

Seminar: Visuelle Wahrnehmung WS 01-02

Leitung: Prof. Gegenfurthner

Referent: Nico Schnabel

Thema: Color Mechanisms of the Eye (Denis Baylor)

Wellen,

Quanten

und Rezeptoren



Über die Neurophysiologie des Farbsehens

- „Normal farbsichtige Menschen können etwa 7 Millionen verschiedene Farbnuancen oder Farbwerte wahrnehmen und unter -scheiden.“

[Bierbaumer & Schmidt. Biologische Psychologie. S. 381]

=> Wie ist das möglich?

1.) Die physikalische Komponente des Sehens!

Das Licht

Was ist das? – Licht?

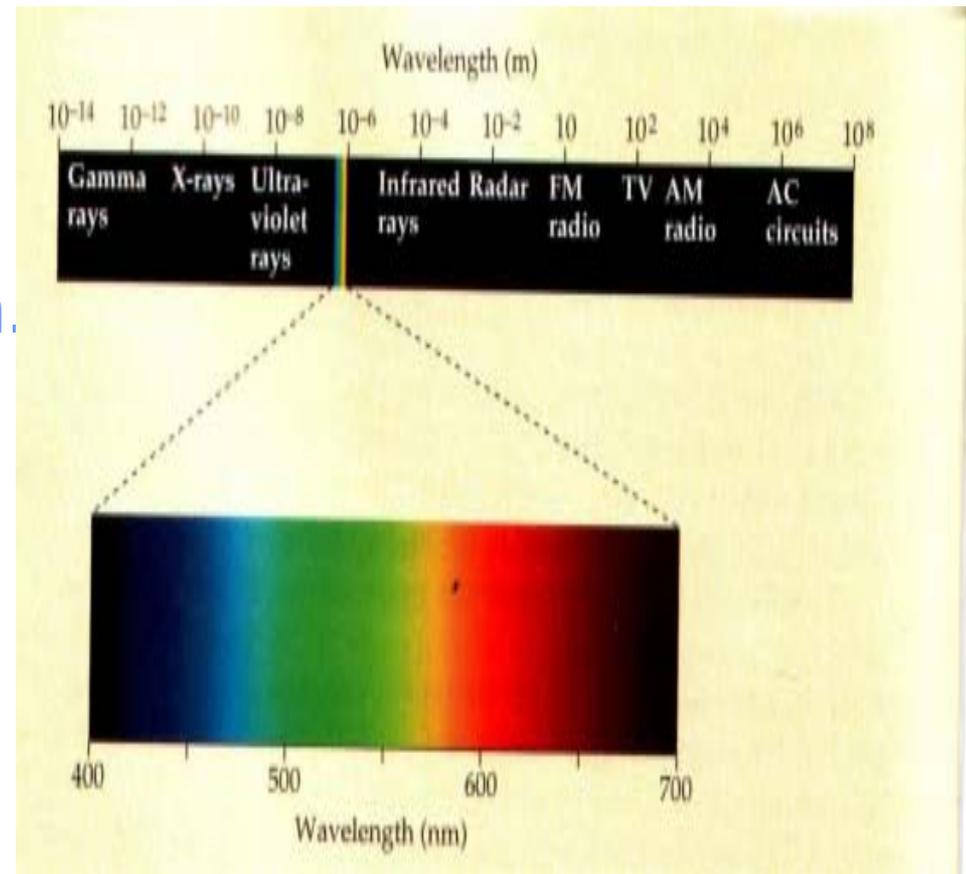
=> Zwei Komponenten bestimmen die visuelle Wahrnehmung des Lichts.

1.) *Die Intensität*

- Wird gemessen in der Helligkeit des Lichts (je heller, desto höher die Intensität)
- Diese physikalische Eigenschaft ist abhängig von der Energie eines Lichtstrahles.
- Diese Energie hat eine kleinste, messbare Einheit, welche in Photonen (Lichtteilchen), Quanten oder Korpuskeln angegeben wird.

2.) *Die Wellenlänge des Lichts*

- Wird in tatsächlicher Wellenlänge des Lichtstrahles im elektromagnetischen Spektrum angegeben.
- Maßeinheit nm.



Die biologische Auswertung der physikalischen Stimuli

Voraussetzung:

- Reize aus unserer Umwelt werden über Rezeptoren (spezialisierte Nervenzellen) aufgenommen, verarbeitet und weitergeleitet.
- Das Auge ist verantwortlich für die Aufnahme und Verarbeitung von Lichtreizen.

Die zentrale Frage!!!

- Wie sieht der Aufbau der Rezeptoren im Auge aus, so dass sie die physikalischen Einheiten des Lichts (s.o.) entschlüsseln und eine enorme Fülle von Farbnuancen mittels des ZNS entstehen lassen können???

