

**Unterrichtsmaterial Sek II**

**«Sehen»**





## Unterrichts-Themenkreis

Der vorliegende Themenkreis erlaubt es der Lehrperson, mit dem gesamten Material in Form von Lektionen, Präsentationen, Experimenten, Arbeitsblättern, Filmen, Modellen und Vortragsunterlagen für die Schüler, den Stoff frei zusammen zu stellen und je nach gewünschtem Schwierigkeitsgrad den Schülern oder Gruppen von Schülern zuzuweisen.

- Das gesamte Paket enthält alle notwendigen Unterrichtsinhalte, Übungen, Arbeitsanleitungen, Tests und andere Hilfsmittel, die die Schüler/innen brauchen, um attraktiv lernen zu können, partiell ohne Lehrperson oder indem die Lehrperson nur Einführungen und Begleitung stellt. Die Lektionsanweisungen pro Themenbereich leiten durch den Unterricht.
- Dabei arbeiten die Schüler/innen abwechselnd allein, mit einem Partner, in kleinen Gruppen, mit der Lehrperson im Plenum oder die Lehrperson arbeitet intensiv mit einer Gruppe, während die anderen Schüler selbständig arbeiten.
- Die gesamte Bearbeitungszeit kann 10 bis 35 Stunden umfassen, je nach Gewichtung durch die Lehrperson.
- Der Unterricht sollte in Einheiten von 30 bis 90 Minuten gegliedert und hierarchisch geordnet (jeder Teil baut auf dem Vorhergehenden auf) durchgeführt werden. Das Material hat einen wichtigen pädagogischen Nebeneffekt: Die Schüler/innen lernen, ihr Lernen zusammen mit der Lehrperson und untereinander zu organisieren.

### Pädagogische Gewichtung

- Der Themenkreis arbeitet mit Zielvorgaben, die dem Unterricht eine klare Richtung geben und die Lernenden orientieren. So ist die Wissensvermittlung gut organisiert, die Inhalte bauen aufeinander auf.
- Es gilt das "Mastery-Prinzip", d. h.: Nach jedem Kapitel müssen die Lernenden einen Test absolvieren oder eine spezielle Verständnisaufgabe lösen, ihr Wissen in einer neuen Form präsentieren und so zeigen, dass die Ideen verstanden und verankert sind. Erst dann wird die nächste Einheit behandelt. Andernfalls muss der entsprechende Stoff noch einmal durchgearbeitet werden.
- Die Schüler/innen bestimmen zu einem grossen Teil das Tempo selbst. Schnell-Lerner erhalten anspruchsvollere Aufgaben und zusätzliche Projekte wie Experimentaufbau und -durchführung, Vortragsaufgaben, Umfragen etc. und haben dadurch keinen Leerlauf. Sie arbeiten also mit Zusatzmaterial. Die Langsamen werden so nicht abgehängt.
- Im Themenkreis-Unterricht kommen verschiedene methodische Ideen zur Anwendung, was Abwechslung und eine attraktive Rhythmisierung ergibt.

## Inhaltsorientierung

Die Themenbereiche des Unterrichts berücksichtigen verstärkt die persönlichen Erfahrungen und Interessen der Lernenden und fordern sie zur emotionalen und kognitiven Auseinandersetzung heraus. Darüber hinaus orientieren sie sich in der Berufsausbildung in immer stärkerem Masse an ausser- und nachschulischen Handlungsfeldern im privaten und beruflichen Bereich.



## Lernorientierung und Prozessorientierung

Im Bereich der Erarbeitung des Themenkreises sind die Schüler keine Objekte, denen Lerninhalte „vermittelt“ werden. Sie werden vielmehr als eigenaktive "Lernende" anerkannt, die das dargebotene Material sowie die Informationen des Lehrers für sich verarbeiten. Sie verstehen Inhalte auf der Grundlage ihrer individuellen Lerndispositionen (intellektuelle und affektive Faktoren) und Lernweisen sowie ihres Vorwissens und ihrer vorangegangenen Lebens- und Lernerfahrungen; in diesen Bestand integrieren sie neue Informationen sowie entsprechende Inhalte und bauen so ihr Wissen aus. Das verändert die Position und auch die Funktion der Lehrperson: sie wirkt verstärkt als Classroom Manager, Coach und Lernvermittler und bietet den Schülern Hilfen für ihre Wissenskonstruktion an.

Die wesentlichen Grundlagen dieses lern- und prozessorientierten Ansatzes sind:

- Reflektiertes Zusammenspiel von Öffnung und Steuerung
- Förderung des selbstbestimmten Lernens
- Förderung der Entwicklung individueller Lernstrategien
- Aufgaben individuell zuweisen, je nach Stärken (Lerngruppen bilden)
- Sehr schnelle und sehr langsame Lernende mit Spezialaufgaben versorgen

Dies geschieht in Partner-, Gruppen- und Projektarbeit (mit gemeinsamer Erörterung, Planung und Diskussion).

## Methoden

### Lernaufgabe

Die Lernaufgabe ist ein wichtiges didaktisches Instrument in der modernen Unterrichtsführung. Die Lehrperson gibt während der Stunde eine schriftliche Aufgabe vor (z. B. Vortragsunterlage, Experiment etc.). Diese ist so gestellt, dass die Schüler/innen während der Bearbeitung etwas Neues lernen. Deshalb Lernaufgabe.

Das beste Vorgehen ist dabei: Die erste Hälfte eines Themas unterrichten Sie. Die andere Hälfte erarbeiten die Lernenden selbst aufgrund einer schriftlich verteilten Aufgabe für Individuen oder Kleingruppen.

### Werkstatt

Das Wort "Werkstattunterricht" bedeutet: Es gibt Rohmaterial, Werkzeuge, Anleitungen, Aufgaben. Die Lernenden werken damit. Sie setzen zusammen, erstellen, fabrizieren etwas. In der Werkstatt wird immer etwas konstruiert. Das Ergebnis des Lernprozesses kann man sehen, lesen, anfassen, riechen, spüren oder hören.

Werkstattunterricht ist nie Training, Übung oder Belehrung. Die ideale Werkstatt ist darauf angelegt, alle Sinne anzusprechen. Sie bietet neben Texten auch Bilder, Grafiken, Dias und Video an. Die Werkstatt vermittelt nicht nur den Stoff, sondern zeigt Verbindungen zwischen Schulwissen und Alltag auf.

An jedem Posten finden die Lernenden schriftliche Aufträge und Lernangebote. Sie bearbeiten diese nach individuellem Tempo.

Die Anzahl der Aufträge sollte etwa ein Drittel höher sein als die Zahl der Schüler. Für eine Klasse von 20 Schülern sind also 26 bis 27 Aufträge angebracht. Davon sind rund 75 % obligatorisch, 25 % der Aufgaben können frei ausgewählt werden.

# Pädagogischer Guide

Sehen, das Auge, Optik, Licht



3/4

## Mini-Teacher

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten einen Teil des Stoffes und unterrichten danach ihre Kameradinnen und Kameraden.

### Beispiel:

Teilen Sie einen Teil des ausgewählten Stoffes in 4 Bereiche ein. Die Klasse wird ebenfalls in 4 Gruppen aufgeteilt. Jeder Schüler bekommt eines der vier Gebiete zugeteilt. Zuerst befasst er sich alleine mit dem Gebiet, bis er die Grundkenntnisse besitzt. Dann trifft er sich mit jenen Schülern, die dasselbe Thema behandeln in der Expertenrunde an einem Tisch. So kommen z. B. alle Schüler zusammen, die das Thema "xx" behandeln. In der Expertenrunde diskutieren die Schüler, was sie nicht verstanden haben. Sie erarbeiten Präsentationsformen, Illustrationen und alles weitere, was den Stoff spannend machen kann.

Wenn die Schülerinnen und Schüler sicher sind, was sie unterrichten wollen, gehen sie zu den anderen Schülern. Jeder Schüler unterrichtet drei andere Schüler über ihr Gebiet.

In Ihrer Klasse findet also in mehreren Gruppen der gleiche Unterricht statt, den Sie sonst als Lehrerin oder Lehrer mit der ganzen Klasse durchführen würden.

### Effekte der Methode:

- produziert ein hohes Time on Task
- steigert massiv das Selbstwertgefühl und das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit
- macht mehr Freude an der Schule
- senkt die Aggressionsbereitschaft innerhalb der Klasse
- erhöht die Wertschätzung der Schüler/innen untereinander
- verbessert die Schulleistung

## Vorträge

Lehrerinnen und Lehrer sprechen in der Regel während rund 45–50 Prozent der Unterrichtszeit: Der Lehrer stellt ein paar Fragen, redet selbst einige Minuten, gibt Anweisungen, stellt wieder Fragen, redet wieder einige Minuten. Der Unterricht besteht aus einem Gemisch halbentwickelter Unterrichtsmethoden - und läuft Gefahr, langweilig zu werden.

Was ist besser? Zwischendurch einen sauberen Lehrervortrag halten (15–20 Minuten). Der muss vorher überlegt und zeitlich festgelegt werden. Attraktiv ist es auch, dass Schüler derartige Kurzvorträge halten, gut vorbereitet, versteht sich.

## Gruppenarbeit

Gemäss Forschungen funktionieren folgende Formen der Gruppenarbeit am besten: die Mini-Teacher-Methode und die Kleingruppenarbeit im üblichen lehrergesteuerten Unterricht. Es handelt sich dabei um eine fünf bis zwanzig Minuten dauernde Gruppenarbeit, z. B. während der Lektion oder nach dem Vortrag.





## Checkliste für eine umfassende Gruppenanleitung:

Die Lehrperson muss die Schüler zum Thema hinführen. Das heisst, den Arbeitszusammenhang der Aufgabe aufzeigen; den fachlichen Kontext der Aufgabe erläutern. Die folgenden Fragen sind zu beantworten: Was soll das Ganze? Warum überhaupt diese Aufgabe?

- Aufgabe eindeutig stellen
- Kriterium: Die Aufgabe muss nach einmal Hören und Lesen verstanden sein.
- Formale Antwortstruktur bekanntgeben
- Was erwarten Sie? Worauf kommt es Ihnen an? Massstab mitteilen
- Wie genau? Wie viel? Wie exakt? Wie viele Fehler werden toleriert?
- Arbeitsform bestimmen

Alles ist möglich – vom Extrem A: "Ihr seid 23 Leute. Organisiert euch selbst. Wir sehen uns in drei Stunden wieder", bis zum Extrem B: "Ihr arbeitet zu zweit. Ihr notiert zuerst allein 5 Minuten eure Idee, dann vergleicht ihr sie mit dem Banknachbarn."

## Exploratives Lernen

Beim "Entdeckenden Lernen" bzw. beim "Gelenkten Entdeckenden Lernen" stehen die Lernenden selbst im Mittelpunkt: Sie erarbeiten selbstständig neue Zusammenhänge und erkunden Phänomene auf eigene Faust. Dabei werden sie mehr oder weniger von der Lehrperson angeleitet bzw. gelenkt.

Das "Entdeckende Lernen" nimmt so Rücksicht auf die individuellen Bedürfnisse der Lernenden. Und doch ist wichtig: Nicht um beliebige geistige Erlebnisse geht es, sondern darum, von einer Wissens- und Informationsbasis aus in Eigenregie unbekannte Probleme oder nicht gelöste Fragestellungen zu bewältigen. Ein Nachteil des "Entdeckenden Lernens" ist, dass die Lehrperson mit halbperfekten Lösungen leben (können) muss. Positiv zu Buche schlägt dafür, dass man mit dieser Unterrichtsmethode einen besseren und nachhaltigeren Transfer erzielt.

## Fallstudie

In einer Fallstudie werden offene Fragen thematisiert. Zur Beantwortung der Fragen erhalten die Schüler/innen im Unterricht alle nötigen Materialien - allerdings nicht didaktisch aufbereitet, sondern als Originaldokumente (Quelltexte, Internet-Links, Zeitungsartikel, Gutachten etc.).

Für die erfolgreiche Anwendung der Unterrichtsform Fallstudie ist eine offene und realitätsbezogene Fragestellung entscheidend.

## Vielfalt beim Output

Es entstehen im Lauf des Unterrichts: Modelle, Wand- oder Klassenzeitung, Ausstellungen, Flugblätter, Erhebungen und Umfragen (nicht nur klassenintern-fiktiv, sondern real und damit in eine öffentliche Diskussion eingreifend); Teilnahme an einem Preisausschreiben oder Wettbewerb; Simulation, Rollenspiel, szenisches Spiel, Musik, Tanz, Theateraufführung, Elternabend; Klassenfahrt, Exkursion usw.

# Lektionsplanung „Sehen“ Sek II



Nr.	Thema	Worum geht es? / Ziele	Inhalt und Action	Sozialform	Material	Zeit
1	Was bedeutet Optik?	Wellenlängen verstehen und zuordnen. Visualisieren.	Definitionen erarbeiten. Beispiele nennen. Wellenspektrum beschriften. Farben mit Wellenlängen versehen.	EA Plenum	Arbeitsblätter Lösungen	35'
2	Licht in der Physik	Erfassen der Sonnen- und Lichtfakten. Wiedergeben des Wissens. Kennen der Licht-Masseinheiten. Lichtreflexion nachvollziehen.	Sonnentexte lesen, Zahlen studieren, Vergleiche anstellen. Lichteinheiten in Zusammenhang stellen. Lückentext und Arbeitsblatt lösen.	EA	Leuchtkörper verschiedener Art Arbeitsblätter	60'
3	Experimente 1	Erleben der Theorie in der Praxis.	Experimente gemäss Anleitung.	Plenum GA/EA	Experiment- beschreibungen PPT-Präsentation	30'
4	Wortfeld „sehen“	Sprachliche Auseinandersetzung mit „sehen“.	Texte und Aufgaben erarbeiten gemäss Anweisung.	EA	Arbeitsblätter	120'
5	Das Auge	Kennenlernen des Normalauges und der Abarten und deren Korrekturen.	Biologie und Aufbau des Auges studieren. Arbeitsblätter lösen.	Plenum GA EA	Text, Modelle, Arbeitsblätter, Präsentationen	180'
6	Auge-Test	Lösen der Arbeitsblätter	Aufgaben beantworten.	EA	Arbeitsblätter	30'
7	Optische Täuschungen	Kennen der wichtigsten Täuschungen. Spas und Vergnügen, Knobeln und Suchen.	Phänomene durch die Lehrperson vorführen lassen (Präsentation).	Plenum	Informationstext Präsentation	45'
8	Vorträge zu Optik	Vorbereitung der Vorträge und Präsentieren.	Kurzvorträge zu neuen Themen aufbereiten.	GA	Anleitungen für die Kurzvorträge	45'
9	Umgang mit Kunden	Erfassen, was Firmenqualität ausmacht. Motivationsfaktoren aufzählen. Beherrschen der Kundendienst- und Verkaufsgrundlagen.	Texte studieren. Definitionen aufstellen, Kodex formulieren Verkaufsphasen im Detail analysieren. Verkaufsphasen in Rollenspielen üben. Gesamtes Verkaufsgespräche üben Verkaufsgespräche „im scharfen Schuss“.	Plenum EA GA	Texte, Musterbeispiele, Produkte, Dienstleistungsmodelle	180'

Die Zeitangaben sind Annahmen für den ungefähren Zeitrahmen und können je nach Klasse, Unterrichtsniveau und -intensität schwanken!

# Lektionsplanung „Sehen“ Sek II








Ergänzungen/Varianten	
Legende	EA = Einzelarbeit / Plenum = die ganze Klasse / GA = Gruppenarbeit / PA = Partnerarbeit / SuS = Schülerinnen und Schüler / LP = Lehrperson
Exkursionen	Besuch eines Augenoptikers oder Hersteller optischer Geräte
Projekte	Siehe pädagogischer Guide 00, Bau eines Diaprojektors, Brillen sammeln für Drittweltländer
Kontaktadressen	<p>Kostenlose Bestellung von Linsen für Experimente unter:</p> <p>AOVS Augenoptik Verband Schweiz            Seilerstrasse 22            Postfach            CH-3001 Bern            Tel. +41 (0)31 310 20 16</p>
Eigene Notizen	

# Was bedeutet Optik?

Lehrerinformation



1/5

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Definitionen erarbeiten Beispiele nennen Wellenspektrum beschriften Farben mit Wellenlängen versehen
<b>Ziel</b> 	Wellenlängen verstehen und zuordnen Visualisieren Beispiele
<b>Material</b> 	Arbeitsblätter Lösungen
<b>Sozialform</b> 	Plenum EA
<b>Zeit</b> 	35'

- Definitionen sind genau zu erarbeiten, auch von den Schülern zu wiederholen, damit sie sitzen.
- Gerade die Farben können mit Farbbeispielen im Schulzimmer repetiert werden. (Welche Wellenlänge hat diese Blume, der Stuhl etc.)

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- Farbwellenlängentabelle erstellen (Info ab Internet)
- Einen Kurzvortrag mit allen Farben erstellen

# Was bedeutet Optik?

Arbeitsblatt



## Aufgabe:

Lies die Texte und löse die gestellten Aufgaben.

## Optik

**Das Wort Optik** stammt aus dem griechischen „optike“, was dort „Lehre vom Sichtbaren“ heisst oder vom Wort „optiko“ = „zum Sehen gehörig“ aber auch von „opsis“ = „das Sehen“.

Optik ist ein **Bereich der Physik**, der sich mit der Ausbreitung von Licht und dessen Wechselwirkung mit Materie (Brechung, Spiegelung etc.), insbesondere im Zusammenhang mit optischen Abbildungen, beschäftigt.

Optik wird daher auch als **die Lehre vom Licht** bezeichnet.

Optik wird aber auch die Summe aller **optischen Bauteile** eines optischen Gerätes genannt.

Nenne **vier** optische Geräte:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

## Licht

Das Licht ist der für Menschen sichtbare Bereich der **elektro-magnetischen Strahlung**. Dieser Bereich erstreckt sich von etwa 380 bis 780 nm (Nanometer = 1 Millionstel Teil eines Meters) Wellenlänge, was einer Frequenz von etwa 789 bis 385 THz (1 Billion Herz = 1'000'000 Schwingungen pro Sekunde) entspricht.

Eine genaue Grenze lässt sich jedoch nicht angeben, da die Empfindlichkeit des menschlichen Auges an den Grenzen des Lichtspektrums nicht abrupt, sondern allmählich abnimmt.

Die Physik fasst den Begriff weiter und bezeichnet **das gesamte elektromagnetische Wellenspektrum** als Licht. In der Physik wird als optisches Spektrum häufig auch der Frequenzbereich ab einer Frequenz von 1 THz bis 300 THz definiert. Darunter fällt also auch das unsichtbare Licht, wie z. B. das **Infrarotlicht** oder das **ultraviolette Licht**.

Viele Gesetzmässigkeiten und Methoden der klassischen Optik gelten auch ausserhalb des Bereichs sichtbaren Lichts. Dies erlaubt eine Übertragung der Erkenntnisse der Optik auf andere Spektralbereiche wie **Röntgenstrahlung** bis hin zu **Mikro- und Funkwellen**.

# Was bedeutet Optik?

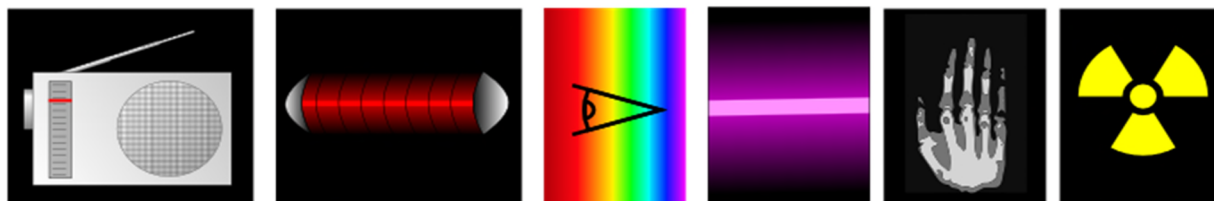
Arbeitsblatt



Bezeichne die „Licht“- bzw. Wellenartenarten

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



10km

1m

1cm

1mm

100nm

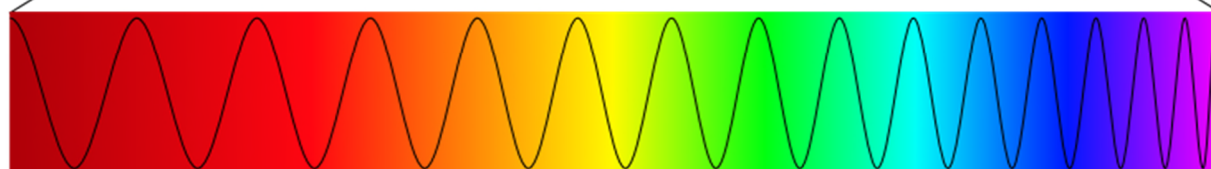
1nm

0,01nm

700nm

Sichtbarer Bereich:  
Weisses Licht,  
zusammengesetzt aus den  
Spektralfarben

400nm



Energie und Frequenz nehmen zu

Wellenlänge nimmt zu

- Rotes Licht \_\_\_\_\_ nm
- Blaues Licht \_\_\_\_\_ nm
- Grünes Licht \_\_\_\_\_ nm
- Gelbes Licht \_\_\_\_\_ nm
- Violettes Licht \_\_\_\_\_ nm



# Was bedeutet Optik?

Arbeitsblatt



4/5

1. Was ist ultraviolettes Licht?

---

---

---

2. Was ist Infrarotlicht?

---

---

---

3. Was sind Röntgenstrahlen?

---

---

---

4. Was sind Funkwellen?

---

---

---

5. Nenne 10 Farbtöne jeweils für „grün“, „blau“ und „rot“!

---

---

---

*Hast du alle Wellarten beschreiben können? Wenn nicht, so hilft dir die Klasse!*

# Was bedeutet Optik?

Lösung



5/5

## Lösungen:

### Lösung zu den Farbwellenlängen

Das in der Umwelt vorkommende Licht ist eine Mischung unterschiedlicher Wellenlängen. Durch ein **optisches Gitter oder ein Prisma** kann man dieses mehrfarbige Licht in seine einfarbigen Bestandteile zerlegen. Jede dieser Lichtkomponenten entspricht einem spezifischen menschlichen Farbeindruck, den so genannten Spektralfarben oder Regenbogenfarben.

In der Reihenfolge zunehmender (von links n. rechts) Wellenlänge findet man:



Das Farbspektrum des Lichts für Strahlung mit den Wellenlängen von 380 – 710 nm.

Farbton	Wellenlänge	Wellenfrequenz
Violett	380 – 420 nm	789,5 – 714,5 THz
Blau	420 – 490 nm	714,5 – 612,5 THz
Grün	490 – 575 nm	612,5 – 522,5 THz
Gelb	575 – 585 nm	522,5 – 513,5 THz
Orange	585 – 650 nm	513,5 – 462,5 THz
Rot	650 – 750 nm	462,5 – 400,5 THz

Die Übergänge zwischen Farben sind fließend, der persönliche Farbeindruck einzeln benennbarer abzählbarer Farben ist subjektiv und durch Sprache, Tradition und Denken bedingt.






Die in verschiedenen Sprachen (ursprünglich) vielen vorkommenden Wörter für Farben belegen dies.

# Licht in der Physik

Lehrerinformation



1/7

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Sonnentexte lesen, Zahlen studieren, Vergleiche anstellen (xxx ist wie...) Sonnenfragen lösen Lichteinheiten in Zusammenhang stellen Lückentext und Arbeitsblatt zum Reflexionsgesetz lösen, mit Mitschülern überprüfen
<b>Ziel</b> 	Erfassen der Sonnen- und Lichtfakten Wiedergeben des Wissens Kennen der Licht-Masseinheiten Lichtreflexion nachvollziehen
<b>Material</b> 	Leuchtkörper verschiedener Art Arbeitsblätter Geometrie-Zeichnungsmaterial
<b>Sozialform</b> 	EA
<b>Zeit</b> 	60'

- Die Übungen sollen in die Physik der Strahlen einführen und mit den weiteren Lektionsschritten nach und nach vertieft und abgerundet werden.
- Das Reflexionsgesetz kann mit einfachen gerichteten Lichtstrahlen nachvollzogen werden.

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- Sonnenfilm vorführen
- Sonnenbeobachtungen anstellen

# Licht in der Physik

Arbeitsblatt



2/7

## Aufgabe:

Lest die Informationen und beantwortet die Fragen.

## Die Sonne – Licht und Leben

Die Sonne ist für das Leben auf der Erde von fundamentaler Bedeutung. Viele wichtige Prozesse auf der Erdoberfläche, wie das Klima und das Leben selbst, werden durch die Strahlungsenergie der Sonne angetrieben.

Etwa **99,98 % des gesamten Energiebeitrags** zum Erdklima stammen von der Sonne - der winzige Rest von 0,02 % wird aus geothermalen Wärmequellen gespeist. Auch die Gezeiten (Auf und Ab der Meereshöhe an den Ufern, Ebbe und Flut) gehen zu einem Drittel auf die Schwerkraft der Sonne zurück.

### Strahlung der Sonne

Die Sonne sendet ein extrem breites Spektrum elektromagnetischer Wellen aus. Dieses Spektrum beginnt bei den Radiowellen, erreicht sein Strahlungsmaximum im Bereich des sichtbaren Lichts bei den Spektralfarben von Gelb bis Grün und geht über die ultravioletten Wellen bis zur Röntgenstrahlung.

Im Laufe der biologischen Evolution passte sich der Sehsinn des Menschen und vieler Tierarten an das Sonnenspektrum an und damit wurde ein Teil der Strahlung für uns wahrnehmbar - also sichtbar.

Die Sonne gibt 44,2 % der elektromagnetischen Wellen als Infrarotstrahlung (Wärme), 51,8 % als sichtbares Licht und 4 % als UV-Strahlen (ultraviolettes Licht) ab.

Die Sonne ist eine unerschöpfliche Energiequelle. Jährlich strahlt sie mehr als die 15'000-fache Menge der von der Erdbevölkerung in einem Jahr benötigten Energie als Strahlungsenergie auf die Erde.

### Sonnenbeobachtung

Das Wichtigste: Niemals ohne entsprechende Filter oder Schutzmassnahmen die Sonne beobachten! Egal ob Feldstecher, Teleobjektiv, Teleskop oder Sonstiges – immer Sonnenfilter verwenden!

Ein ungeschützter Blick durch ein Teleskop in die Sonne wird zu dauerhaften Augenschäden oder Erblindung führen! Dazu findest du alles unter: [www.baader-planetarium.de](http://www.baader-planetarium.de)

Ein Lichtstrahl, der von der Sonne abreist, kommt erst nach 8 Minuten 20 Sekunden auf der Erde an.



Die Sonne ist 150 Mio. km von der Erde entfernt.



Pro Sekunde werden 564 Mio. Tonnen Wasserstoff zu 560 Mio. Tonnen Helium verbrannt.



Wenn man die Erde 109mal aneinander reiht, würde man den Durchmesser der Sonnenkugel erreichen.



Die Erde dreht sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 107 000 km/h um die Sonne, das ist ca. 2'000 Mal schneller, als ein Auto in der Stadt fahren darf.



Die Sonne strahlt pro m<sup>2</sup> Oberfläche 63 000 kW ab. Vergleich: Die gleiche Leistung würde von 1'000'000 Glühbirnen zu 100 Watt erbracht werden.

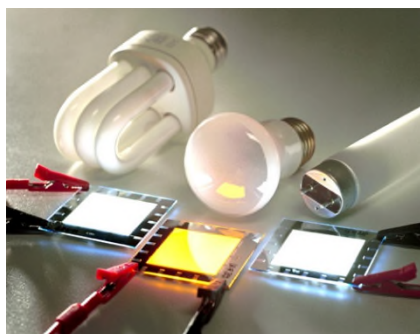
# Licht in der Physik

Arbeitsblatt



3/7

## Künstliche Lichtquellen



Künstliche Lichtquellen sind beispielsweise Glühlampen, Leuchtstoff-Lampen, Leuchtdioden, Laser und chemisches Licht.

Licht besitzt sowohl **Wellen-** als auch **Teilcheneigenschaften**. Das „Teilchenmodell“ sagt aus, dass es Lichtteilchen gibt, die man **Photonen** nennt; sie bewegen sich unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Betrachters und unabhängig davon, wo sie auftreten immer mit **Lichtgeschwindigkeit**, also mit 300'000 km/sec (nur im Vakuum).

Nur im Innern von Materie sinkt die Geschwindigkeit eines Photons ab: So braucht ein im Mittelpunkt der Sonne erzeugtes Photon etwa 10'000 bis 170'000 Jahre, um sie zu verlassen.

Das Photon enthält Energie, die es an Materie weitergeben kann.

- Pflanzen nutzen diese Energie bei der Photosynthese, um chemische Prozesse anzustossen
- bestrahlte Materie erwärmt sich
- Licht löst Reize in den Augen eines Betrachters aus



Die **Wellenlänge**, kombiniert mit ihrer **Frequenz**, bestimmt die **Farbe** des Lichts. Licht kann auch genau ausgerichtet werden, man spricht dann von **polarisiertem Licht**, wie wir es vom Laserlicht kennen.

Vollständig **lichtdurchlässige** Gegenstände bezeichnet man als „durchsichtig“ bzw. „transparent“. **Begrenzt lichtdurchlässige** Gegenstände werden als „opaque“ oder „opak“, wenn sie das Licht gar **nicht durchlassen**, als „undurchsichtig“ bezeichnet.

### Sonnenfragen:

- Wie lange reicht der Brennstoff der Sonne noch?**

Zehn Milliarden Jahre       500 Millionen Jahre       5 Millionen Jahre
- Wie heiss wird es im Innern der Sonne?**

6'000 Grad       15'000'000 Grad       6 Millionen Grad
- Die Ozonschicht um die Erde schützt uns vor?**

Heissen Sonnengasblasen       Ultravioletter Strahlung       5 Infraroter Strahlung

# Licht in der Physik

Arbeitsblatt



## Einheiten

Art	Mass	Erklärung
<b>Lichtfarbe</b>	nm, Hz (Hertz)	Die Lichtfarbe ist von der Frequenz des Lichtes abhängig. Diese wiederum ist umgekehrt proportional zur Energie der „Lichtteilchen“.
<b>Lichtstrom</b>	Lumen = Lux·m <sup>2</sup>	Mit Hilfe des Lichtstromes kann der Beleuchtungswirkungsgrad einer Lampe festgestellt werden.
<b>Lichtmenge</b>	Lumen-sekunde	Strahlungsenergie, pro Zeiteinheit abgestrahlte Energie
<b>Lichtstärke</b>	Candela	In Candela gibt man die Lichtstärke an, mit der eine Lichtquelle in eine bestimmte Richtung strahlt. Eine Haushaltskerze sendet 12 Lumen Lichtstrom und strahlt mit 1 Candela.
<b>Leuchtdichte</b>	Candela/m <sup>2</sup>	Mass für Helligkeit, also für die Lichtstärke pro Fläche. Sie erfasst die Helligkeit von ausgedehnten, flächenhaften Lichtquellen
<b>Beleuchtungs- stärke</b>	Lux	Weisse Gegenstände, von einer Kerze im Abstand von ca. 1,8 m beleuchtet, erscheinen ungefähr so hell wie im Licht des Vollmonds.
<b>Lichtdruck</b>	Newton-sekunde	Physikalische Kraftwirkung des Lichtes auf Teilchen oder Gegenstände. Spielt aufgrund seines geringen Betrages nur in der Schwerelosigkeit eine merkliche Rolle
<b>Lichtgeschwindigkeit</b>	km/sec	Die Lichtgeschwindigkeit (c) ist unabhängig von der Bewegung der Quelle oder des Beobachters. Sie beträgt rund 300'000 Kilometer pro Sekunde.
<b>Lichtjahr</b>	LJ, LY	Distanz, welche das Licht in einem Jahr zurückzulegen vermag. Wird vor allem in der Astronomie gebraucht.
<b>Luminanz</b>	Candela/m <sup>2</sup>	Luminanz ist eine fotometrische Grösse aus der Videotechnik, die als Mass für die Helligkeit von Bildpunkten verwendet wird. Physikalisch entspricht sie exakt der Leuchtdichte, deren Einheit cd/m <sup>2</sup> ist



# Licht in der Physik

Arbeitsblatt



5/7

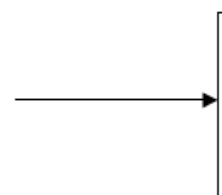
## Aufgabe:

Lies den Text und fülle die Lücken.

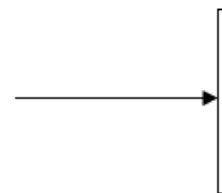
## Eigenschaften des Lichts

### Licht kann transmittiert werden:

1. durch \_\_\_\_\_ Körper (z. B. Fensterglas), die Richtung des Lichts bleibt dabei \_\_\_\_\_

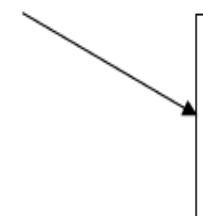


2. durch \_\_\_\_\_ Körper (z. B. Mattscheiben); die Lichtstrahlen ändern dabei unregelmässig ihre \_\_\_\_\_

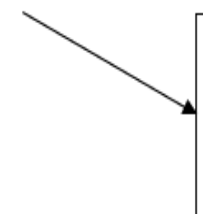


### Licht kann reflektiert, „zurückgeworfen“ werden

1. an \_\_\_\_\_ Oberflächen (z. B. Spiegeln, ruhiger Wasseroberfläche); der Lichtstrahl hat danach eine ganz bestimmte \_\_\_\_\_. Man spricht in diesem Fall auch von einer Spiegelung.



2. an \_\_\_\_\_ Oberflächen (z. B. \_\_\_\_\_), die Lichtstrahlen \_\_\_\_\_. Man spricht in diesem Fall auch von einer **Streuung**.



