

Vortrag zur Helligkeitswahrnehmung

Kapitel 5 “Seeing Brightness” des Buches
„Eye and Brain – the psychology of seeing“ von Richard L. Gregory

Vortragender: Stefan Magalowski

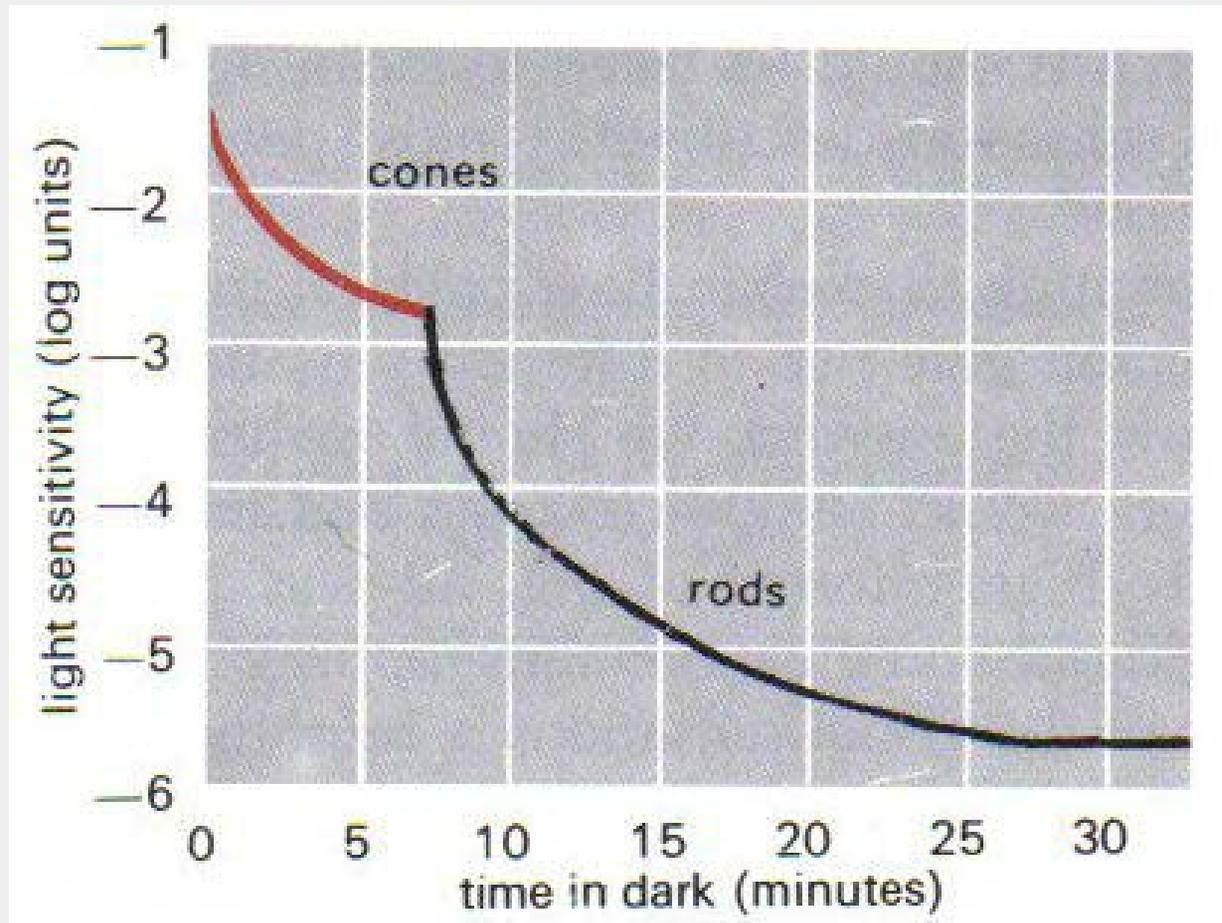
Inhalt

- o Dunkeladaption
 - o Anpassung der Rezeptoren
 - o Rolle des Sehfärbstoffes
- o Kontrastwahrnehmung
 - o Einfluss von Rändern
 - o spektrale Leuchtkurve
 - o Verzögerungen in der Wahrnehmung
- o Lichtempfindlichkeit
 - o Rezeptoraktivität
 - o Verarbeitung der Rezeptorsignale im Gehirn
 - o Webers Gesetz
- o Abschluss

Dunkeladaption

- o die Anpassung der Rezeptoren an dunklere Lichtverhältnisse
- o Rezeptoren: Zapfen und Stäbchen
- o Zapfen
 - o im hellen Licht aktiv, wenig lichtempfindlich, für das Farbsehen wichtig
- o Stäbchen
 - o bei weniger Licht aktiv, sehr lichtempfindlich, nehmen nur „hell“ und „dunkel“ wahr