*Dazu sagte der Physiker Thomas Young,
welcher die Wellenstruktur
des Lichts nachwies 1801:*

- „Es ist unmöglich sich unzählige Arten von Photorezeptoren im Auge zu denken, jeder spezialisiert auf eine spezifische, mögliche Wellenlänge; es ist nötig sich deren Anzahl begrenzt vorzustellen, so zum Beispiel im Bezug auf die Grundfarben Rot, Gelb und Blau [...].“

[Übertragen aus dem Englischen
vom Referenten]

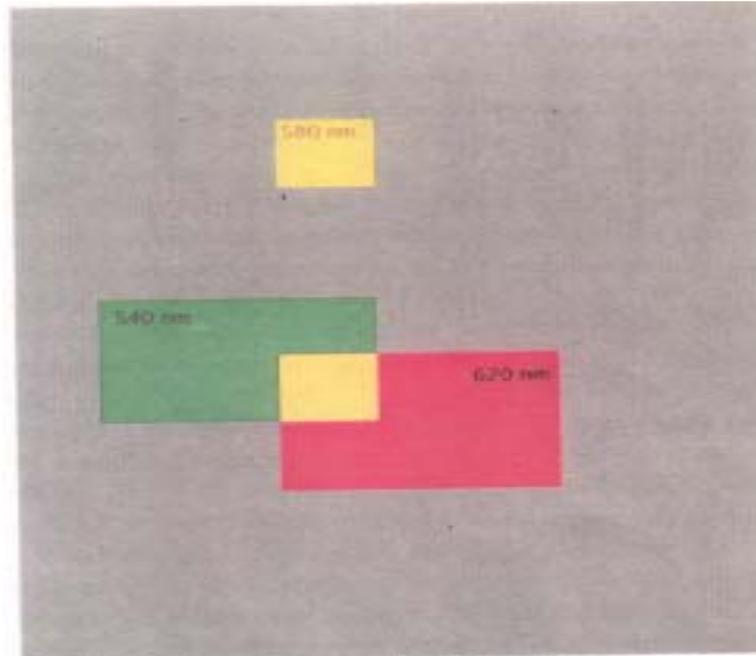
Die Wissenschaft hat festgestellt:

....dass es zwei Untergruppen von
Photorezeptoren gibt!

⇒ Die Stäbchen (verantwortlich für das
nächtliche Hell/Dunkelsehen) [rods]

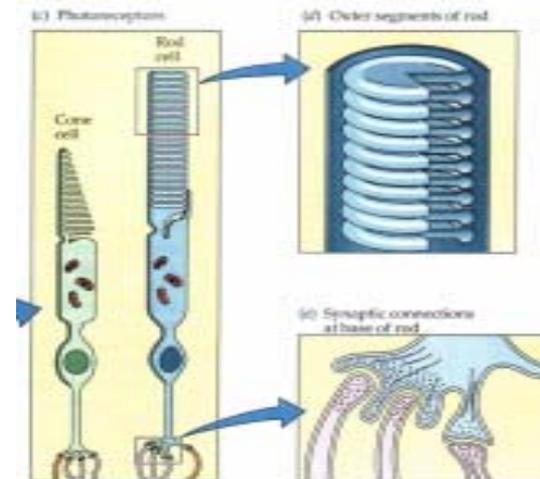
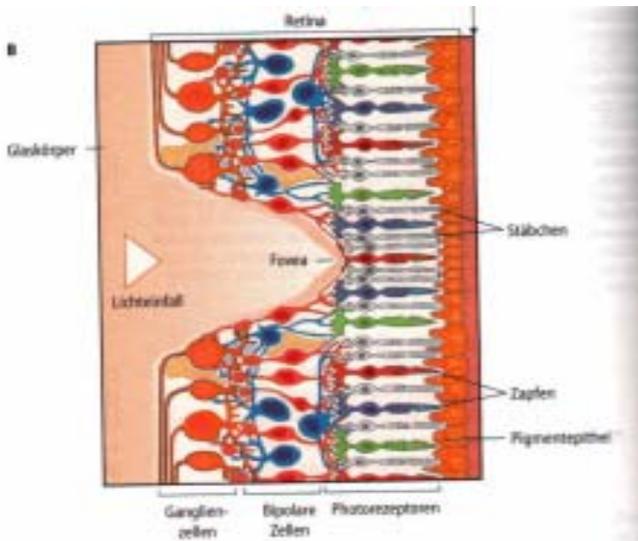
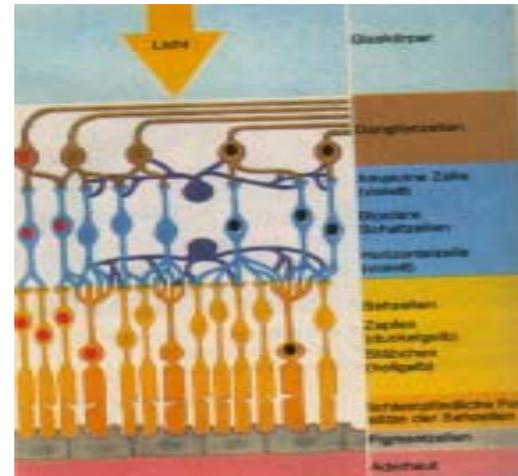
⇒ Die Zapfen (verantwortlich für das Sehen
im Tageslicht und das Farbsehen) [cones]

Ein spannendes es Experiment



- Wie ist das möglich?

