

Visuelle Wahrnehmung

I. Die Verarbeitung visueller Information

- **Von den Ganglien zur visuellen Cortex**
- **Rezeptive Felder**
- **Der Aufbau des Kniekörpers und die visuelle Region der Großhirnrinde**

II. Unwillkürliche Augenbewegungen

- **Sakkadische Bewegungen**
- **Sakkadische Suppression**
- **Konvergenzbewegungen**

III. Räumliches Sehen

- **Geometrische Grundlage der Stereopsis**
- **Physiologie der Stereopsis**

IV. Farbwahrnehmung

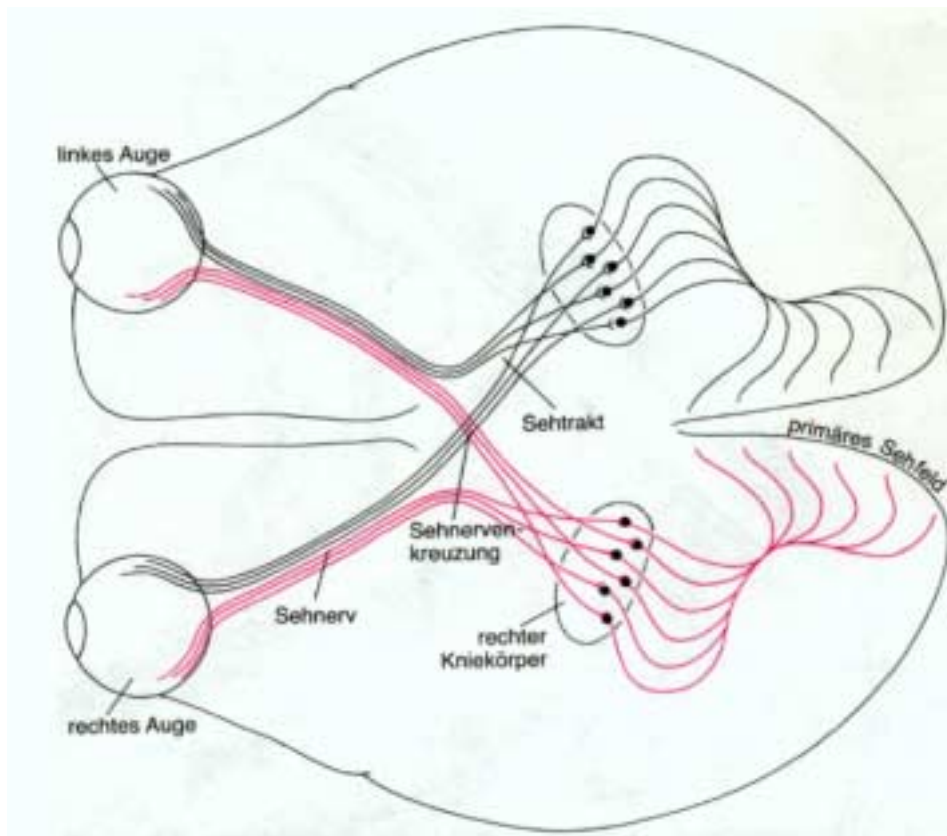
V. Optische Täuschungen

- **Negative Nachbilder**
- **Zöllner Figur**
- **Gittertäuschungen**
- **Müller-Lyer Täuschungen**

I. Die Verarbeitung visueller Information

Von den Ganglien zur Visuellen Cortex

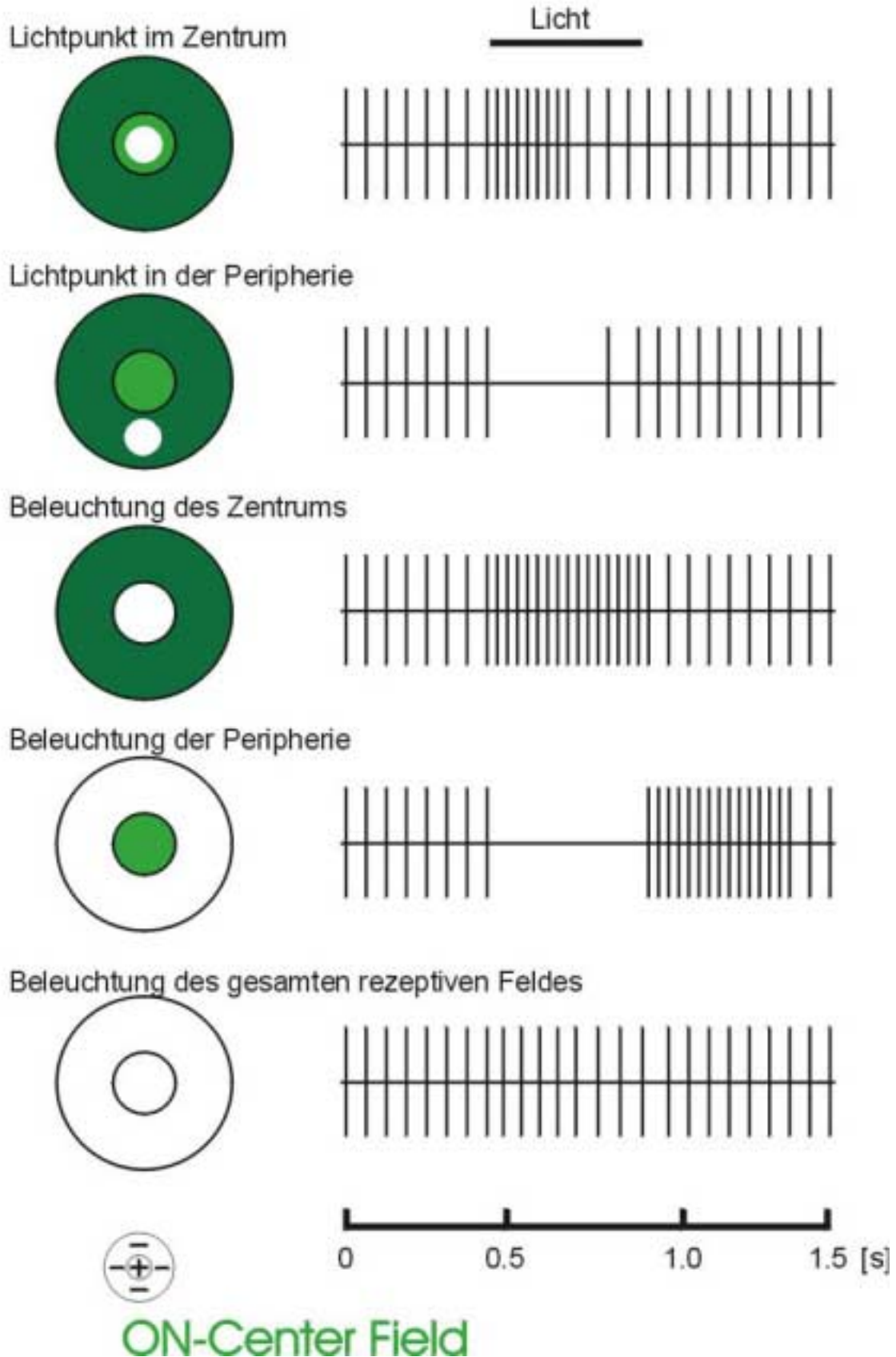
- Die Nervenfasern der Ganglien (10^6 /Netzhaut) bilden zusammen einen Sehnerv.
- Dieser Nerv leitet die Signale zu den Kniekörpern weiter, dessen Zellen sind wiederum über Synapsen mit dem primären Sehfeld verbunden. Dieses leitet die Informationen über mehrere Synapsen zu tief im Gehirn liegenden Stellen weiter, wo die endgültige Informationsverarbeitung stattfindet.