### Licht kann absorbiert, „verschluckt“ werden.

Die Lichtenergie wird dabei meistens in \_\_\_\_\_ energie umgewandelt.



\*) Beachte die **Rechtschreibung**: reflektieren – Reflexion / absorbieren – Absorption

# Licht in der Physik

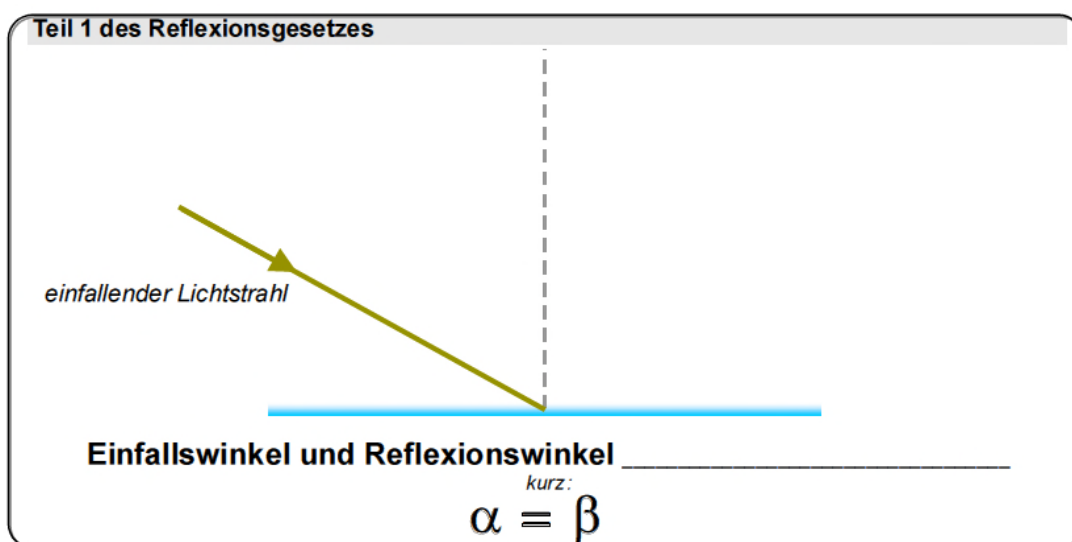
Arbeitsblatt



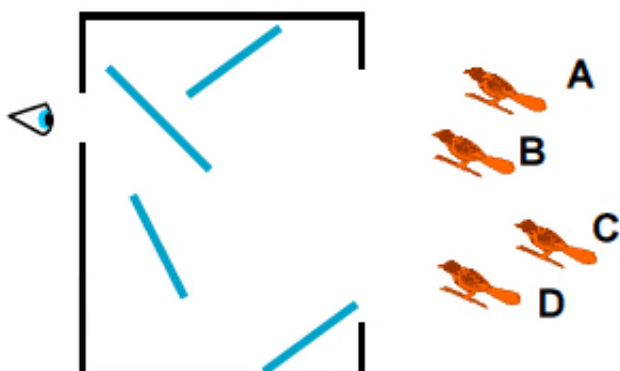
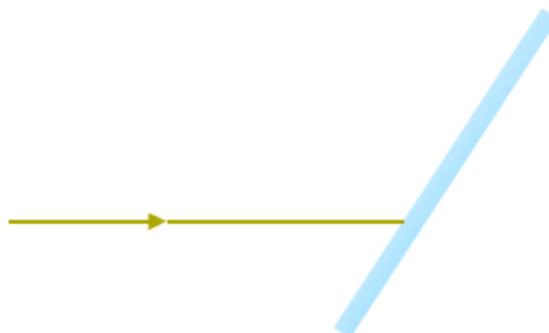
6/7

**Aufgabe:** Zeichne gemäss Aufgabenstellung und löse die Aufgaben.

## 1. Zeichne und fülle aus



## 2. Zeichne zwei Mal den reflektierenden Lichtstrahl



3. Du hast aus vier Spiegeln einen Vogel-Beobachtungsapparat gebaut. Welchen der vier Vögel kannst du damit sehen?

Tipp: Benutze die Umkehrbarkeit des Lichtweges und beginne mit der Konstruktion des Lichtstrahls beim Auge.

# Licht in der Physik

Lösung



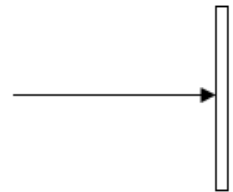
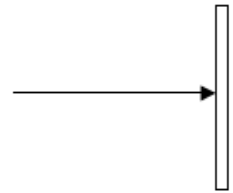
7/7

## Lösungen:

### Eigenschaften des Lichts

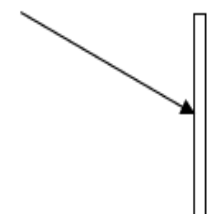
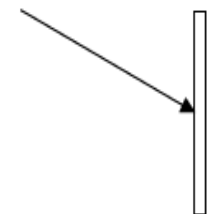
Licht kann transmittiert werden:

- durch **transparente** Körper (z. B. Fensterglas), die Richtung des Lichts bleibt dabei **immer gleich**.
- durch **matte, opaque** Körper (z. B. Mattscheiben); die Lichtstrahlen ändern dabei unregelmässig ihre **Richtung in verschiedene Richtungen**



Licht kann reflektiert, „zurückgeworfen“ werden

- an **glatten** Oberflächen (z. B. Spiegeln, ruhiger Wasseroberfläche); der Lichtstrahl hat danach eine ganz bestimmte **Richtung**. Man spricht in diesem Fall auch von einer Spiegelung.
- an **unebenen oder rauen** Oberflächen (z. B. **Gestein, Rippen**), die Lichtstrahlen **werden in alle denkbaren Richtungen zurückgeworfen**. Man spricht in diesem Fall auch von einer **Streuung**.



Licht kann absorbiert, „verschluckt“ werden.

Die Lichtenergie wird dabei meistens in **Wärme**energie umgewandelt.








# Experimente

Lehrerinformation



1/9

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Durchführung der Experimente gem. Anleitung
<b>Ziel</b> 	Erleben der Theorie in der Praxis
<b>Material</b> 	Experimentbeschreibungen Material gemäss Beschreibung der Experimente.
<b>Sozialform</b> 	Plenum und je nach Experiment in GA oder EA.
<b>Zeit</b> 	Pro Experiment 30'

- Experimente in den Theorieunterricht einstreuen
- SuS sollen die Experimente selbst aufbauen und durchführen sowie Analogien im Alltag dazu suchen.

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- Mit anderen Materialien arbeiten
- Beobachtungen für praktische Anwendungen auflisten
- Experimentbuch führen

# Experimente

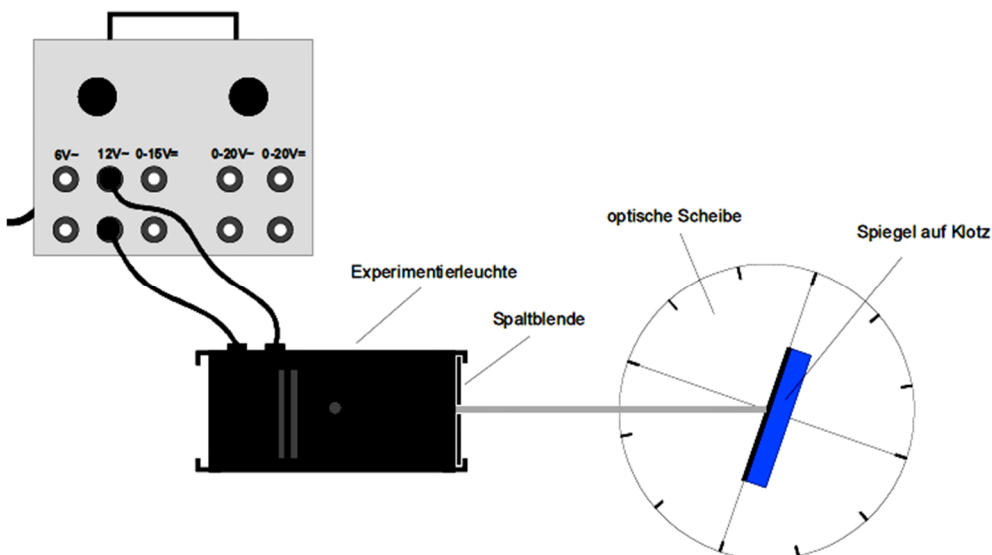
Experimentbeschreibung



2/9

<b>Experiment 1:</b>	Reflexion an einem ebenen Spiegel
<b>Inhalt:</b>	In diesem Experiment soll untersucht werden, wie Licht an einem ebenen Spiegel reflektiert wird. Aus den gemessenen Winkeln lässt sich das Reflexionsgesetz formulieren, das die Reflexion von Licht beschreibt.
<b>Material:</b>	Netzgerät, 2 Kabel Experimentierleuchte mit Blende (1 Spalt) Spiegel auf Klotz optische Scheibe
<b>Durchführung:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Experimentierleuchte wird vom Netzgerät mit 12V~ versorgt. Mit der Spaltblende wird ein paralleler Lichtstrahl erzeugt</li> <li>2. Der Lichtstrahl wird nun unter verschiedenen Einfallswinkeln <math>\epsilon</math> so auf den Spiegel gerichtet, dass er diesen genau im Mittelpunkt der optischen Scheibe trifft.</li> <li>3. Zu den jeweiligen Einfallswinkeln werden die Reflexionswinkel <math>\epsilon'</math> an der Gradeinteilung der optischen Scheibe abgelesen und in die Tabelle eingetragen.</li> </ol>

## Aufbau der Versuchsanordnung

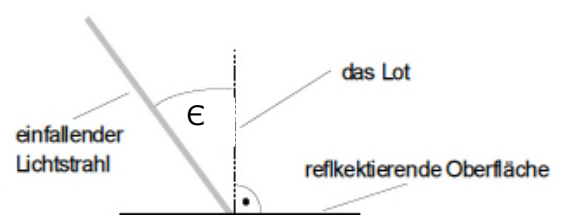


### Hinweis zur Messung:

Die Winkel werden jeweils zwischen dem Lichtstrahl und dem Lot gemessen!

Zum Ablesen der Winkel dient die Gradeinteilung der optischen Scheibe.

**Messung: Reflexion an einem ebenen Spiegel.**



# Experimente

Experimentbeschreibung



Tragt die Beispiele in die Tabelle ein!

Einfallswinkel in Grad	Ausfallwinkel in Grad
0 °	
10 °	
20 °	
30 °	
40 °	
50 °	
60 °	
70 °	

## Physikalischer Background:

Was passiert mit dem Lichtstrahl, der auf eine ebene, reflektierende Fläche fällt?

---

---



# Experimente

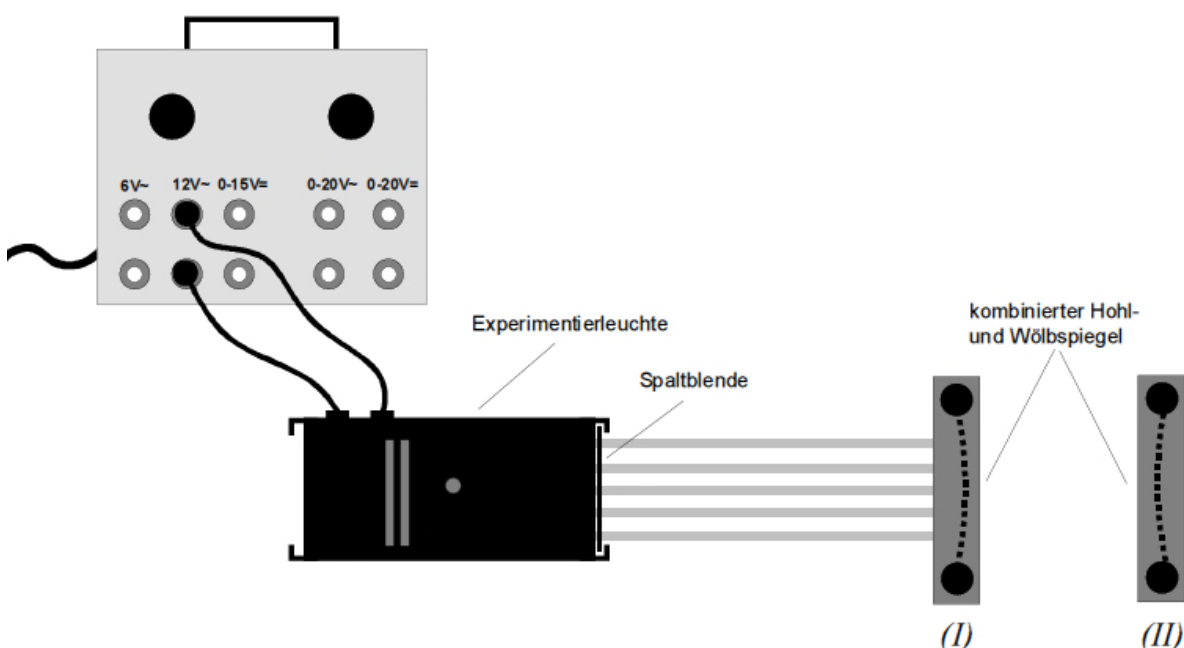
Experimentbeschreibung



4/9

<b>Experiment 2:</b>	Reflexion an Hohl- und Wölbspiegel
<b>Inhalt:</b>	Dieser Versuchsaufbau dient zur Beobachtung von Reflexionserscheinungen an gekrümmten Spiegeln. Parallele Lichtstrahlen werden dazu auf einen Hohl- und Wölbspiegel gerichtet und die Strahlengänge bei beiden Spiegeln nachgezeichnet.
<b>Material:</b>	Netzgerät, 2 Kabel Experimentierleuchte mit Blende (5 Spalte) kombinierter Hohl- und Wölbspiegel Lineal und Bleistift
<b>Durchführung:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Experimentierleuchte wird vom Netzgerät mit 12V~ versorgt. Mit der Spaltblende werden 5 parallele Lichtstrahlen erzeugt.</li> <li>2. Der Spiegel wird mit den beiden Schrauben als Hohlspiegel (I) justiert.</li> <li>3. Die Anordnung wird - wie in der Zeichnung ersichtlich - auf das zweite Blatt dieses Experiments gelegt. Dort werden mit Bleistift Experimentierleuchte, einfallende Lichtstrahlen, der gekrümmte Spiegel und die reflektierten Lichtstrahlen nachgezeichnet.</li> <li>4. Der Spiegel wird mit den beiden Schrauben als Wölbspiegel (II) justiert. Die Anordnung wird wiederum auf das zweite Blatt dieses Experiments gelegt. Dort werden mit Bleistift Experimentierleuchte, einfallende Lichtstrahlen, der gekrümmte Spiegel und die reflektierten Lichtstrahlen nachgezeichnet.</li> </ol>

## Aufbau der Versuchsanordnung



# Experimente

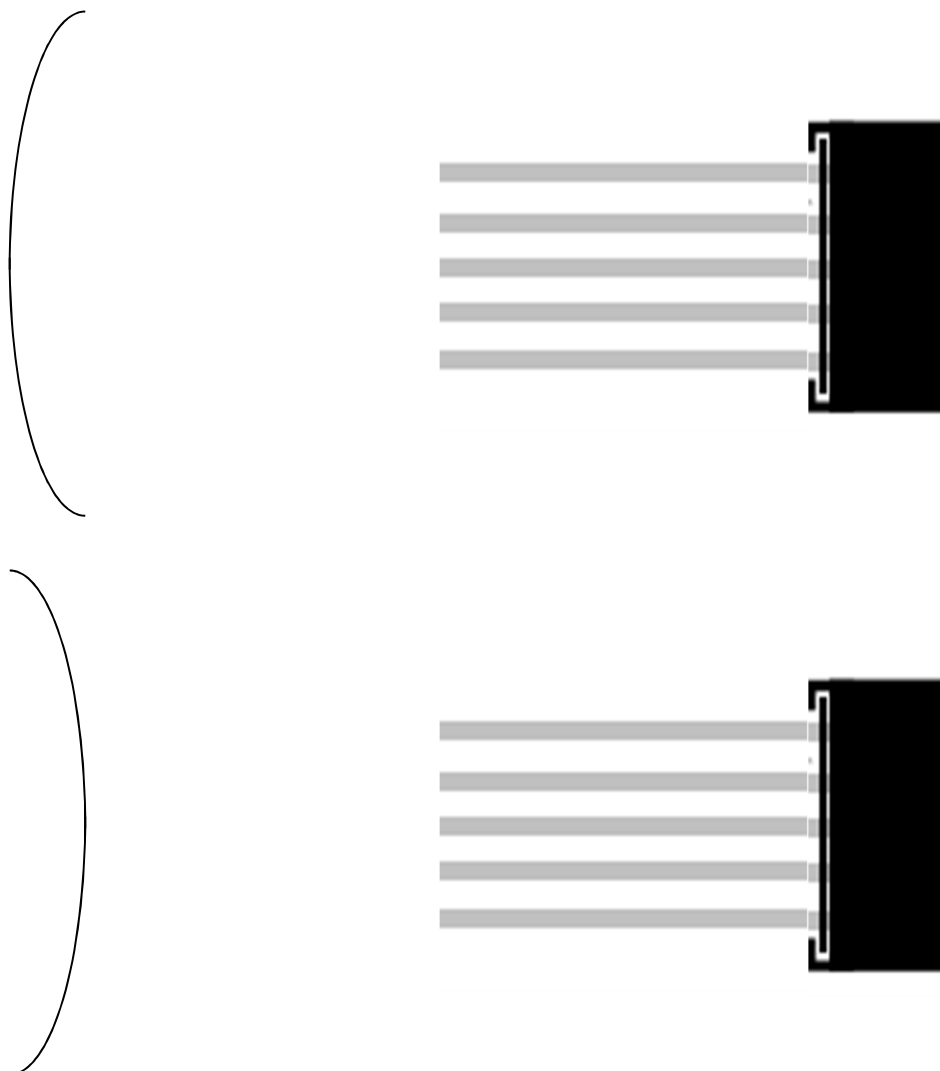
Experimentbeschreibung



5/9

**Beobachtung:**

Verlängere die Strahlen von rechts nach links und zeichne die beobachteten Ausfallwinkel mit Farbe ein!



In der Optik lässt man das Licht in der Regel von links nach rechts laufen.

**Physikalischer Background:**

Was passiert mit parallelen Lichtstrahlen, die auf einen Hohl- bzw. Wölbspiegel fallen?

---

---

# Experimente

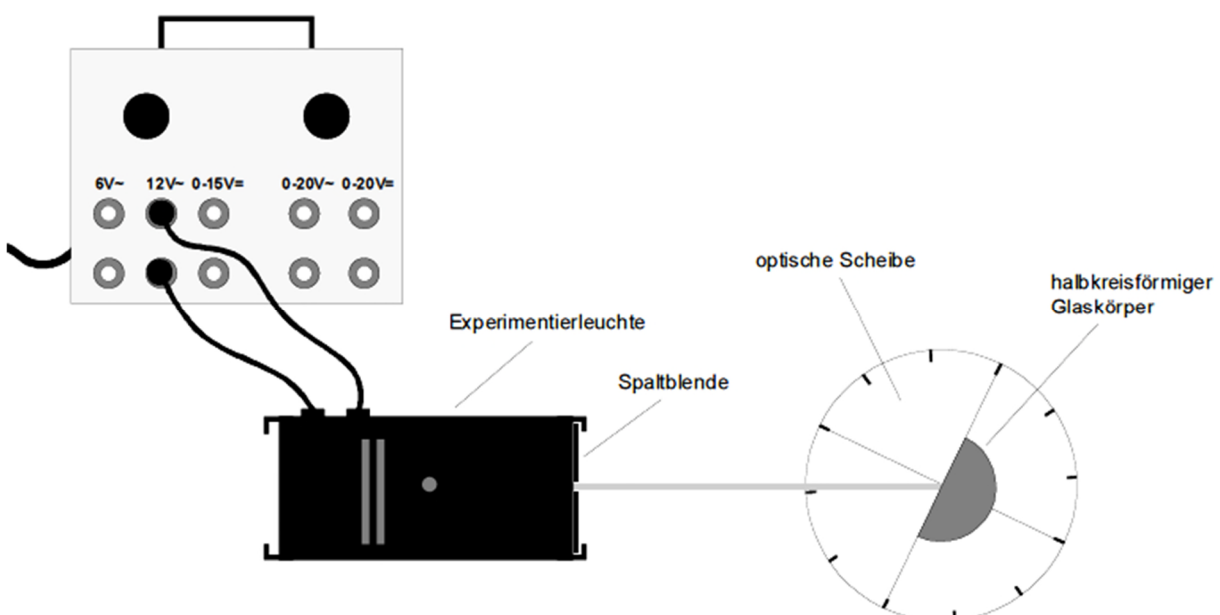
Experimentbeschreibung



6/9

<b>Experiment 3:</b>	Refraktion des Lichts
<b>Inhalt:</b>	In diesem Experiment wird untersucht, was mit einem Lichtstrahl geschieht, der von einem optisch dünneren Medium (hier Luft) in ein optisch dichteres Medium (hier Kunststoffglas) übertritt - die gemessenen Winkel sollen Aufschluss darüber geben. Weiter könnte man aus den gemessenen Winkeln noch den Brechungsindex $n$ für den verwendeten Kunststoff berechnen.
<b>Material:</b>	Netzgerät, 2 Kabel Experimentierleuchte mit Blende (1 Spalt) halbkreisförmiger Glaskörper optische Scheibe
<b>Durchführung:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Experimentierleuchte wird vom Netzgerät mit 12V~ versorgt. Mit der Spaltblende wird ein paralleler Lichtstrahl erzeugt. Weiter muss der halbkreisförmige Glaskörper genau wie in der Zeichnung auf der optischen Scheibe liegen.</li> <li>2. Der Lichtstrahl wird nun unter verschiedenen Einfallswinkeln so auf die Grenzfläche zwischen Luft und Glas gerichtet, dass dieser genau im Mittelpunkt der optischen Scheibe in den Glaskörper eintritt.</li> <li>3. Zu den jeweiligen Einfallswinkeln werden die Winkel zwischen den gebrochenen Lichtstrahlen und dem Lot gemessen und in die Tabelle eingetragen.</li> </ol>

## Aufbau der Versuchsanordnung



# Experimente

Experimentbeschreibung



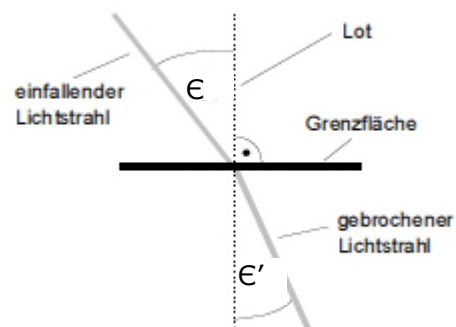
7/9

## Hinweis:

Die Winkel werden jeweils zwischen dem Lichtstrahl und dem Lot gemessen!

Zum Ablesen der Winkel dient die Gradeinteilung der optischen Scheibe. Der Ablenkungswinkel  $\delta$  sollte ebenfalls ermittelt werden

## Messung: Reflexion an einem ebenen Spiegel



Tragt die Beispiele in die Tabelle ein!

Einfallswinkel in Grad	Ausfallwinkel in Grad	Ablenkung
0°		
10°		
20°		
30°		
40°		
50°		
60°		
70°		

## Physikalischer Background:

Was passiert mit einem Lichtstrahl, der von einem optisch dünneren Medium (hier Luft) in ein optisch dichteres Medium (hier Kunststoffglas) übertritt?

---



---

# Experimente

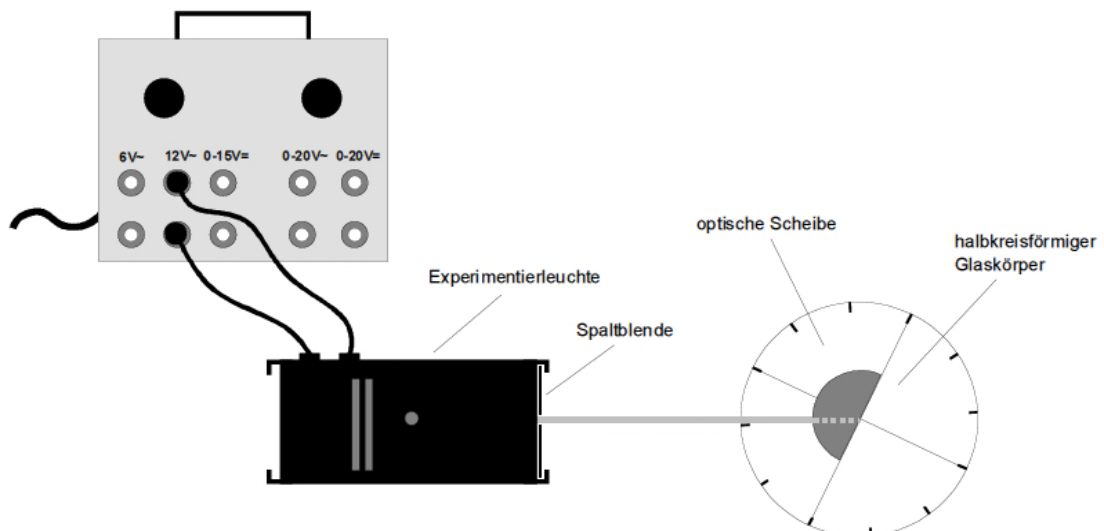
Experimentbeschreibung



8/9

<b>Experiment 4:</b>	<b>Brechung zum Lot</b>	
<b>Inhalt:</b>	<p>In diesem Experiment wird untersucht, was mit einem Lichtstrahl geschieht, der von einem optisch <b>dünnere</b>n Medium (hier Luft) in ein optisch <b>dichtere</b>s Medium (hier Kunststoffglas) übertritt - die gemessenen Winkel sollen Aufschluss darüber geben. Weiter könnte man aus den gemessenen Winkeln noch den Brechungsindex <math>n</math> für den verwendeten Kunststoff berechnen.</p>	
<b>Material:</b>	<p>Netzgerät, 2 Kabel          Experimentierleuchte mit Blende (1 Spalt)          halbkreisförmiger Glaskörper          optische Scheibe</p>	
<b>Durchführung:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der Lichtstrahl wird nun unter verschiedenen Einfallswinkeln so auf die Grenzfläche zwischen Glas und Luft gerichtet, dass dieser genau im Mittelpunkt der optischen Scheibe wieder aus dem Glaskörper austritt.</li> <li>2. Zu den jeweiligen Einfallswinkeln werden die Winkel zwischen den gebrochenen Lichtstrahlen und dem Lot gemessen und in die Tabelle eingetragen. Der schwache reflektierte Lichtstrahl wird außer Acht gelassen.</li> <li>3. Ab einem gewissen Winkel tritt ein besonderer Effekt auf - dazu dient die dritte Spalte in der Tabelle. Überlege selbst, was dort eingetragen werden soll!</li> </ol>	

## Aufbau der Versuchsanordnung



# Experimente

Experimentbeschreibung



9/9

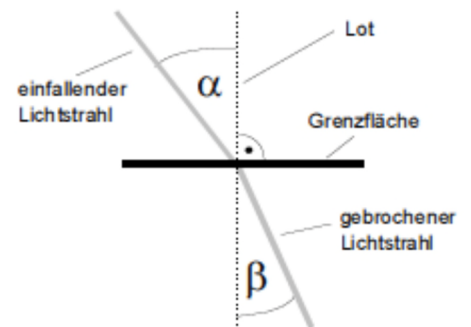
## Hinweis:

Die Winkel werden jeweils zwischen dem Lichtstrahl und dem Lot gemessen!

Zum Ablesen der Winkel dient die Gradeinteilung der optischen Scheibe.

**Messung:** Bei welchem Winkel nimmt das Experiment einen unerwarteten Fortgang?

$\epsilon =$  \_\_\_\_\_ Was passiert?



Tragt die Beispiele in die Tabelle ein!

$\epsilon$ in Grad	$\epsilon'$ in Grad	$\alpha$ in Grad
0°		
10°		
20°		
30°		
40°		
50°		
60°		
70°		

## Physikalischer Background:

Was passiert mit einem Lichtstrahl, der von einem optisch dichteren Medium (hier Kunststoffglas) in ein optisch dünneres Medium (hier Luft) übertritt?

---



---



# Lichtbrechung



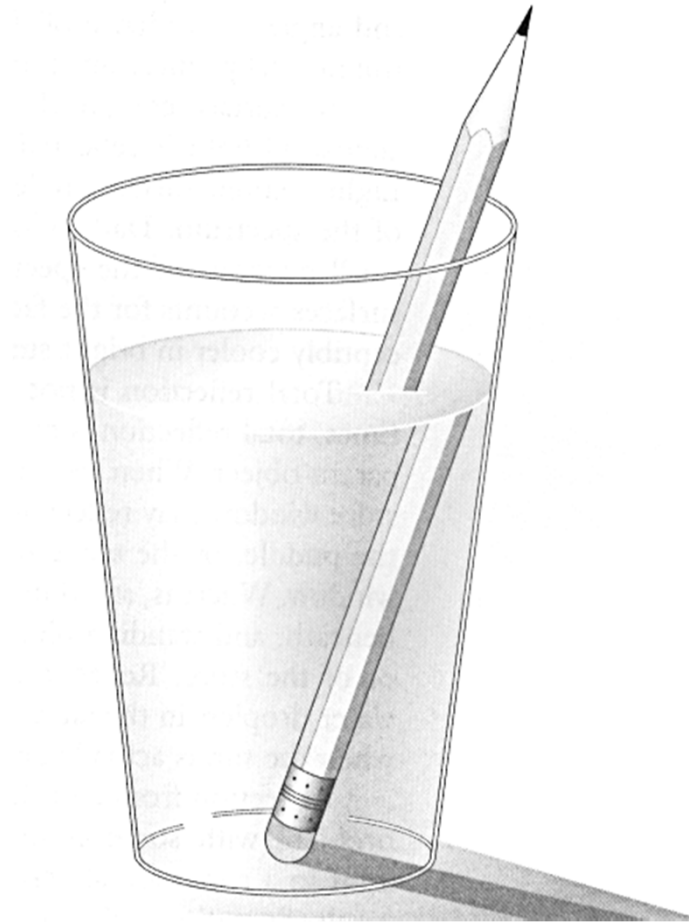
Warum zeigt ein Regenbogen die Spektralfarben?



# Lichtbrechung



Warum ist ein Bleistift, der ins Wasser eingetaucht ist, geknickt?





# Lichtbrechung

- Warum erscheint ein Körper im Wasser verkürzt?
- Warum ist ein Gegenstand unter Wasser nicht dort, wo er scheinbar liegt?
- Warum erscheint die Wasseroberfläche von unten betrachtet silbrig?
- Kann man mit Hilfe eines Prismas tatsächlich Licht umlenken?
- Wie können wir eine Fata Morgana erklären?
- Warum bleibt in Kurven das Licht im Lichtleiter?
- Welches physikalische Grundgesetz ist für die Funktion einer Brille verantwortlich?
- Wie kann man aus weißem Licht Farben erhalten?



# Lichtbrechung

- Lichtstrahlen ändern an Grenzflächen ihre Richtung
- Lichtstrahlen ändern an Grenzflächen ihre **Geschwindigkeit**
- Licht höherer Frequenz (bzw. kürzerer Wellenlänge) wird **stärker** gebrochen!

