabelle 3.
Beob.: Verfasser.

Combinirte Reize	Reiz- unter- schied	Subjectiv. Hellig- keits- unter- schied	Kritische Perioden- dauer
13 u. 7,4	5,6	2	23,6
13 u. 5,2	7,8	4	21,6
13 u. 4,8	8,2	4	21,6
13 u. 3,7	9,3	5	21,2
13 u. 3,4	9,6	5	21,2
13 u. 2,6	10,4	6	21,6
13 u. 1,8	11,2	7	21,2
13 u. 1,7	11,3	7	21,6
13 u. 1,0	12,0	8	21,6

Curve 3.



Tabellen und Curven bestätigen die Richtigkeit der Ueberlegung, die zu ihrer Mittheilung Veranlassung gab: der aus den Kleineren Tabellen abgeleitete

Satz besteht in Beziehung auf die subjectiven wie auf die objectiven Unterschiede. Er gilt auch hinsichtlich der subjectiven Unterschiede unabhängig vom Verlauf der mittleren Intensität; denn diese nimmt

in Tabelle 3 mit wachsenden subjectiven Unterschieden ab, während sie in Tabelle 2 mit wachsenden subjectiven Unterschieden steigt. Es fragt sich nun, ob die kritischen Periodendauern durch die subjectiven oder durch die objectiven Unterschiede bestimmt werden.

In Tabelle 3 wachsen die subjectiven Unterschiede von 2 bis 8, während die kritischen Periodendauern von 23,6 bis 21,6 abnehmen. In Tabelle 2 aber entsprechen den zwischen 2 und 8 verlaufenden subjectiven Unterschieden kritische Periodendauern, die zwischen 26,0 und 21,2 liegen. Den gleichen subjectiven Unterschieden entsprechen also in Tabelle 3 kleinere und unter sich weniger verschiedene kritische Periodendauern als in Tabelle 2. Die kritischen Periodendauern werden daher nicht durch die subjectiven Unterschiede bestimmt.

Dies zeigt auch folgende Tabelle, die sich auf Versuche bezieht, in denen subjectiv gleiche Unterschiede auf verschiedenen Gebieten der Reizscala hergestellt wurden.

Tabelle 4.
Beob.: Prof. Külpe.

Combinirte Reize	Reizunter- schied	Subjectiver Helligkeits- unterschied	Kritische Perioden- dauer
1 u. 3,3	2,3	2	24,8
3,3 u. 13,0	9,7	2	21,6
1,4 u. 3,3	1,9	1	24,2
3,3 u. 6,6	3,3	1	22,0

Wie steht es nun mit den objectiven Unterschieden? In Tabelle 4 nehmen die kritischen Periodendauern mit wachsenden objectiven Unterschieden ab. In Tabelle 3 sind die objectiven Unterschiede größer und weniger verschieden als die den gleichen subjectiven Unterschieden entsprechenden objectiven Unterschiede von Tabelle 2. Analog sind in Tabelle 3 die kritischen Periodendauern kürzer und im Mittel weniger verschieden als in Tabelle 2. Die kritischen Periodendauern scheinen also eher durch die objectiven Unterschiede bestimmt zu werden.

Dass dies in der That ungefähr zutrifft, beweist folgende Tabelle, welche zeigt, dass gleichen Reizunterschieden ungefähr gleiche kritische Periodendauern entsprechen.

Tabelle 5.
Beob.: Prof. Külpe.

Combinirte Reize	Reiz- unterschied	Kritische Perioden- dauer
1 u. 7	6	22,4
7 u. 13	6	22,2
1 u. 4	3	23,2
4 u. 7	3	23,2
7 u. 10	3	23,0
10 u. 13	3	22,8

Die kritischen Periodendauern werden daher wesentlich durch die objectiven Unterschiede bestimmt.