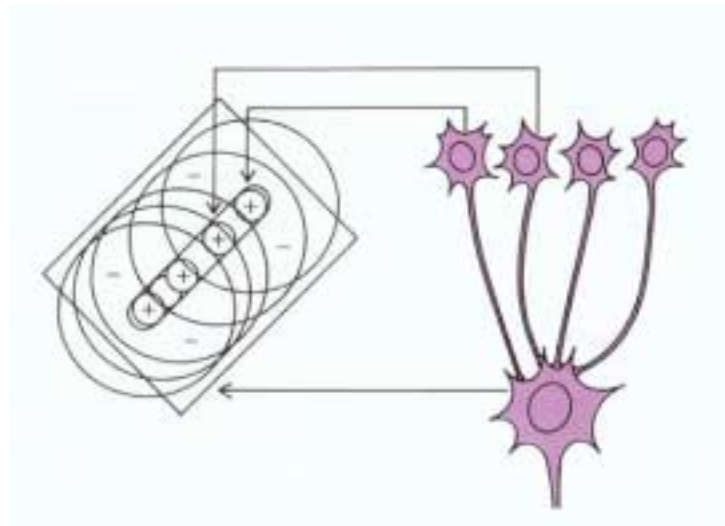
- Auffällig ist die Überkreuzung, welche das rechte Gesichtsfeld auf den linken Teil des Sehfeldes abbildet (und umgekehrt), der Grund hierfür ist unbekannt.

Rezeptive Felder

Ganglionzellen haben ein rundes rezeptives Feld mit einem Außen- und einem Innenbereich

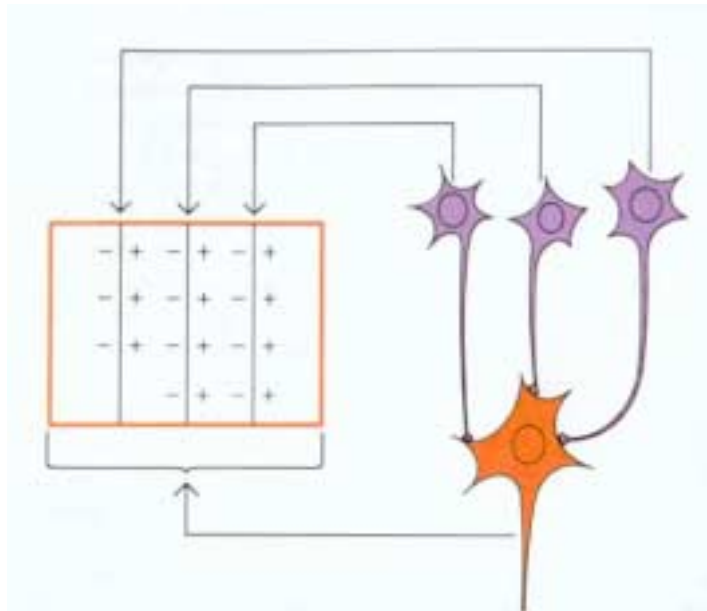


- Die so gewonnenen Informationen werden über Synapsen im Kniekörper mit dem primären Sehfeld verschalten.
- Trotz dieser „runden“ Felder reagieren die meisten Zellen primären Sehfeldes nicht auf Lichtflecken, sondern auf unterschiedlich orientierte Lichtstreifen. Diese Orientierung ist zellspezifisch und wechselt somit von Zelle zu Zelle. Eine Drehung des Lichtstreifens um 10° bezüglich der optimalen Ausrichtung ruft gewöhnlich keine Reaktion der Zelle mehr hervor.
- Diese Zellen sind von unterschiedlicher Komplexität und daher auch von unterschiedlicher Reaktion
- **einfache Zellen** erhalten ihre Signale direkt von den kreisförmigen rezeptiven Feldern und sind mit einheitlichen, in einer Linie liegenden Feldern verbunden.



- Diese Zellen reagieren nur auf Lichtstreifen einer bestimmten Orientierung und Lage im Gesichtsfeld und reagieren demnach auf bewegte Lichtstreifen nur mit einem kurzen Signal

- **komplizierte Zellen** verschalten einheitliche einfache Zellen miteinander und reagieren somit auf Lichtstreifen bestimmter Orientierung, wobei die Lage des Streifens unerheblich ist.



- Da in den komplexen Zellen eine Adaption (Anpassung) stattfindet reagieren diese Zelle nur kurz auf statische, anhaltend jedoch auf bewegte Streifen.
- **komplizierte Zelle mit bevorzugter Bewegungsrichtung** existieren; der ihre Bewegung erklärende Mechanismus ist aber noch nicht entdeckt.
- prinzipiell werden noch **monokulare**, das sind Zellen welche ihre Reize ausschließlich von einem Auge erhalten, und **binokulare** Zellen unterschieden.
- alle einfachen Zellen sind monokular, während ca. 50% der komplizierten Zellen binokular ist. Die rezeptiven Felder binokularer Zellen stimmen in Position, Orientierung und Richtungsspezifikationen überein.