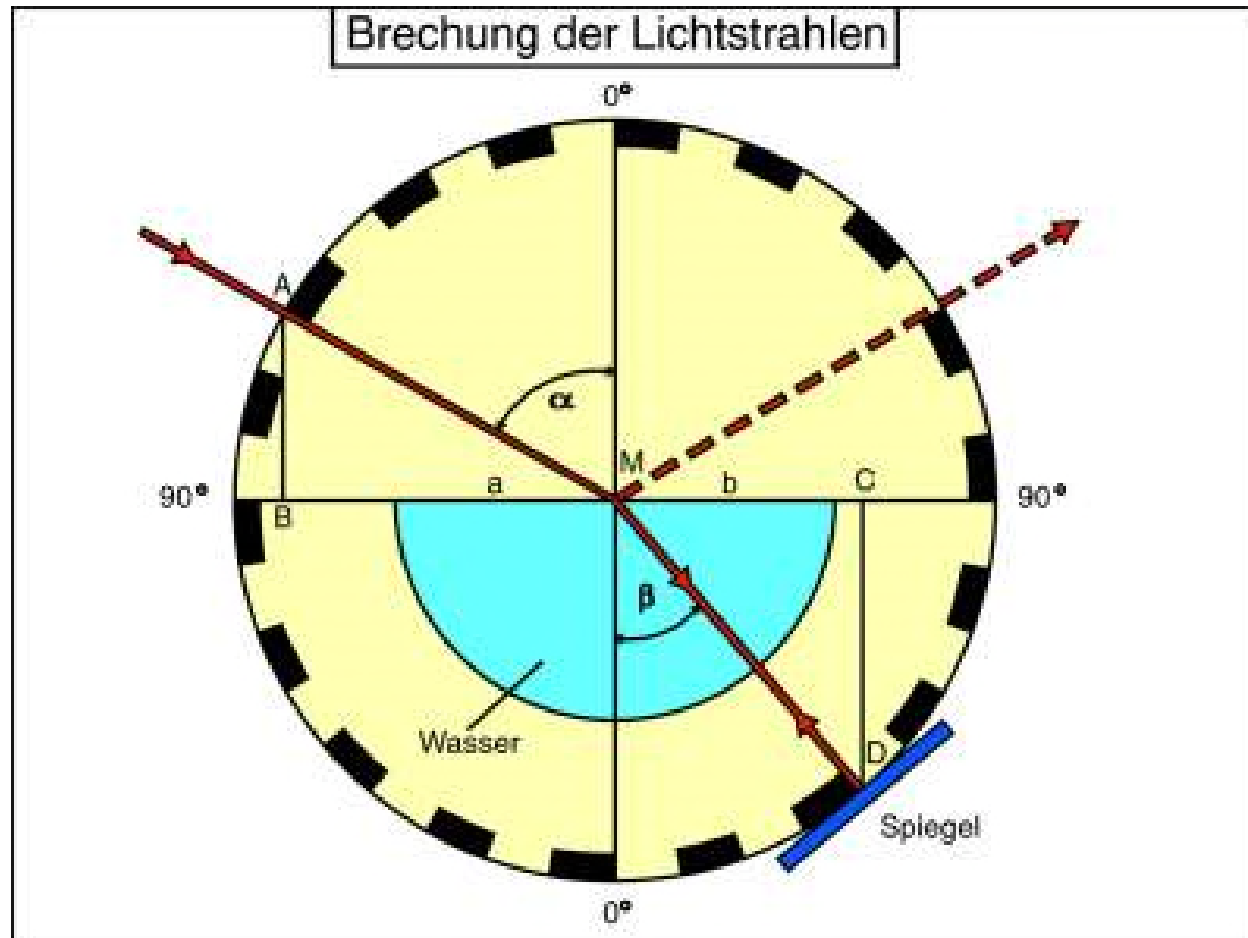
Vom optisch dünnen ins optisch dichte Medium: Brechung **hin zum Lot**

Vom optisch dichten ins optisch dünne Medium: Brechung **weg vom Lot**



# Brechung und Reflexion

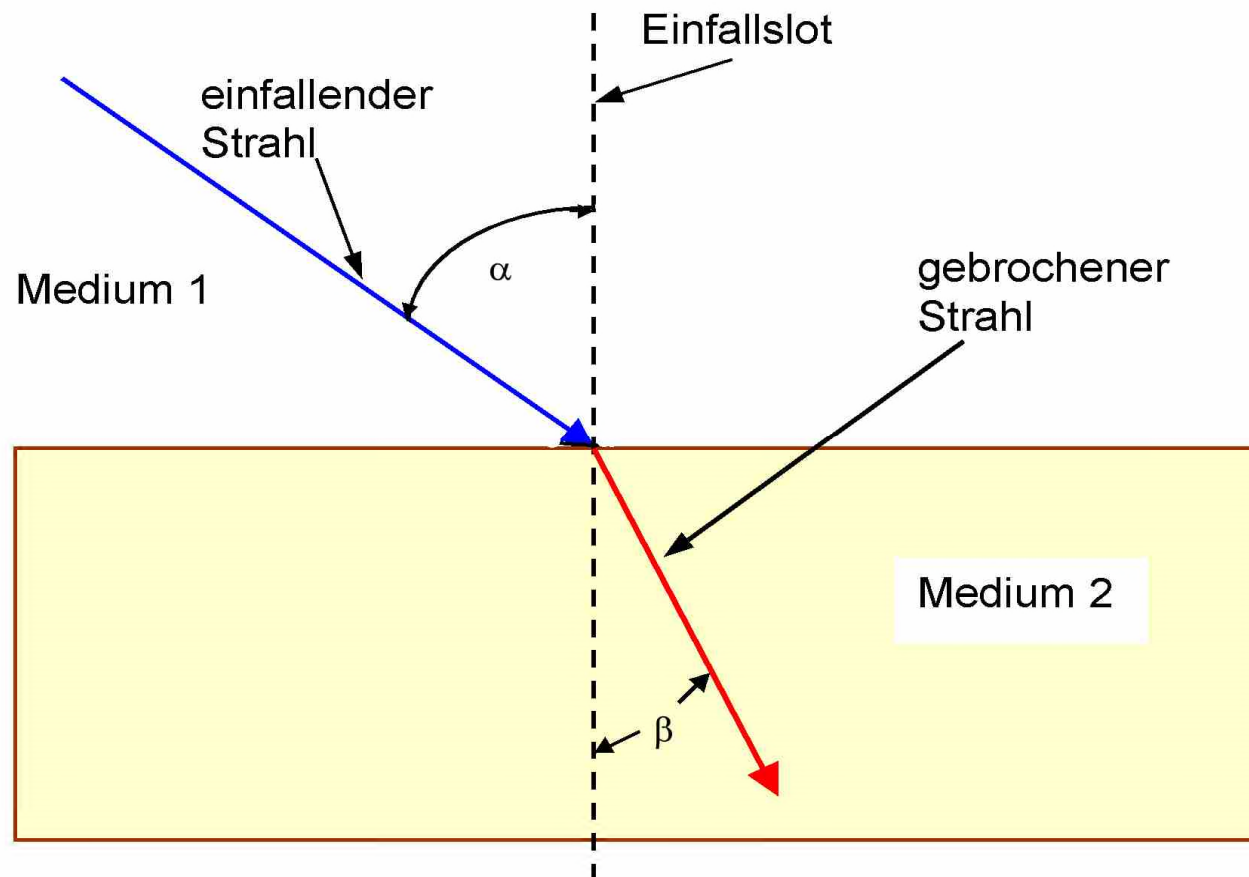
Beim Übergang zweier Medien





# Lichtbrechung zum Lot ...

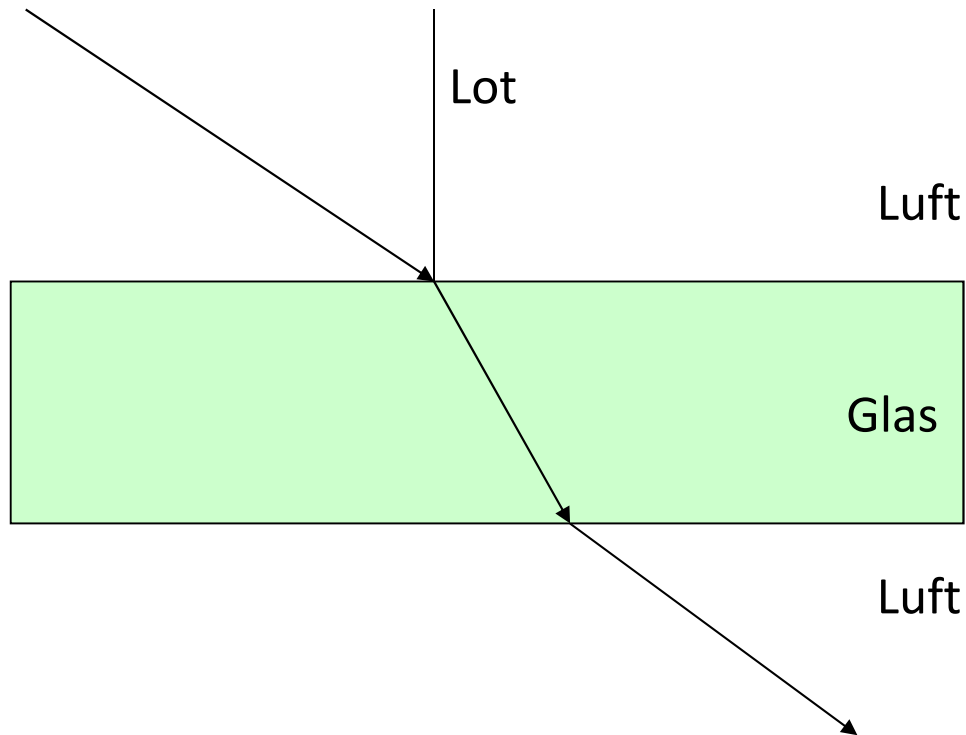
... beim Übergang vom optisch dünnen zum optisch dichten Medium





# Lichtbrechung zum Lot

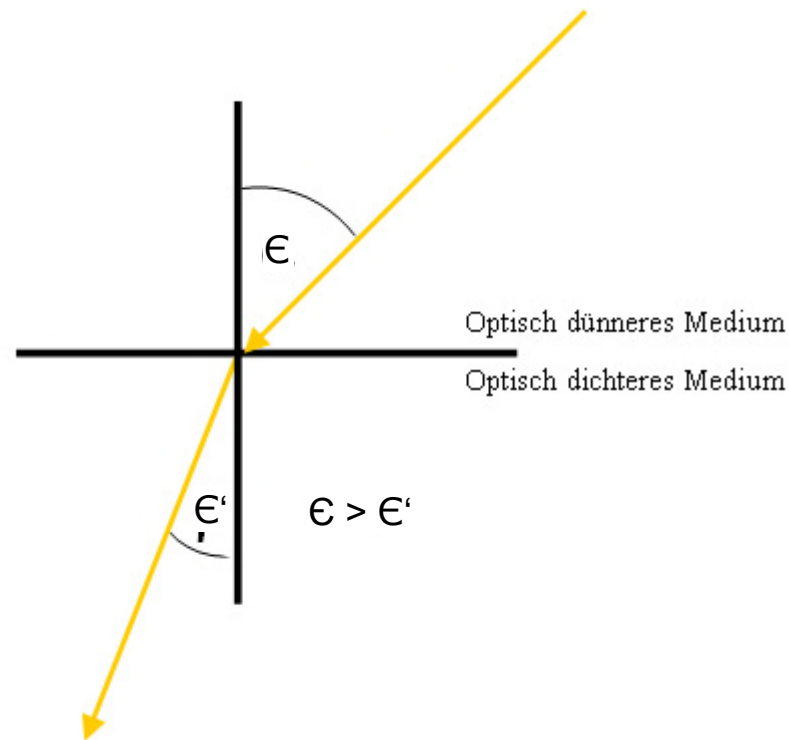
Experiment: Animiere den Durchgang eines Lichtstrahls durch eine Glasscheibe!





# Lichtbrechung vom Lot ...

... beim Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium

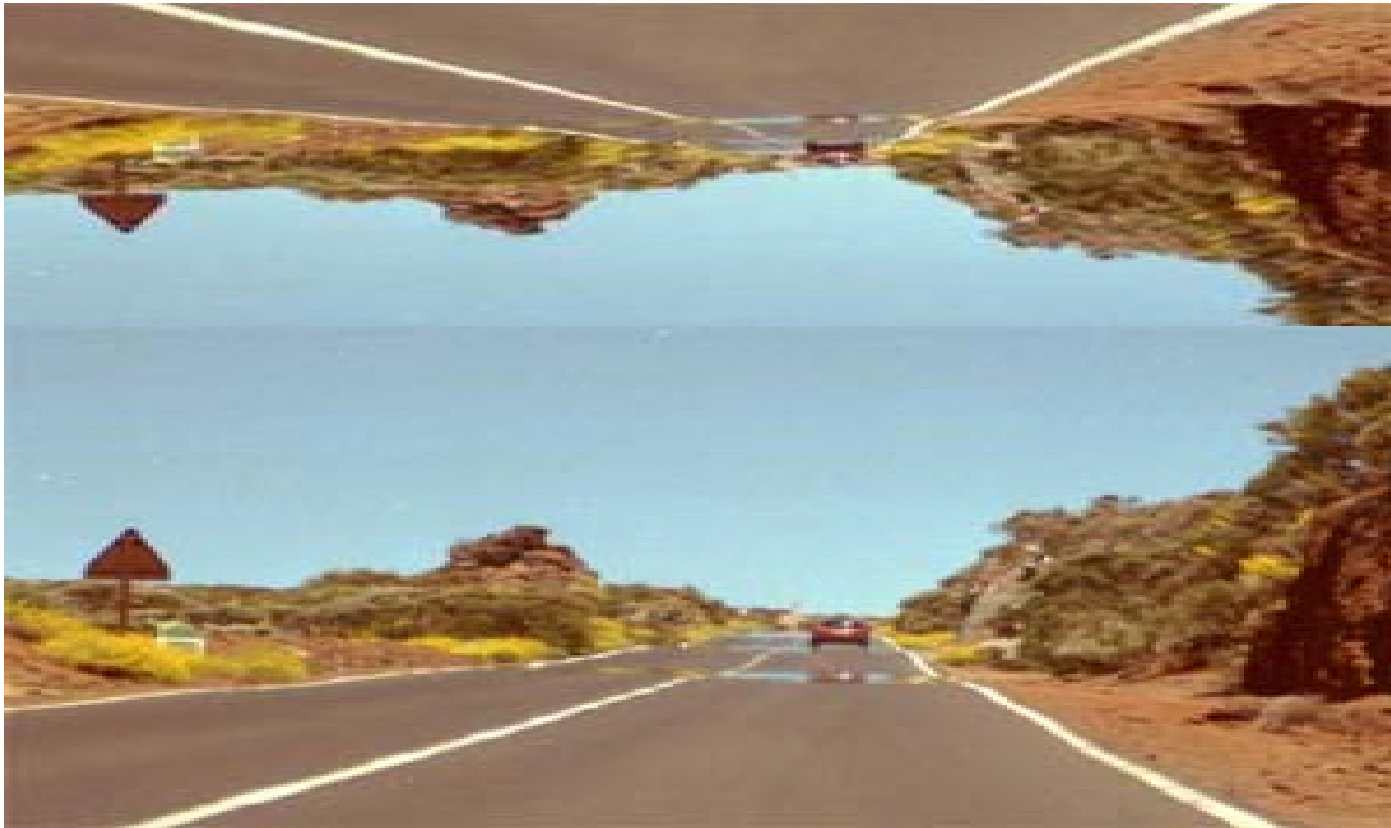




# Lichtbrechung



## Fata Morgana

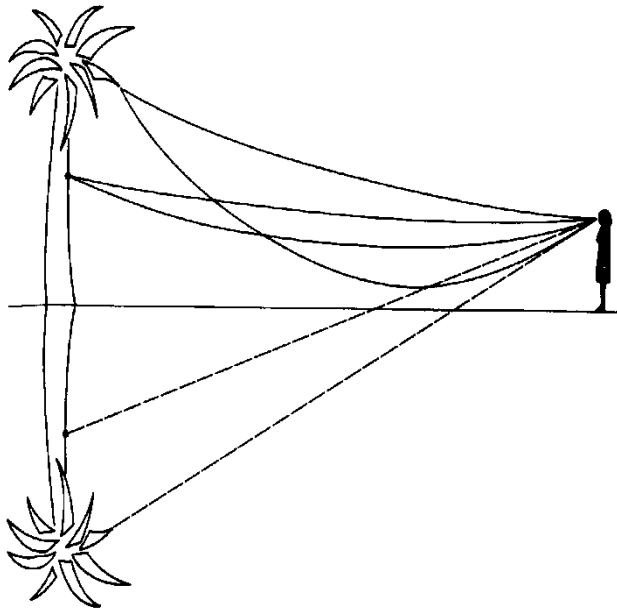


# Lichtbrechung



## Fata Morgana

Die optische Dichte heisser Luft ist geringer als die der kalten Luft. Lichtstrahlen, die eine kalte Luftschicht passieren und dann in flachem Winkel auf wärmere Luftschichten stossen, werden vom optisch dünneren Medium weggebrochen, bis hin zu einer Totalreflexion.



Dafür ist eine Grenze zwischen heisser Luft und kalter Luft notwendig, das heisst, es muss windstill sein.

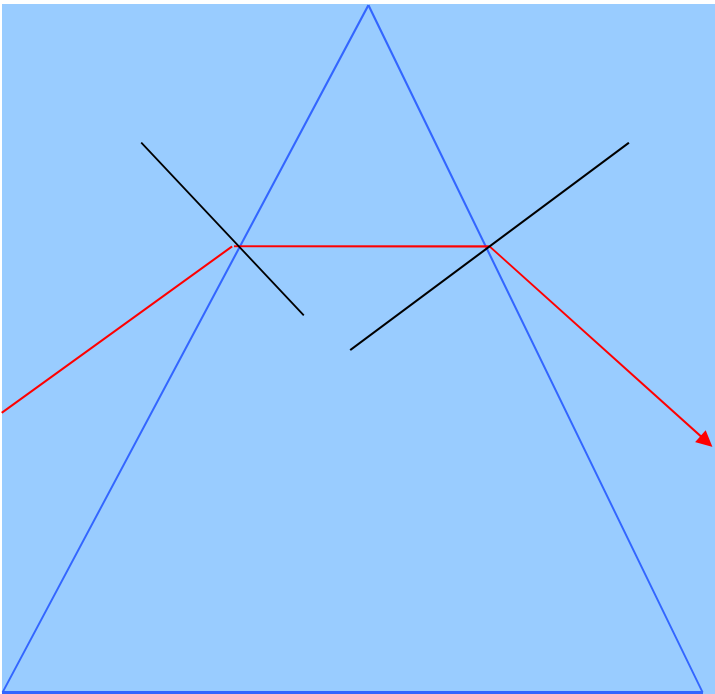
Wenn in Wüsten solche Luftschichtungen in grösserer Höhe auftreten, sieht man Spiegelungen am Himmel, denn unten ist es warm, in der Höhe kalt.



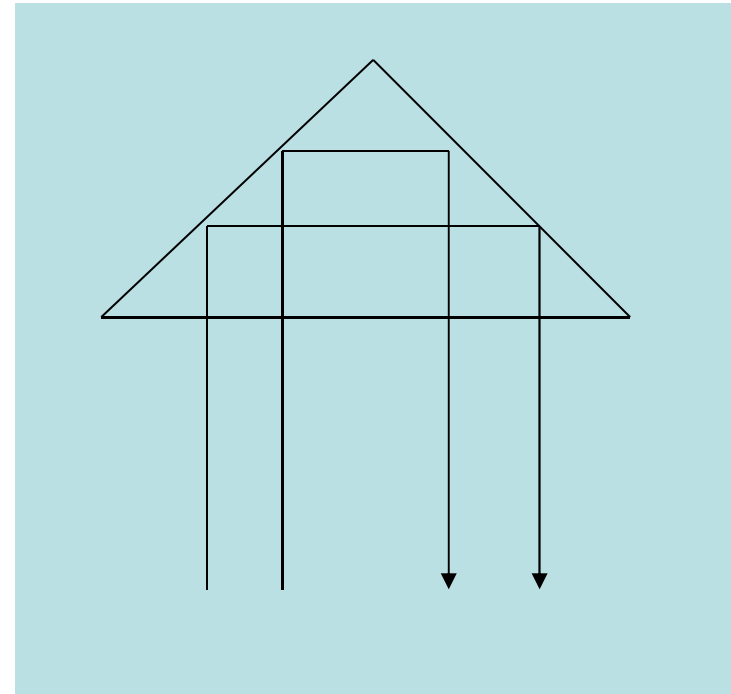
# Lichtbrechung zum Lot

Experiment: Beschreibe den Strahlengang bei diesen beiden Abbildungen!

**A**



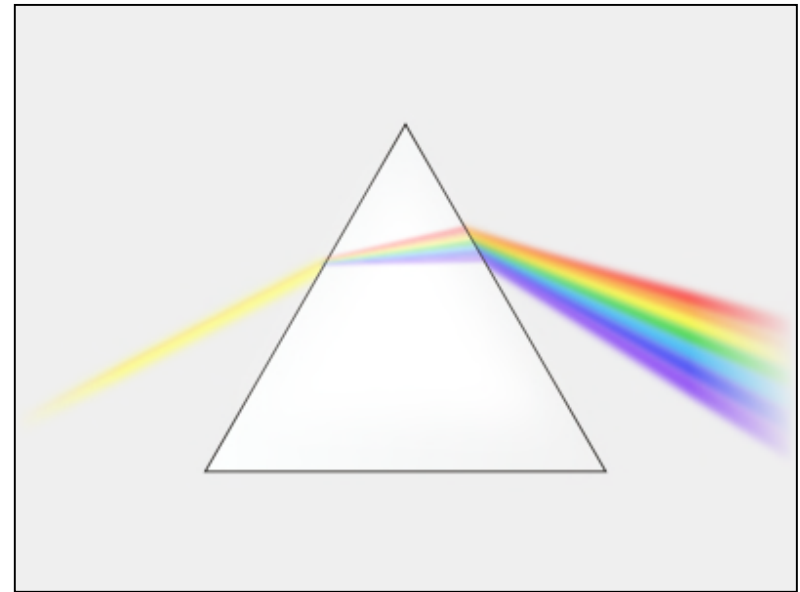
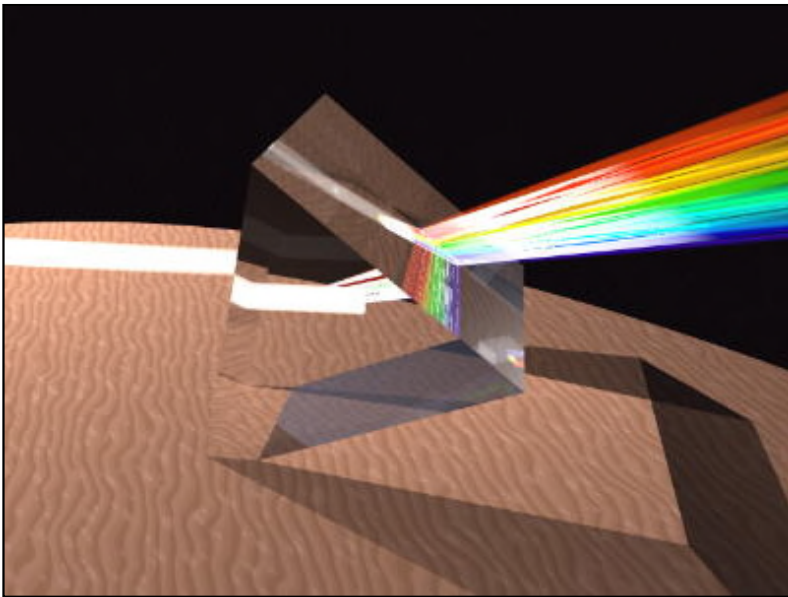
**B**



# Lichtbrechung



Zerlegung des Sonnenlichts in die Spektralfarben





# Lichtbrechung: Regenbogen



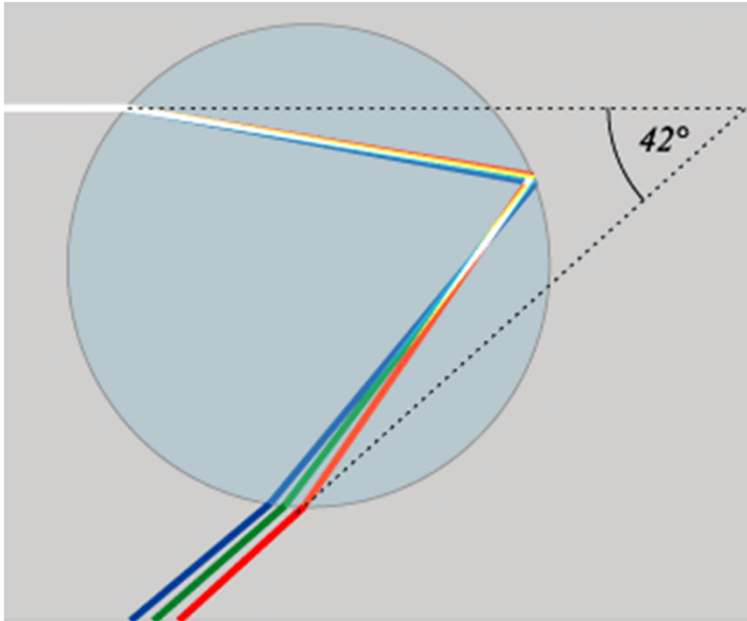
## Farbverlauf

Beim Hauptregenbogen verlaufen die Farben von aussen nach innen von rot über orange, gelb grün und blau, indigo zu violett.

Beim sekundären Nebenregenbogen ist die Reihenfolge umgekehrt.



# Lichtbrechung: Regenbogen



## Brechung der Lichtstrahlen

Bei einem Regenbogen wird das Sonnenlicht von jedem Regentropfen zurück geworfen.

Es wird dabei beim Ein- und Austritt aus den Tropfen gebrochen und im Inneren reflektiert.

Die meisten Strahlen, die nur einmal reflektiert werden, treten in einem Winkel von ungefähr 42 Grad zur Einfallsrichtung wieder aus.



# Lichtbrechung

## Aufgaben:






1. Sammle Beispiele, bei denen die Totalreflexion die physikalische Basis ist!
2. Beantworte die Impulsfragen vom Anfang der Präsentation!
  - Warum erscheint ein Körper im Wasser verkürzt?
  - Warum ist ein Gegenstand unter Wasser nicht dort, wo er scheinbar liegt?
  - Warum erscheint die Wasseroberfläche von unten betrachtet silbrig?
  - Kann man mit Hilfe eines Prismas tatsächlich Licht umlenken?
  - Wie können wir eine Fata Morgana erklären?
  - Warum bleibt in Kurven das Licht im Lichtleiter?
  - Welches physikalische Grundgesetz ist für die Funktion einer Brille verantwortlich?
  - Wie kann man aus weißem Licht Farben erhalten?

# Wortfeld „Sehen“

Lehrerinformation



1/9

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Texte und Aufgaben erarbeiten gem. Anweisung
<b>Ziel</b> 	Sprachliche Auseinandersetzung mit „sehen“
<b>Material</b> 	Arbeitsblätter
<b>Sozialform</b> 	EA GA
<b>Zeit</b> 	120'

- Die Sprachübungen werden zwischendurch eingebaut
- Die Übungen können auch als Hausaufgabe gelöst werden

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- Neue Wortfelder bearbeiten: forschen, Auge, gehen, machen
- Wortfeld optisch umsetzen (Filme, Collagen)






# Wortfeld „Sehen“

Arbeitsblatt



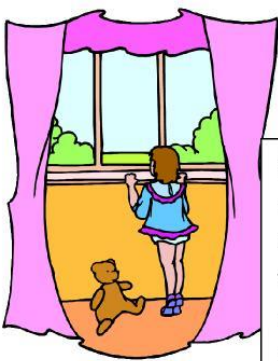

2/9

## Wortfeld „Sehen“



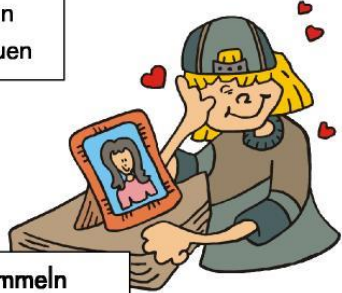
**sehen**    **bemerk**en    **erkennen**  
 entdecken    wahrnehmen    achten  
 zu Gesicht bekommen

**schauen** beobachten gucken  
 anschauen zuschauen zusehen  
 hinsehen wegsehen nachsehen  
 äugen blinzeln schielen  
 nachschauen

**blicken**  
 anblicken  
 erblicken  
 wegblicken  
 aufblicken  
 durchblicken

**mustern**  
 bestaunen  
 betrachten  
 besichtigen  
 sichten  
 umsehen  
 beschauen

**starr**en  
 anstarren  
 nachstarren  
 glotzen  
 gaffen  
 stieren  
 spähen  
 erspähen

**anhimmeln**  
 anschwärmen  
 bewundern

# Wortfeld „Sehen“

Arbeitsblatt



3/9

## Aufgabe:

Zu einem Wortfeld gehören viele Wörter, die alle die gleiche oder eine ähnliche Bedeutung haben. Wenn du zum Beispiel in einem Aufsatz immer „sehen“, „sah“, „schaute“ schreibst, wird er sehr langweilig. Es ist deshalb wichtig, dass man beim Schreiben abwechselt. Dazu muss man natürlich andere, passende Wörter kennen.

Hier findest du **über 40 Wörter** im Buchstabensalat versteckt! Alle haben mit **Sehen** zu tun.

a o x l **s p ä h e n** a c h s c h a u e n r n  
 s p m j k h w e g b l i c k e n l i n s e n b g  
 z b k j m e m b e w u n d e r n g q o e y n k  
 c u l g l o t z e n t h i n s e h e n p v  
 a f b c i d a n r b e m e r k e n o v c r l b e  
 s t a u n e n **u m s e h e n** j d s s c h l e l  
 e n y b e s i c h t i g e n n c t k m m f  
 i c p w e g s e h e n ä u g e n e y c s t a r r  
 e n l h w w a h r n e h m e n t h r g c b l i  
 n z e l n a l s l e r e n h g m a n h l  
 m m e l n z u s e h e n g l b g u c k e n m f  
 w n a c h s e h e n p t y l o c a n s c h w ä  
 r m e n q a c h t e n k y e r k e n n e n b e  
 s c h a u e n c y q j r s p ä h e n s  
 c h a u e n t d e c k e n d m  
 f z d d u r c h b l i c k e n a i o x n k w v  
 r s z s i c h t e n a n s c h a u e n i m k s  
 e k o v o a u f b l i c k e n l n f q m r b l i c  
 k e n b e o b a c h t e n x j b e t r a c h t  
 e n h e r b l l c k e n h d f p j w a n  
 b l i c k e n g a f f e n m e t p z u s c h a  
 u e n m u s t e r n u e v b l i n d s e i n c d

Miss mit der Stoppuhr: \_\_\_\_\_

# Wortfeld „Sehen“

Arbeitsblatt



## Aufgabe:

Wie viele Wörter aus dem Wortfeld „sehen“ kannst du in fünf Minuten aus dem Kopf aufschreiben?


Wie viele „sehen“-Wörter kriegst du aus den folgenden Silben zusammen?

## Aufgabe:

ach - an - an - be - be - be - be - bli - blin - cken - cken - cken - de - en - ent - fen - gaf - gen - glot - gu - hen - him - ken - meln - men - mer - mus - neh - ob - ren - schau - sich - spei - star - ten - ten - tern - ti - trach - wahr - zeln - zen


# Wortfeld „Sehen“

Arbeitsblatt



## Aufgabe:

Fülle die Lücken!

Anja und Lars schlendern durch den Zoo. Gleich beim Eingang sieht \_\_\_\_\_ Anja die rosaroten Flamingos. Lange steht sie vor ihnen und sieht \_\_\_\_\_, wie sie regungslos auf einem Bein stehen.

Lars geht weiter und sieht \_\_\_\_\_ die Kamele. Stolz wandeln sie umher und sehen \_\_\_\_\_ die Zuschauer überhaupt nicht.

Im Löwengehege sehen \_\_\_\_\_ die beiden Kinder lange die Löwenmutter und ihre Kinder, bis sie endlich im Schatten auch den schlafenden Löwenvater sehen \_\_\_\_\_.

Lars tritt ins nebenstehende Gebäude ein und sieht \_\_\_\_\_ gebannt auf die gewaltige Vogelspinne. Anja verzichtet auf diesen Anblick und begibt sich stattdessen ins Affenhaus, wo sie die Schimpansen kaum sieht \_\_\_\_\_, weil sie sich schnurstracks zum Uranguta begibt.

Sie sieht \_\_\_\_\_ ihn, wie er so regungslos dasitzt und muss immer wieder zu ihm sehen \_\_\_\_\_, obwohl er sie nicht ansieht \_\_\_\_\_.

Jetzt sehen \_\_\_\_\_ die beiden Kinder nach dem Elefantenhaus, wo sie sich die Fütterung sehen \_\_\_\_\_ wollen. Sie hoffen, auch das Elefantenbaby zu sehen \_\_\_\_\_, das vor wenigen Wochen geboren wurde. Sie haben Glück.

Das Elefäntchen steht neben seiner Mutter, die ihr Baby liebevoll sieht \_\_\_\_\_ und es richtig sieht \_\_\_\_\_.



# Wortfeld „Sehen“

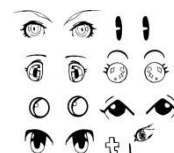
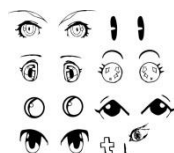
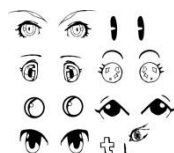
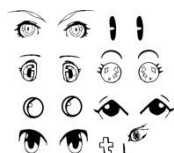
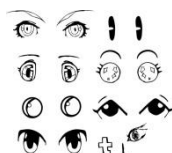
Arbeitsblatt



## Aufgabe:

Verbinde je zwei zusammenpassende Wörter!

1	schauen	starren	E
2	betrachten	erspähen	E
3	anhimmeln	erblicken	D
4	stieren	umsehen	W
5	wahrnehmen	bewundern	R
6	entdecken	anschauen	E
7	zuschauen	linsen	O
8	erkennen	anschwärmen	H
9	beobachten	mustern	T
10	bestaunen	bemerken	S
11	nachsehen	checken	F
12	äugen	gucken	N
13	nachschauen	zusehen	L



# Wortfeld „Sehen“

Arbeitsblatt

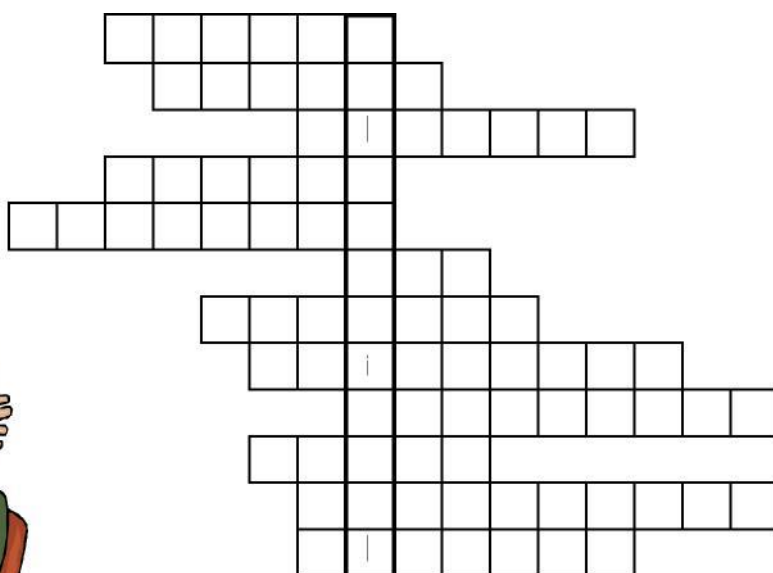


7/9

## Aufgabe:

Setze die fehlenden Wörter ein und löse das Kreuzworträtsel!