Dieses Ergebniss scheint nun im Widerspruch zu stehen mit dem früher von mir vertretenen Satz, dass die Verschmelzung zweier Reize um so leichter eintritt, je größer die mittlere Intensität derselben ist¹⁾. Ich habe diesen Satz abgeleitet aus der Thatsache, dass es für die Verschmelzung günstiger ist, wenn von zwei successiv-periodischen Reizen der intensivere zeitlich überwiegt, als wenn der weniger intensive überwiegt, und ich habe ihn aus den Thatsachen der Unterschiedsempfindlichkeit zu erklären versucht.

Ich muss den alten Satz auch dem neuen Befund gegenüber theilweise aufrecht halten. Zwar wird man der Art, wie ich jenen abgeleitet habe, vielleicht entgegenhalten, das zeitliche Ueberwiegen des intensiveren Reizes könne als solches ein die Verschmelzung begünstigendes Moment bedeuten. Wenn man daher vielleicht meine frühere Deduction nicht für überzeugend halten wird, so muss man doch weiterhin bedenken, dass ein objectiver Unterschied zwischen zwei schwachen Reizen in vielen Fällen deutlich bemerkbar ist, während derselbe objective Unterschied für zwei stärkere Reize unter der

1) Theorie des Talbot'schen Gesetzes a. a. O. S. 281.

Schwelle liegt. In diesem Fall würde die kritische Periodendauer unendlich groß (∞) sein, in jenem müsste sie einen endlichen Werth haben. Die Thatsachen der Unterschiedsempfindlichkeit müssten also hiernach allerdings für den wirklichen Werth der kritischen Periodendauer in Betracht kommen, und mit wachsender Intensität müsste die kritische Periodendauer zunehmen.

Der Widerspruch löst sich vielleicht so, dass in speciellen Fällen (also vielleicht, wenn es sich um zwei intensiv constante Reize handelt, deren relative Dauern variirt werden, oder sicherlich, wenn es sich um Reizunterschiede, die in das Gebiet der Unterschiedsschwelle fallen, handelt) die mittlere Intensität die kritische Periodendauer im angegebenen Sinne beeinflusst. In jedem Fall folgen die kritischen Periodendauern im wesentlichen den objectiven und nicht den subjectiven Unterschieden.

Dieser Satz macht es wahrscheinlich, dass die Thatsachen der intermittirenden Gesichtszreizung in andern Theilen des Nervensystems ihr physiologisches Substrat finden, als die der Unterschiedsschwelle. Nimmt man dies an, so wird man natürlich diese mehr central, jene mehr peripher localisiren. Weil gleichen Reizunterschieden ungefähr gleiche kritische Periodendauern entsprechen, wird man vielleicht weiterhin schließen dürfen, dass gleichen Reizunterschieden gleiche periphere Erregungen entsprechen, und dass dieses Verhältniss nach dem Centrum hin im Sinne der bekannten Thatsachen der Unterschiedsempfindlichkeit modificirt wird. Indessen möchte ich auf diese Ausblicke nicht allzu großen Werth legen.

Zum Schlusse fasse ich die thatsächlichen Ergebnisse dieser Arbeit zusammen:

1) Mit zunehmendem Unterschied zweier Reize nimmt die kritische Periodendauer zuerst sehr schnell, dann langsamer und zuletzt fast gar nicht mehr ab.

2) Satz 1 gilt unabhängig davon, ob die mittlere Intensität mit zunehmendem Reizunterschied steigt oder fällt. Er gilt ferner nicht nur für Reizunterschiede, sondern auch für subjective Unterschiede und ohne Rücksicht auf die den subjectiven Unterschieden entsprechenden mittleren Reizintensitäten.

3) Die Werthe der kritischen Periodendauern werden im wesent-

lichen durch die objectiven, nicht durch die subjectiven Unterschiede der beiden Reize bestimmt.

4) Gleichen objectiven Unterschieden entsprechen ungefähr gleiche kritische Periodendauern.

Vorstehende Untersuchungen sind im physiologischen Institut der Universität Würzburg ausgeführt worden. Für das allseitige Entgegenkommen des Directors Herrn Prof. Ad. Fick und des Assistenten Herrn Dr. Schenck gestatte ich mir auch an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank zu sagen.