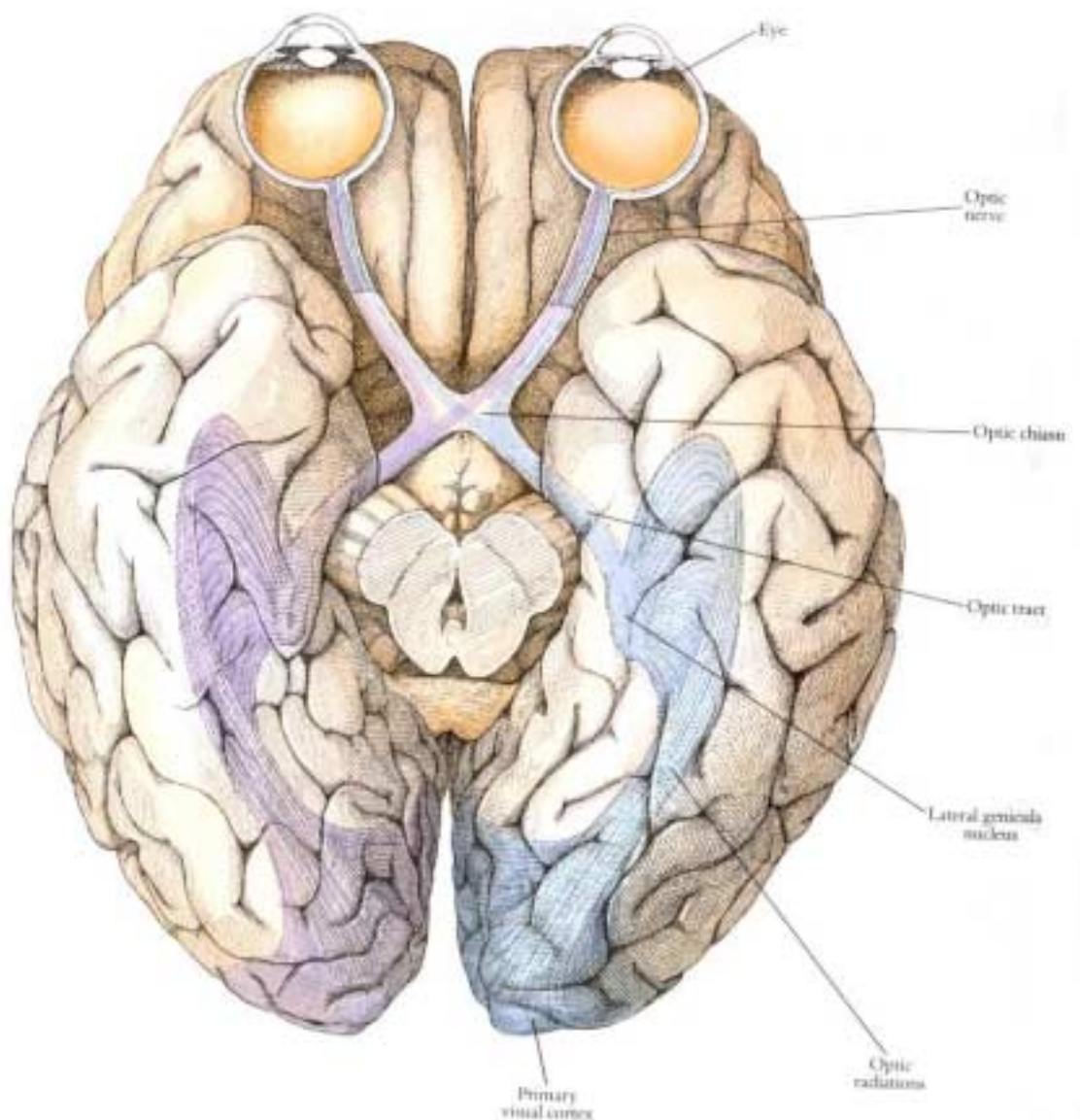
Der Aufbau des Kniekörpers und die visuelle Region der Großhirnrinde

- Der **Kniekörper** ist so aufgebaut, dass die Signale aus den verschiedenen Augen getrennt bleiben. Der Körper besteht aus 6 Schichten, welche entweder dem rechten oder dem linken Auge zugeordnet sind.



- In jede Schicht wird dieselbe Hälfte des Gesichtsfeldes projiziert, wobei übereinanderliegende Schichten dieselbe Position im Gesichtsfeld des jew. Auges repräsentieren

- die **Großhirnrinde** ist eine stark gefaltete 2 mm dicke Schicht aus Nervengewebe, welche die äußere Hülle der beiden Großhirnhälften bildet.
- Auseinandergefaltet bedeckt sie eine Fläche von 13,5m² und enthält 10¹⁰ Nervenzellen/mm², also insgesamt ca. 10¹⁰ Nervenzellen
- Die Zellen sind in 6 Schichten angeordnet und diese gleichförmigen Gewebeschichten sind in Regionen mit unterschiedlichen Funktionen unterteilt.



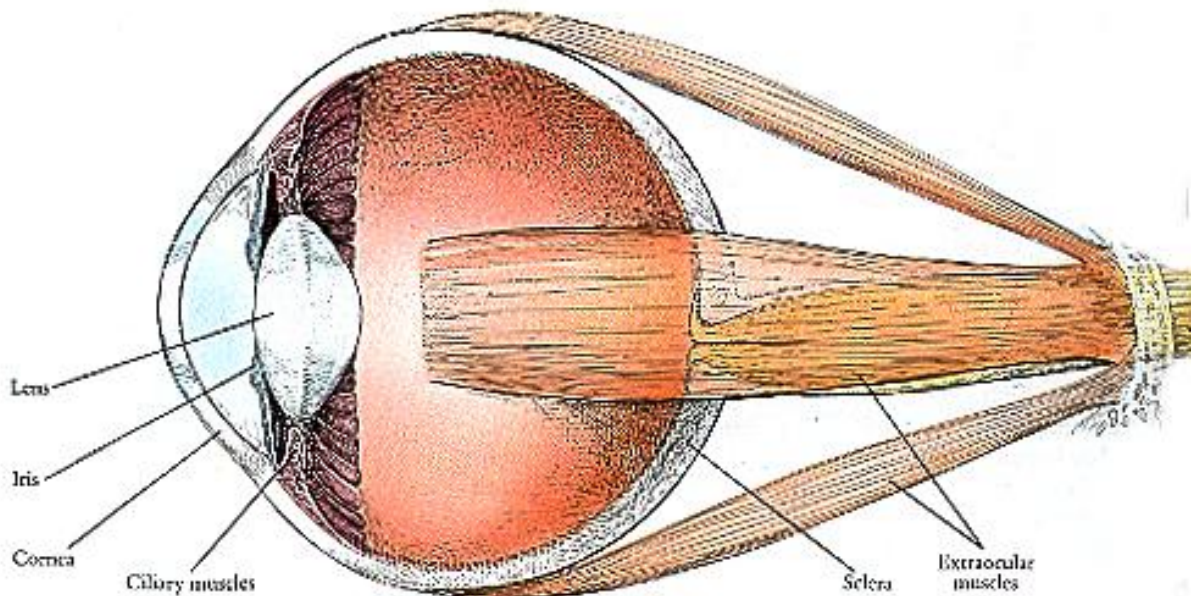
- Die Signale, welche ein Gebiet der Großhirnrinde erreichen, breiten sich in vertikaler Richtung durch alle Zellschichten hindurch aus, in seitliche Richtung hingegen kaum, wobei wieder ähnliche Felder des Sehfeldes übereinanderliegen. Somit werden Informationen kombiniert, welche aus nahe beieinander liegenden Regionen des Sehfeldes stammen.
- Die visuelle Cortex übernimmt also lediglich eine lokale Analyse der visuellen Information und kann sich somit immer nur auf Teile einer wahrgenommenen Figur beziehen. Wie eine Figur als Ganzes wahrgenommen und analysiert wird ist noch unklar.