Till Eulenspiegel \_\_\_\_\_ (2) in die Luft. Eines Tages ging Till Eulenspiegel in der Stadt spazieren. Auf dem Marktplatz blieb er stehen und \_\_\_\_\_ (4) zum Himmel hinauf. „Was \_\_\_\_\_ (3) du denn die ganze Zeit in die Wolken?“, fragte ihn der Ratsdiener. „Das geht dich nichts an“, erwiderte Till und \_\_\_\_\_ (10) weiter nach oben. Bald versammelten sich immer mehr Menschen auf dem Markt um ihn herum. Alle \_\_\_\_\_ (5) nach oben, aber niemand \_\_\_\_\_ (9) etwas. Jeder hoffte, da sei ein Raubvogel zu \_\_\_\_\_ (11), doch nicht einmal eine Taube wurde \_\_\_\_\_ (7). Einen Luftballon \_\_\_\_\_ (6) auch keiner, denn damals gab es das noch gar nicht. Doch Till Eulenspiegel \_\_\_\_\_ (1) weiter in die Luft und sagte von Zeit zu Zeit: „Ach, so was Dummes!“ Da überreichten ihm die Bürger der Stadt Geschenke, damit er ihnen verraten sollte, warum er ständig in den Himmel \_\_\_\_\_ (12). Till nahm die Geschenke an, neigte seinen Kopf, \_\_\_\_\_ (8) die Leute an und sprach: „Ich hatte nämlich Nasenbluten und jetzt ist es vorbei.“



# Wortfeld „Sehen“

Arbeitsblatt



8/9

## Aufgabe:

Suche 20 Verben zu „sehen“ und schreibe mit jedem einen Satz in dein Heft. Wähle 10 Sätze aus und schreibe damit einen Lückentext. Lass ihn von deinem Banknachbarn ausfüllen. (Achte darauf, dass es nicht zu schwer ist)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Aufgabe:

Hier findest du jede Menge Wörter, mit denen du beschreiben kannst, was man mit den Augen tut. Doch halt! Da haben sich vier falsche Wörter eingeschlichen. Streiche sie durch, wenn du sie gefunden hast.

anblicken anhimmeln ansehen aufblicken Augen machen äugeln äugen beäugen beaugapfeln  
beaugenscheinigen bemerken beobachten berühren betrachten blicken den Blick heften auf  
durchschauen entdecken erblicken erkennen finden fixieren fokussieren gaffen glotzen gross  
gucken gucken ins Auge fassen lauschen lutschen mustern öffnen rollen schauen schielen  
schliessen schnäuzen sehen sich verwundern spähen starren staunen strahlen suchen verfolgen  
visieren wachen wahrnehmen weinen zukneifen zwinkern

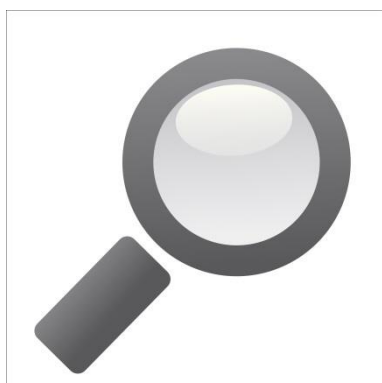
# Wortfeld „Sehen“

Arbeitsblatt



## Aufgabe:

Schreib die Sätze fertig! Es fehlen Wörter aus dem Bereich „sehen“ ...



## Der Detektiv

\_\_\_\_\_ auf den Verdächtigen. Sie ist so verliebt in ihn, dass sie ihn den ganzen Abend.

Es kommt vor, dass die Augen etwas ganz anders \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ als es in Wirklichkeit aussieht.

Du hast eine neue Frisur. Beinahe hätte ich dich nicht mehr Die Sonne blendet und ich muss meine Augen ordentlich

Der Vater \_\_\_\_\_, als er das Zeugnis seines Sohnes in den Händen hält.

Ich habe deine Tricks schon längst \_\_\_\_\_.

Der Clown \_\_\_\_\_ lustig seine Augen. Glückliche

\_\_\_\_\_ sie ihre Freundin an.








# Das Auge

Lehrerinformation



1/16

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Biologie und Aufbau des Auges studieren Arbeitsblätter lösen
<b>Ziel</b> 	Kennenlernen des Normalauges, der Abarten und deren Korrekturen
<b>Material</b> 	Text, Modelle, Arbeitsblätter, Präsentationen
<b>Sozialform</b> 	Je nach Situation Plenum, EA oder GA
<b>Zeit</b> 	180'

- Die Lektionsteile werden mit den Präsentationen und Experimenten im Wechsel rhythmisierend bearbeitet.
- Dazwischen folgen Kurzvorträge der Schüler (siehe Vorträge)

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- Untersuchungen am Schweineauge
- Film über das Auge

# Das Auge

Arbeitsblatt



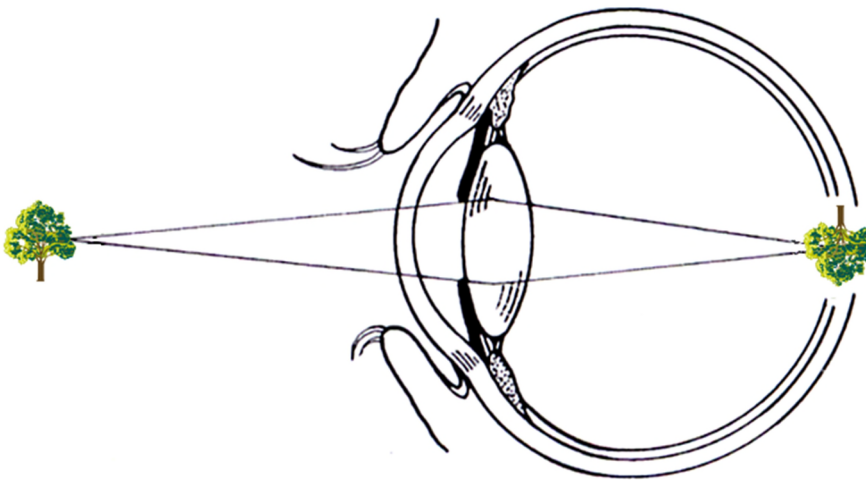
2/16

## Aufgabe 1:

Lies den Informationstext und beantworte die Fragen dazu.

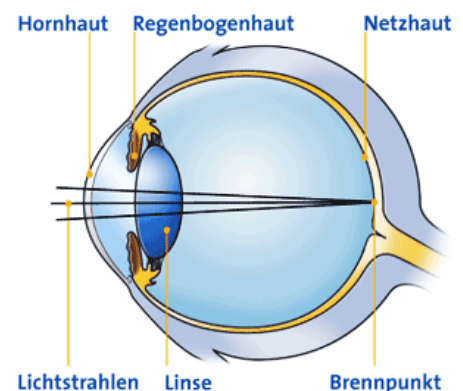
## Optik des Auges

### 1. Normalsichtigkeit (Emmetropie)



Eine scharfe Abbildung auf der Netzhaut des Auges ist die Voraussetzung für gutes Sehen. Das optische System des Auges ähnelt dem einer Kamera und besteht aus der Hornhaut, der Linse und dem Glaskörper. Die Pupille hat die Funktion einer Blende. Hornhaut und Linse brechen einfallende Lichtstrahlen, die von Objekten aus unserer Umgebung stammen, so, dass sich die Lichtstrahlen, die von einem Punkt eines Gegenstandes ausgehen, wieder in einem Punkt auf der Netzhaut treffen. Treffen sie sich nicht in einem Punkt, sondern in einem größeren Fleck, so ist die Abbildung unscharf.

Im Idealfall werden Bilder in der Ferne und in der Nähe ohne Hilfsmittel scharf auf der Netzhaut abgebildet. Das Auge muss für die Nähe den Brechwert seiner Linse verändern. Dies bezeichnet man als Akkommodation. Wird ein Punkt eines Gegenstandes auf einen Punkt vor der Netzhaut abgebildet, spricht man von Kurzsichtigkeit. Liegt er hinter der Netzhaut, so ist das Auge weitsichtig. Ist die Brennweite in verschiedenen Richtungen unterschiedlich, so kann ein Punkt bestenfalls zu einem Strichbild auf der Netzhaut führen. Dies bezeichnet man als Stabsichtigkeit (Hornhautverkrümmung, Astigmatismus).



# Das Auge

Arbeitsblatt

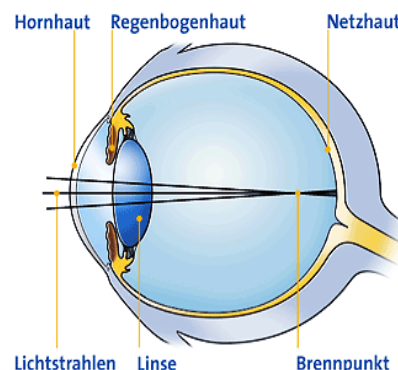


3/16

## 2. Kurzsichtigkeit (Myopie)

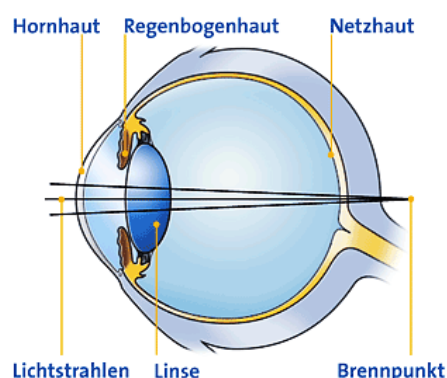
Bei der Kurzsichtigkeit ist das Auge zu lang gebaut oder die Brechkraft zu hoch. Daher werden einfallende Lichtstrahlen bereits vor der Netzhaut gebündelt, der Brennpunkt liegt somit vor der Netzhaut. Mit zunehmender Länge des Auges nehmen die Kurzsichtigkeit und damit die Unschärfe zu.

Die Korrektur der Fehlsichtigkeit mittels Brille oder Kontaktlinse erfolgt dies durch eine Zerstreuungslinse (Minusglas), deren Korrekturwert in Minus-Dioptrien angegeben wird. Hierdurch verschiebt sich der Brennpunkt der Strahlen nach hinten auf die Netzhaut.



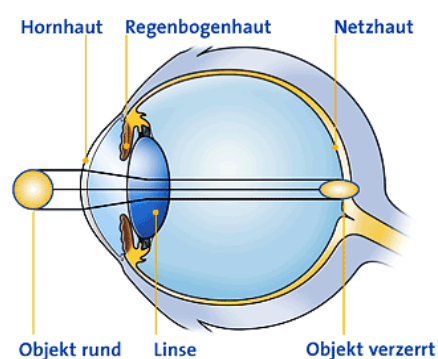
## 3. Weitsichtigkeit (Hyperopie)

Die Weitsichtigkeit wird auch Übersichtigkeit genannt. Weil der Augapfel hierbei kürzer oder die Brechkraft zu niedrig ist, werden die Lichtstrahlen erst hinter der Netzhaut gebündelt, so dass auch der Brennpunkt hinter der Netzhaut liegt. Ein weitsichtiges Auge vermag in der Regel in der Entfernung scharf zu sehen, solange es die verminderte Brechkraft seiner Linse durch Akkommodation anpassen kann. Jedoch verschwimmen die Bilder in der Nähe, wenn der Bereich der Akkommodation erschöpft ist. Durch Erhöhung der Brechkraft muss also der Brennpunkt des Auges nach vorne auf die Netzhaut verschoben werden. Bei Korrektur mit einer Brille bzw. Kontaktlinse erfolgt dieses durch eine Sammellinse (Plusglas), deren Korrekturwert in Plus-Dioptrien angegeben wird.



## 4. Hornhautverkrümmung oder Stabsichtigkeit (Astigmatismus)

Die Wölbung von Hornhaut und Linse ist nicht gleichmässig, sondern in verschiedenen Richtungen etwas unterschiedlich. Dies führt dazu, dass auch die Brechkraft in verschiedenen Richtungen unterschiedlich ist. Damit wieder alle Lichtstrahlen in einem Brennpunkt zusammen treffen, muss die ungleiche Wölbung ausgeglichen werden. Dieser Ausgleich erfolgt durch sogenannte Zylindergläser, deren Position vor dem Auge eine genau festgelegte Richtung aufweisen muss. Daher wird der Korrekturwert bei Brillen bzw. Kontaktlinsen mit dem Wert des Zylinders in Dioptrien, und zusätzlich die Lage der Zylinderachse in Winkelgraden angegeben, also z. B. Zylinder - 2,5 Dioptrien, Achse 80°.



## 5. Alterssichtigkeit (Presbyopie)

Im Laufe der Jahre verliert die natürliche Linse ihre Elastizität und somit die Fähigkeit, sich auf unterschiedliche Entfernungen scharf einzustellen (Akkommodation). Die Alterssichtigkeit ist ein natürlicher Alterungsprozess der Linse. Die Alterssichtigkeit wird in der Regel zwischen dem 45. und 50. Lebensjahr festgestellt. Sie tritt bei ausnahmslos jedem Menschen ein. Der Normalsichtige benötigt dann eine Lesebrille, wohingegen der Weitsichtige eine Fern- und eine Lesebrille benötigt. Im Gegensatz zu einem altersgleichen Normalsichtigen nimmt der geringfügig Kurzsichtige dann zum Lesen einfach die Brille ab. Dieser Umstand ist zu bedenken, wenn Sie sich eventuell einer Behandlung der Kurzsichtigkeit mit dem Laser unterziehen lassen möchten. Bei stärker kurzsichtigen Augen ist für das Sehen in der Nähe eine geringe Korrektur erforderlich, um in komfortabler Entfernung auch scharf sehen zu können. Derzeit existiert noch keine sinnvolle operative Korrektur der Alterssichtigkeit.

# Das Auge

Arbeitsblatt



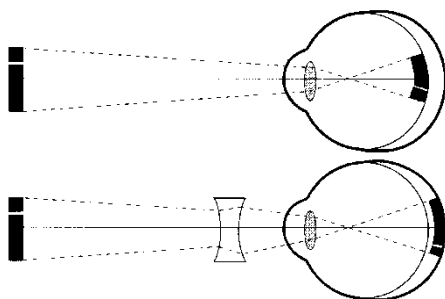
4/16

## Fragen: Sehfehler und Korrekturen

Benenne die Augenfehler und beschreibe sie. Wie können die Augenfehler korrigiert werden?

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

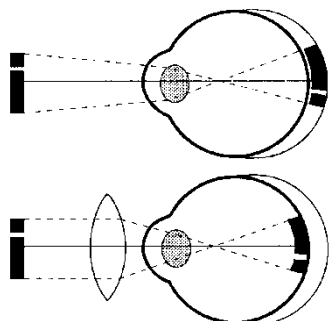
Beschreibung: \_\_\_\_\_



Korrektur: \_\_\_\_\_

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

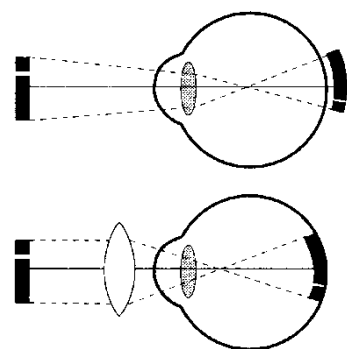
Beschreibung: \_\_\_\_\_



Korrektur: \_\_\_\_\_

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

Beschreibung: \_\_\_\_\_



Korrektur: \_\_\_\_\_

# Das Auge

Arbeitsblatt

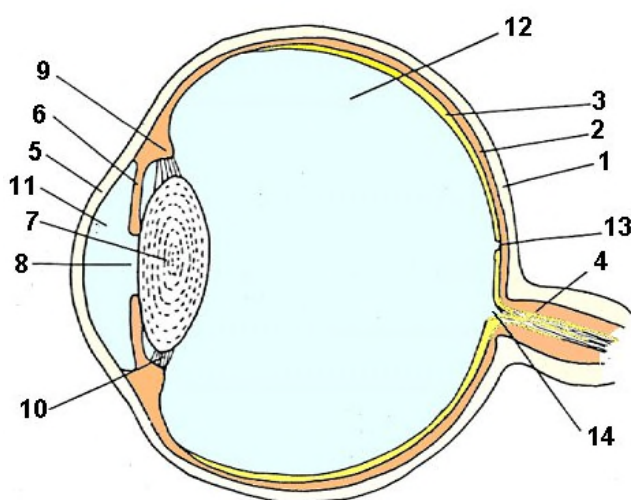


5/16

## Aufgabe 2:

Fülle die richtigen Begriffe aus.

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_
- 6 \_\_\_\_\_
- 7 \_\_\_\_\_
- 8 \_\_\_\_\_
- 9 \_\_\_\_\_
- 10 \_\_\_\_\_
- 11 \_\_\_\_\_
- 12 \_\_\_\_\_
- 13 \_\_\_\_\_
- 14 \_\_\_\_\_



# Das Auge

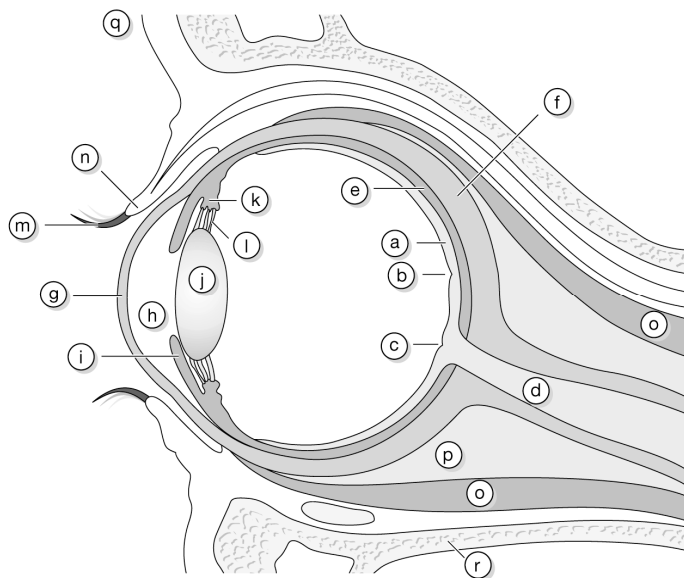
Arbeitsblatt



6/16

## Aufgabe 3:

Benenne die dargestellten Teile des menschlichen Auges und gib jeweils ein Stichwort zur Funktion an. Erstelle zur besseren Übersicht eine geeignete Tabelle.



	Bezeichnung	Funktion
a		
b		
c		
d		
e		
f		
g		
h		
i		

	Bezeichnung	Funktion
j		
k		
l		
m		
n		
o		
p		
q		
r		

# Das Auge

Arbeitsblatt



7/16

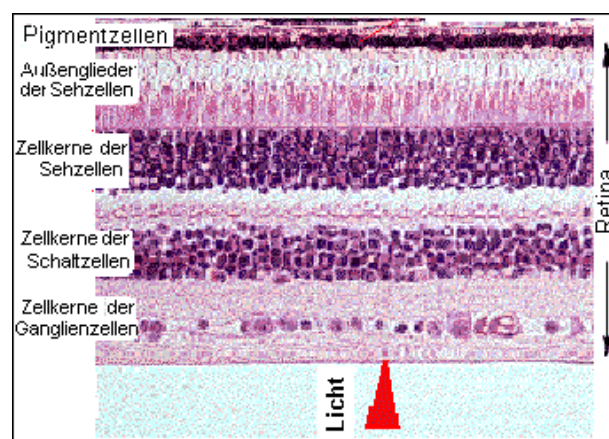
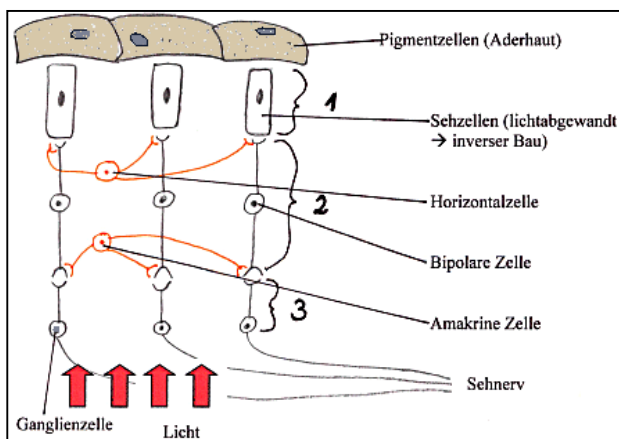
## Aufgabe 4:

Lies die Informationen zur Netzhaut und löse die Aufgabe.

## Bau der Netzhaut

Die Wirbeltier-Netzhaut ist dreischichtig. Sie entsteht als Ausstülpung des Zwischenhirns (und nicht wie bei den Linsenäugen der Tintenfische als Einstülpung der Aussenhaut).

1. **Sehzellschicht**
  - a. Stäbchen -->Dämmerungssehen (ca. 120 Mio.)
  - b. Zapfen -->Tagsehen (ca. 5 Mio.)
2. **Schaltzellschicht**
  - a. Horizontalzellen (Querverschaltung der Sehzellen)
  - b. Amakrine Zellen (Querverschaltung der Ganglienzellen)
  - c. Bipolare Zellen (Verbindung: Sehzellen - Ganglienzellen)
3. **Ganglienzellschicht** Ihre Axone bilden den Sehnerv





# Das Auge

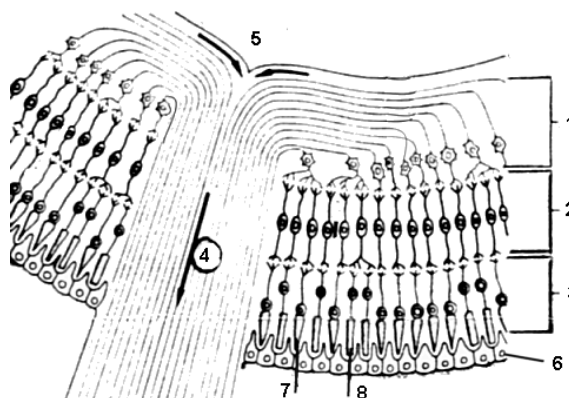
Arbeitsblatt



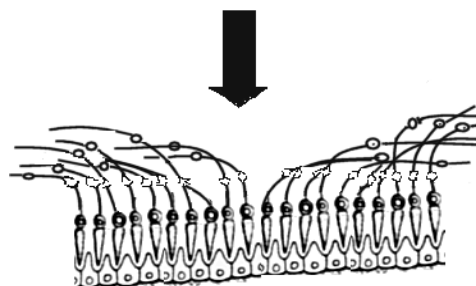
## Ausschnitt aus der Netzhaut

Beschrifte und erkläre, wo der Ausschnitt gemacht wurde!

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_
- 6 \_\_\_\_\_
- 7 \_\_\_\_\_
- 8 \_\_\_\_\_



- a. Aus welchem Netzhautbereich stammt dieser Ausschnitt? Begründung!
- b. Warum sind die Nervenfasern bis zu den Ganglienzellen marklos?




---



---



---



---



---



---



---



---



# Das Auge

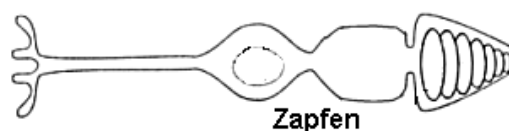
Arbeitsblatt



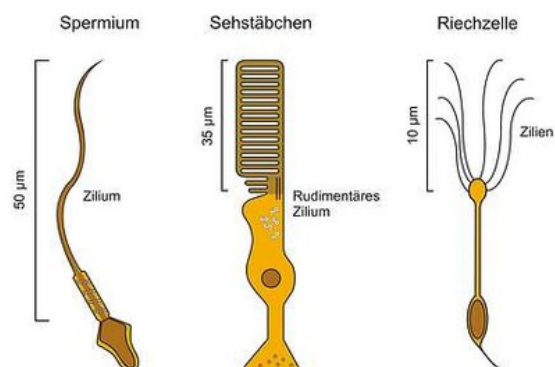
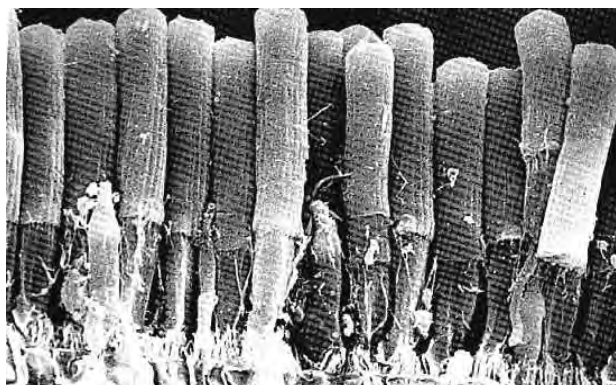
9/16

In der Netzhaut des Menschen gibt es zwei Sehsysteme:

<b>Zapfen und Stäbchen:</b> Sehsinneszellen sind modifizierte Nervenzellen, die auf Lichtreize mit einer Änderung des Membranpotenzials (=Rezeptorpotenzial) antworten.	
1. Zapfen	Eigenschaften
Form:	gedrungene Form
Vorkommen in der Netzhaut	→ höchste Dichte <b>in der Fovea</b> → abnehmende Dichte in der Peripherie
Lichtempfindlichkeit	gering → „ <b>Tagsehen</b> “ d. h. Fovea ist „dämmerungsblind“
Verschaltungsart	<b>Einzelverschaltung</b> d. h. jeder Zapfen in der Fovea hat seine eigene Bipolare/Ganglienzelle/Sehfaser zum Gehirn → <b>grosse Sehschärfe</b>
Sehfarbstoff	<b>Farbsehen</b> → 3 Zapfentypen mit jeweils verschiedenen Sehpigmenten (Jodopsine)
2. Stäbchen	Eigenschaften
Form:	längliche Form s.u.
Vorkommen in der Netzhaut	höchste Dichte 20° um Fovea herum, <b>nicht in Fovea</b> , in der Peripherie abnehmend
Lichtempfindlichkeit	grosse Lichtempfindlichkeit → „ <b>Dämmerungssehen</b> “
Verschaltungsart	<b>Gruppenverschaltung</b> d. h. ca. 100 Stäbchen werden von Bipolaren auf <b>eine</b> Ganglienzelle zusammengeschaltet → <b>geringe Sehschärfe</b> , aber <b>Bewegungen</b> werden empfindlicher wahrgenommen.
Sehfarbstoff	<b>kein Farbsehen (s/w-Sehen)</b> da nur 1 Sehfarbstoff: <b>Rhodopsin</b>



**Stäbchennetzhaut eines Frosches:**



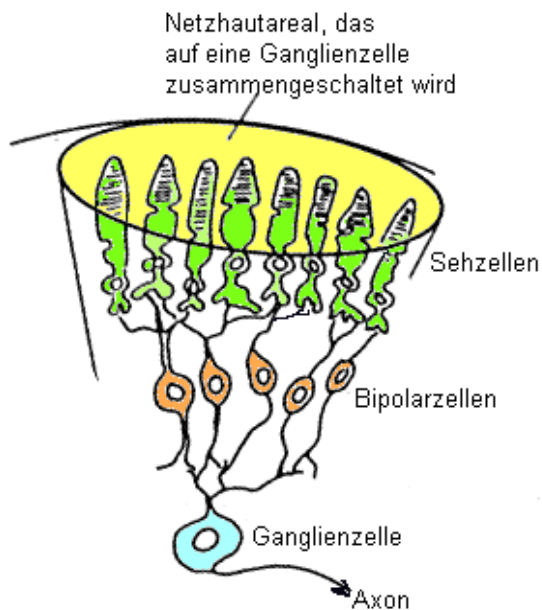
# Das Auge

Arbeitsblatt



10/16

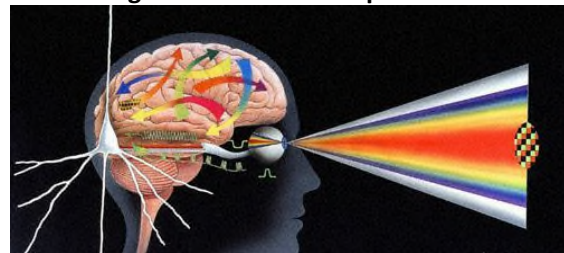
## Zapfen und Stäbchen



- **Begründe:** Warum ist bei Gruppenverschaltung die Sehschärfe gering (z.B. in der Netzhaut-Peripherie)?
- Warum ist jedoch die Lichtempfindlichkeit sowie die Empfindlichkeit für die Wahrnehmung von Bewegung grösser?

390 - 430	460 - 500	570 - 590	610 - 700
violett	blau grün	gelb	orange rot

### Wellenlängen des sichtbaren Spektrums



Sehen können ist also eine neurophysiologische Leistung, die von dem **ausgewogenen Zusammenspiel** der Exterozeptoren (Stäbchen (95 %) und Zäpfchen(5 %), der Propriozeptoren (alle Augenmuskeln) und deren intakten synaptischen Verschaltungen zu den entsprechenden Hirnzentren abhängig ist.

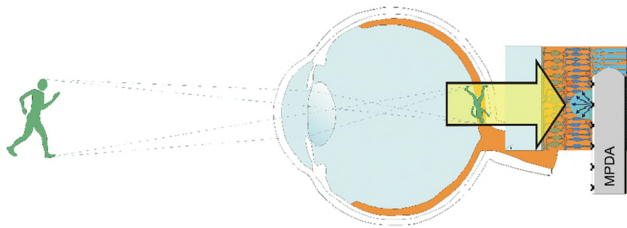
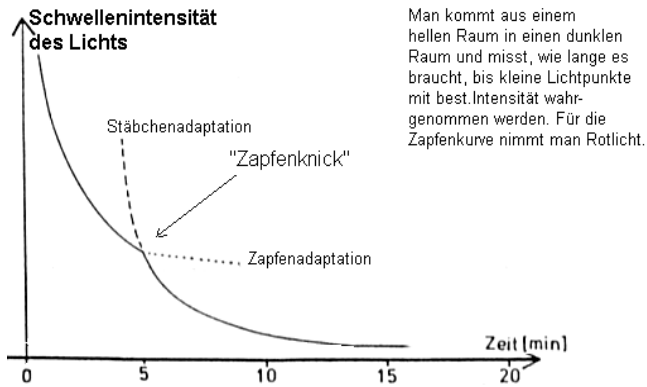
# Das Auge

## Arbeitsblatt



11/16

### Wie sieht die Kurve aus?



#### a. Bei einem Nachtblinden? (Stäbchen funktionstüchtig)

---



---

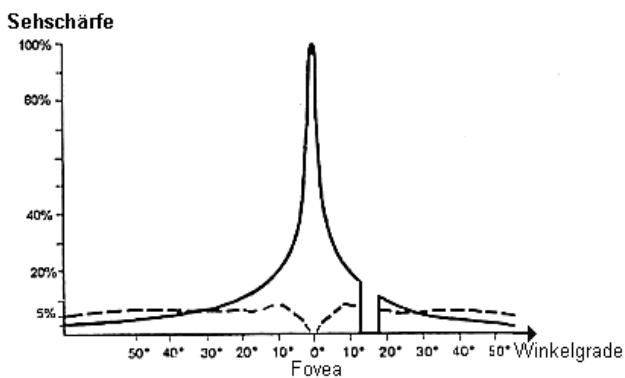
#### b. bei einem völlig Farbenblinden? (Zapfen defekt)

---



---

### Sehschärfe



Begründe, warum die Sehschärfe der Stäbchen trotz gleicher Sehzell-Dichte nur max. 10% der Zapfen-Sehschärfe erreicht.

- Warum ist die Fovea dämmerungsblind?
- Warum sind bei Nacht "alle Katzen grau?"
- Warum muss man an einem schwach leuchtenden Stern vorbeischaun, um ihn zu sehen?

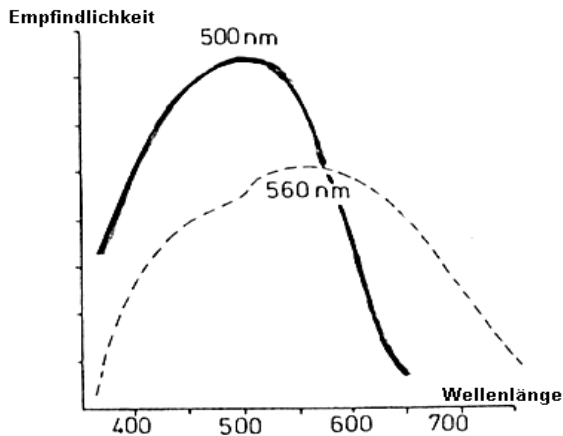
# Das Auge

Arbeitsblatt



12/16

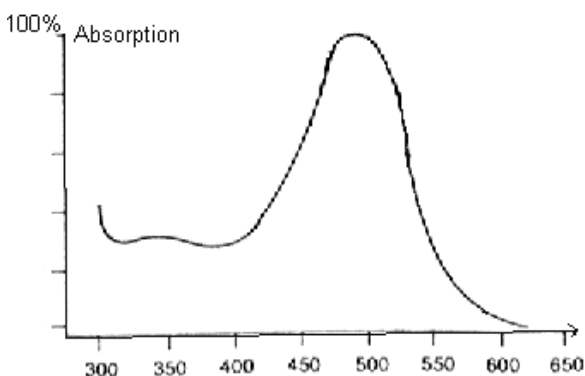
## „Purkinje-Verschiebung“: Empfindlichkeitsverschiebung bei Tag- bzw. Dämmerungssehen



durchgezogene Linie: **Stäbchen**  
gestrichelte Linie: **Zapfen**

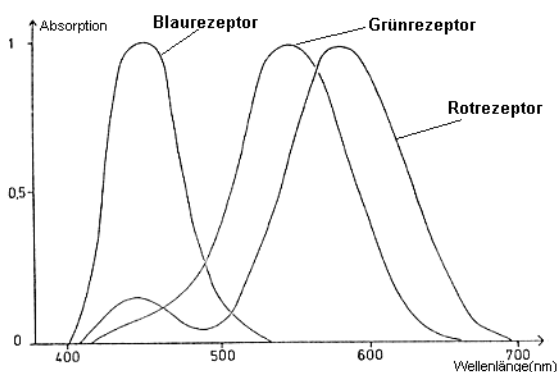
Das Stäbchensystem ist für kurzwelliges blaues Licht am empfindlichsten d.h. dieses Licht wird in der Dämmerung als hellstes grau empfunden, da die Stäbchen am stärksten angeregt werden. Langwelliges Rotlicht (700 nm) erscheint dagegen schwarz, weil der Stäbchenfarbstoff diese Wellenlänge nicht absorbiert. Die Zapfen reagieren beim Tagsehen am empfindlichsten auf gelb/grün (555nm).