Dunkeladaption



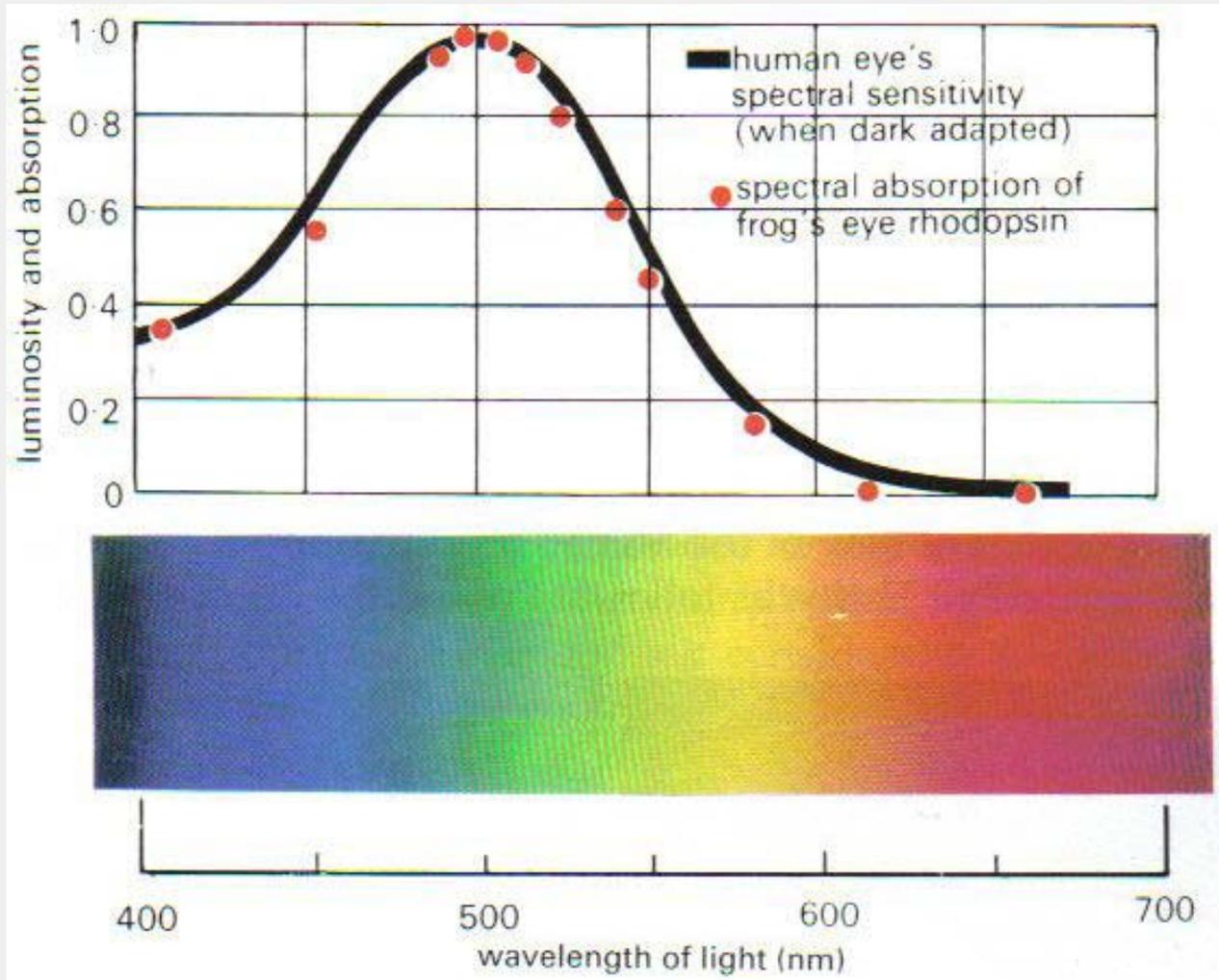
Dunkeladaption

- o Physiologe William Rushton erforschte, wie Stäbchen das ankommende Licht aufnehmen
- o Ausgangspunkt: Stäbchen bleichen durch das auftreffende Licht aus
- o Sehfärbstoff der Stäbchen (Rhodopsin) wurde Froschaugen entnommen

Dunkeladaption

- o die durch das Rhodopsin absorbierte Lichtmenge wurde untersucht
- o hohe Übereinstimmung der entstehenden Kurve zur spektralen Leuchtkurve des Menschenauges bei Dunkeladaption
- o Hinweis darauf, dass die Dunkeladaption der Stäbchen mit dem Sehfärbstoff Rhodopsin zusammenhängt

Dunkeladaption



Dunkeladaption

- o ergänzend dazu hat Rushton Experimente mit Katzen durchgeführt → am lebenden Objekt
- o dem Katzenauge wurde ein Licht präsentiert und das reflektierte Licht durch eine Photozelle gemessen
- o so konnte festgestellt werden, dass die Rezeptoren bei der Adaption tatsächlich ausbleichen

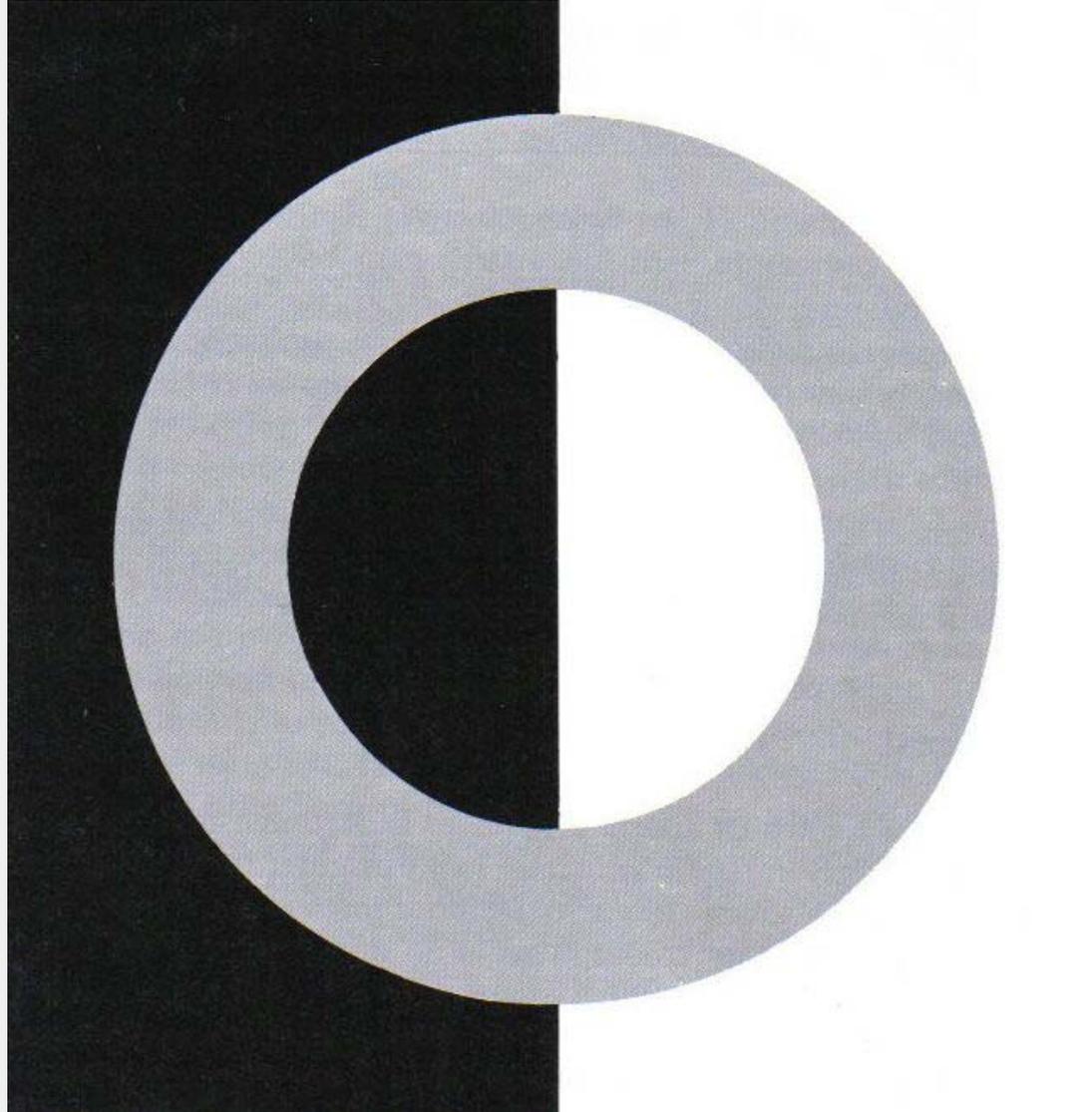
Dunkeladaption

- o Ausbleichen: chemischer Prozess, "Sehgelb" wird in farbloses "Schweiß" umgewandelt
- o Regeneration der umgekehrte chemische Prozess