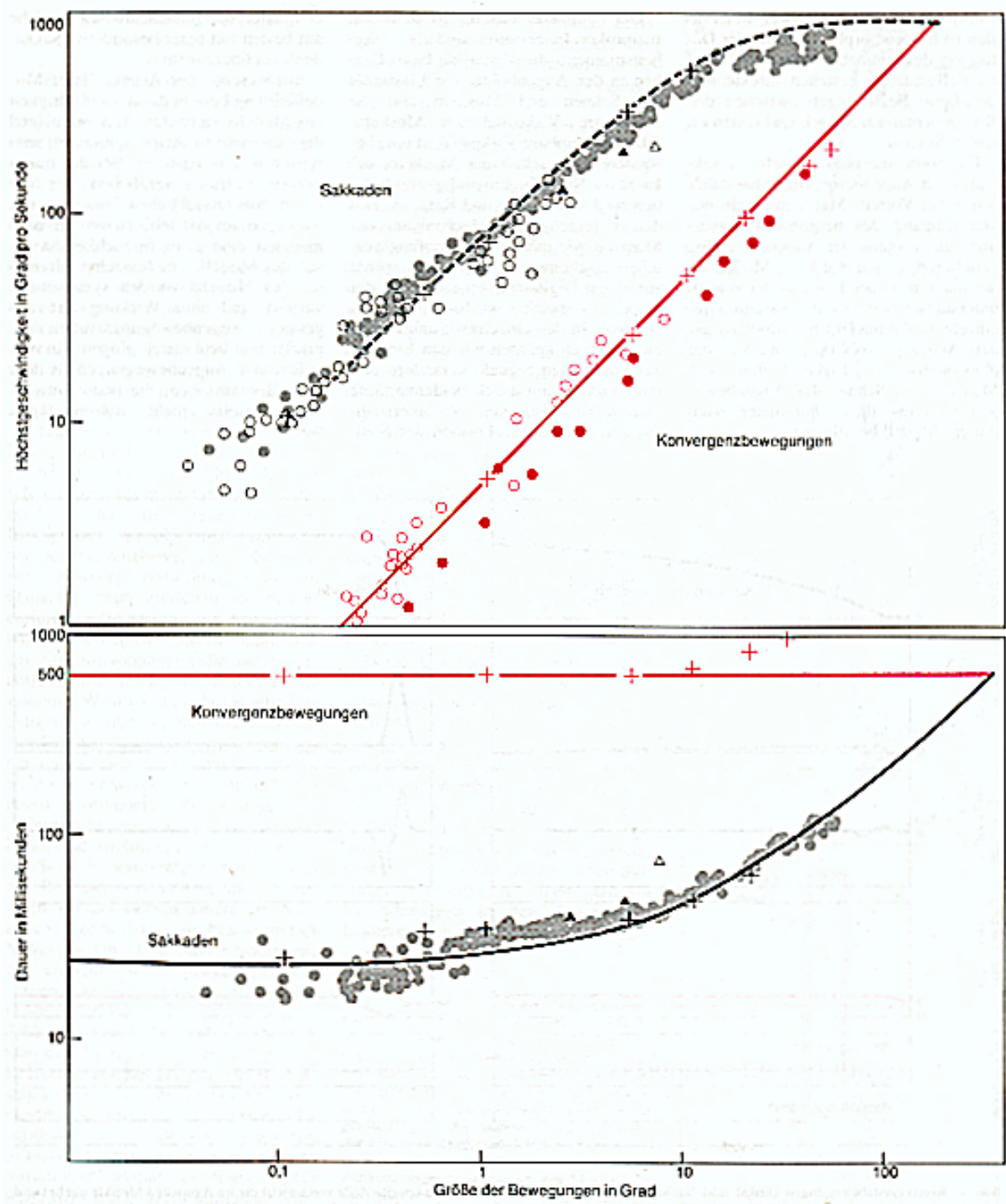
I. Unwillkürliche Augenbewegung

Sakkadische Augenbewegung



- Unter Sakkaden versteht man kleine, ruckartige Bewegungen der Augen
- diese haben das Ziel möglichst weite Teile des Blickfeldes auf die Fovea abzubilden, und ermöglichen letzten Endes das Wahrnehmen von Kontrasten und Farbveränderungen.
- Die Größe der Sakkaden schwankt zwischen 4' und 15° bei ca. 2 Sakkaden pro Sekunde und erreichen Winkelgeschwindigkeiten von mehreren hundert Grad/sec., und sind damit die schnellsten Bewegungen, die unser Körper machen kann.
- Ausgelöst werden sie durch ruckartige, koordinierte Bewegungen der äußeren Augenmuskeln (jew. ein A- und Antagonist)





- Auffällig ist hier, dass die jeweilige Dauer und die max. Geschwindigkeit einer Sakkade bestimmter Größe kaum variieren, unabhängig vom auslösenden Grund für die Sakkade

- Sakkaden schießen i.A. über ihr Ziel hinaus und müssen deshalb korrigiert werden. Je nach der Dauer der Korrekturbewegung unterscheidet man 3 Arten von Sakkaden
 1. Dynamische Überschuss-sakkade: ca. 20 msec Korrekturdauer in Form einer weiteren Sakkade
 2. Gleitende Überschuss-sakkade: ca. 200 msec Korrekturdauer in Form einer Glissade
 3. Statistische Überschuss-sakkade: Das Auge verharrt 150-200 msec in der falschen Position, anschließend eine weitere Sakkade

- Sakkaden, welche durch verschiedene Muskelpaare ausgelöst werden sind unabhängig und können sich beliebig überlagern