## Absorptionskurve des Rhodopsins (Sehpurpur)



- Welche Farbe haben rote Beeren in der Dämmerung?
- Warum sind Stäbchen bei Rotlicht dunkeladaptiert?

## Absorptionskurven der 3 Zapfenfarbstoffe



Die Summenkurve der 3 Absorptionskurven ergibt die Empfindlichkeitskurve des Tagsehens.

- Welche Farbe müssten also Warn-Jacken mit Signalfarben am Tage haben?

## Aufgabe 5:

Beantworte die Fragen.

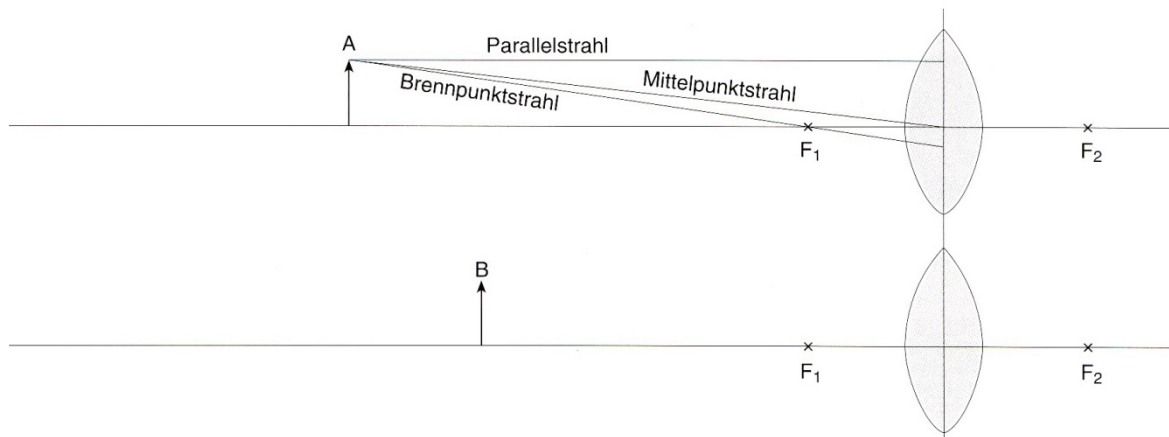
# Das Auge

Arbeitsblatt



13/16

## Lichtbrechung im Auge



1. Konstruiere zu den Gegenständen A und B die Bilder  $A'$  und  $B'$  mit den vorgegebenen Brennpunkten  $F_1$  und  $F_2$ .
2. Die Linse in unseren Augen ist eine Sammellinse. Begründe: Sie besitzt zwar einen Brennpunkt, kann aber nichts anzünden.
3. Überträgt man die Konstruktion auf das Auge, kann man A als fernen und B als näheren Gegenstand betrachten. Zeichne die Lage der Netzhaut in die Konstruktion ein. Können derartige Unterschiede im Auge vorkommen?
4. Wie müsste sich die Linse verändern, sodass bei gleich bleibender Lage der Netzhautenebene nahe oder ferne Gegenstände scharf gesehen werden?

# Das Auge

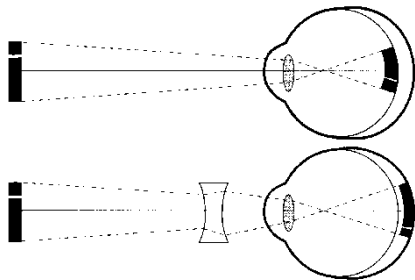
Lösung



14/16

## Lösung 1:

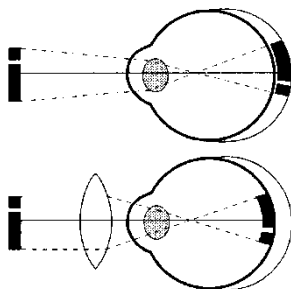
Bezeichnung: **Kurzsichtigkeit**



Beschreibung: Die gebündelten Strahlen treffen sich vor der Netzhaut, ein scharfes Bild entsteht schon vor der Netzhaut.

Korrektur: Eine Zerstreuungslinse verschiebt den Brennpunkt der Strahlen weiter nach hinten, so dass auf der Netzhaut ein scharfes Bild entsteht.

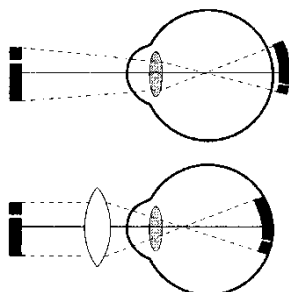
Bezeichnung: **Weitsichtigkeit**



Beschreibung: Die gebündelten Strahlen treffen sich hinter der Netzhaut; entsteht erst hinter der Netzhaut.

Korrektur: Eine Sammellinse unterstützt die Brechkraft der Linse, sodass auf der Netzhaut ein scharfes Bild entsteht.

Bezeichnung: **Alterssichtigkeit**



Beschreibung: Die Linse verliert ihre Elastizität. Eine starke Wölbung ist nicht mehr möglich und damit auch kein scharfes Sehen in der Nähe. Sehen in der Ferne ist weiterhin gut.

Korrektur: Eine Sammellinse unterstützt die Linse beim Sehen in der Nähe.

# Das Auge

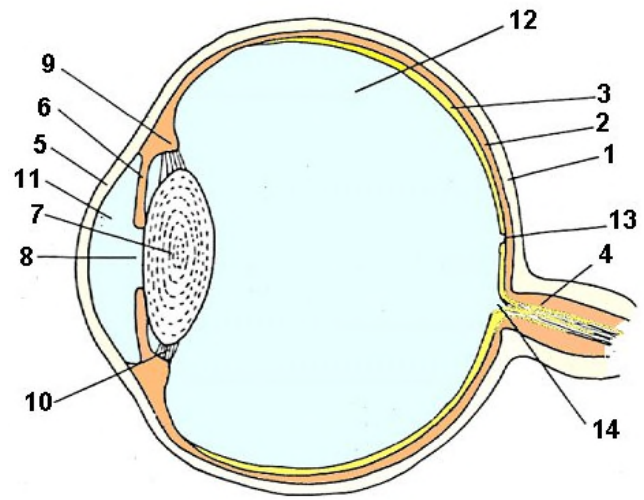
Lösung



15/16

## Lösung 2:

- 1 Lederhaut: Schutz
- 2 Aderhaut: Ernährung
- 3 Netzhaut(Retina): Rezeptoren
- 4 Sehnerv: sensible, afferente Fasern zum Gehirn
- 5 durchsichtige Hornhaut(Cornea): Lichtbündelung zus. mit Linse
- 6 Iris(Regenbogenhaut): Blende regelt die Grösse der Pupille
- 7 Linse: Variable Brechkraft
- 8 Pupille: Sehloch
- 9 Ciliarmuskel: Akkommodation
- 10 Zonulafasern: Linsenaufhängung
- 11 vordere Augenkammer
- 12 Glaskörper: Form
- 13 Fovea (gelber Fleck, Sehgrube): Stelle des schärfsten Sehens,
- 14 blinder Fleck: Austritt des Sehnervs



## Lösung 3:

	Bezeichnung	Funktion
a	Netzhaut	Reizaufnahme
b	Sehgrube, Gelber Fleck	Stelle des schärfsten Sehens
c	blinder Fleck	Austritt des Sehnervs
d	Sehnerv	Signalleitung zum Gehirn
e	Aderhaut	Ver- und Entsorgung
f	Lederhaut	schützt, stabilisiert
g	Hornhaut	Lichtbrechung
h	Kammerwasser	Lichtbrechung, Druck
i	Regenbogenhaut (Iris)	reguliert den Lichteinfall (Pupillenöffnung)

	Bezeichnung	Funktion
j	Linse	Akkommodation, Lichtbrechung
k	Ziliarmuskel	verändert Linsenform beim Scharfstellen
l	Zonulafasern	Befestigung der Linse
m	Wimpern	Schmutz abweisen, Schutz
n	Augenlid	Schutz, Verteilung der Tränenflüssigkeit
o	Augenmuskeln	koordinierte Augenbewegung
p	Fettkörper	Stossdämpfer
q	Augenbrauen	Schweiss- und Schmutz abweisen
r	Schädelknochen	bilden Augenhöhle



# Das Auge

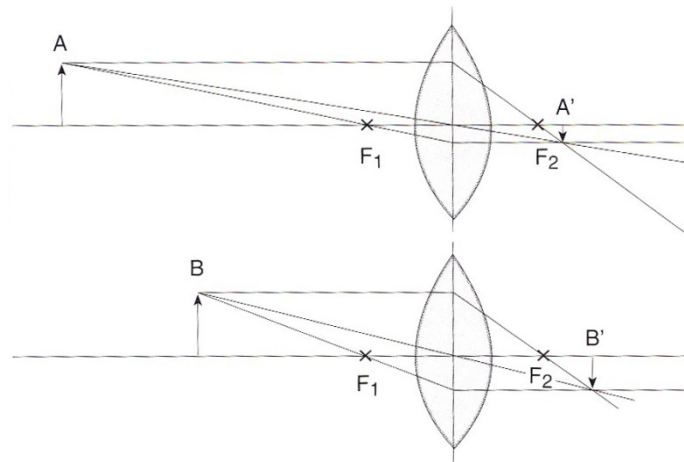
Lösung



16/16

## Lösung 5:

### 1. Die Skizze



2. Die Augenlinse besteht aus einer gallertähnlichen verformbaren Substanz, die die Strahlen bündelt, aber nicht so hohe Temperaturen wie die Glaslinse erzeugen kann.
3. Die Lage der Netzhaut entspricht der Bildebene  $A'$  und  $B'$ . Die Unterschiede können im Auge nicht vorkommen, da Glaskörper und Lederhaut/Netzhaut nicht ständig ihre Lage ändern können.
4. Bei gleich bleibender Lage der Netzhautebene wie für  $A'$  müsste die Linse dicker werden. Durch stärkere Krümmung wird die Brennweite kleiner und das Bild  $B'$  rückt nach vorn.





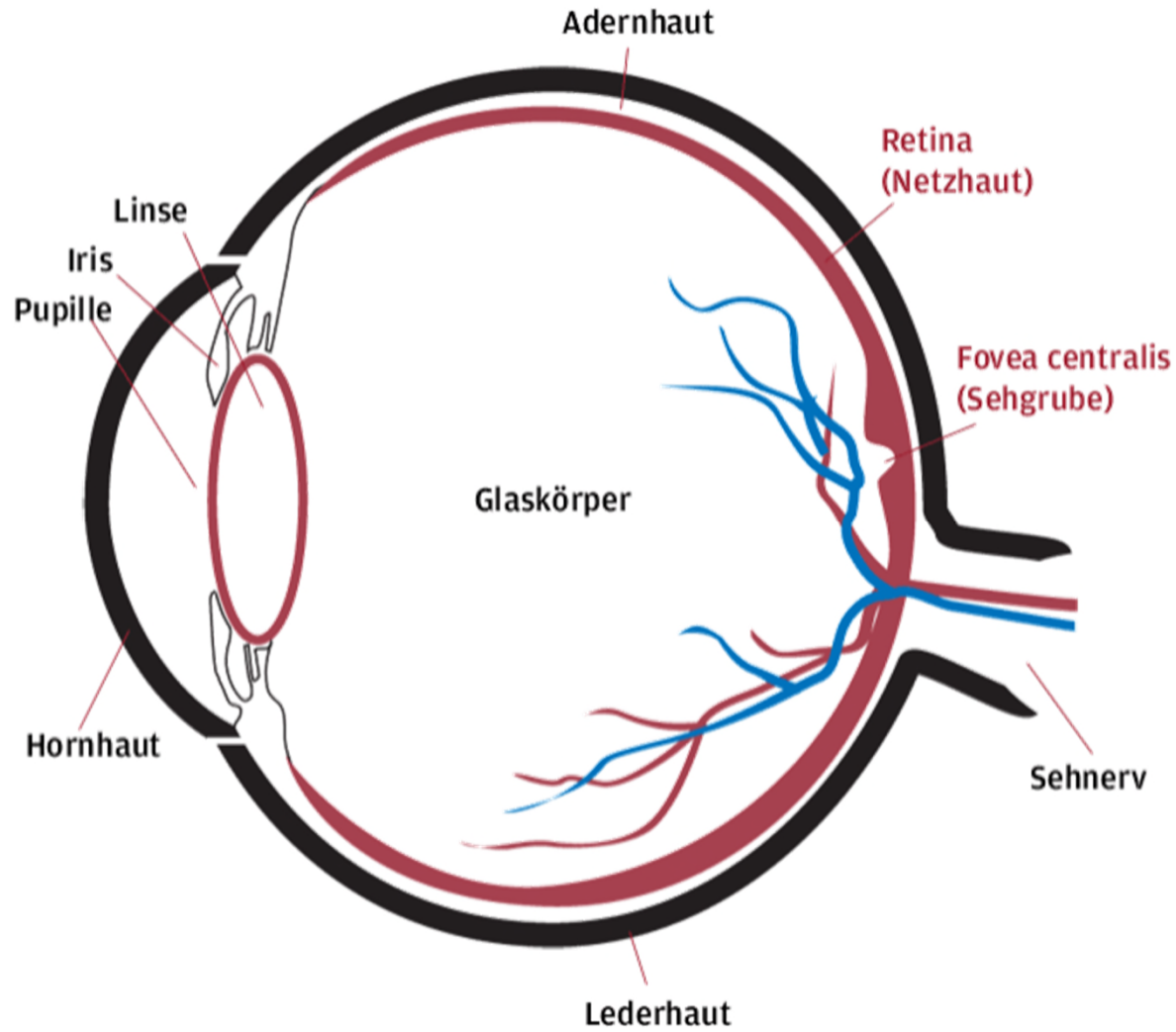
# Das Auge I

## Übersicht

- Abbildender Apparat (Linse etc.)
- Photorezeptoren (Zapfen und Stäbchen)
- Photorezeptormosaik
- Dunkeladaptation
- Sehschärfe
- Laterale Hemmung und Konvergenz



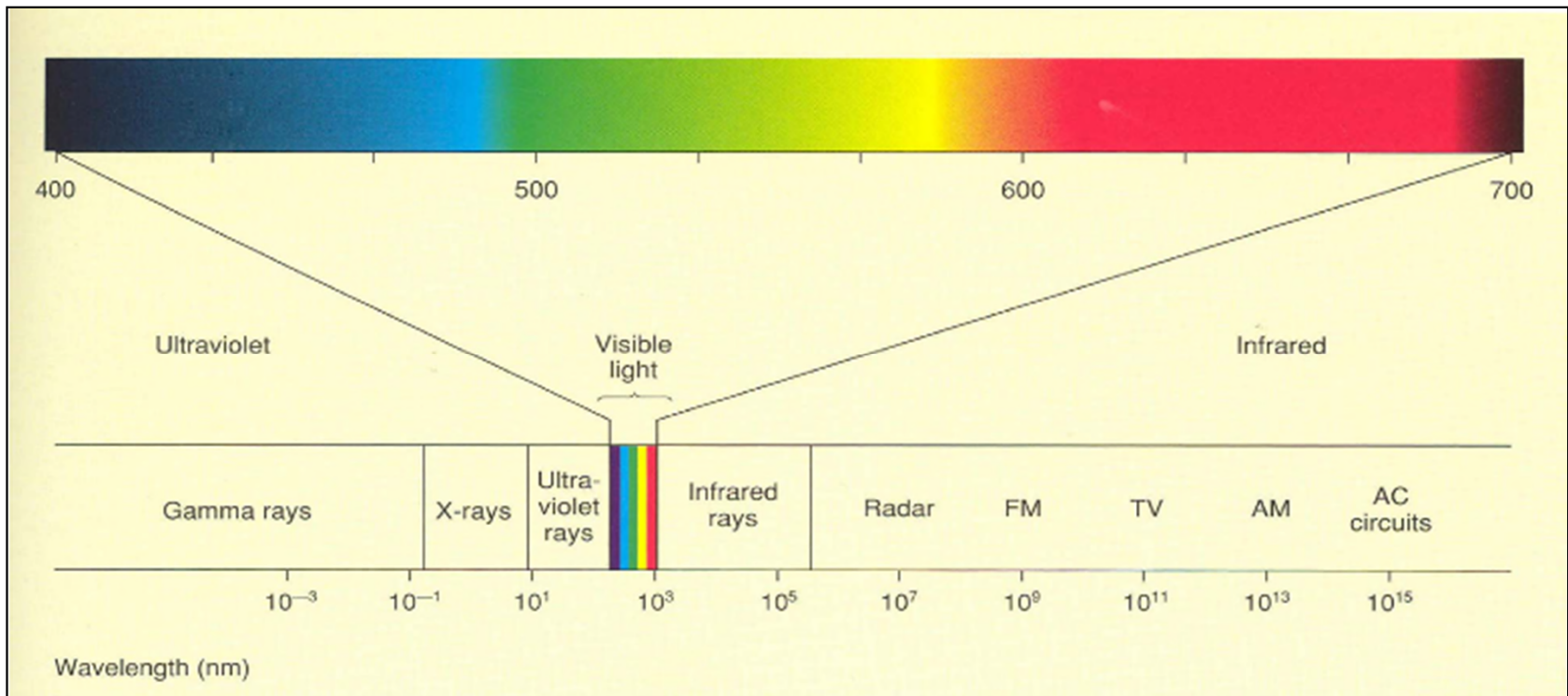
# Übersicht





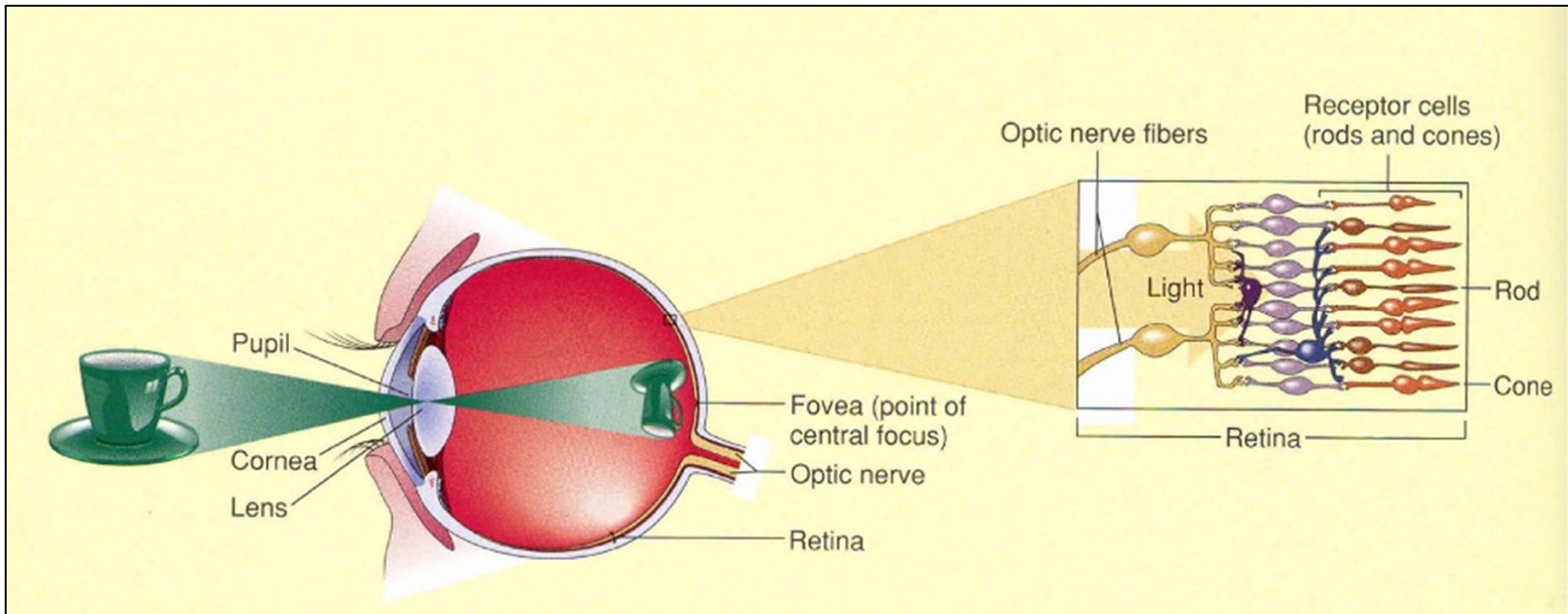
# Lichtreize

Das Sehsystem ist empfindlich für elektromagnetische Strahlung in einem eng umgrenzten Bereich von Wellenlängen. Nur für Strahlung dieser Wellenlängen besitzen wir Rezeptoren (Empfänger).





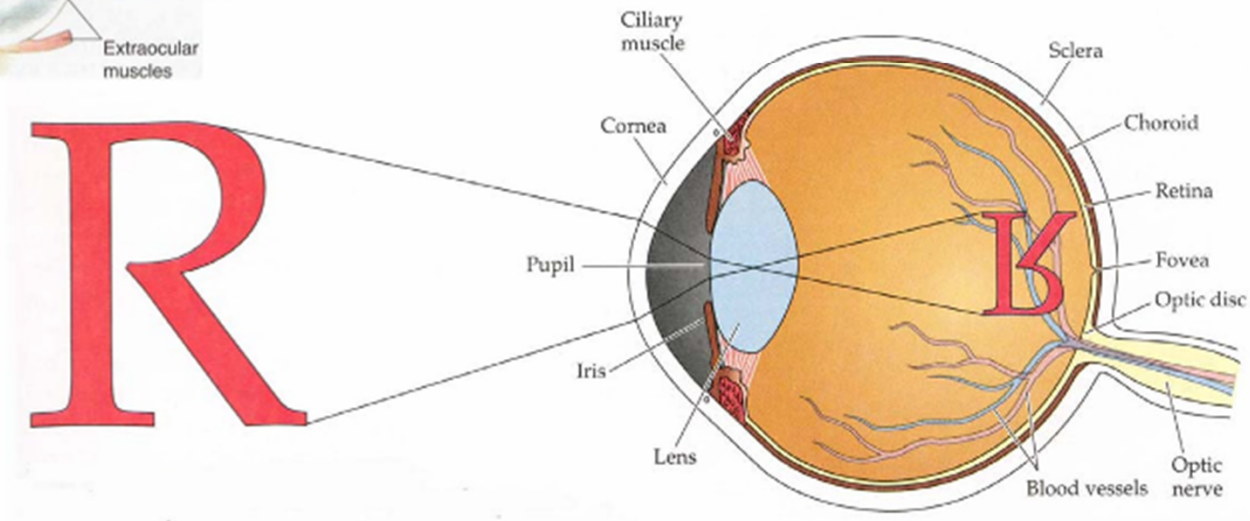
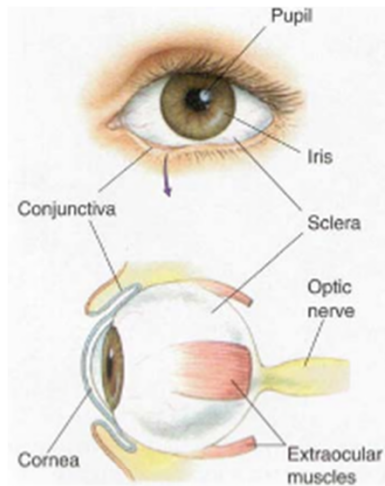
# Retinale Verarbeitung



# Anatomie



Auf der Netzhaut entsteht ein umgekehrtes Abbild unserer Umwelt.







# Daumenregel der Netzhautbildgrösse

Ein 2 cm breiter Daumen erzeugt bei gestrecktem Arm einen Sehwinkel von etwa  $2^\circ$  und eine Netzhautbildgrösse von 0,6 mm.

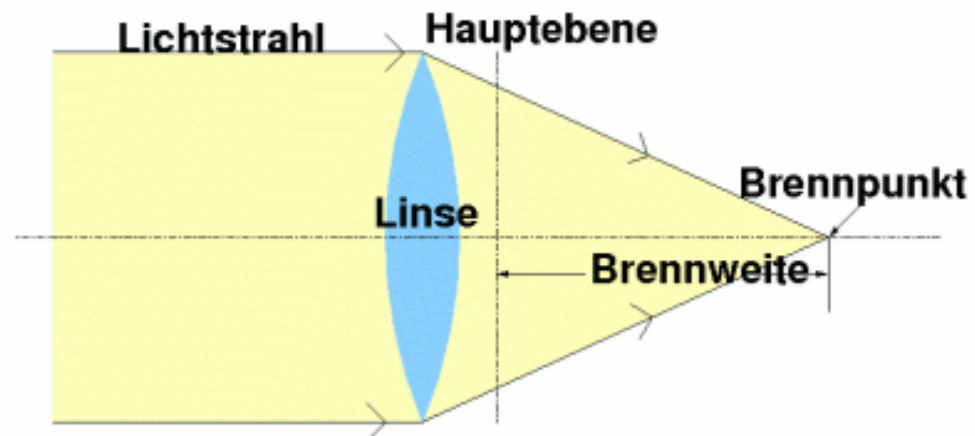


# Brennweite



Wäre das **A**uge wie eine Kamera, so müssten wir die Entfernung der Augenlinse zur Netzhaut verändern können, wir müssten "Stilaugen" haben.

Beim Menschen bleibt die Bildweite, also der Abstand Augenlinse-Netzhaut, **konstant**. Darum muss die **Brennweite** der Augenlinse (also ihre Krümmung) verändert werden, um Gegenstände in verschiedenen Entfernungen scharf sehen zu können. Diese Aufgabe übernimmt der Ziliarmuskel.





# Linsenmathematik

- Die Brechkraft einer Linse wird in Dioptrien gemessen. Sie ist der Kehrwert der Brennweite in Metern:  $D = 1/f$  [dpt]
- Die Gesamtbrechkraft des Auges beträgt ca. 60 dpt. Den grössten Beitrag leistet dabei die Hornhaut (40 dpt), nur 20 dpt entfallen auf die Linse

## Fundamentale Linsengleichung:

$$\mathbf{1/f = 1/i + 1/o,}$$

(f = Brennweite der Linse, i = Bildabstand; o = Objektabstand)

$$A' = A' + D$$

$$D = A' - A$$

$$\underline{1} = \underline{1} - \underline{1}$$

$$f' \quad a' \quad a$$

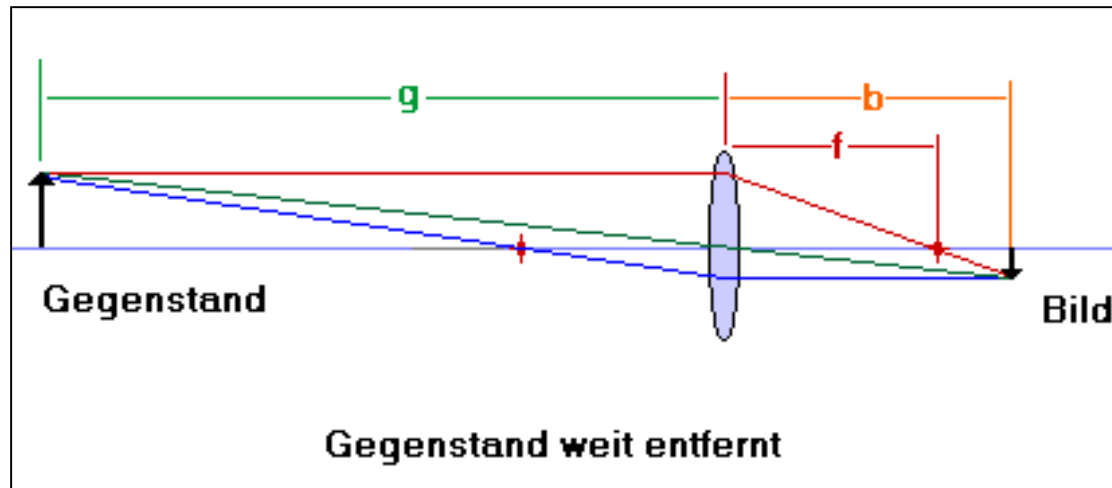




# Sehen eines entfernten Gegenstandes

Wenn ein entfernter Gegenstand gesehen werden soll ist  $a$  gross und damit  $1/a$  klein. Da  $a'$  und damit auch  $1/a'$  konstant sind, muss die linke Seite der Gleichung ( $1/f$ ) ebenfalls klein werden. Das bedeutet, dass die Brennweite  $f$  gross werden muss.

Sehen in Entfernung: Grosse Entfernung  $a \rightarrow$  grosse Brennweite  $f$

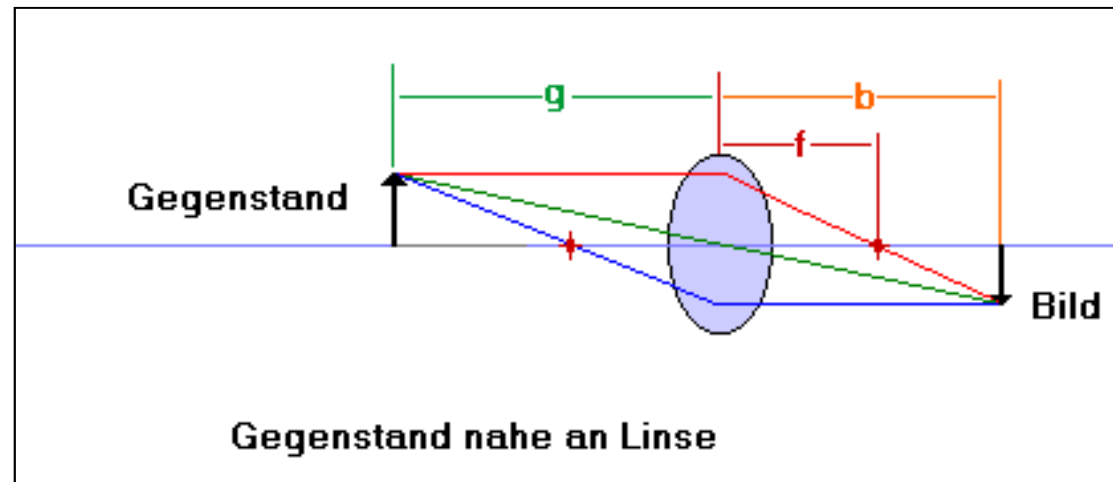




# Sehen eines nahen Gegenstandes

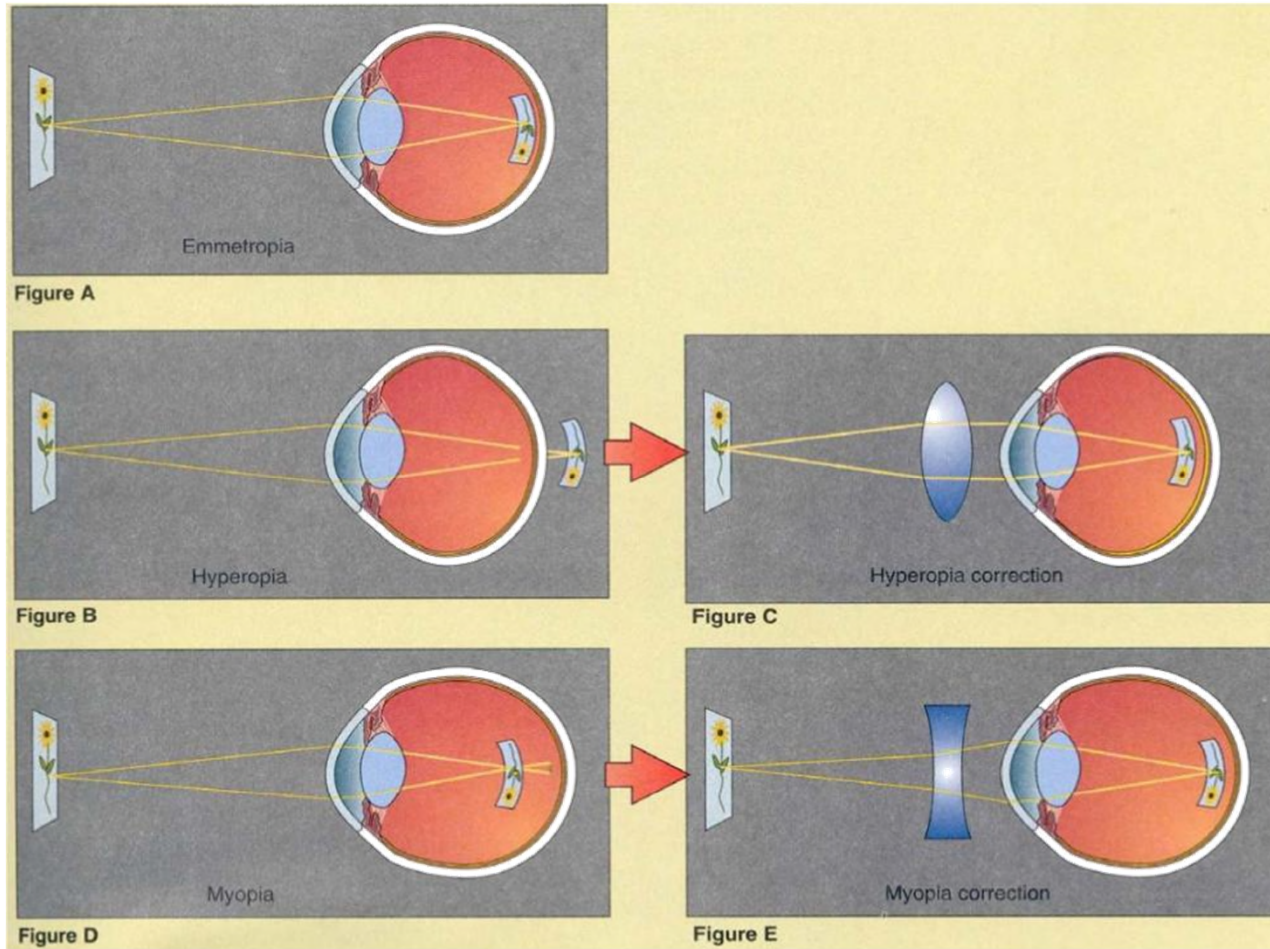
Soll ein Gegenstand in der Nähe gesehen werden ( $a$  klein, also  $1/a$  gross), so muss die linke Seite der Gleichung ebenfalls gross sein ( $1/a'$  ist ja immer noch gleich). Es muss also  $1/f$  gross werden, bzw. die Brennweite  $f$  klein werden.