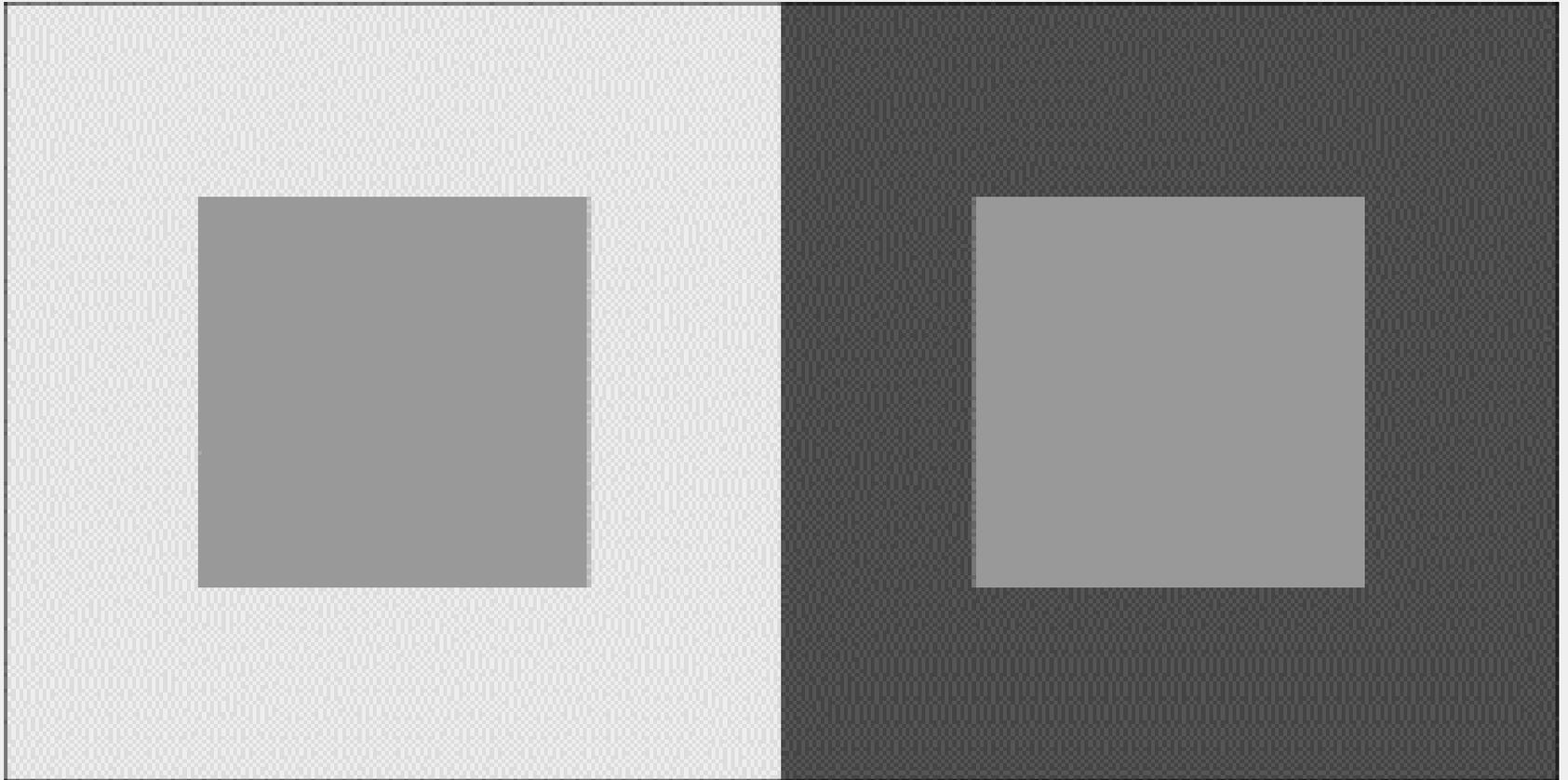
Kontrast

- o Bereich wirkt heller, wenn die umgebenden Bereiche dunkler sind
 - stärkerer Kontrast wird geboten
- o der Grund sind die gekreuzten Verbindungen der Rezeptoren zu den Ganglienzellen
 - Einfluss der Nachbarrezeptoren bei Verarbeitung