Um dieses Experiment auszuwerten, betrachten wir kurz im Exkurs den Aufbau des Auges.



Also:

- Wenn ein Photon das 11-cis-retinal erreicht, isomerisiert dieses zu 11-trans-retinal. Der Komplex wird zum Katalysator für mehrere Transducin-Moleküle (GTP), welche wiederum ein Enzym aktivieren; die Phosphodiesterase!
Die Phosphodiesterase baut das zyklische GMP um, so dass keine Natriumionen mehr in die Zelle diffundieren können.
- Das nennt man einen Prozess!!!

!!!! *Halt* !!!!

Die uns bekannten Nervenzellen leiten aufgenommene Stimuli weiter, indem sie ein Aktionspotential auslösen, wozu die Natriumkanäle geöffnet sein müssen.

Die Stäbchen (rods) schließen aber die Natriumkanäle!

Was bedeutet das?

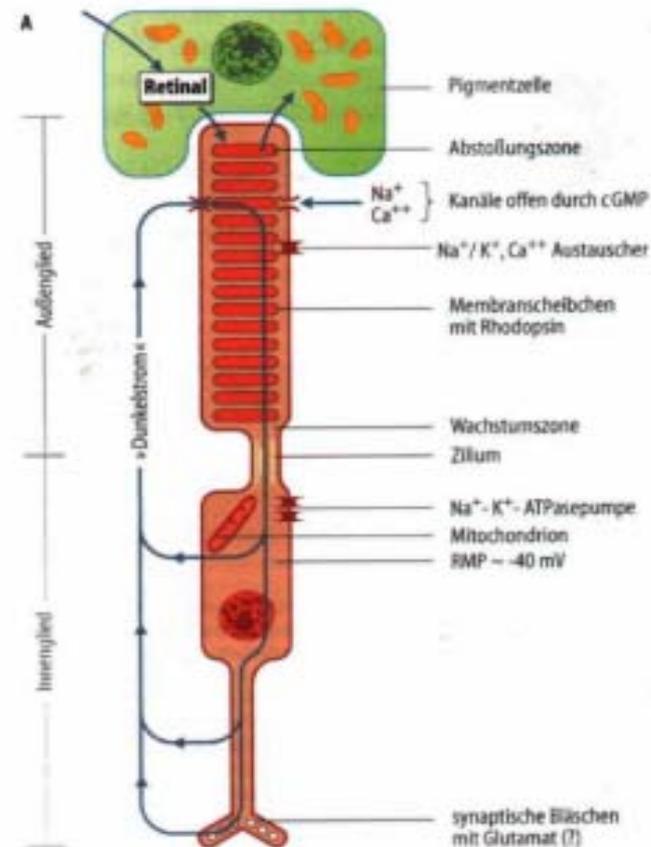
Der Dunkelstrom I

Während der Dunkelheit sind die Natriumkanäle auf der „Rhodopsin-Seite“ der Zelle geöffnet. Sie treten durch eine Pumpe auf der „Axon-Seite“ wieder teilweise aus. Diesen Fluss nennt man Dunkelstrom. Während des Dunkelstroms werden in der Synapse Glutamat-Moleküle freigesetzt.