Sehen in die Nähe : kleine Entfernung  $a \rightarrow$  kleine Brennweite  $f$





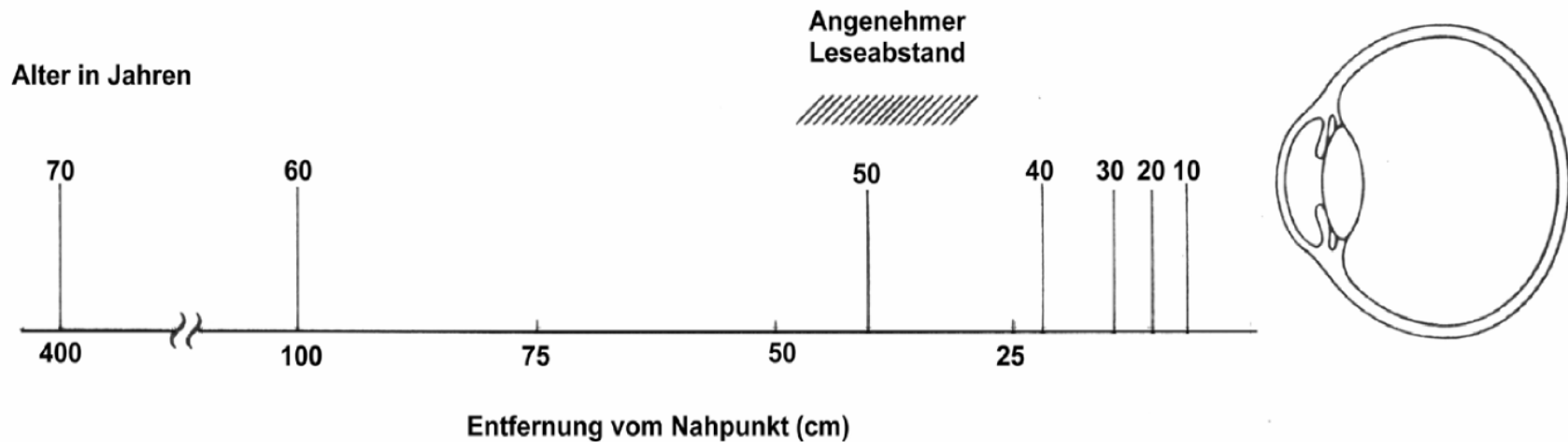
# Fehlsichtigkeit





# Nahpunkt und Alter

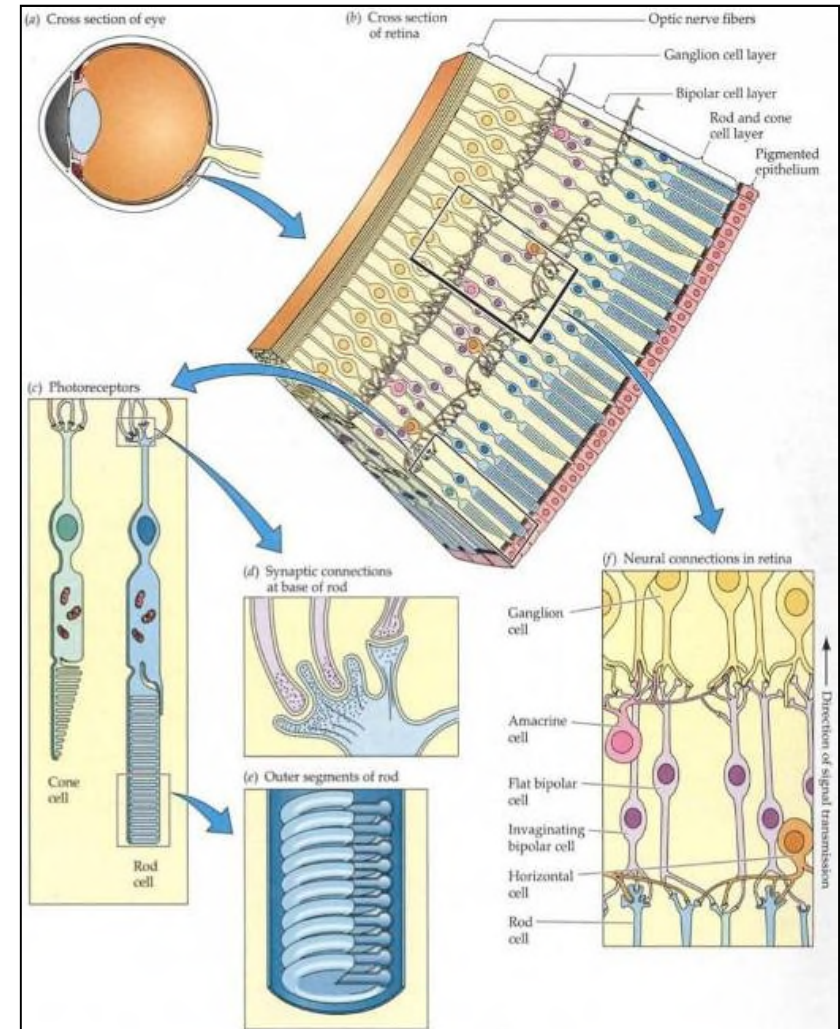
Im Alter sinkt die Flexibilität der Linse und damit die Akkommodationsfähigkeit. Man braucht zum Lesen eine Brille.



# Netzhautverarbeitung



In der Netzhaut befinden sich lichtempfindliche Rezeptoren mit Sehpigmenten. Das sind Moleküle, die sich bei Auftreffen von Licht verändern. Dadurch wird eine Kaskade von Prozessen ausgelöst, die in einem elektrischen Signal endet, **welches** der vom Sehnerv aufgenommen und ans Hirn weitergeleitet wird.

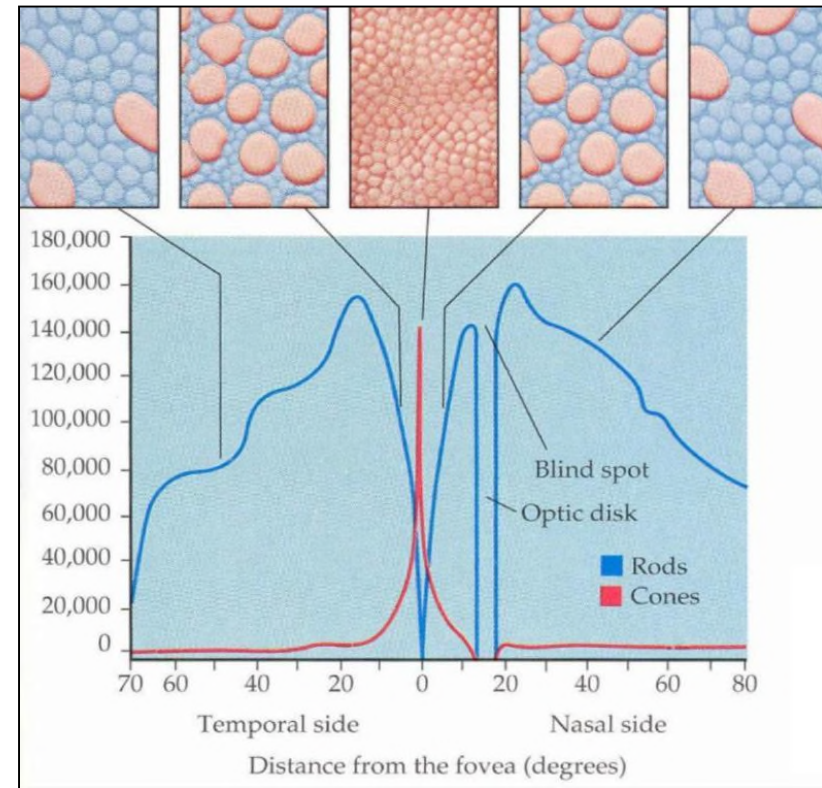




# Lichtrezeptoren

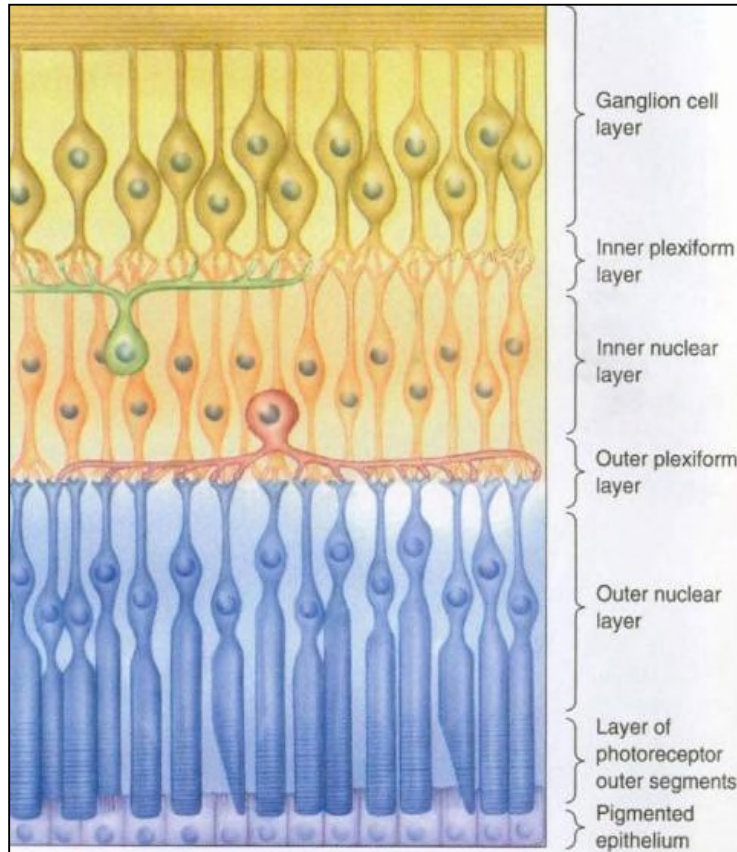


- Licht wird von Zapfen und Stäbchen wahrgenommen, den Rezeptoren.
- Am “blinden Fleck” gibt es keine Rezeptoren .
- Die Dichte der Zapfen nimmt zum Rand hin rasch ab, es gibt aber überall Zapfen .
- Es gibt mehr Stäbchen (108) als Zapfen ( $5 \times 10^6$ ).





# Das retinale Netzwerk



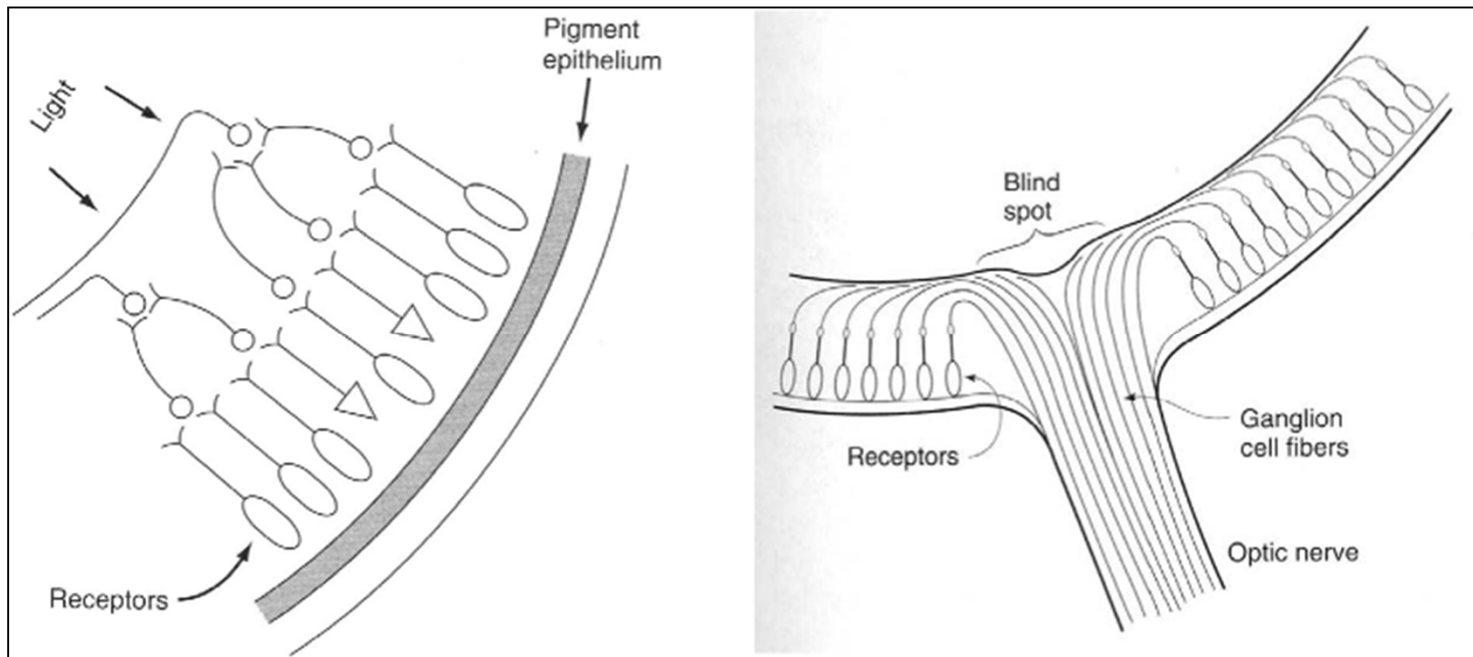
Die Ganglienzellen leiten die Information vom Auge zum Gehirn. Zwischen Rezeptoren und Ganglienzellen gibt es ein Netzwerk aus Zellen als Verbindungen.

Zapfen und Stäbchen leiten ihre Informationen an die selben Ganglienzellen weiter!



# Der Lichtweg im Auge

Die Photorezeptoren sitzen auf der dem Licht abgewandten Seite. Die Stelle, an der die Axone (Nervenenden) der Ganglienzellen das Auge verlassen, besitzt keine Photorezeptoren und wird „blinder Fleck“ genannt.



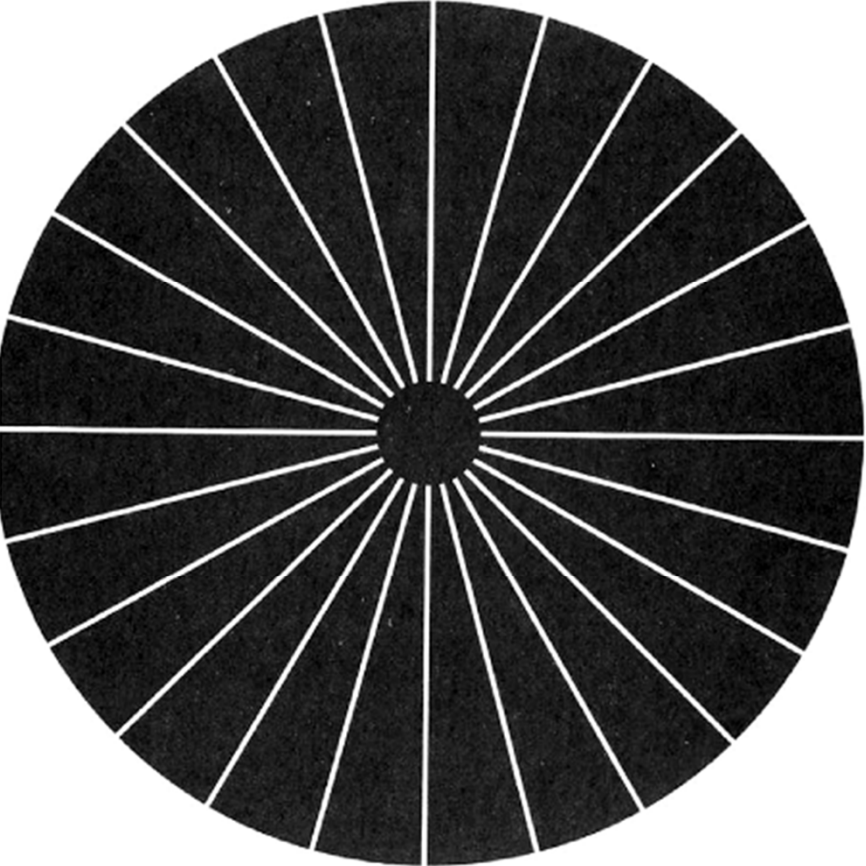


# Blinder Fleck



1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2

# Blinder Fleck



1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2

# Sehschärfe



Die **Sehschärfe (Visus)** ist das **Mass** der Fähigkeit eines Lebewesens, mit seinem Sehorgan Muster und Konturen in der Aussenwelt als solche wahrzunehmen.

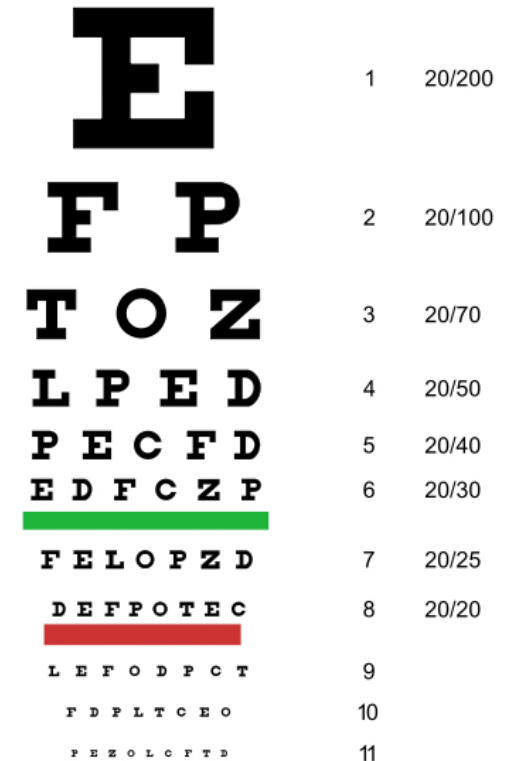




# Sehschärfe

Beispiel: Erkennt ein Patient ein Zeichen aus der Entfernung von 6 Metern, für das die Normentfernung 30 Meter beträgt, so ist sein Visus 6/30 oder 0,2.

Metrisch	Dezimal	Snellen	Winkel- minuten
6/3	2,0	20/10	0,5'
6/4,5	1,5	20/15	0,75'
<b>6/6</b>	<b>1,0</b>	<b>20/20</b>	1'
6/7,5	0,8	20/25	1,25'
6/9	0,67	20/30	1,5'
6/12	0,5	20/40	2'
6/15	0,4	20/50	2,5'
6/30	0,2	20/100	5'
6/60	0,1	20/200	10'
<b>6/120</b>	<b>0,05</b>	<b>20/400</b>	<b>20'</b>











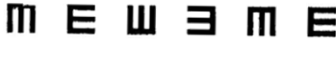
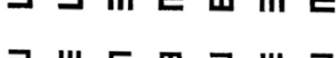



# Prüftafel (Snellen-Haken)

Die Sehschärfe an der Stelle des schärfsten Sehens wird als **Visus** bezeichnet:

$$V = 1/\alpha \text{ [1/Grad]}$$

Dabei ist  $\alpha$  der Sehwinkel der gerade noch erkennbaren Lücke eines Testzeichens.

**Ergebnis:** Der Sehwinkel der kleinsten erkennbaren Öffnung beträgt unter optimalen Bedingungen etwa *1 Winkelminute*.

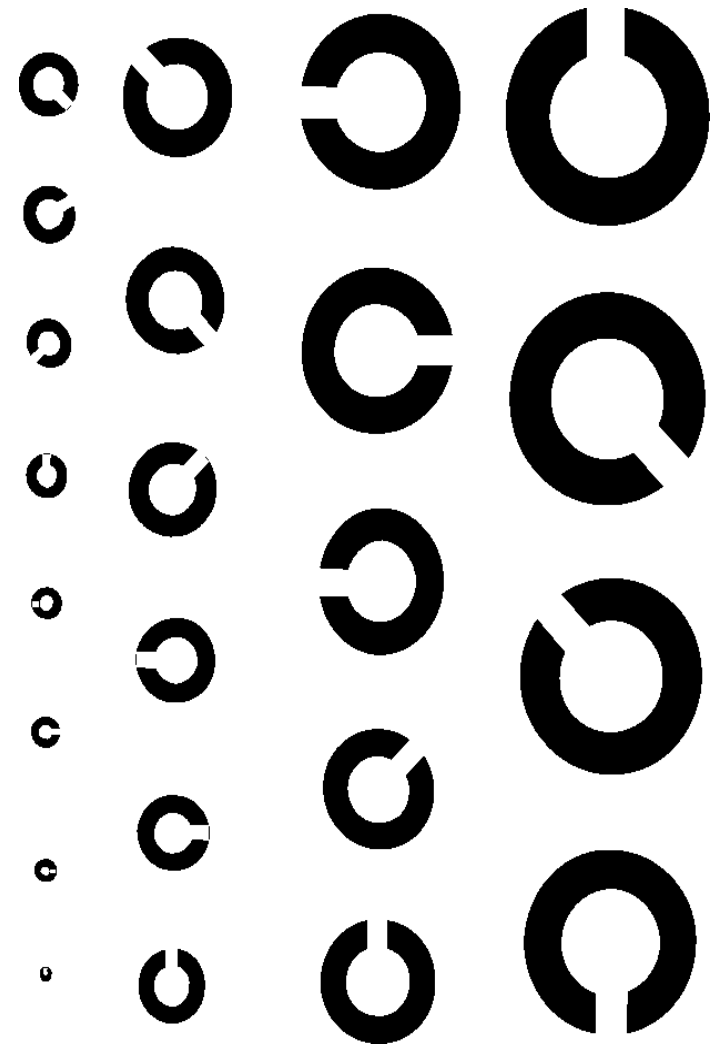
1		0,1
2		0,2
3		0,3
4		0,4
5		0,5
6		0,6
7		0,7
8		0,8
9		0,9
10		1,0 NORMAL
11		1,2
12		1,5



# Ringe (Landoldt-Ring)

An welcher Position („Uhrzeit“) befindet sich die Öffnung?

**Ergebnis:** Der Sehwinkel der kleinsten erkennbaren Öffnung beträgt unter optimalen Bedingungen etwa 1 *Winkelminute*.



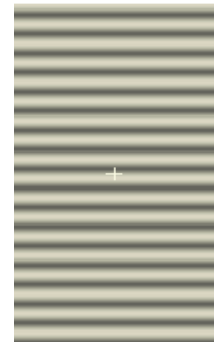
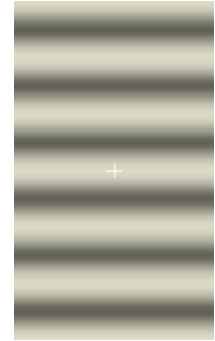


# Sinusgitter

Welches Gitter kann man gerade noch als Streifenmuster von einer homogenen Fläche unterscheiden?

**Ergebnis:** Der Sehwinkel der kleinsten Periode beträgt unter optimalen Bedingungen etwa 1 Winkelminute.

Der Abstand zwischen zwei Zapfen in der Netzhaut beträgt etwa eine halbe Winkelminute. Ein heller und ein dunkler Streifen müssen also auf unterschiedliche Rezeptoren fallen, um das Gitter (oder die Lücke) zu sehen .



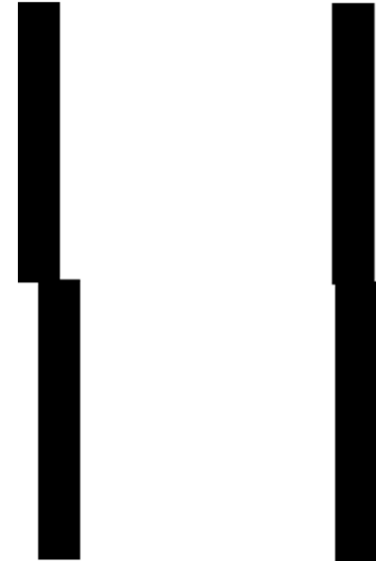


# Nonius-Sehschärfe

Welchen seitlichen Abstand müssen zwei Linien haben, damit die Unterbrechung sichtbar wird?

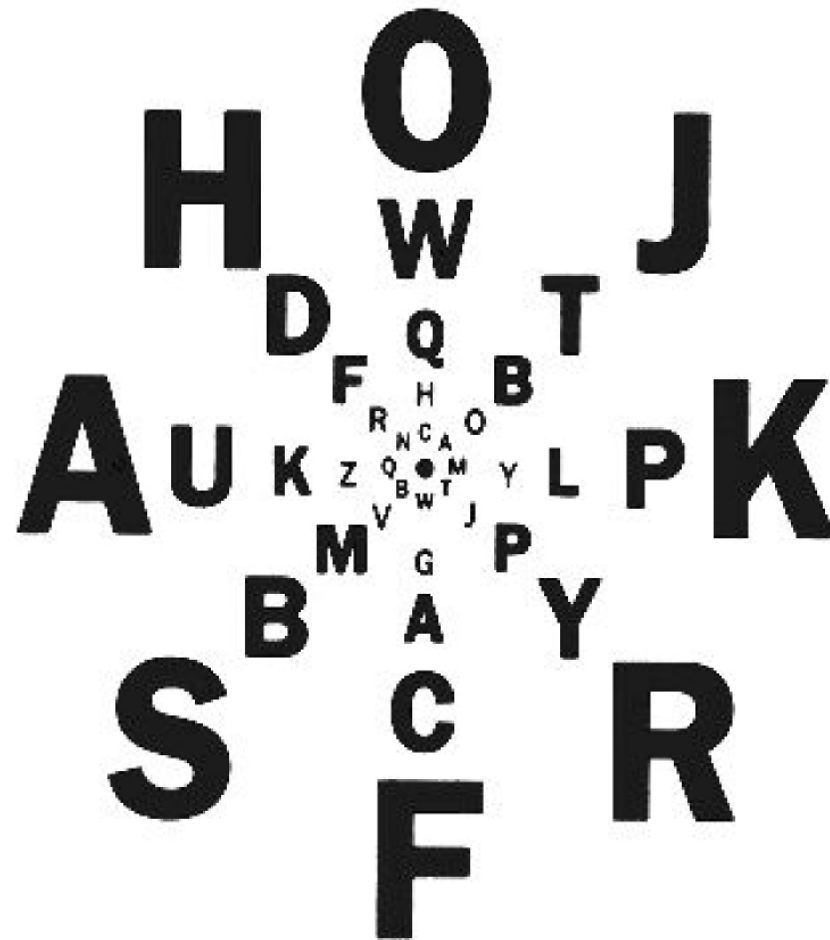
**Ergebnis:** Der Sehwinkel der kleinsten sichtbaren Verschiebung beträgt unter optimalen Bedingungen einige Winkelsekunden.

Die Sehschärfe ist besser als der Rezeptorabstand – man spricht von Überauflösung.



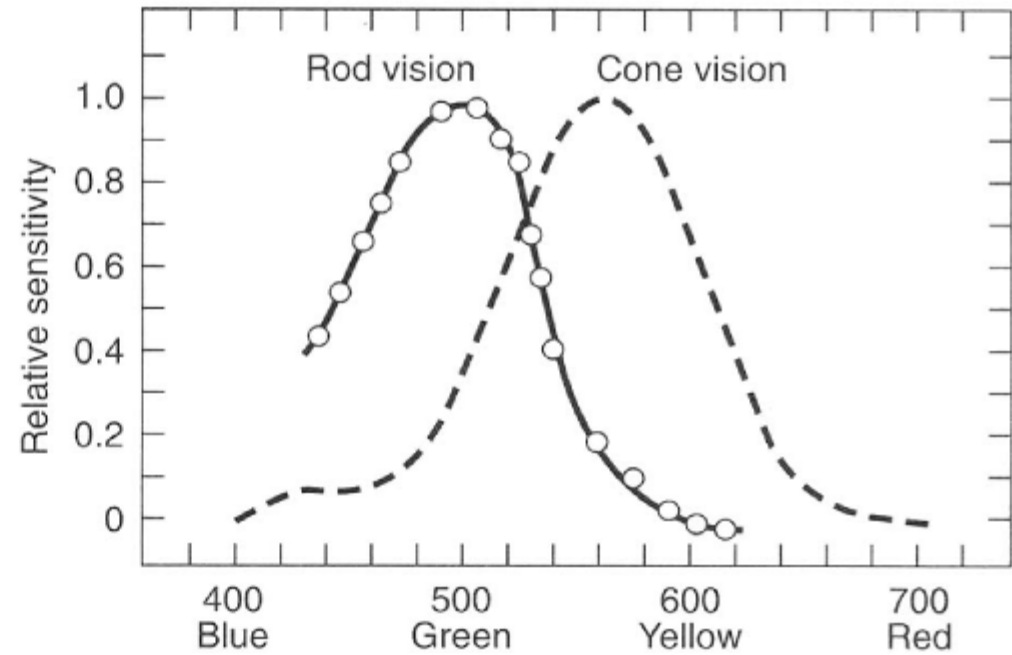
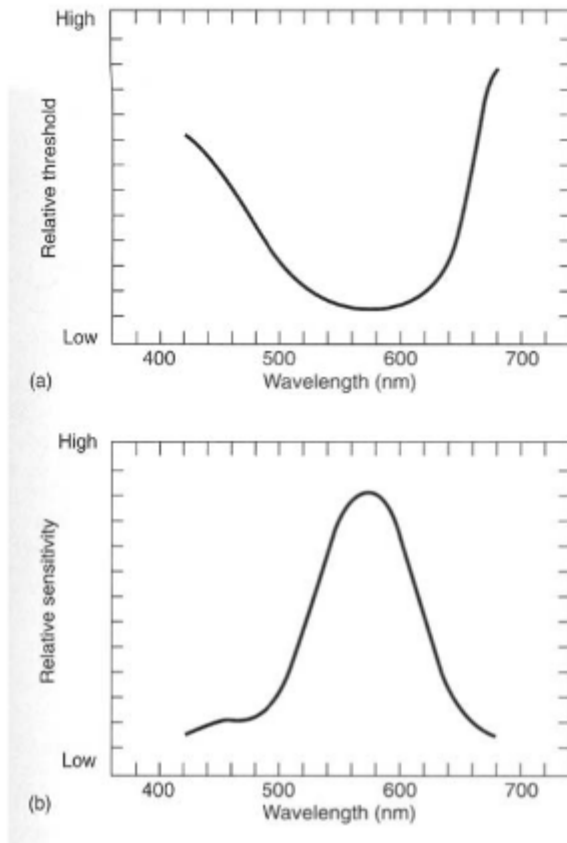


# Sehschärfe und Position im Gesichtsfeld





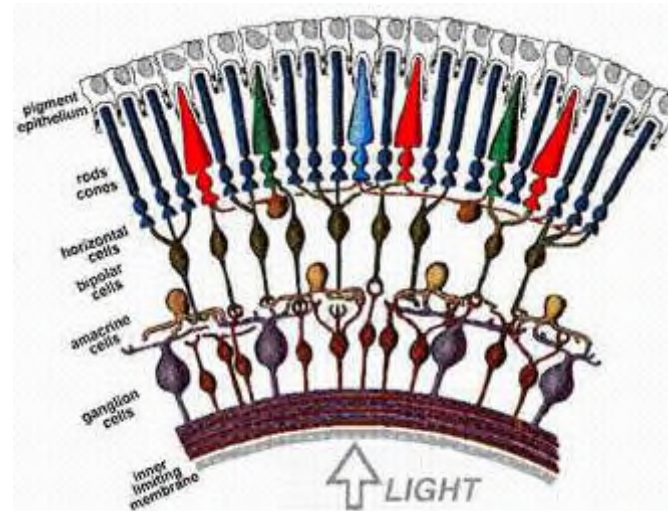
# Empfindlichkeit von Stäbchen und Zäpfchen





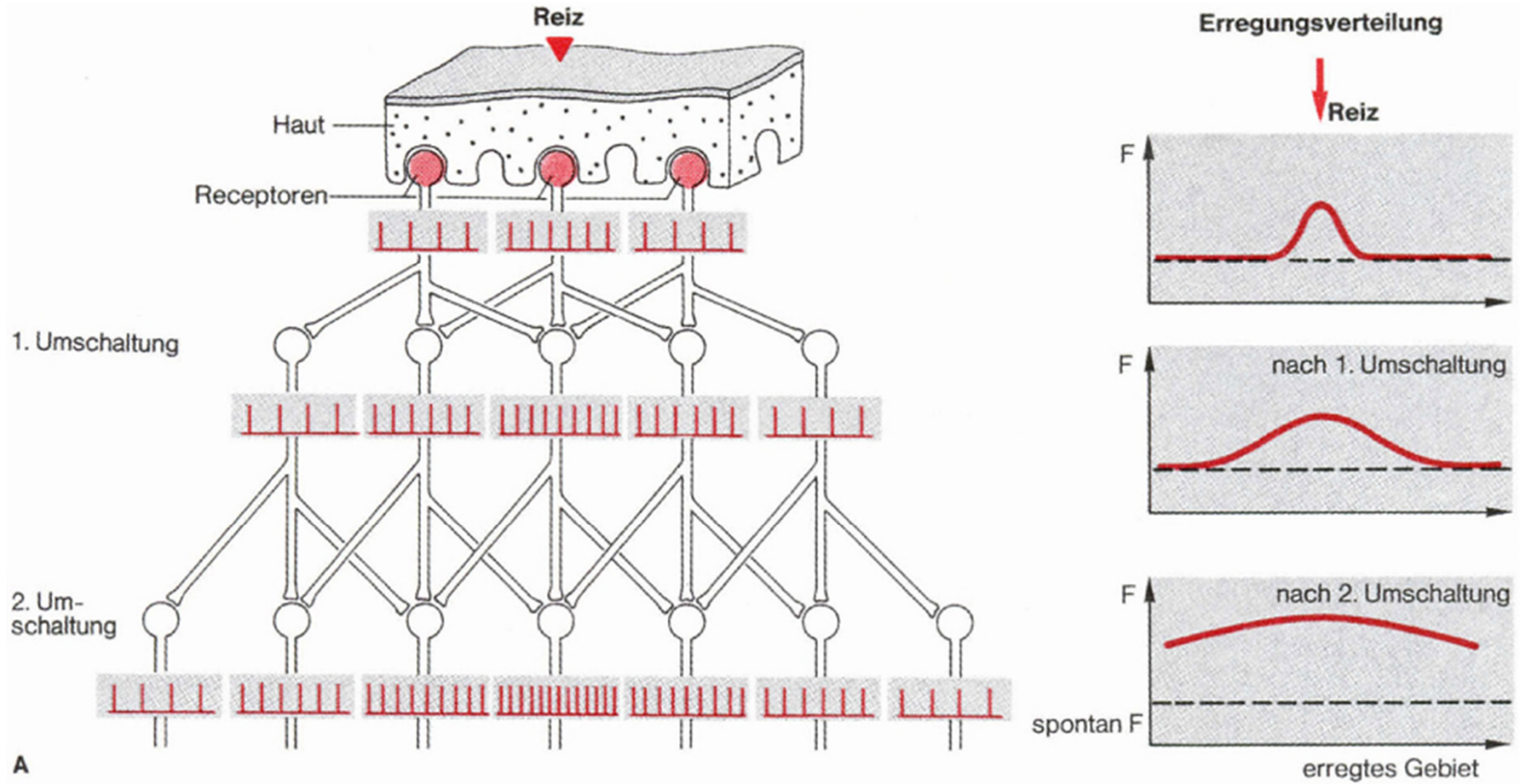
# Empfindlichkeit von Stäbchen und Zäpfchen

Die Dichte der Photorezeptoren bestimmt die maximale Sehschärfe. Die Dichte der Photorezeptoren ist optimal an die optische Qualität des Auges angepasst. Im äusseren Bereich des Gesichtsfelds sind die Photorezeptoren höchst irregulär angeordnet, um falsche Bilder auf Grund schlechter Abtastung zu vermeiden.