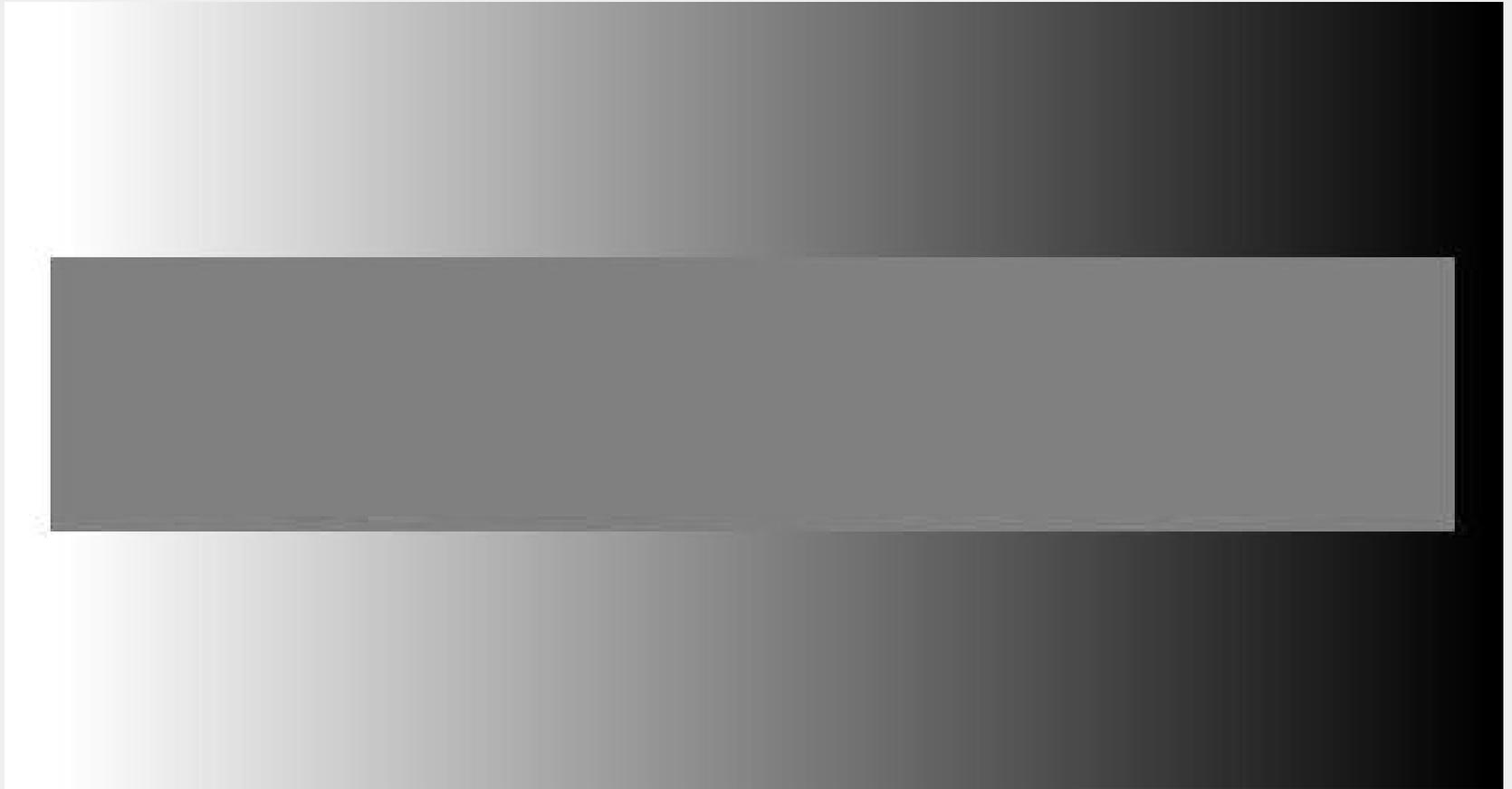
Kontrast



Kontrast



Kontrast

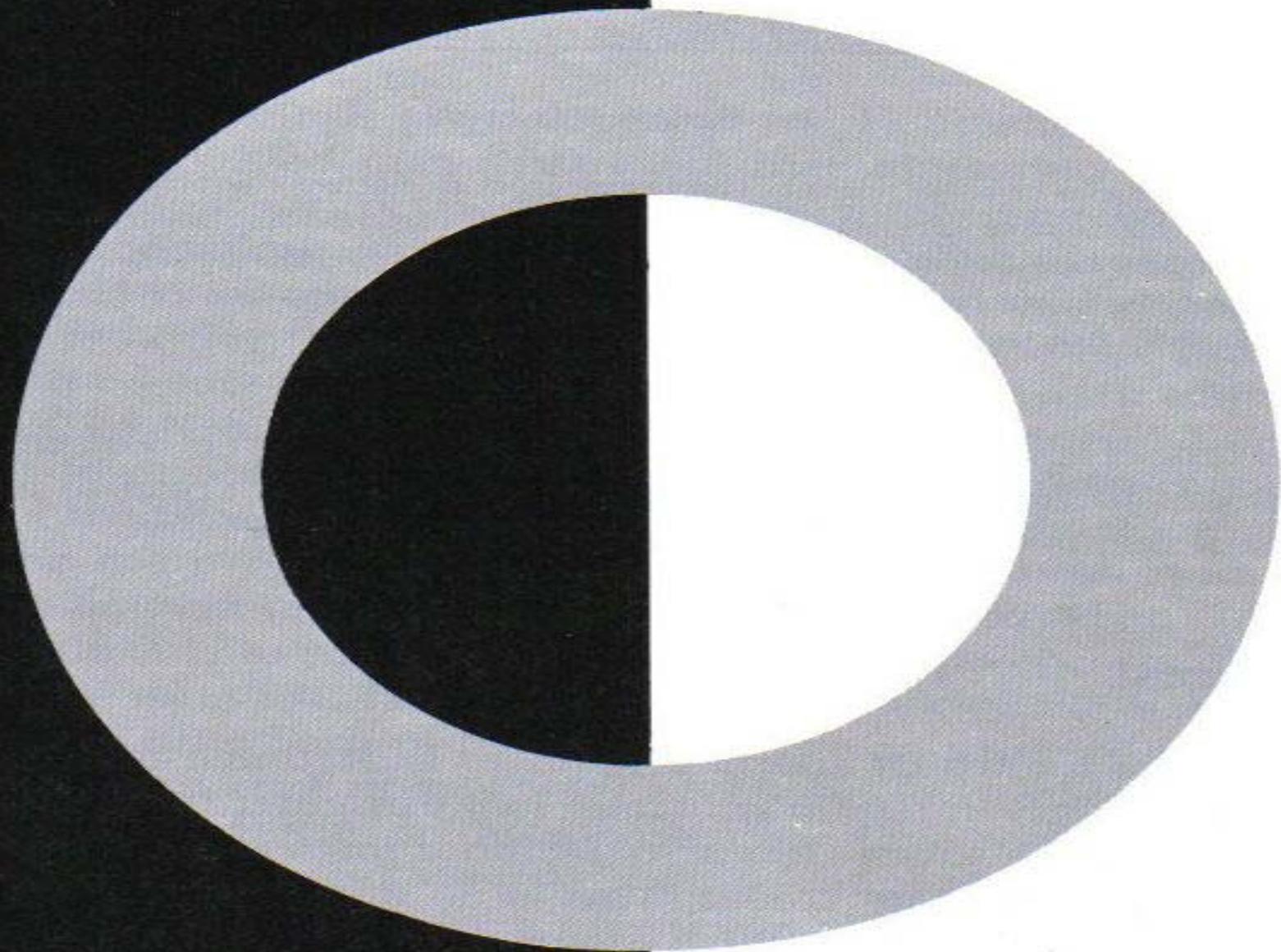


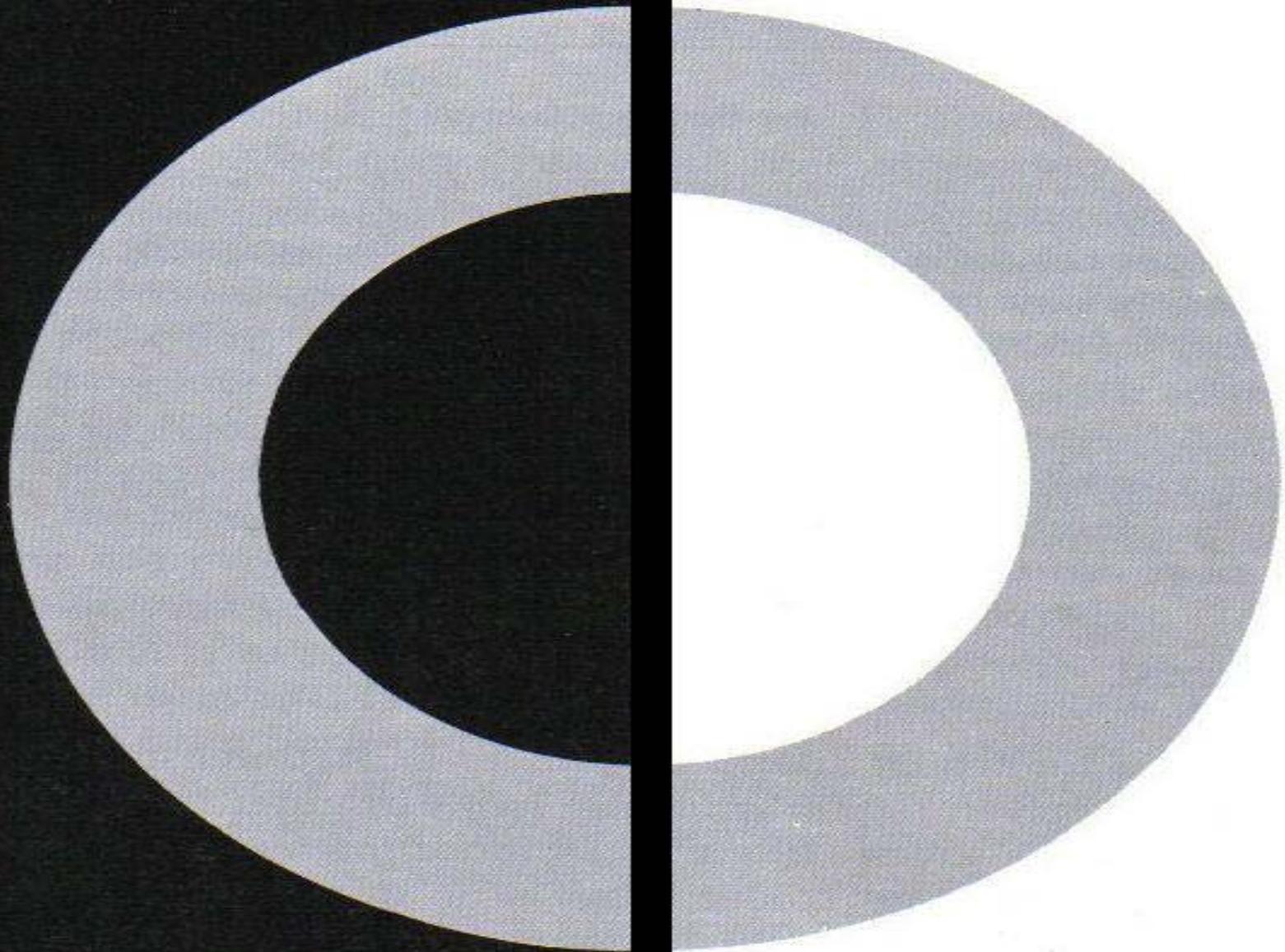
Kontrast

- o wichtig ist die Wahrnehmung von Rändern der Flächen

- o als erstes wird die Entdeckung von Rändern und Konturen im Gehirn verarbeitet.

 - > beeinflusst die Kontrastwahrnehmung





Kontrast

Fechners Paradoxon