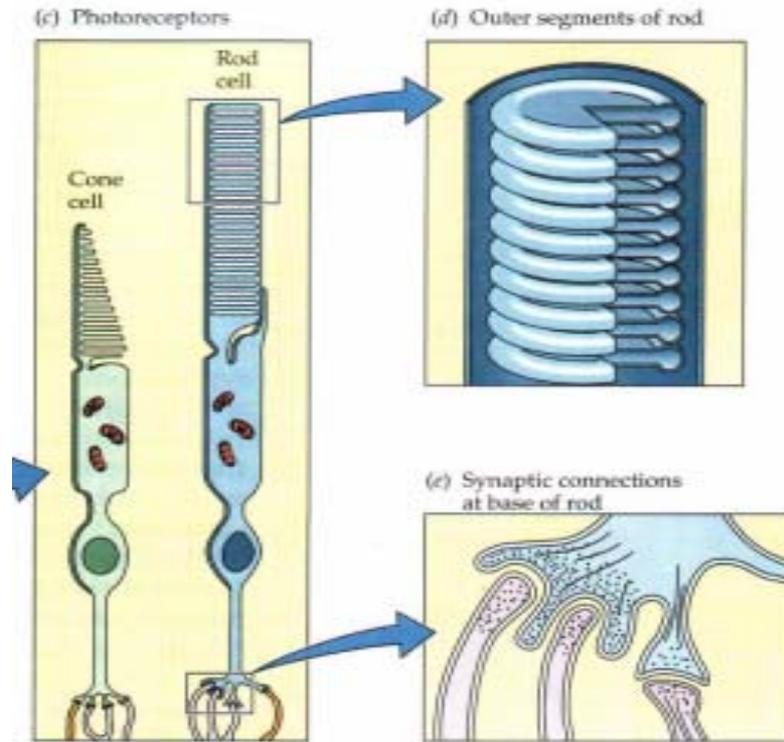
Der Dunkelstrom II

Bei Verschluss der Natriumkanäle verringert sich das Aktionspotential, oder bleibt aus.

Das wird durch die Reduktion der Glutamatmenge in der Synapse registriert!!!



Das waren die Stäbchen (rods);
jetzt kommen die Zapfen
(cones)!

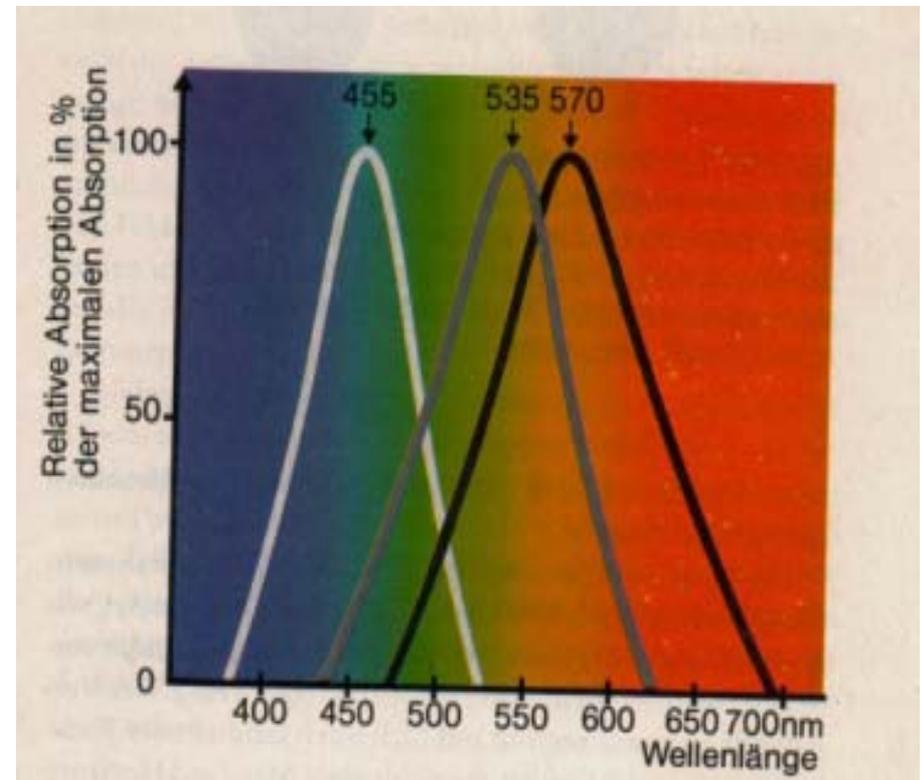


Die Stäbchen (cones)

- Betrachten wir reinoberflächlich die Prozesse in einer Zapfenzelle, so ist der Unterschied nicht direkt ehrsehbar!
- Auch hier werden die Natriumionenkanäle geschlossen und damit der obige Prozess ausgelöst.

Der „*kleine*“ Unterschied!

- ...liegt nur in Wellenlänge, in der die spezifischen, Zapfenarten die Energie resorbieren und in der Verschaltung in den Ganglienzellen!



Ahhhh...jaaaa????

- Und was bedeutet das?

Die drei verschiedenen Zapfen!

Es gibt drei spezifische Zapfenarten:

- Die kurzwelligen Zapfen (max.: 420 nm)
=> auch „Blau-Zapfen“ genannt
- Die mittelwelligen Zapfen (max.: 530 nm)
=> auch „Grün-Zapfen“ genannt
- Die langwelligen Zapfen (max.: 560 nm)
=> auch „Rot-Zapfen“ genannt

Wie kommen die Absorbationsspektren zustande?