# Reizverstärkung





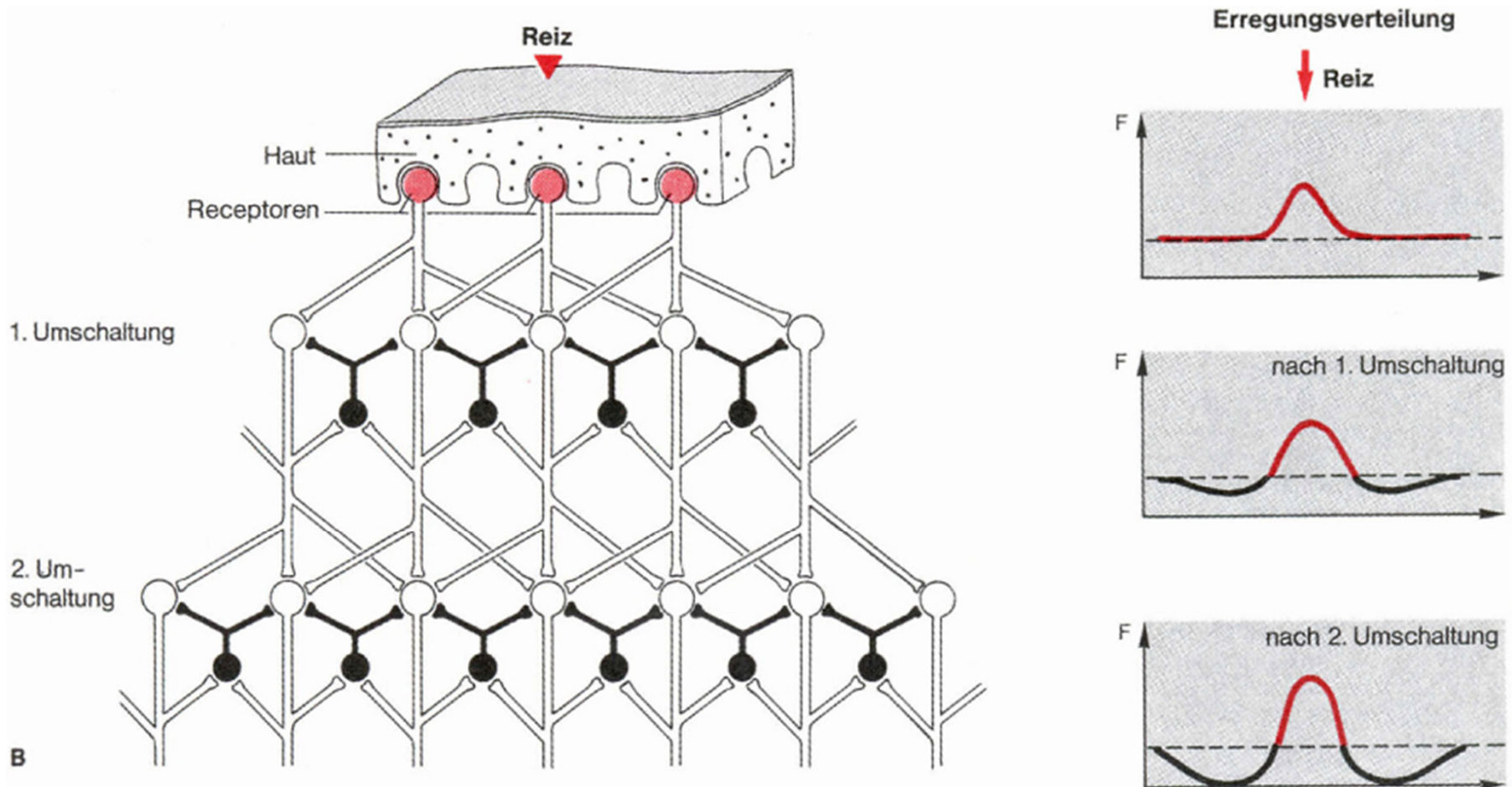
# Kontrastverstärkung

Die Photorezeptoren sitzen auf der dem Licht abgewandten Seite. Die Stelle, an der die Axone (Nervenenden) der Ganglienzellen das Auge verlassen, besitzt keine Photorezeptoren und wird „blinder Fleck“ genannt.





# Der Lichtweg im Auge





# Zusammenfassung

Das Auge ist optimal auf wechselnde Bedingungen abgestimmt:

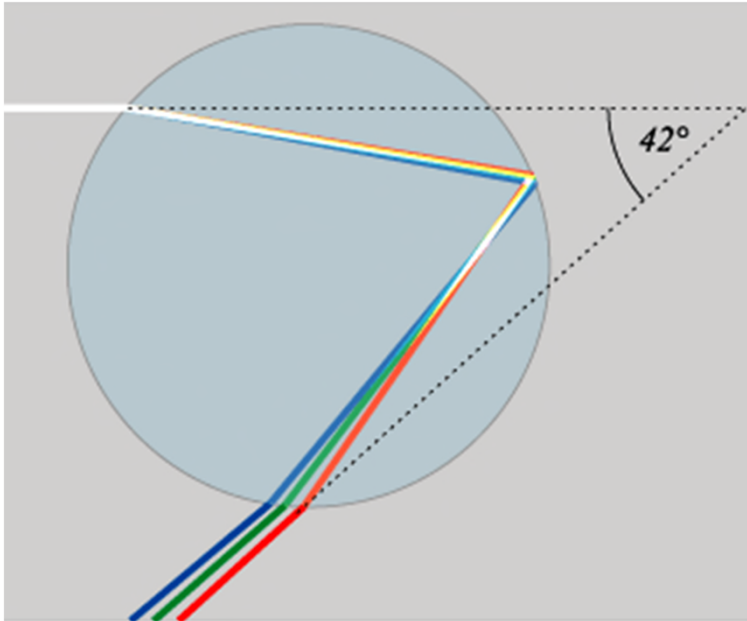
- Fokussierung von Objekten unterschiedlicher Entfernung
- Anpassung an Beleuchtungsbedingungen über riesige Bereiche

Das Konzept des Auges ermöglicht eine enorme Sehschärfe, ohne das Gesichtsfeld zu beschränken.

Zwei Systeme erlauben gleichzeitig optimale Lichtempfindlichkeit und optimale Sehschärfe.



# Der Lichtweg im Auge



## Brechung der Lichtstrahlen

Bei einem Regenbogen wird das Sonnenlicht von jedem Regentropfen zurück geworfen.

Es wird dabei beim Ein- und Austritt aus den Tropfen gebrochen und im Inneren reflektiert.

Die meisten Strahlen, die nur einmal reflektiert werden, treten in einem Winkel von ungefähr 42 Grad zur Einfallsrichtung wieder aus.



# Lichtbrechung



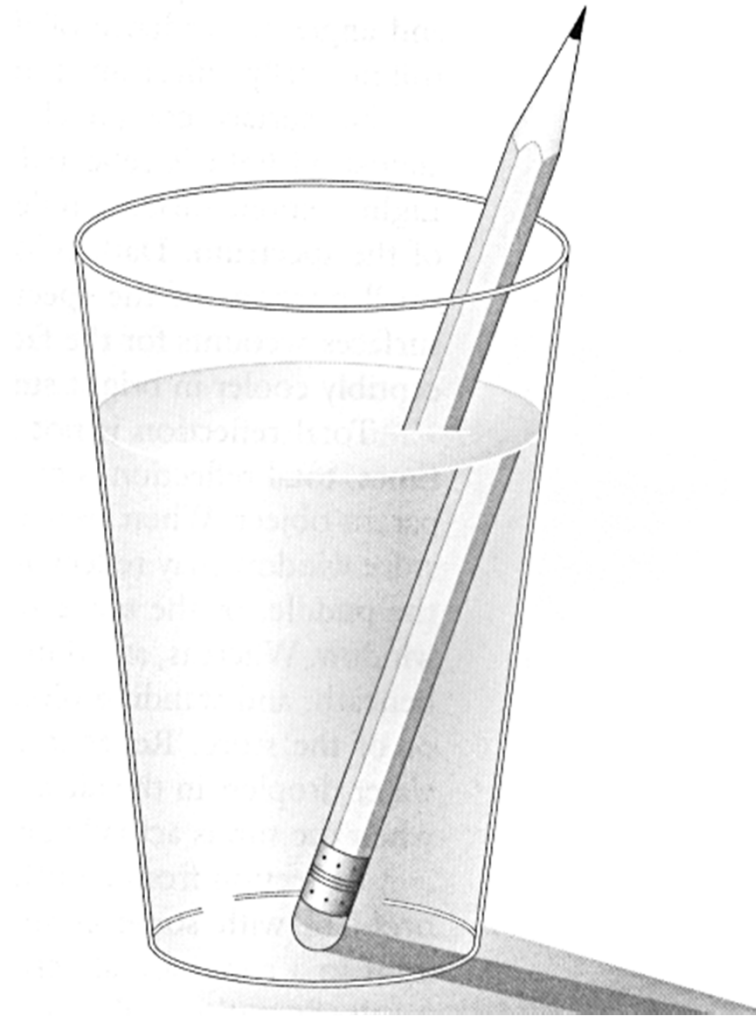
Warum zeigt ein Regenbogen die Spektralfarben?



# Lichtbrechung



Warum ist ein Bleistift, der ins Wasser eingetaucht ist, geknickt?



# Lichtbrechung



- Warum erscheint ein Körper im Wasser verkürzt?
- Warum ist ein Gegenstand unter Wasser nicht dort, wo er scheinbar liegt?
- Warum erscheint die Wasseroberfläche von unten betrachtet silbrig?
- Kann man mit Hilfe eines Prismas tatsächlich Licht umlenken?
- Wie können wir eine Fata Morgana erklären?
- Warum bleibt in Kurven das Licht im Lichtleiter?
- Welches physikalische Grundgesetz ist für die Funktion einer Brille verantwortlich?
- Wie kann man aus weißem Licht Farben erhalten?

# Lichtbrechung



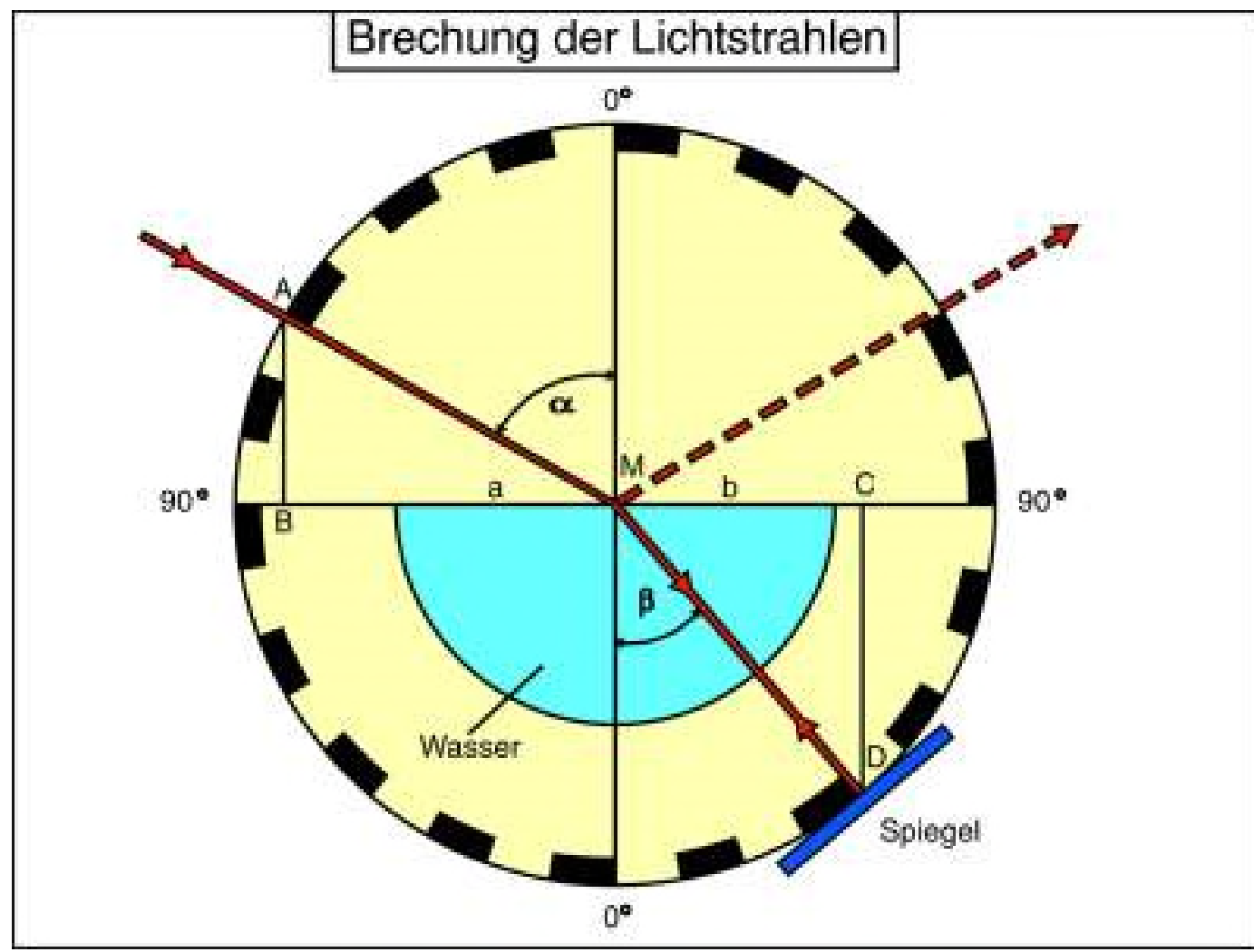
- Lichtstrahlen ändern an Grenzflächen ihre Richtung
- Lichtstrahlen ändern an Grenzflächen ihre **Geschwindigkeit**
- Licht höherer Frequenz (bzw. kürzerer Wellenlänge) wird **stärker** gebrochen!

Vom optisch dünnen ins optisch dichte Medium: Brechung **hin zum Lot**  
Vom optisch dichten ins optisch dünne Medium: Brechung **weg vom Lot**

# Brechung und Reflexion



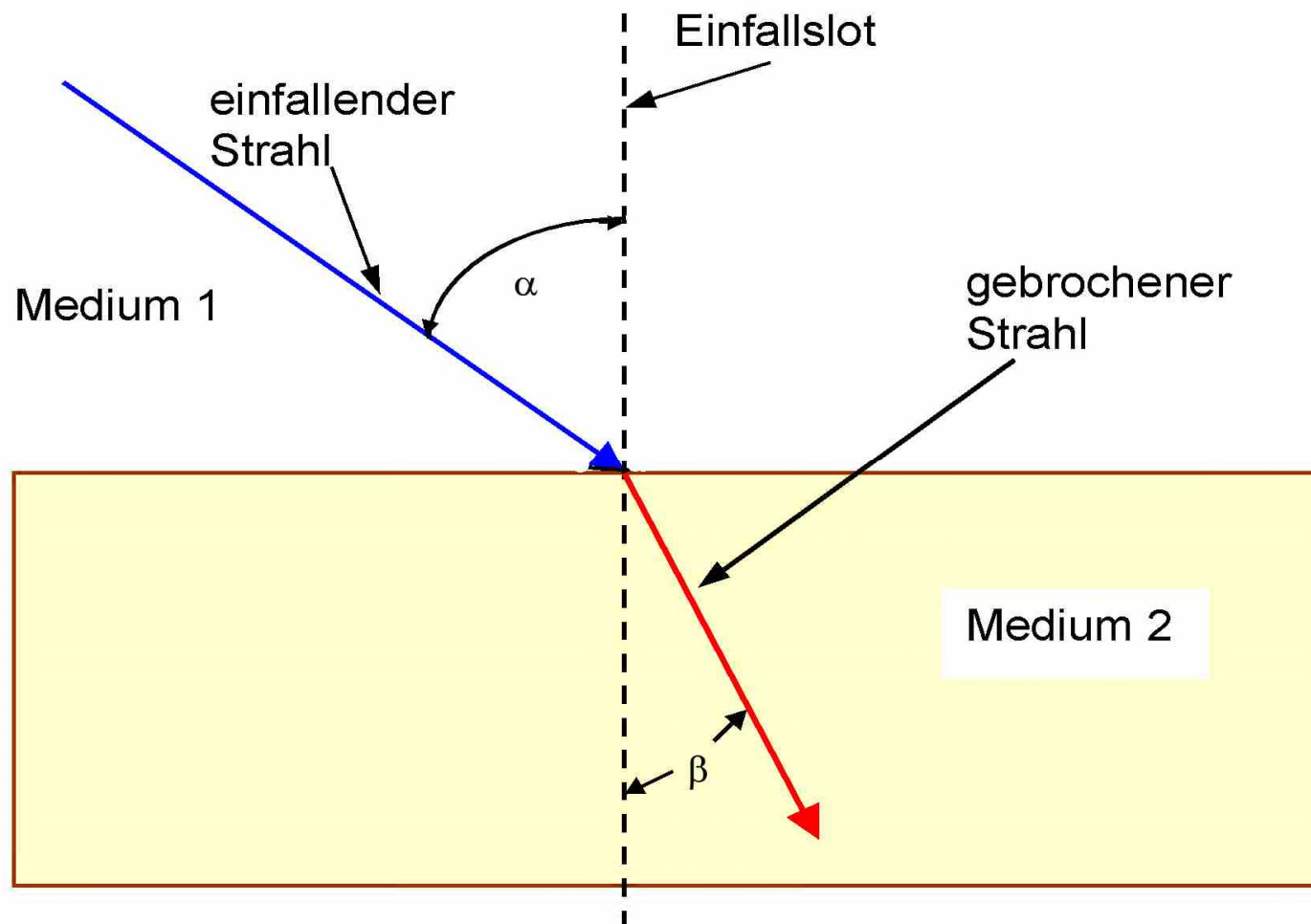
Beim Übergang zweier Medien



# Lichtbrechung zum Lot ...



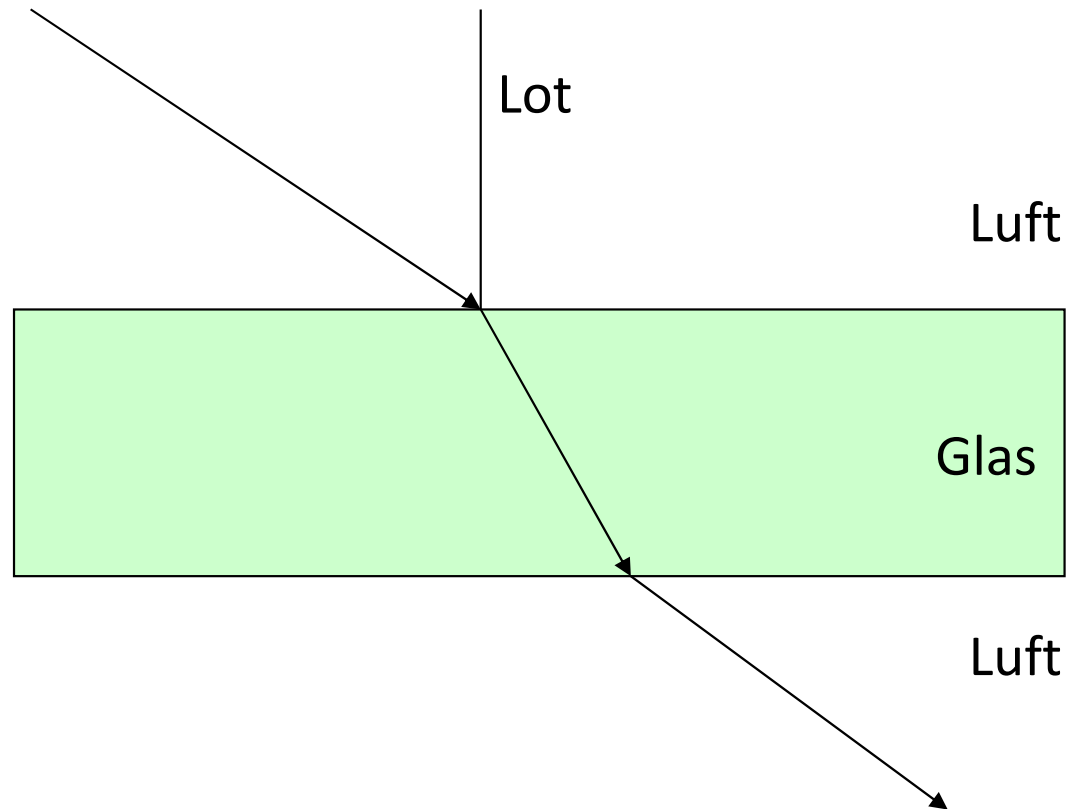
... beim Übergang vom optisch dünnen zum optisch dichten Medium



# Lichtbrechung zum Lot



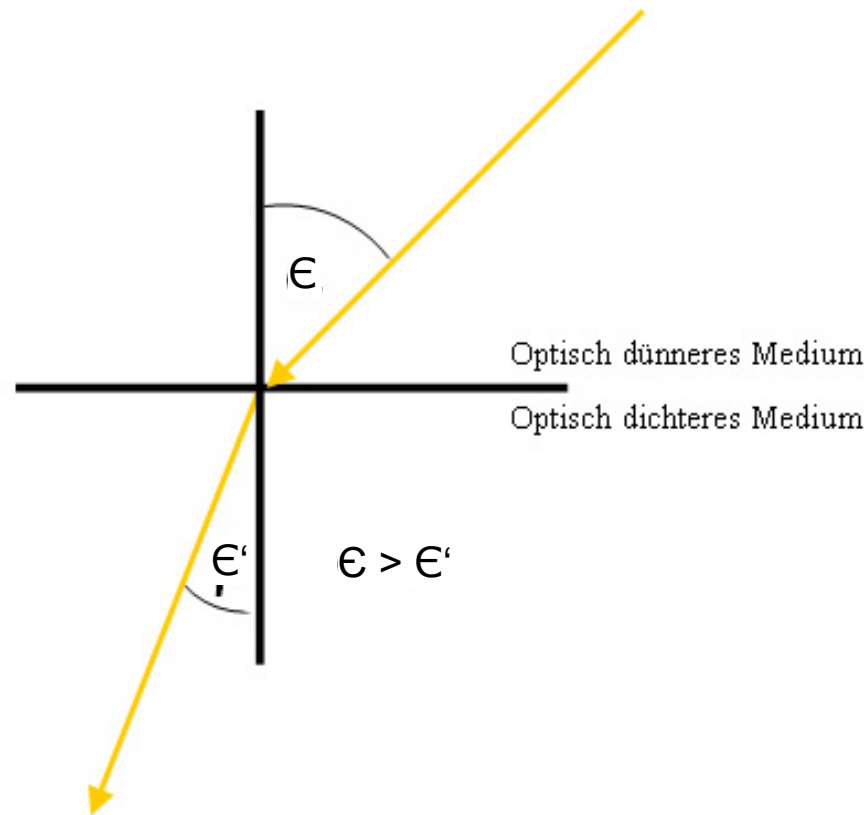
Experiment: Animiere den Durchgang eines Lichtstrahls durch eine Glasscheibe!



# Lichtbrechung vom Lot ...



... beim Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium

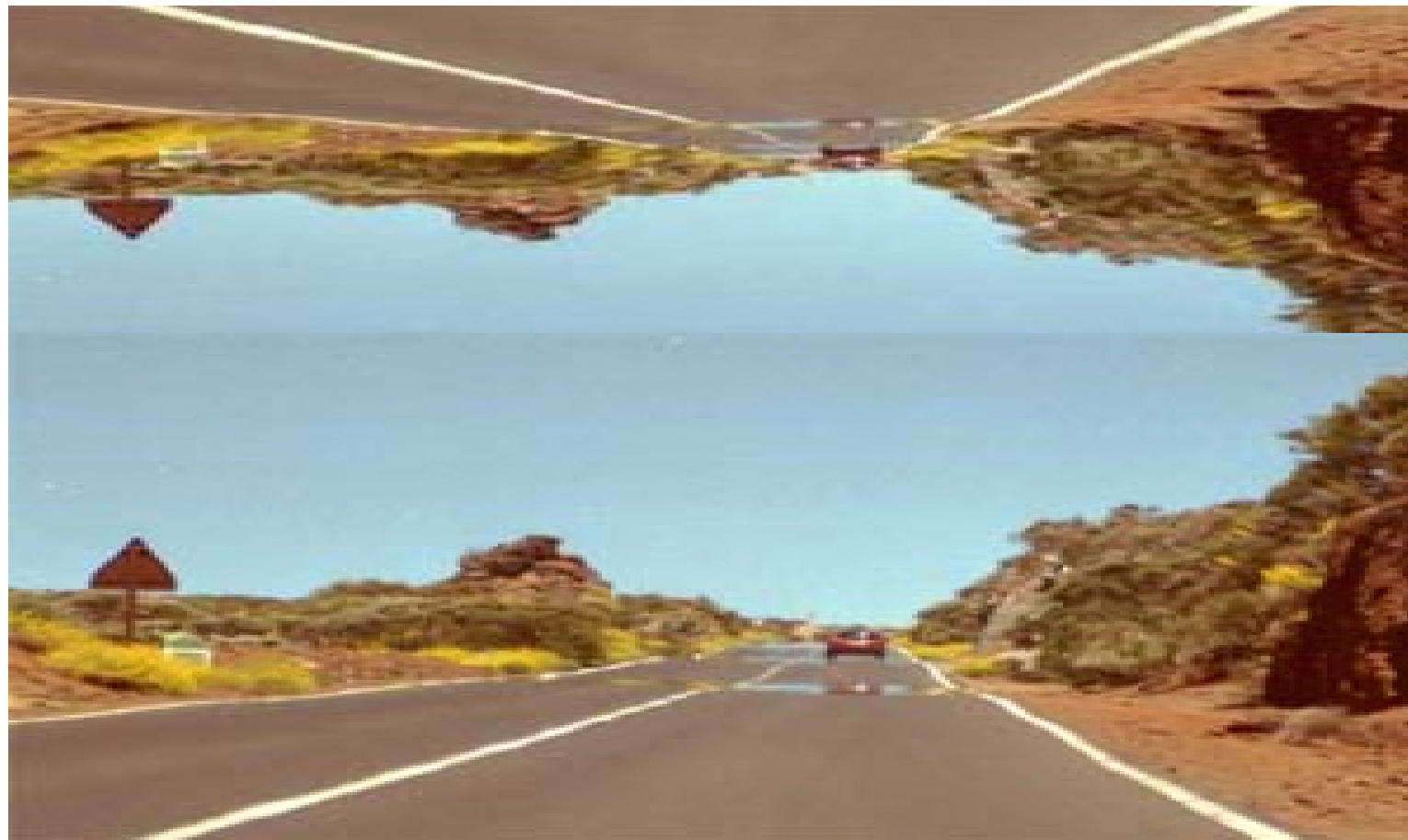




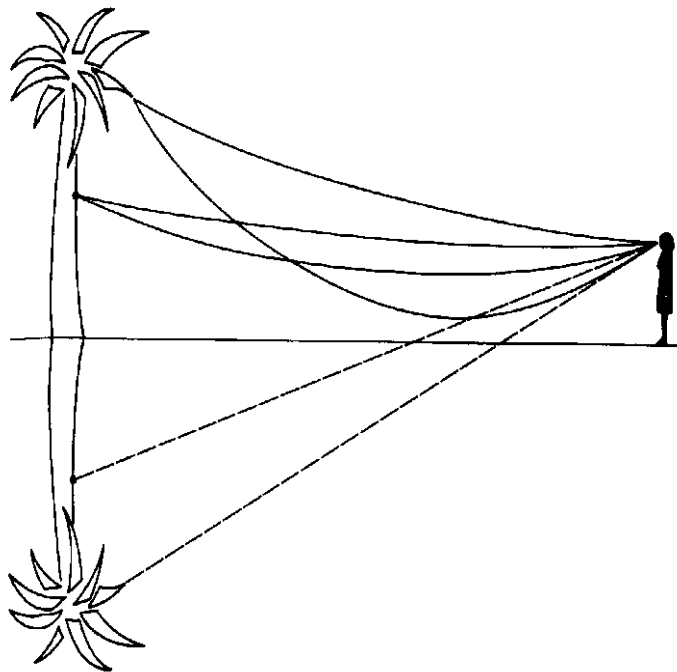
# Lichtbrechung



## Fata Morgana



# Lichtbrechung



## Fata Morgana

Die optische Dichte heisser Luft ist geringer als die der kalten Luft. Lichtstrahlen, die eine kalte Luftschicht passieren und dann in flachem Winkel auf wärmere Luftschichten stossen, werden vom optisch dünneren Medium weggebrochen, bis hin zu einer Totalreflexion.

Dafür ist eine Grenze zwischen heisser Luft und kalter Luft notwendig, das heisst, es muss windstill sein.

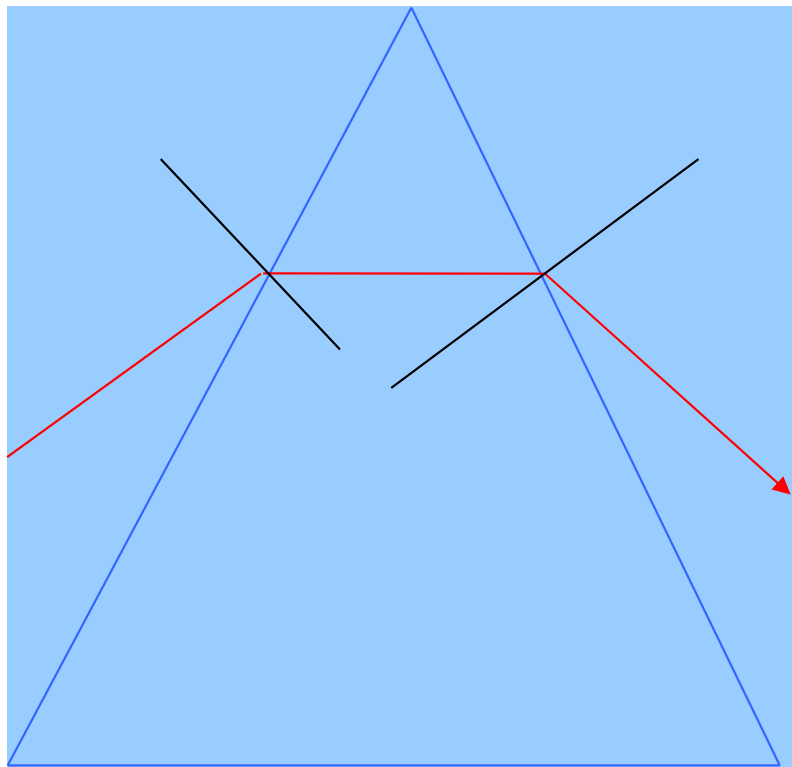
Wenn in Wüsten solche Luftschichtungen in grösserer Höhe auftreten, sieht man Spiegelungen am Himmel, denn unten ist es warm, in der Höhe kalt.