- o in dunklem Raum wird dem Auge eine Lichtquelle präsentiert
 - Pupille schließt sich bis zu einem bestimmten Punkt
- o eine zweite, weniger helle Lichtquelle wird zusätzlich präsentiert
 - Vermutung: Pupille schließt sich weiter um den „Wert“ der zweiten Lichtquelle

Kontrast

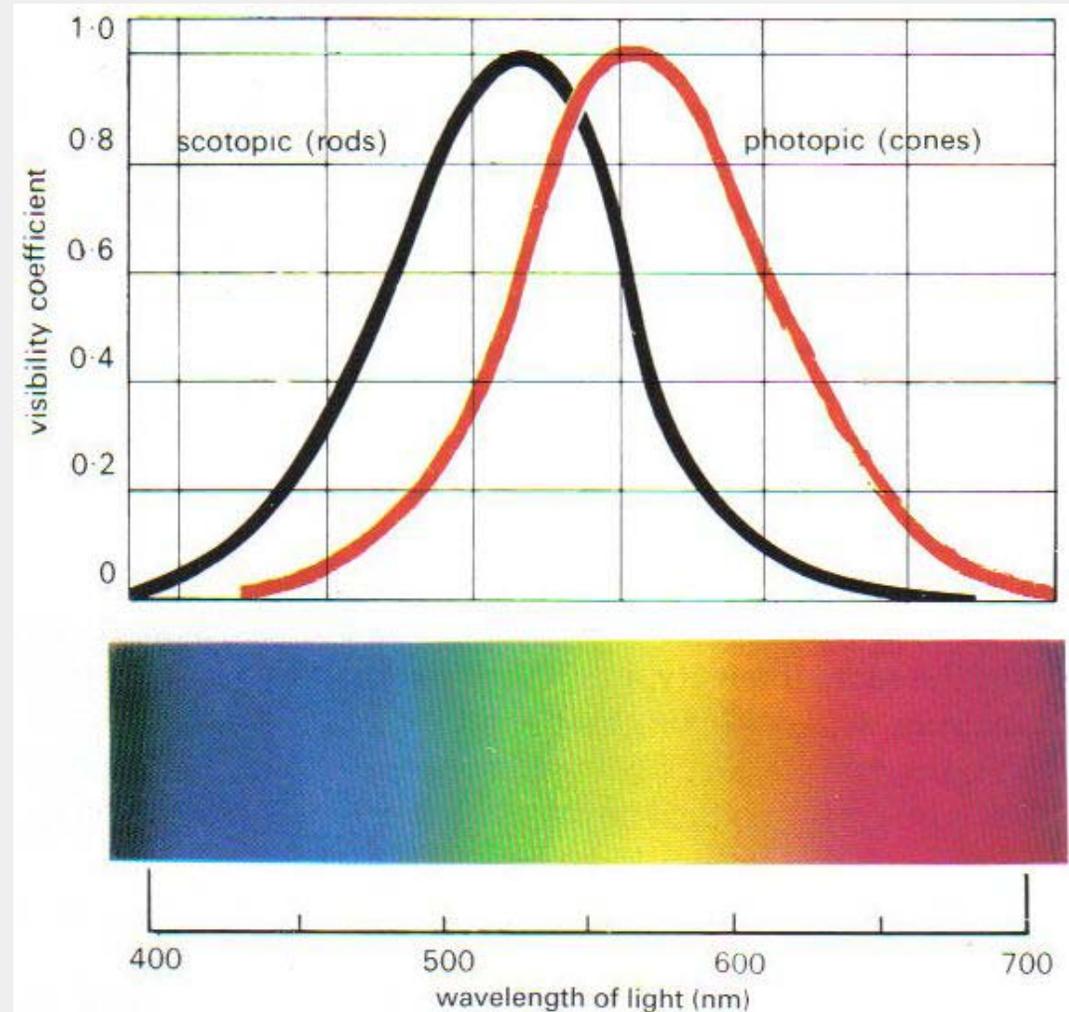
- o Pupille öffnet sich jedoch wieder
 - auf eine Lichtintensität zwischen dem ersten und zweiten Licht einstellen