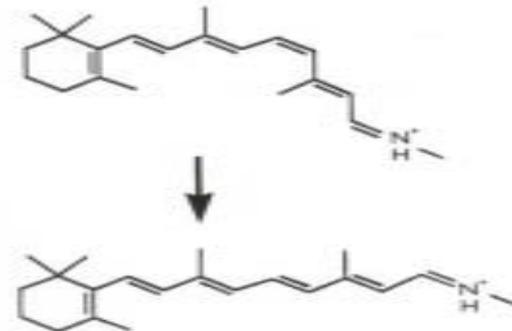
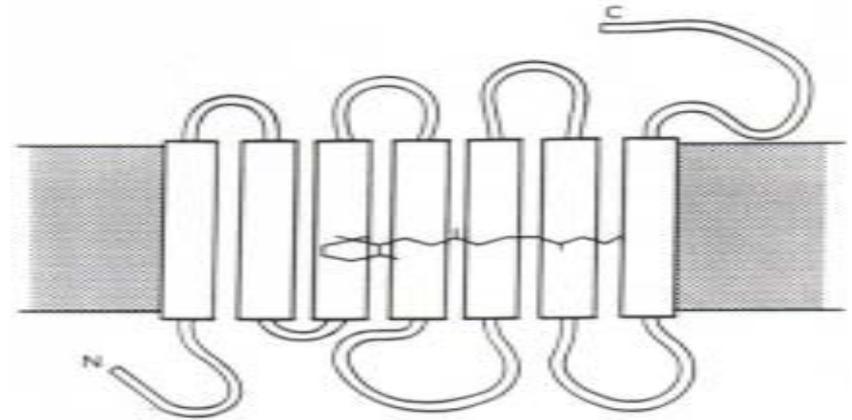
- In einer Stäbchenzelle absorbiert das 11-cis-retinal die Quanten des Licht.

Dieses Molekül befindet sich auch in den Zapfenzellen eingebettet in den Proteinen.

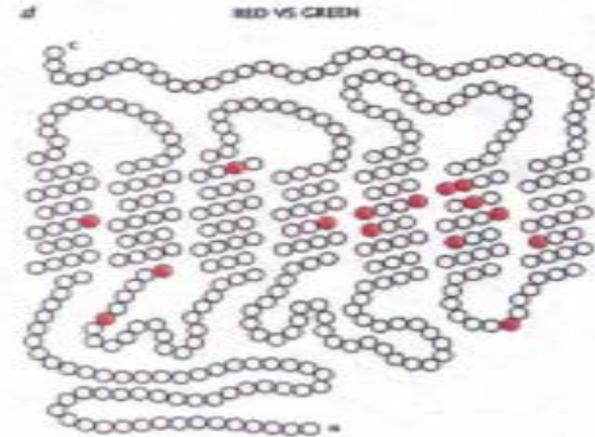
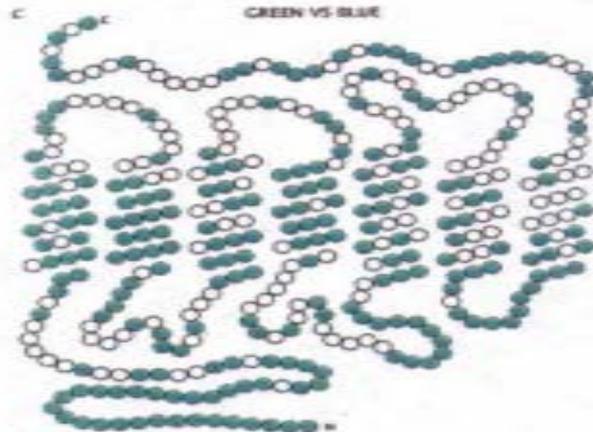
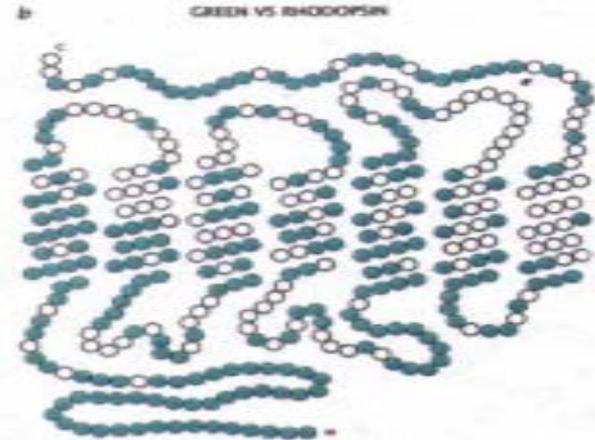
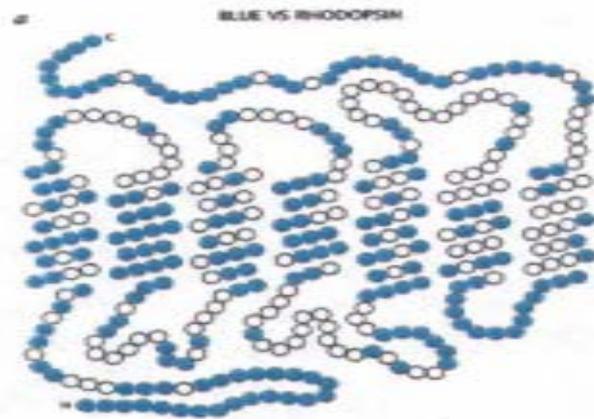
Demnach müssen die Unterschiede im Aufbau der Proteine und im Wechselspiel dieser zum 11-cis-retinal zu finden sein.