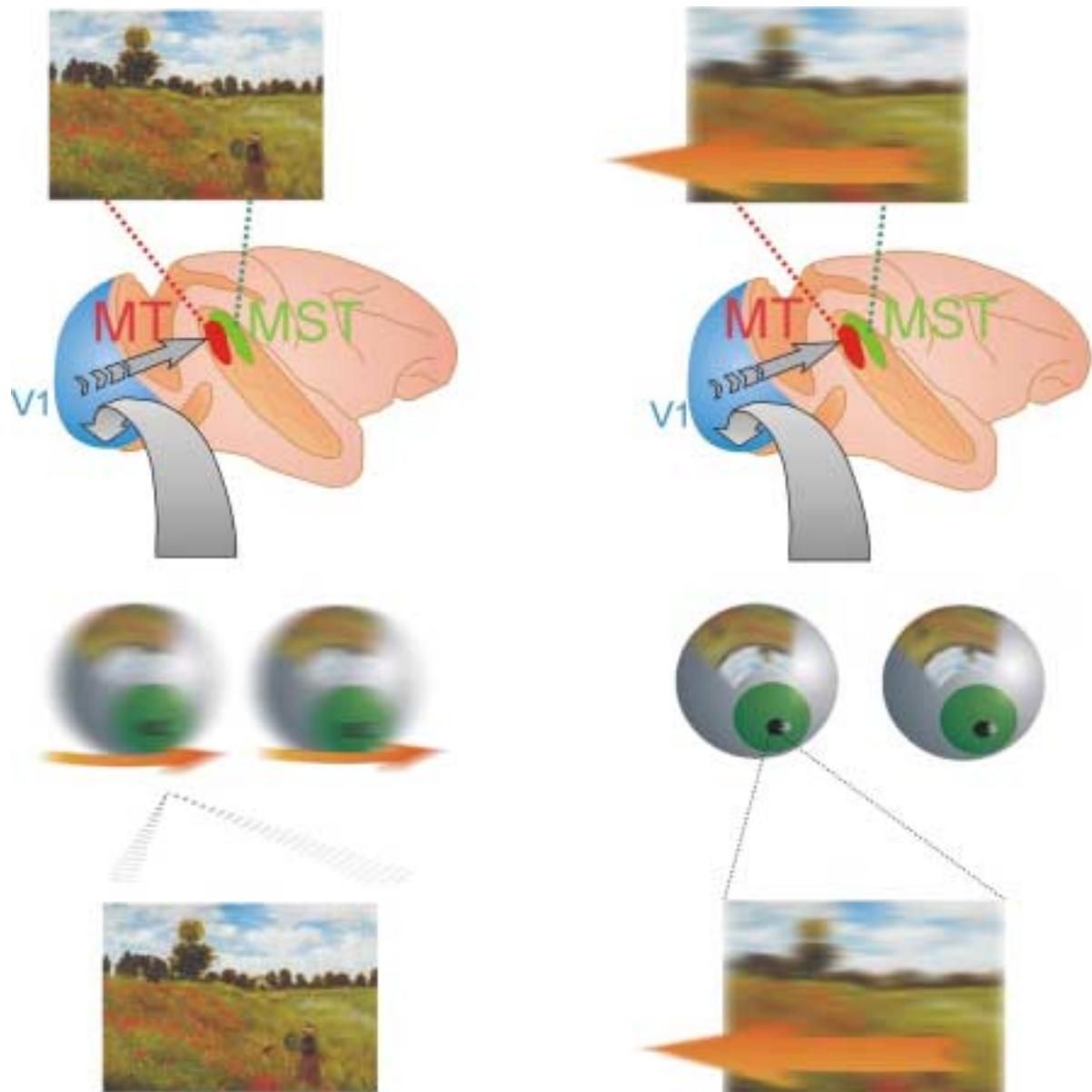
- Dank der starken Dämpfung des Augapfels gerät dieser nicht in Schwingung durch die auftretenden Sakkaden

Sakkadische Suppression

- Sakkaden können visuell nicht selbst wahrgenommen werden, da das Auge während der Dauer einer Sakkade den Sehvorgang unterdrückt und das zu erwartende Bild „vorausberechnet“. (Sakkadische Suppression)

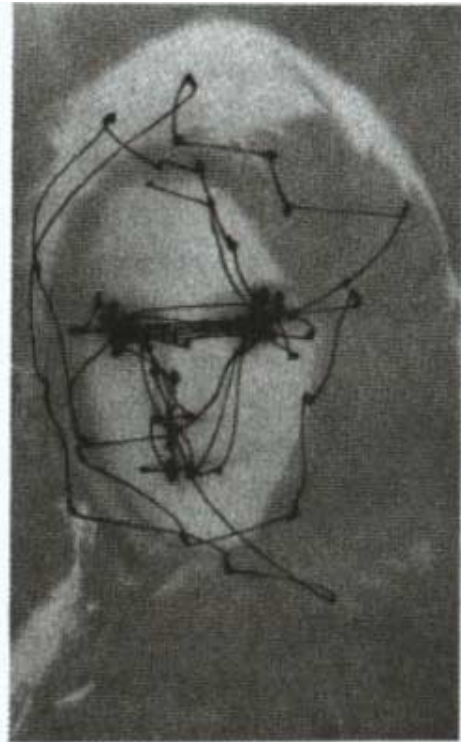
- Dieser Vorgang findet in den Arealen MT (medio temporales Areal) und MST (medie – superior temporales Areal) statt. Dort existieren Neuronen, welche auf bestimmte Bewegungsrichtungen spezialisiert sind und diese Orientierungen während einer Sakkade umkehren können. Dies liefert zusammen mit den herkömmlichen, ihre Orientierung beibehaltenden Neuronen ein widersprüchliches Signal, was dazu führt, dass das Gehirn gar kein bewegtes Bild wahrnimmt.

Sakkadische Suppression



Konvergenzbewegungen

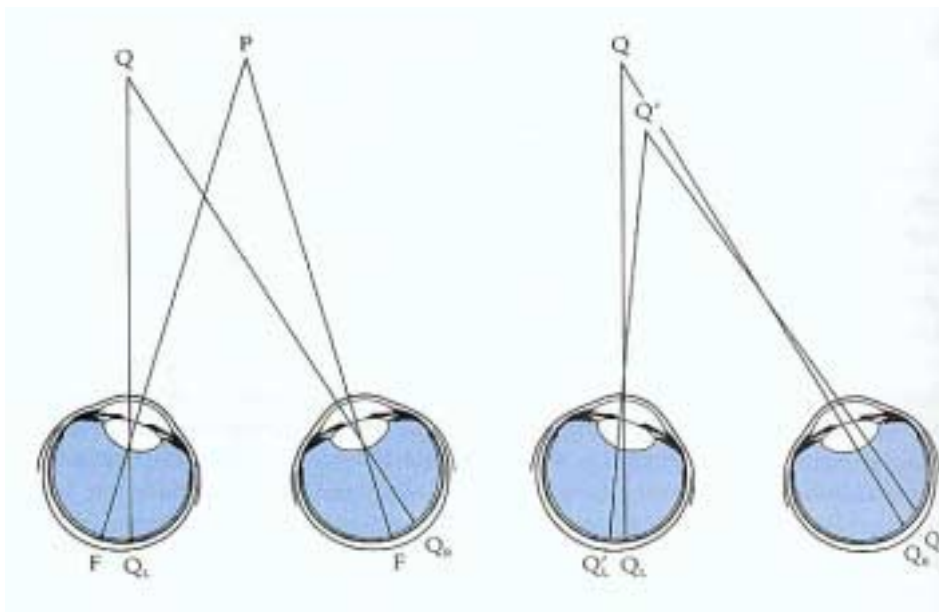
- Diese 2. Art der Augenbewegung tritt ein, wenn wir zwischen nahen und entfernten Zielen akkomodieren
- Konvergenzbewegungen verlaufen langsam und gleichmäßig, das Auge muss keine Ausblendungen vornehmen.