- o wichtig ist nicht die Gesamtheit, sondern der Durchschnittswert aller Lichtintensitäten

Kontrast

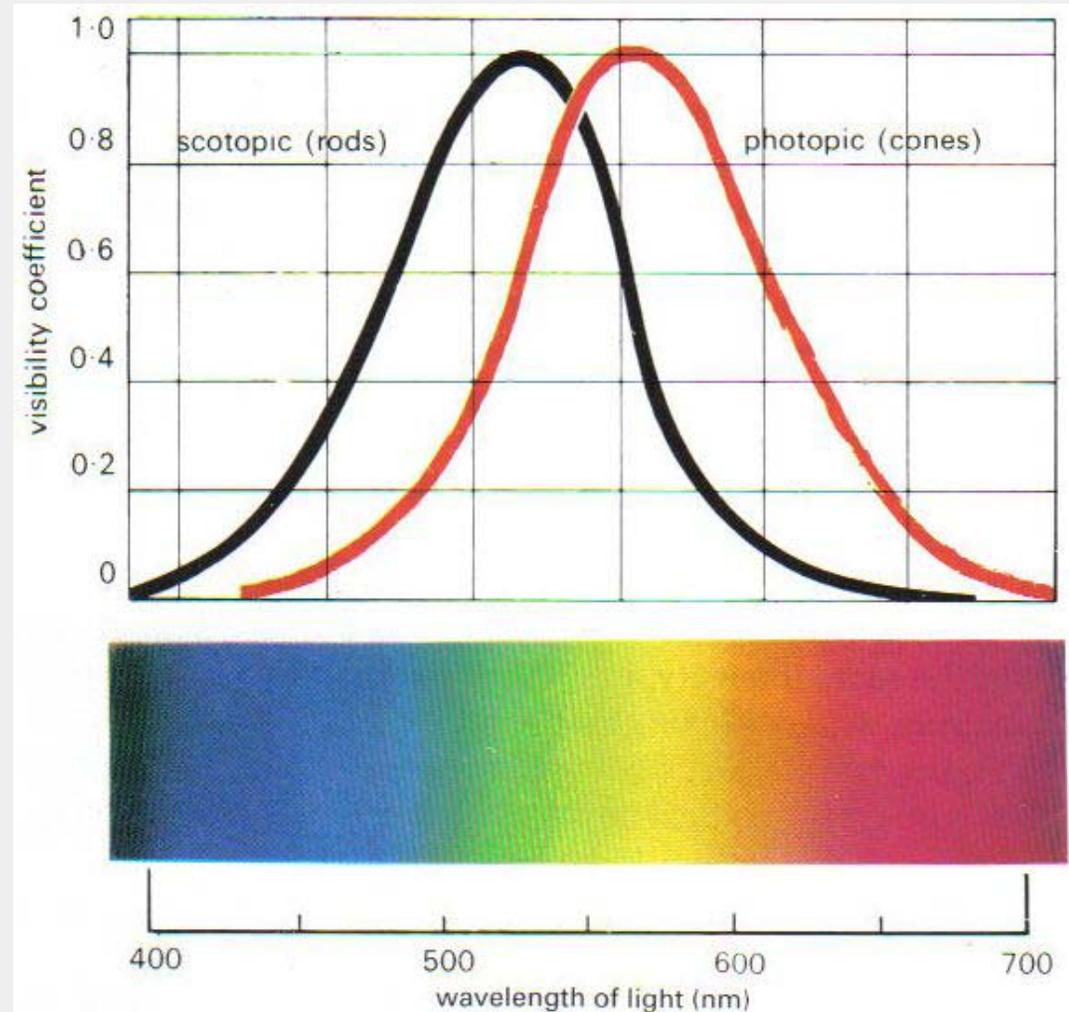
Spektrale Leuchtkurve

o zeigt Empfindlichkeit der Rezeptoren zu verschiedenen Wellenlängen des Lichts



Kontrast

- o schwarze Kurve: Empfindlichkeit der Stäbchen
- o rote Kurve: Empfindlichkeit der Zapfen
- o Purkinje-Verschiebung
- o angewendet bei Notsignallichtern



Kontrast

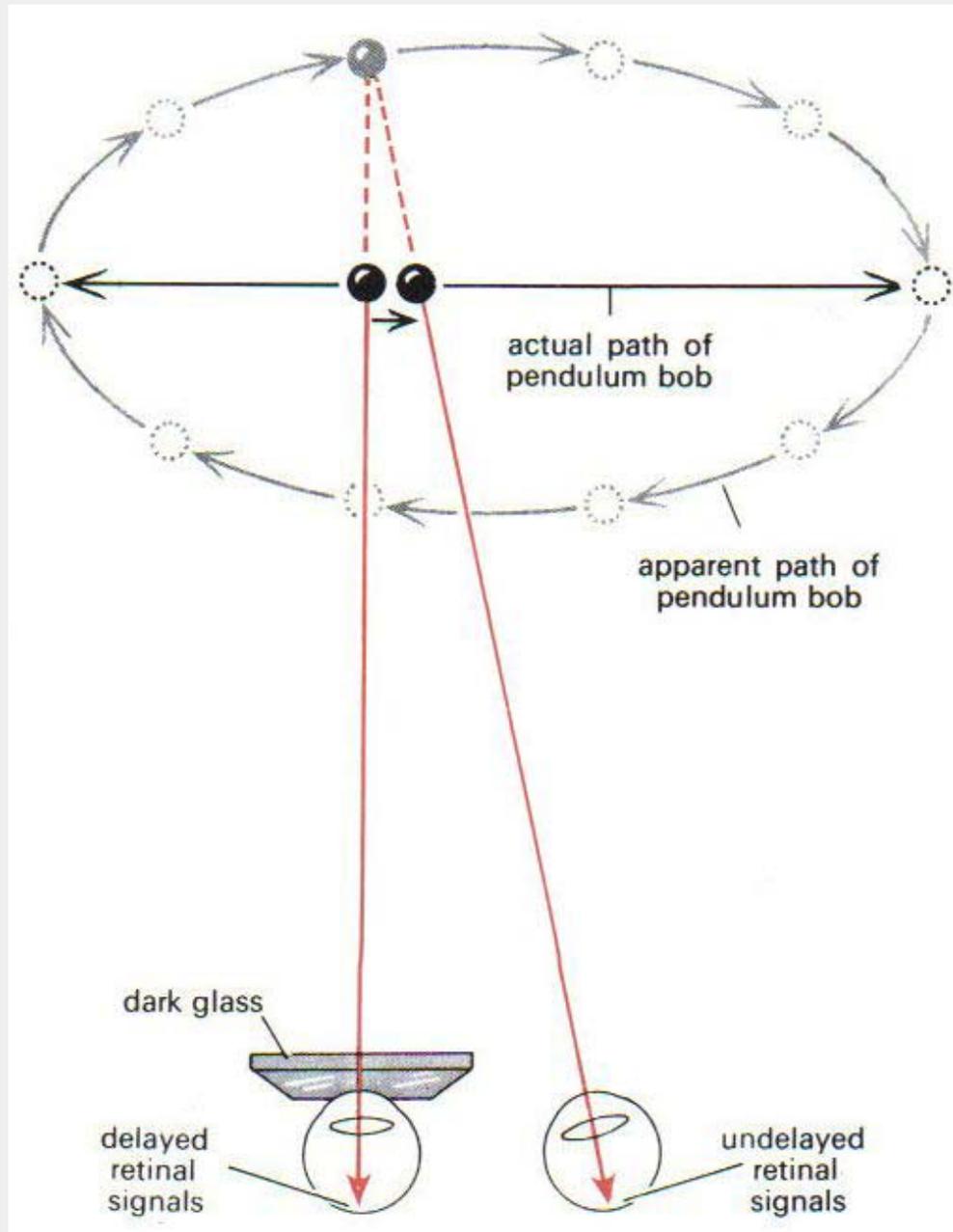
o beim dunkeladaptierten Auge können keine Details mehr wahrgenommen werden