Schon wieder physikalische Chemie???

Je mehr dem 11-cis retinal die Möglichkeit gegeben wird seine Elektronen frei über die Bindungen bewegen zu lassen, desto eher absorbiert das Molekül Wellen im höheren Spektrogram.



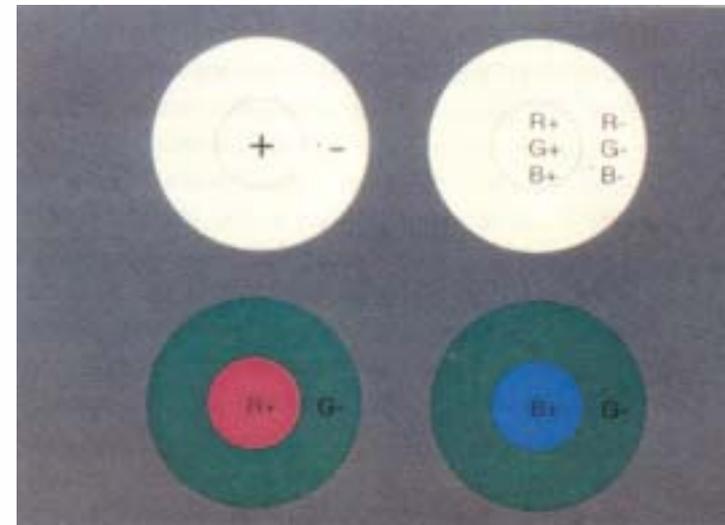
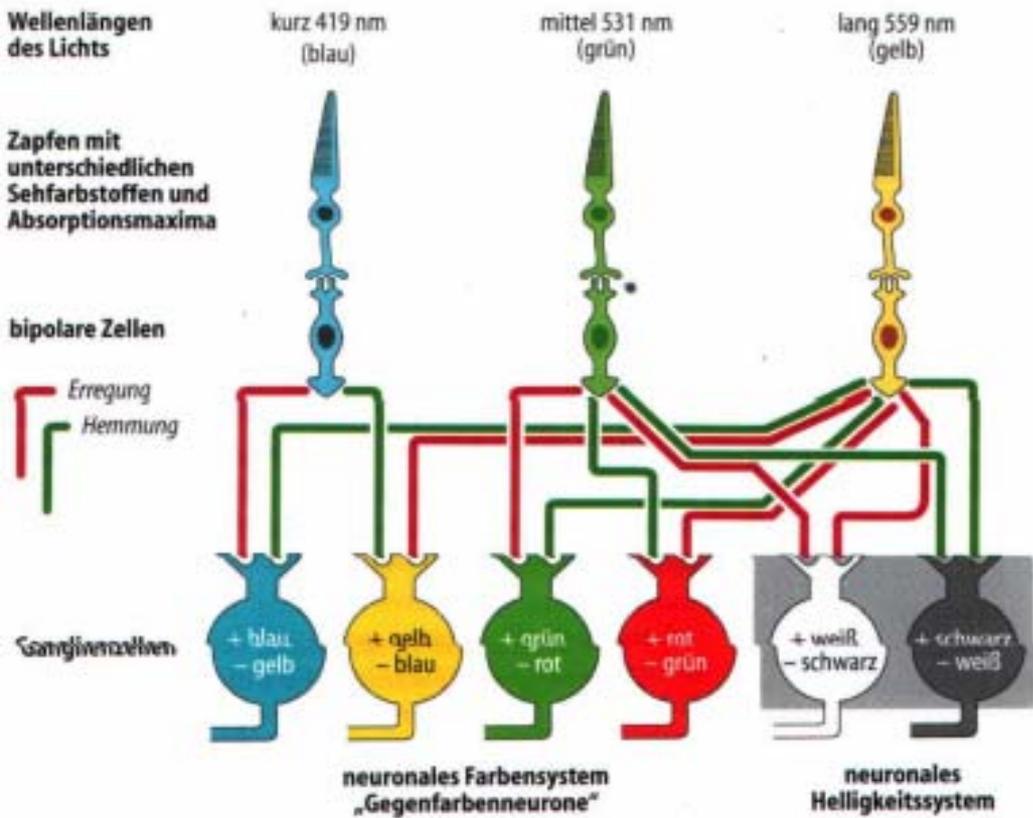
Die unterschiedlichen Proteine