Räumliches Sehen

Geometrische Grundlage der Stereopsis

- Diese wohl wichtigste Methode räumliche Tiefe wahrzunehmen, basiert auf den beiden unterschiedlichen Blickwinkeln unserer beiden Augen.
- Beim Betrachten eines Punktes (P) richten wir unsere Augen so aus, dass der Punkt von beiden Augen auf die Fovea abgebildet wird.



- Von uns gleichweit entfernte Punkte (Q) werden auf den korrespondierenden Punkten unserer Retina abgebildet (Q_1 und Q_2). Alle Punkte mit dieser Eigenschaft fasst man unter dem Begriff Horopter zusammen. Die Verschiebung nicht korrespondierender Punkte nennt man Disparation.

- Liegt ein Punkt (Q') näher als der betrachtete Horopter, so ergibt sich eine Querdisparation.
- Ist der Punkt innerhalb der sog. **Panum-Arealen**, d.h. , ist die horizontale Disparation nicht größer als 0,6 mm (nach außen oder innen) auf der Retina, so können die nicht korrespondierenden Bilder von unserem Gehirn zu einem 3d-Bild zusammengesetzt werden. Außerhalb dieser Areale ergeben sich Doppelbilder.
- Skizze an Tafel

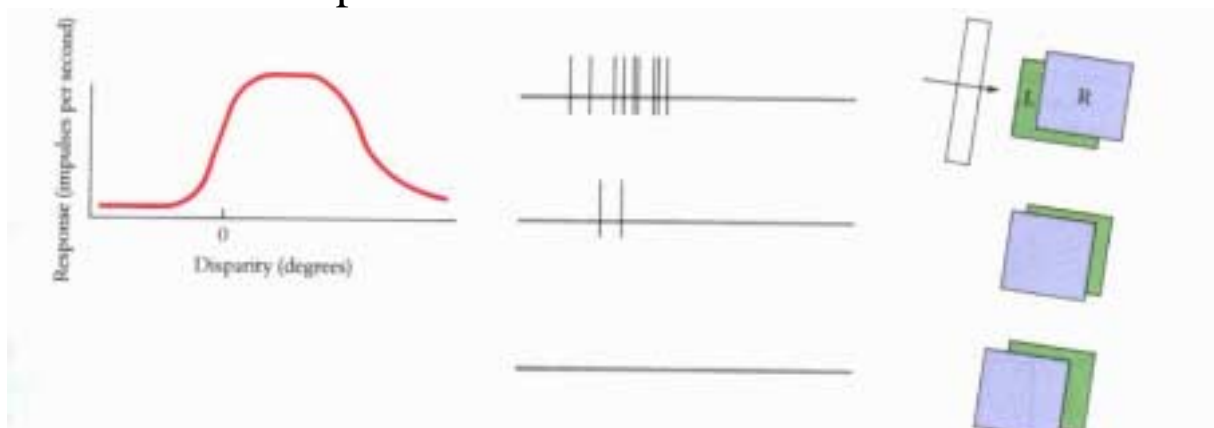
Physiologie der Stereopsis

- Da sich die einzigen binokularen Zellen bereits in der visuellen Cortex befinden, kann dieser Vorgang erst dort beginnen.
- Mind. 2 Zellarten: Zellen für gleiche und für unterschiedliche Distanzen