- auf der Retina müssen mehrere Rezeptoren zusammengefasst werden, Auflösung wird verringert
- Verzögerung tritt ein, da es zusätzliche Zeit benötigt, um die Rezeptoren zu „verknüpfen“

Kontrast

- o eine weitere Verzögerung tritt durch das Bündeln des Restlichts auf
- o vergleichbar mit längeren Belichtungszeiten, die ein Fotograf nutzt
- o die Auswirkung der Verzögerungen zeigen sich gut im Pulfrich-Pendel-Effekt

Kontrast



Kontrast

Auswirkungen der Verzögerungen:

- o erhöhte Reaktionszeit bei Autofahrern in der Dunkelheit
- o in der Dunkelheit können Objekte nicht präzise lokalisiert werden → Verwischeffekt

Kontrast

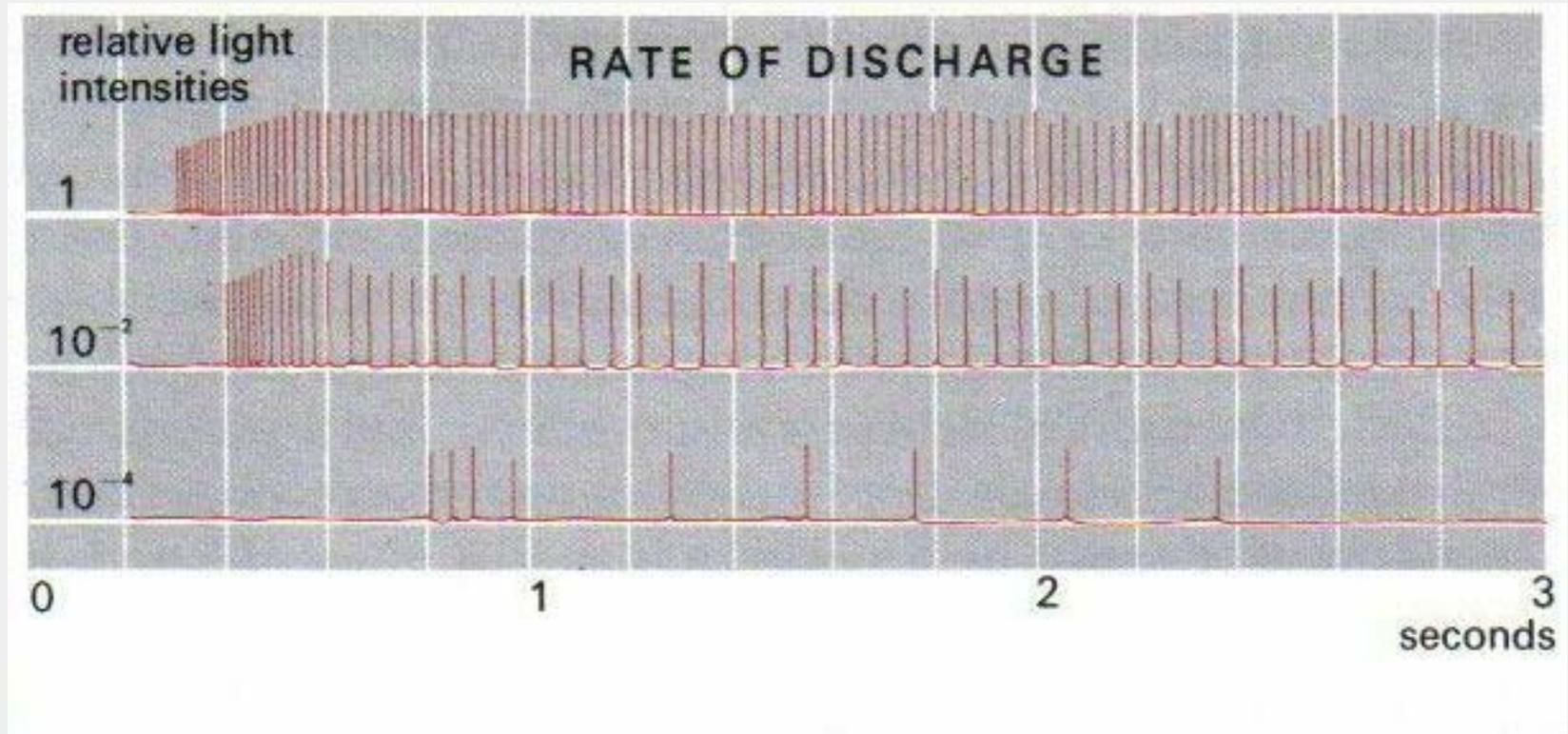
Noch nicht erklärbares Phänomen:

- o es sollte keinen Unterschied zwischen der Wahrnehmung mit einem Auge und mit beiden Augen geben
- o jedoch nimmt man die Umgebung mit beiden Augen heller wahr, als bei einem Auge

Lichtempfindlichkeit

- o die Messung der Rezeptoraktivität am Auge eines Wirbeltiers ist nicht möglich, da eine Elektrode am Auge nicht so befestigt werden kann, ohne es zu schaden
- o die Messung gelang am Pfeilschwanzkrebs „Limulus“, eine Art lebendes Fossil
- o dort sind die Rezeptoren direkt mit den Nervenfasern verbunden, so dass über diese Nervenfasern die Rezeptoraktivität messbar ist