Die Auswertung der Empfangenen Lichtquanten

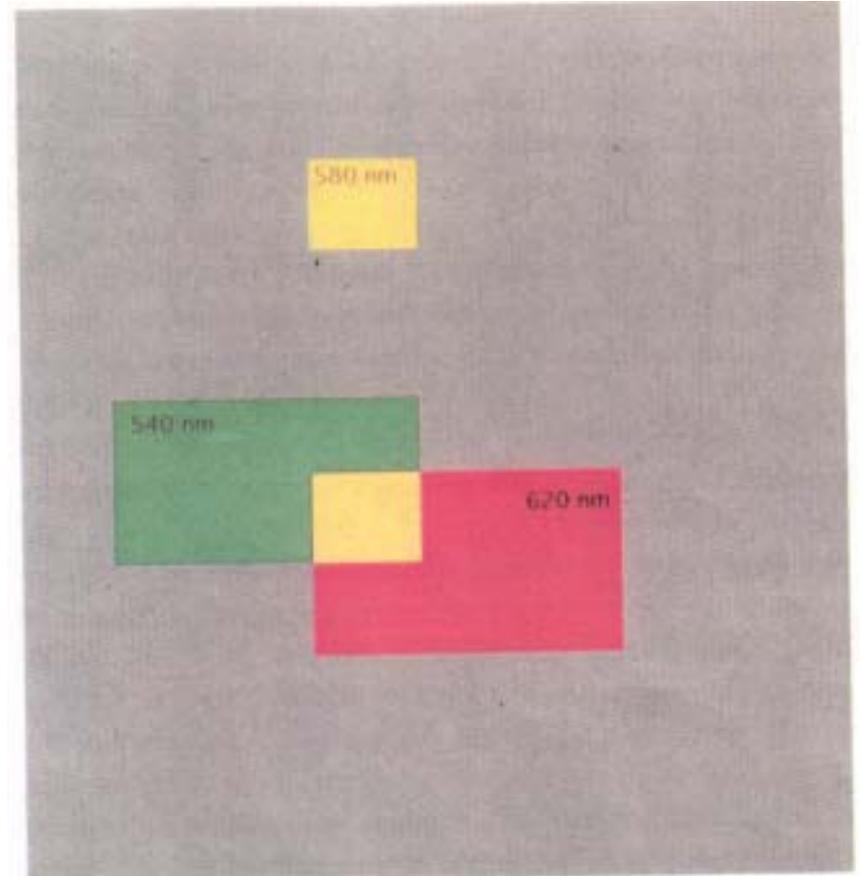
- Wie in den Stäbchen werden nun auch die Informationen über die verschiedenen Zellen bis hin zu den Ganglienzellen weitergegeben.
- Hier findet nun die „Farbmischung“ statt!

Die Auswertung



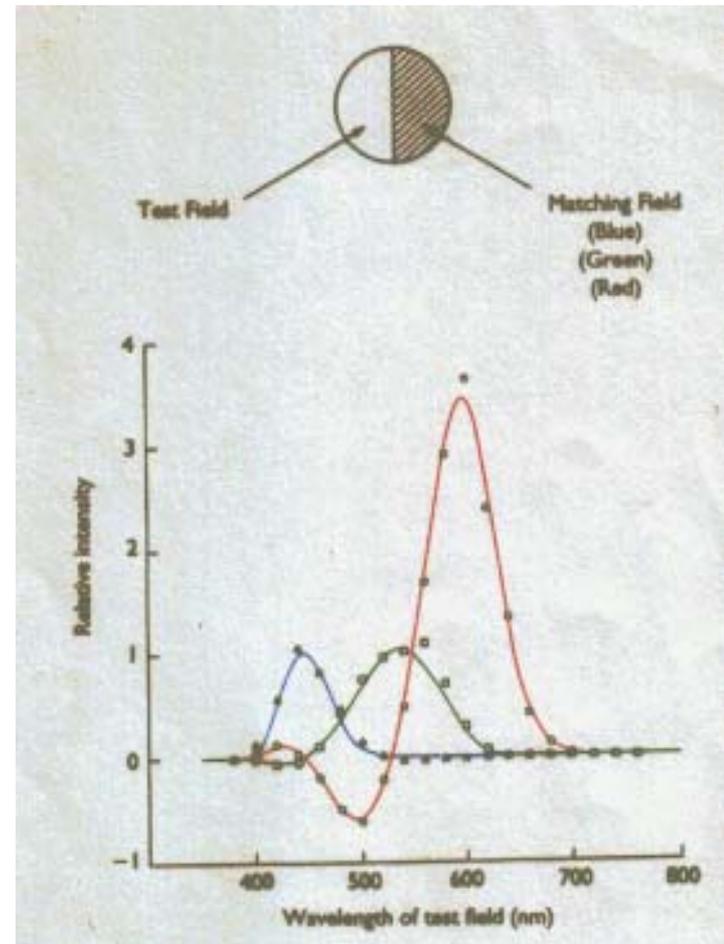
Ihr erinnert Euch noch?