Auf dem Horopter



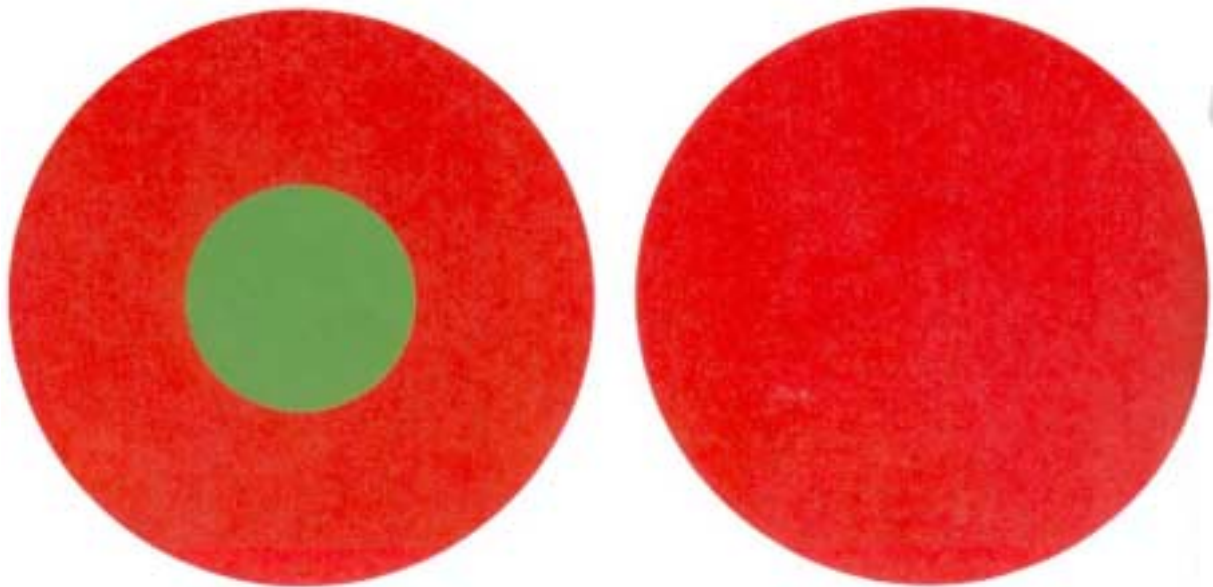
Hinter dem Horopter



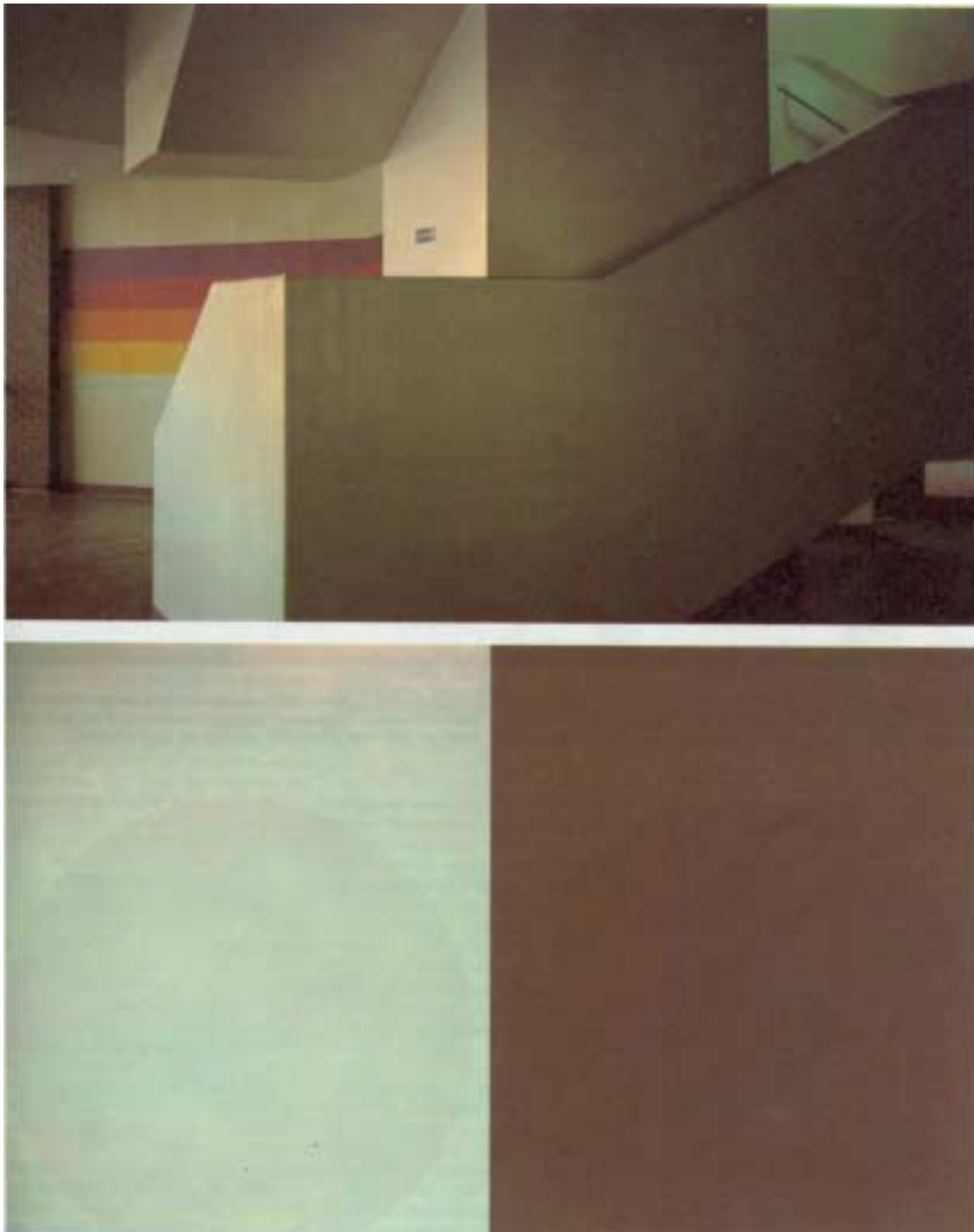
- Reaktion nur auf beide Augen
- ansonsten gewöhnliche komplexe, richtungsspezifizierte Zellen
- wahrscheinliche Existenz von Zellen für jede Tiefe

Farbwahrnehmung

- Farbsehen \Leftrightarrow vergleich der Lichtintensität verschiedener Grenzflächen
- Zitterbewegungen (30-50Hz)



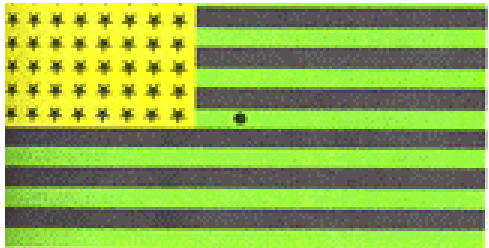
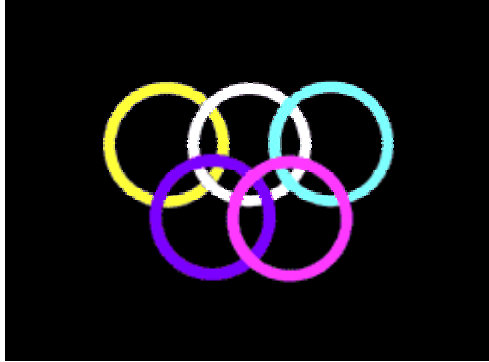
- Vergleich des Lichtes an Grenzlinien \rightarrow Auskunft über Beleuchtung und Farbe \rightarrow Farbkonstanz