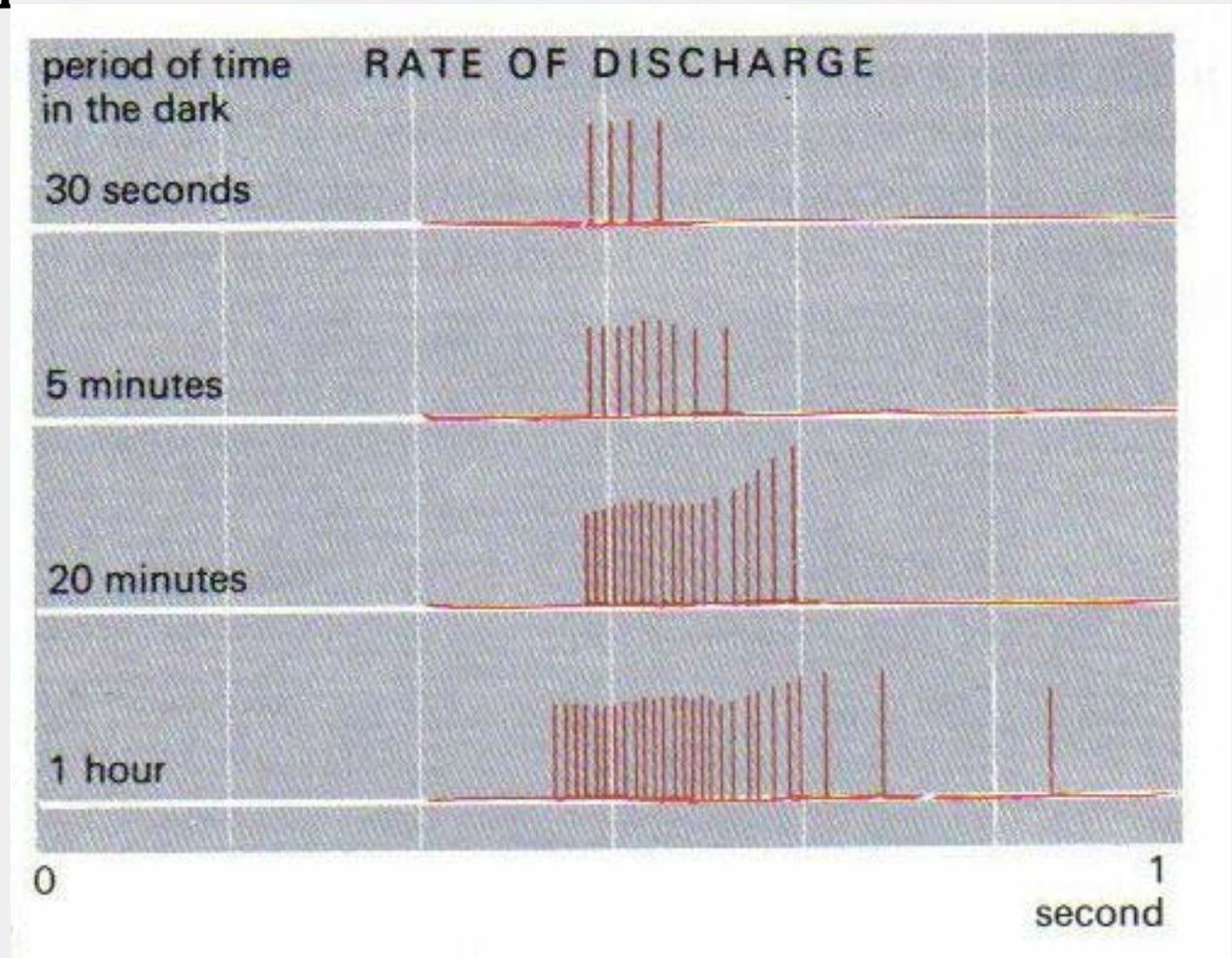
Lichtempfindlichkeit



→ die Feuerrate der Rezeptoren ist logarithmisch zur Lichtintensität

Lichtempfindlichkeit

- o mit steigender Dunkeladaption steigt auch die Feuerrate der Rezeptoren
- o Gefühl der ansteigenden Helligkeit



Lichtempfindlichkeit

Verarbeitung der Rezeptorsignale im Gehirn

o es gibt auch bei vollständiger Dunkelheit eine neuronale Restaktivität

—→ Rezeptoren senden Signale an das Gehirn, auch wenn es keine Stimulation durch Licht gibt

o Aufgabe des Gehirns ist es, dieses „Rauschen“ herauszufiltern

—→ die Signale in den Rezeptoren werden mit den Aktivitäten der benachbarten Rezeptoren verglichen

Lichtempfindlichkeit

Webers Gesetz

- o besagt, dass der kleinste Unterschied an Lichtstärke, den wir wahrnehmen können proportional zum Umgebungslicht ist
- o Unterschied beträgt etwa einen Prozent und wurde von Weber geschrieben als $\Delta I / I = C$
 - C = Konstante des kleinsten Lichtunterschieds
 - I = Umgebungslichtstärke
 - ΔI = kleinste wahrnehmbar höhere Lichtstärke gegenüber I
- o das Gesetz funktioniert für einen großen Bereich, versagt aber für schwache Lichtstärken

Lichtempfindlichkeit

- o Autor stellt aufgrund der Erkenntnisse über zufälliges Rauschen das Alles-oder-Nichts-Prinzip der Nervenzellen in Frage
- o er geht davon aus, dass alle eingehenden Reize, auch das Rauschen, von den Nervenzellen weitergeleitet und im Gehirn verarbeitet werden
- o Gehirn muss entscheiden, welche Signale als wirkliche Signale interpretiert werden und welche als Rauschen ignoriert werden sollten
- o für das Gehirn muss es eine Mindestgröße in der Helligkeitsveränderung geben, um als real interpretiert zu werden

Abschluss

- o wichtig zu unterscheiden ist Licht als physische Größe und das Licht, welches unser Gehirn als Solches interpretiert
- o ohne Leben gibt es keine Helligkeit und kein Licht
- o wenn ein Lebewesen seine seine Umgebung nicht wahrnehmen würde, müsste alles unsichtbar, still und unbeweglich sein, obwohl dies alles noch existieren würde

Abschluss

- o wie stellen sich blinde Menschen Licht vor?
- o Helligkeit, Licht und Farben bedeutet ihnen nichts, da sie über dessen Wahrnehmung nichts wissen
- o denken wir an den Bereich hinter unseren Köpfen, wir denken nicht, dass hinter uns Dunkelheit herrscht, sondern wir empfinden, dass dort "nichts" ist