- Jetzt können wir endlich dieses Experiment auswerten!



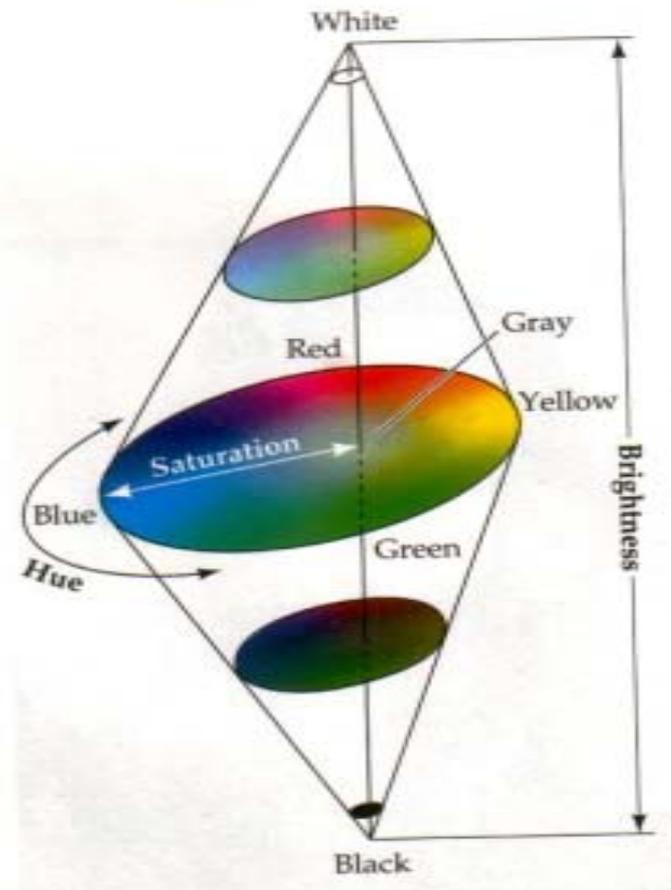
Ein weiteres Experiment

- Auch dieses Experiment lässt sich nun einfach erklären!



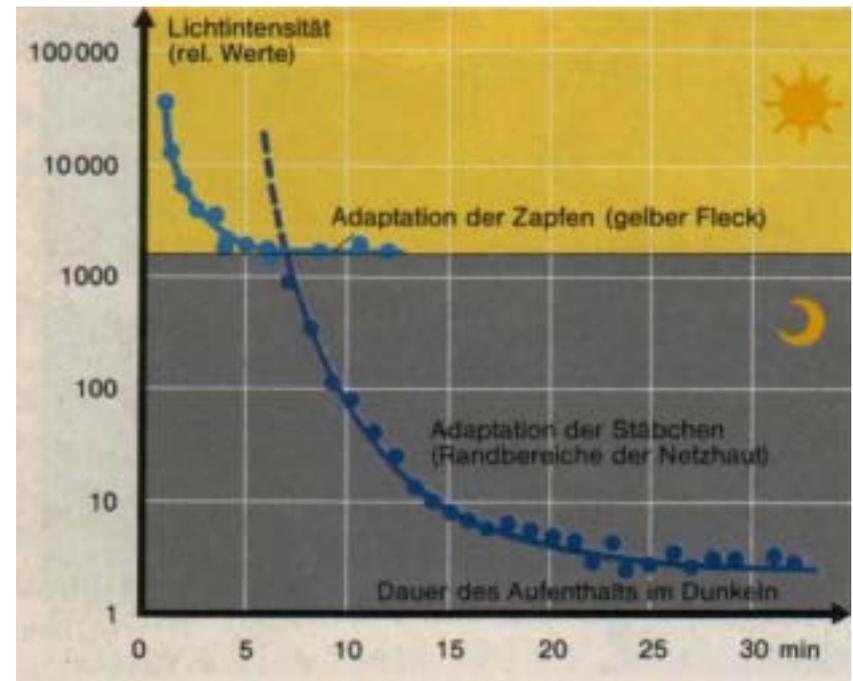
Mit diesem Wissen.....

- Können wir annähernd erklären, wieso der Mensch bis zu 7 Millionen Farbnuancen wahrnehmen kann!



Und....

- Wieso der Mensch am Tag Farben sieht und in der Nacht nicht!



Noch Fragen?

- Meine Quellen:

Text

=> [Colour Mechanisms of the Eye](#) (Denis Baylor)

Grafiken

=> Linder Biologie (J.B.Metzler)

=> Psychologische Biologie (Birbaumer/Schmidt)

=> Biological Psychology
(Rosenzweig/Breedlove/Leimann)

Danke



Schönen Tag noch!