- Farbwahrnehmung benötigt auch räumliche Information

Optische Täuschungen

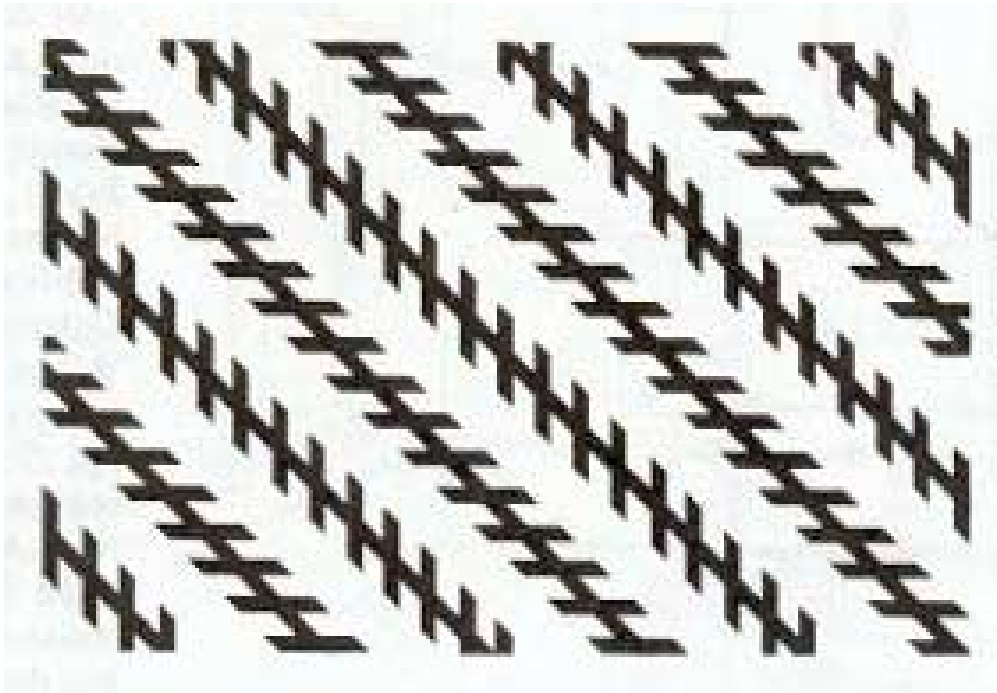
Negative Nachbilder



- Entstehung durch Ermüdungserscheinungen → Komplementärfarbe dominiert

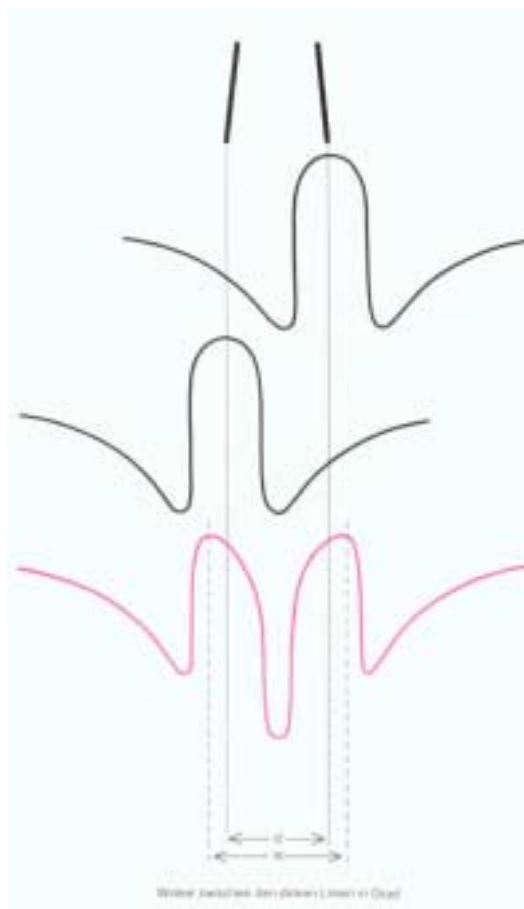
- Entstehung der Täuschungen in den folgenden Figuren erst nach den Kniekörpern

-Zöllner-Figur



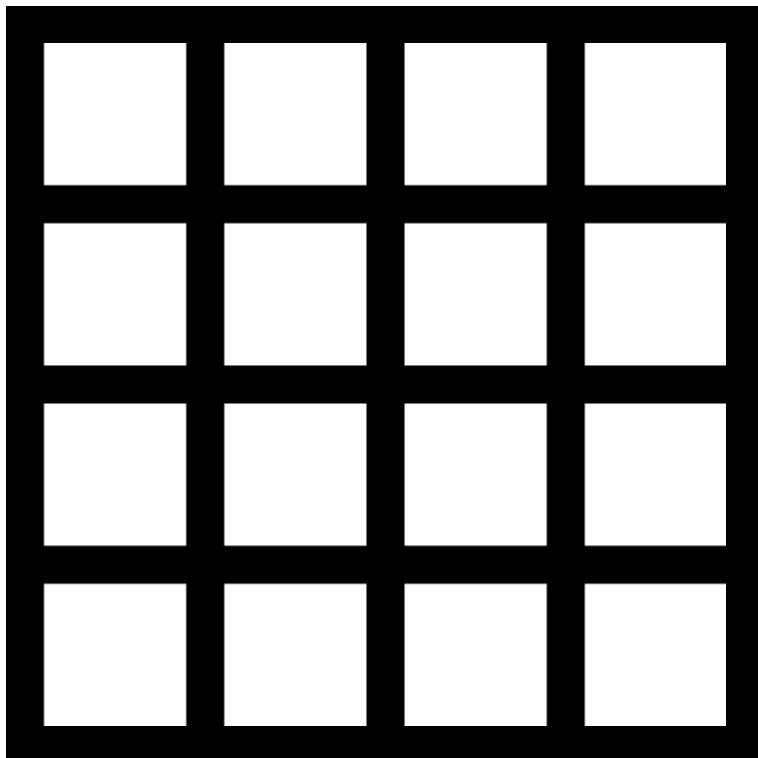
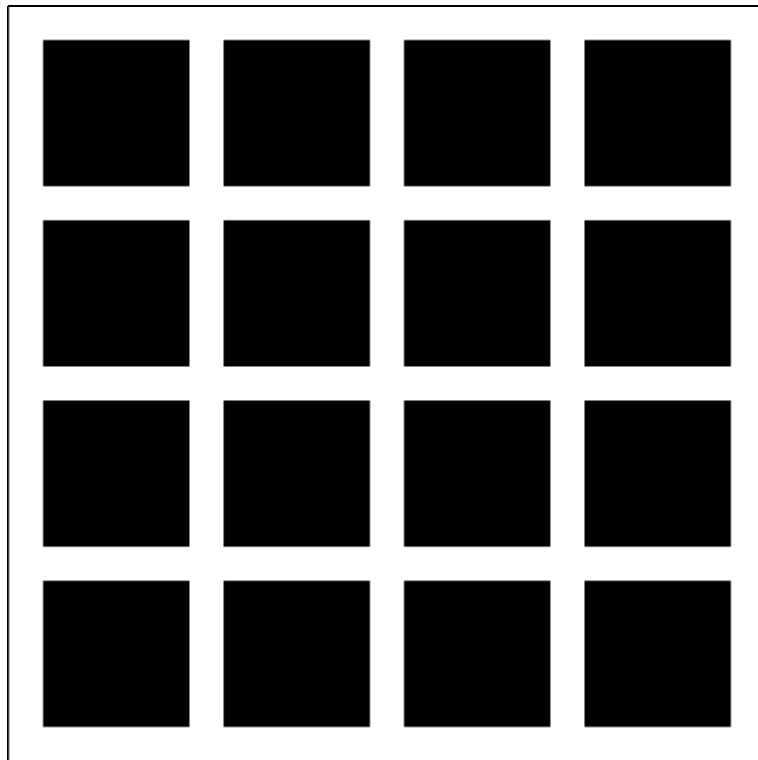
- Winkelvergrößerung bei großen Winkeln

(stark schematisiert)



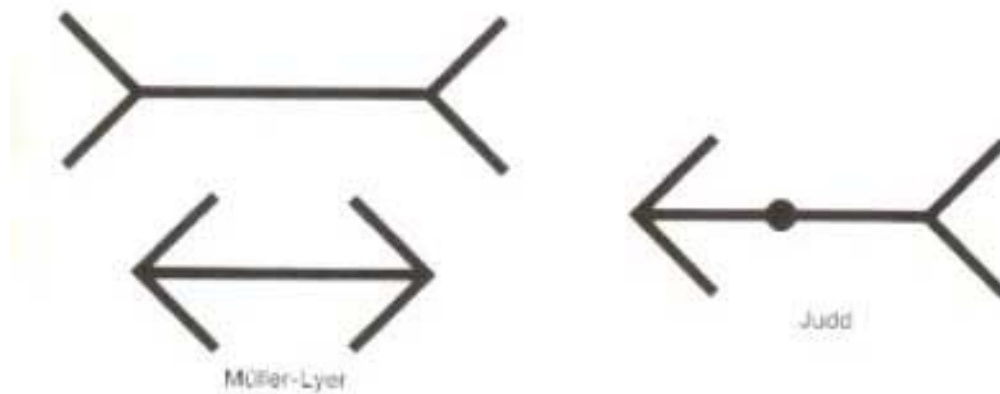
- Die einzelnen Kurven stehen schematisch für die ausgebildeten Erregungsmuster in der Sehrinde.

Gittertäuschungen



- Basiert auf dem Prinzip der lateralen Hemmung

Müller-Lyer-Täuschung



- Erklärungsansätze:
- Blick auf die meisten entscheidenden Details
 - Filtertheorie
 - perspektivische Interpretation