# Lichtbrechung zum Lot

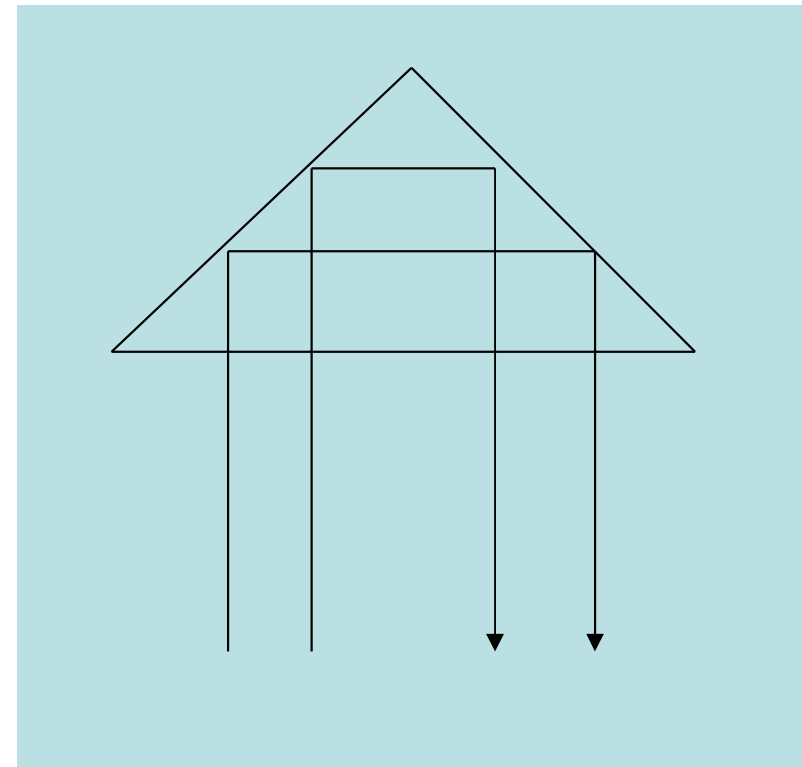


Experiment: Beschreibe den Strahlengang bei diesen beiden Abbildungen!

## A



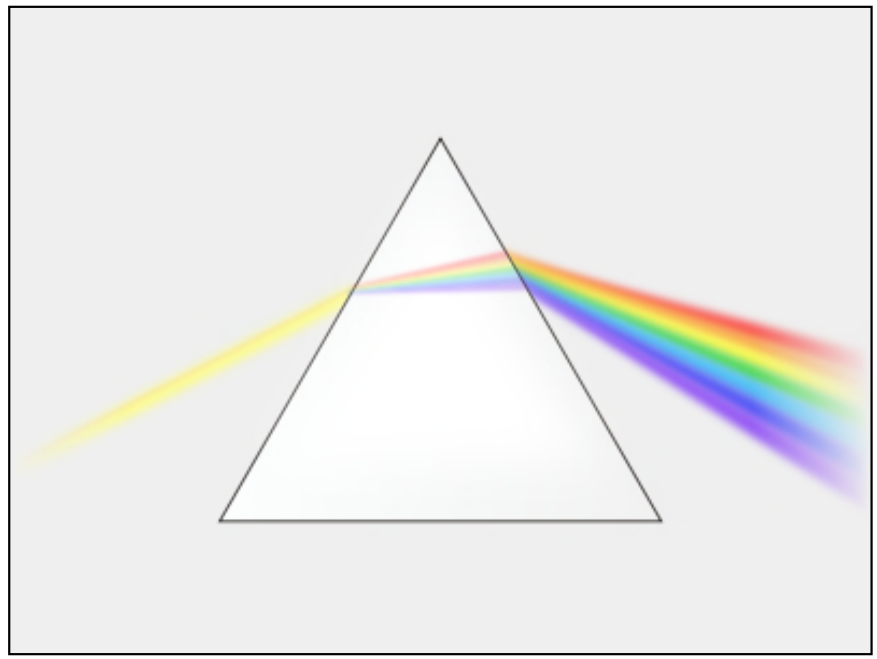
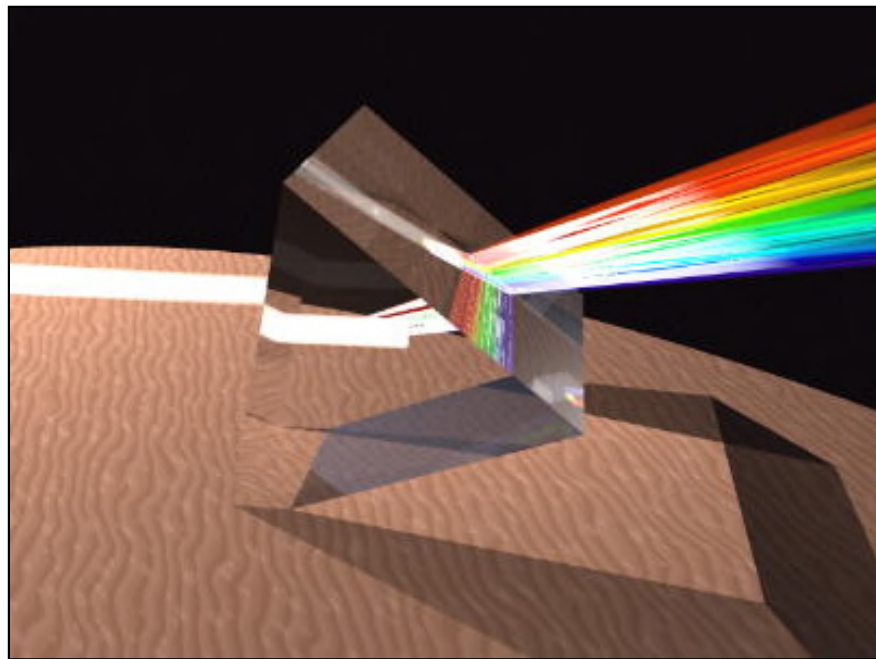
## B



# Lichtbrechung



Zerlegung des Sonnenlichts in die Spektralfarben



# Lichtbrechung: Regenbogen

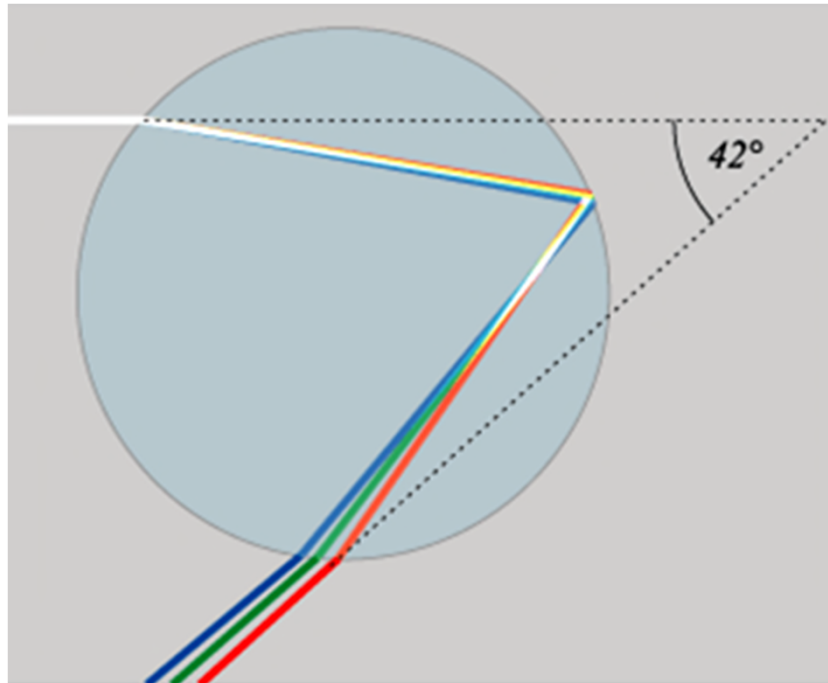


## Farbverlauf

Beim Hauptregenbogen verlaufen die Farben von aussen nach innen von rot über orange, gelb grün und blau, indigo zu violett.

Beim sekundären Nebenregenbogen ist die Reihenfolge umgekehrt.

# Lichtbrechung: Regenbogen



## Brechung der Lichtstrahlen

Bei einem Regenbogen wird das Sonnenlicht von jedem Regentropfen zurück geworfen.

Es wird dabei beim Ein- und Austritt aus den Tropfen gebrochen und im Inneren reflektiert.

Die meisten Strahlen, die nur einmal reflektiert werden, treten in einem Winkel von ungefähr 42 Grad zur Einfallsrichtung wieder aus.

# Lichtbrechung



## Aufgaben:

1. Sammle Beispiele, bei denen die Totalreflexion die physikalische Basis ist!
2. Beantworte die Impulsfragen vom Anfang der Präsentation!
  - Warum erscheint ein Körper im Wasser verkürzt?
  - Warum ist ein Gegenstand unter Wasser nicht dort, wo er scheinbar liegt?
  - Warum erscheint die Wasseroberfläche von unten betrachtet silbrig?
  - Kann man mit Hilfe eines Prismas tatsächlich Licht umlenken?
  - Wie können wir eine Fata Morgana erklären?
  - Warum bleibt in Kurven das Licht im Lichtleiter?
  - Welches physikalische Grundgesetz ist für die Funktion einer Brille verantwortlich?
  - Wie kann man aus weißem Licht Farben erhalten?



# Das Auge II

## Übersicht

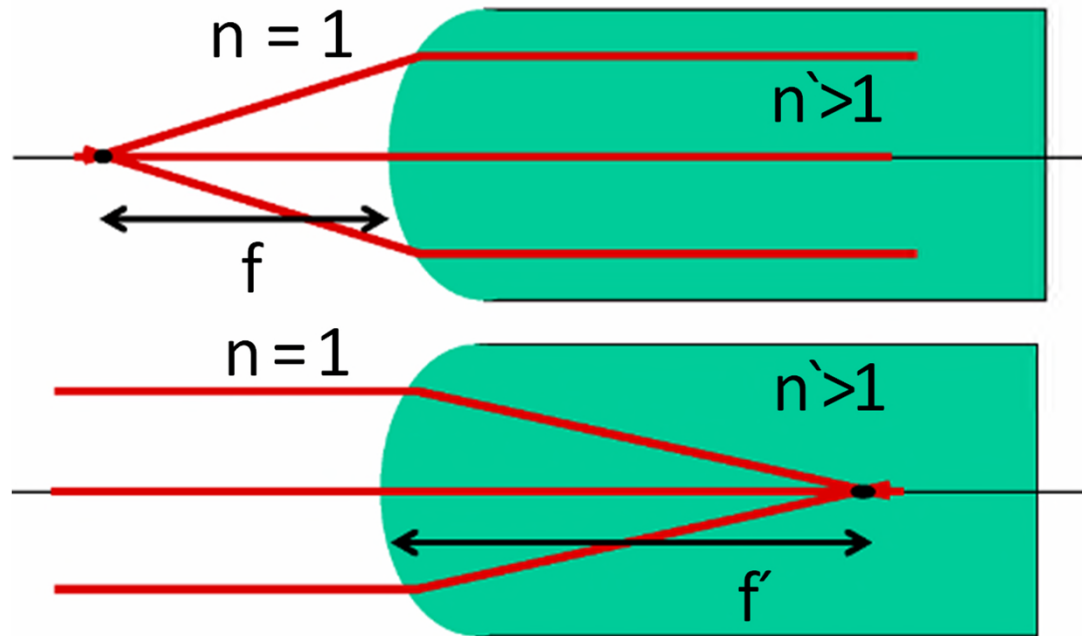
- Brechkraft des Auges
- Fernpunkt
- Nahpunkt
- Akkomodationsbreite
- Korrekturlinsen
- Rhodospin
- Retinal





# Unendliche dicke Linse als grobes Modell des Auges

Brennpunkte vor und hinter der Linse sind verschieden gross.

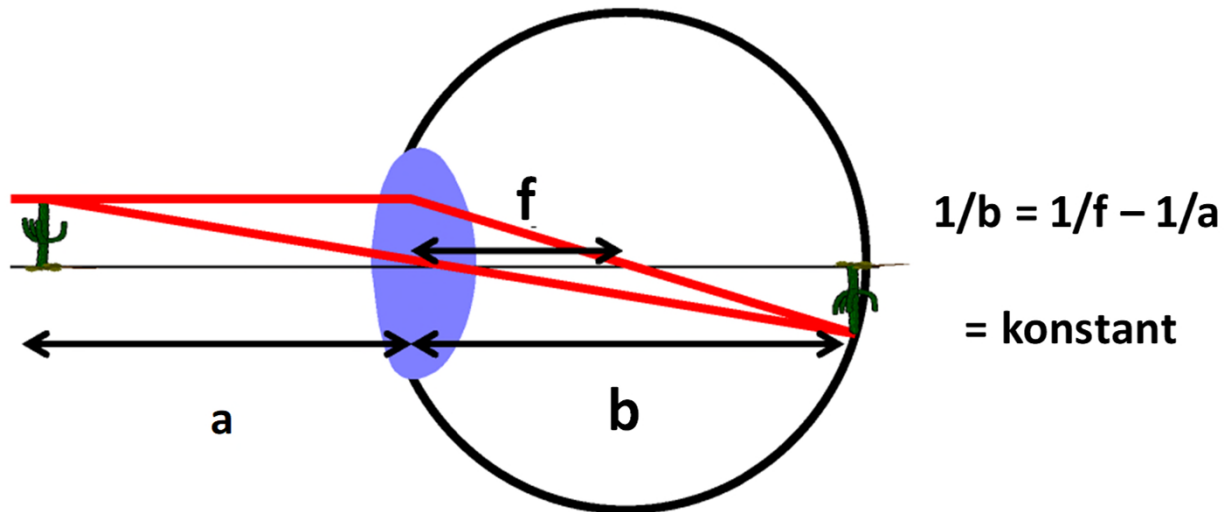


$$n/f = n'/f' \text{ d.h. } f' > f \text{ wenn } n' > n = 1$$



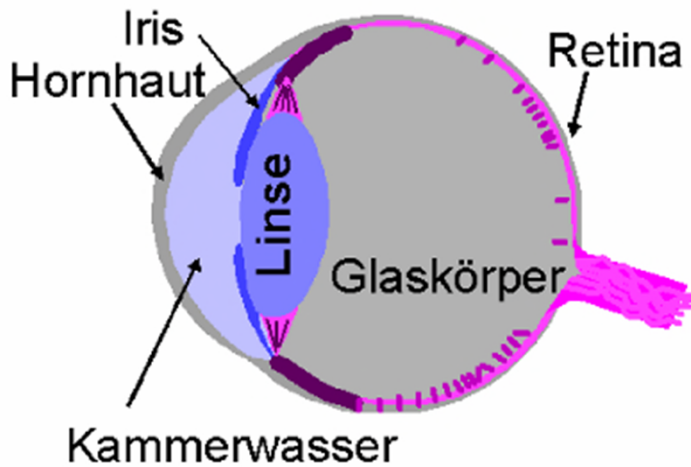
# Einfacher Strahlengang beim Auge

Beim Auge ist  $b$  konstant. Ändert sich die Objektentfernung  $a$ , dann muss  $f$  neu eingestellt werden, um ein scharfes Bild zu erzeugen: Akkomodationsfähigkeit des Auges.





# Optische Eigenschaften des Auges



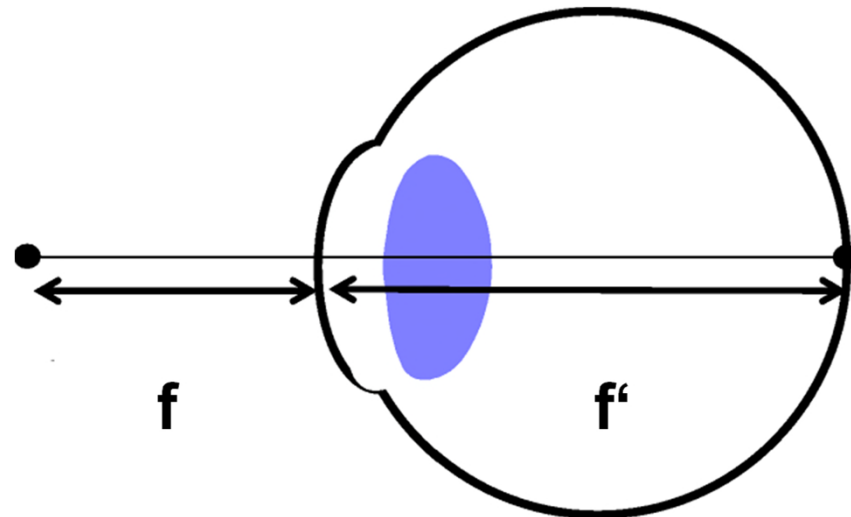
	Brechungsindex
Hornhaut	1.376
Kammerwasser	1.336
Glaskörper	1.336
Linse	1.455
<b>Auge Gesamt</b>	<b>1.437</b>



# Brechung und Brennweiten des Auges

Die hauptsächliche Brechung findet an der Hornhaut statt, da sie stark gekrümmt ist.

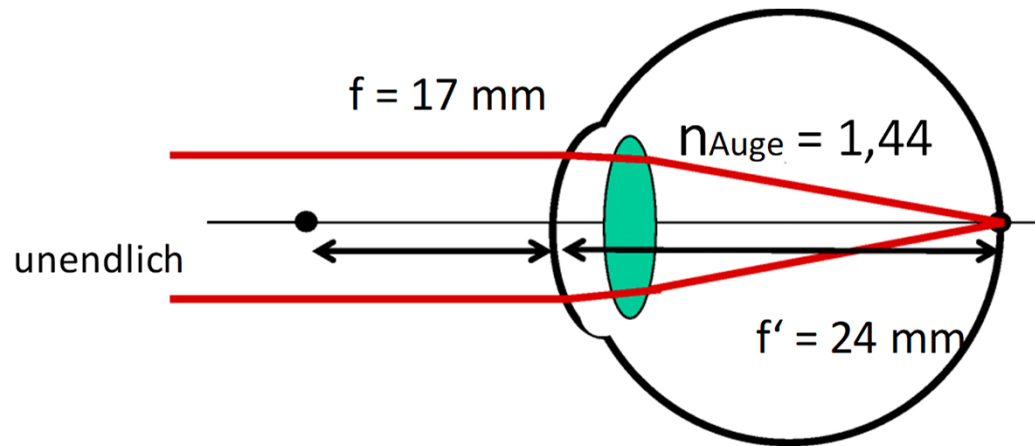
Durch die unterschiedlichen Medien vor dem Auge und hinter der Hornhaut sind die Brennweiten vorne und hinten verschieden. Bei Akkomodation auf „unendlich“ ist:  
 $f = 16,66 \text{ mm}$ , und  $f' = 22,22 \text{ mm}$





# Fernpunkt des Auges

Der Fernpunkt ist durch die Brechkraft des entspannten Auges definiert:



$$n_{\text{Luft}}/f = n_{\text{Auge}}/f = 1/17 \text{ mm} = 1.44/24 \text{ mm} = 58\text{m}^{-1} = 58\text{dpt}$$

*24 mm ist der typische Abstand zwischen Hornhaut und Netzhaut.*

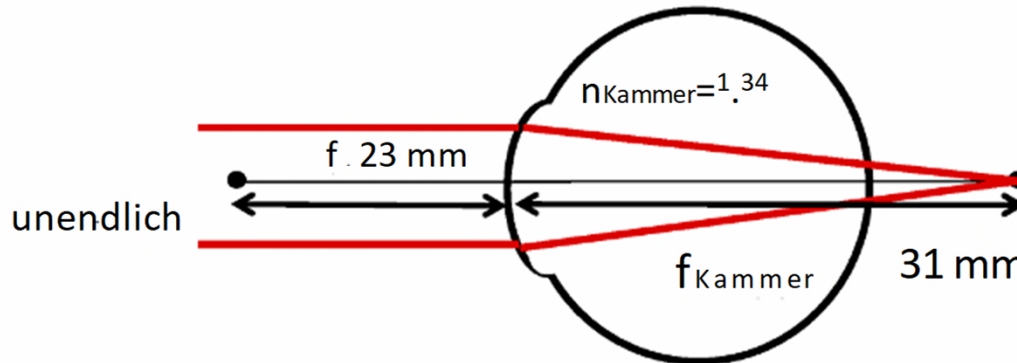


# Aufgabe der Linse

Ohne Linse ist die Brechkraft des Auges im Fernpunkt:

$$\frac{1.34}{f_{\text{Kammer}}} = \frac{1.34}{31\text{mm}} = 43\text{dpt}$$

d. h. das Bild entsteht hinter der Netzhaut:

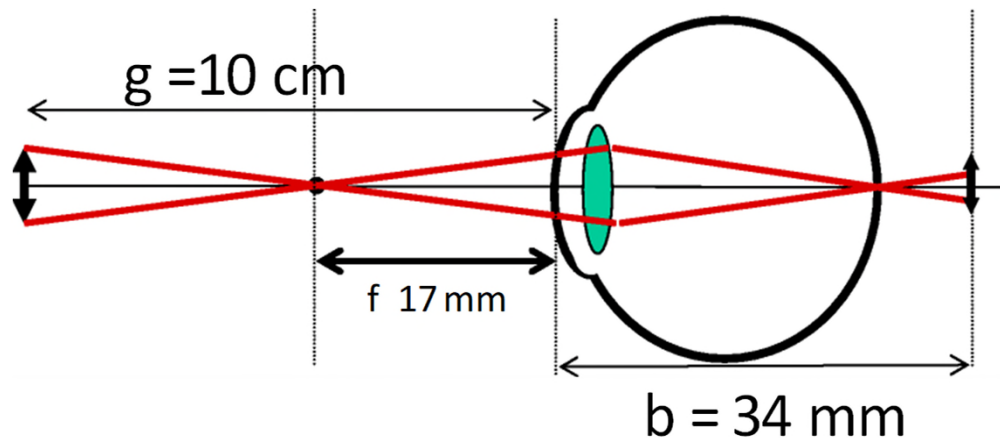


Brechkraft von Hornhaut und Kammer betragen zusammen ca. 43 dpt., ca. 15 dpt müssen noch von der Linse aufgebracht werden, damit das Bild auf der Netzhaut erscheint.



# Nahpunkt des Auges

Der Nahpunkt hängt von der Akkommodationsfähigkeit des Auges ab, d.h. von der Fähigkeit,  $f$  durch Krümmung so zu verkleinern, dass ein scharfes Bild auf der Netzhaut entsteht. Beim jungen Auge ist der Nahpunkt bei ca. 10 cm.



Ohne Akkommodation würde im Nahpunkt das Bild bei 34 mm ausserhalb des Auges liegen. Durch stärkere Krümmung der Linse erscheint das Bild wieder auf der Netzhaut.

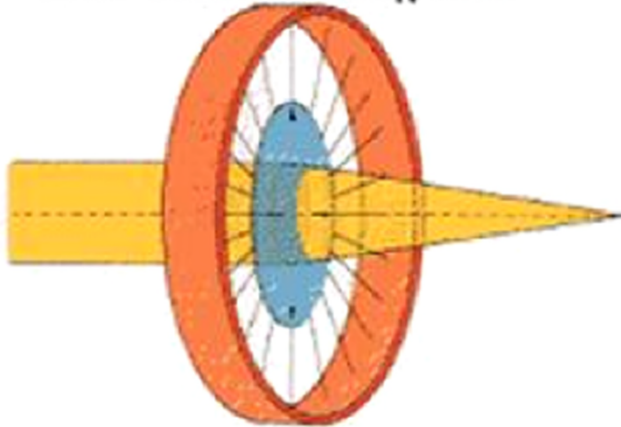


# Ziliarmuskel

Zur Krümmung der Linse muss ein Muskel, der Ziliarmuskel, betätigt werden, der durch Zusammenziehen den Durchmesser der Linse kleiner und deren Krümmung grösser macht.

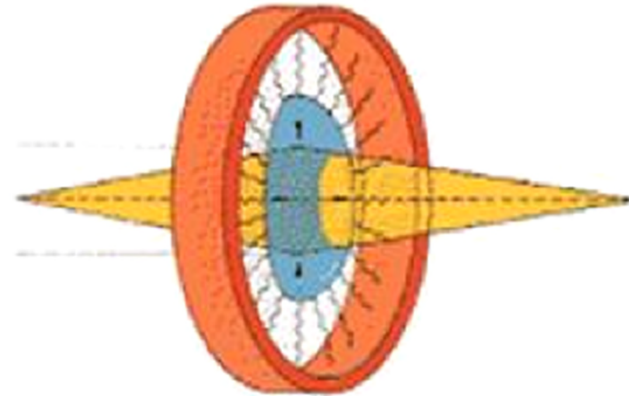
## Blick in die Ferne

Ringmuskel entspannt  
Linse durch Faserzug straff



## Naheinstellung

Ringmuskel angespannt  
Linse entspannt

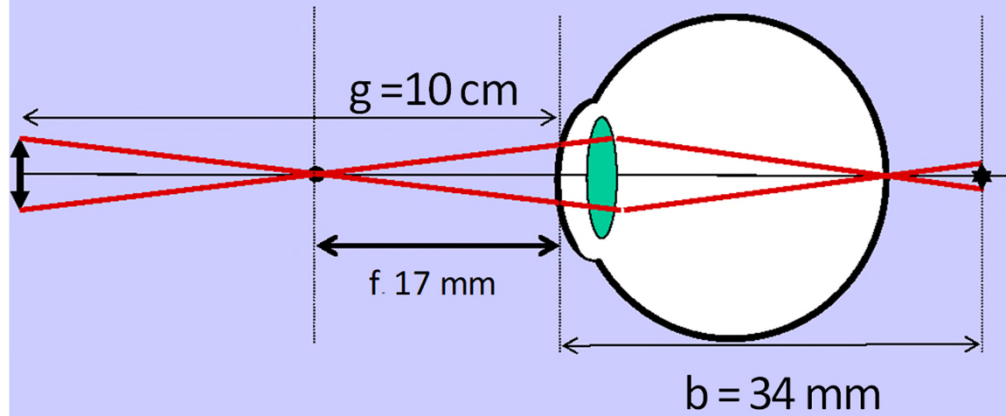




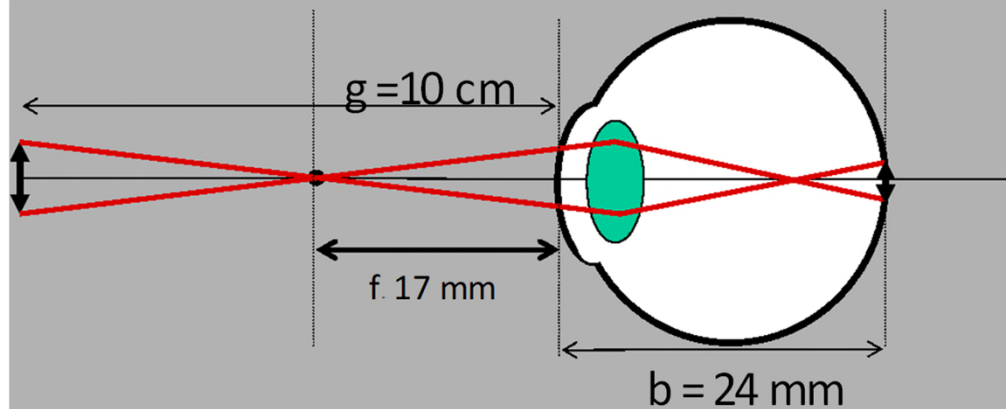


# Akkommodation

Vor Akkomodation im Nahpunkt:



Nach Akkomodation im Nahpunkt:





# Akkommodationsbreite

Die Akkommodationsbreite ist definiert als Brechkraftgewinn, der als Kehrwert aus der Differenz zwischen Nah- und Fernpunktabstand ermittelt wird. Die Einheit ist Dioptrien (dpt).

## **Junger Mensch:**

Fernpunkt „unendlich“, Nahpunkt 0.1 m;

Akkommodationsbreite:

$$1/0.1\text{m} - 1/\text{„unendlich“} = 10\text{m}^{-1} - 0 = 10\text{dpt}$$

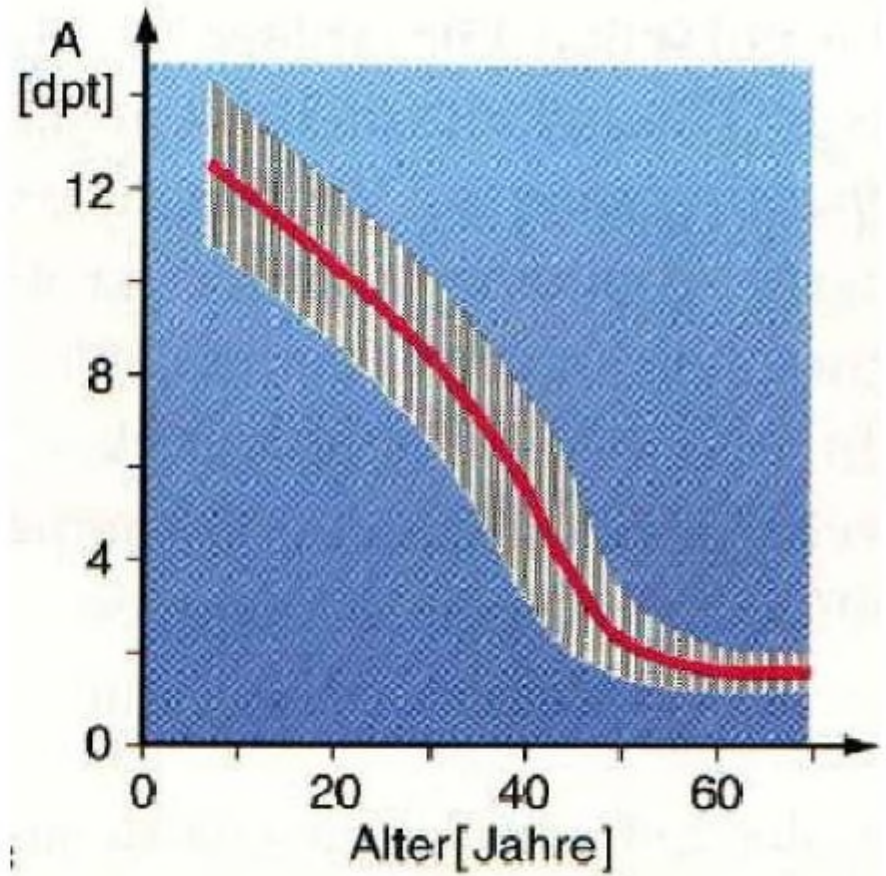
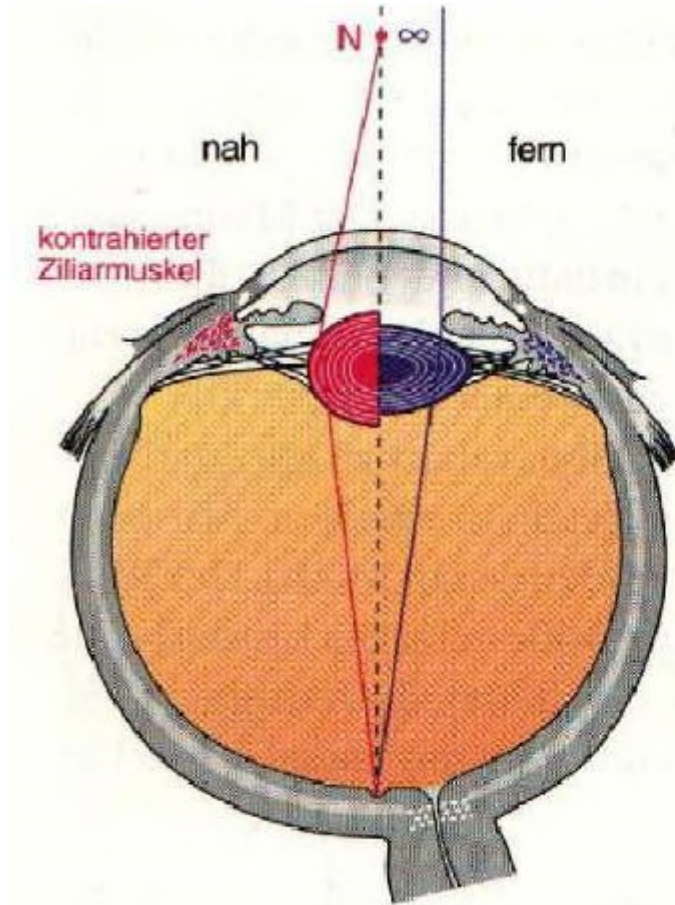
## **Alter Mensch:**

Fernpunkt 1m, Nahpunkt 0.33 m;

Akkommodationsbreite:

$$1/0.33\text{m} - 1/1\text{m} = 3\text{m}^{-1} - 1\text{m}^{-1} = 2\text{dpt}$$

# Alterskurve der Akkomodationsfähigkeit





# Akkommodation: Rechne!

Der Fernpunkt eines Auges liege bei 2 m, der Nahpunkt bei 20 cm.

Wie viel Dioptrien beträgt die Akkommodationsbreite?

- a. 1,8
- b. 2,2
- c. 4,5
- d. 5,0
- e. 5,5

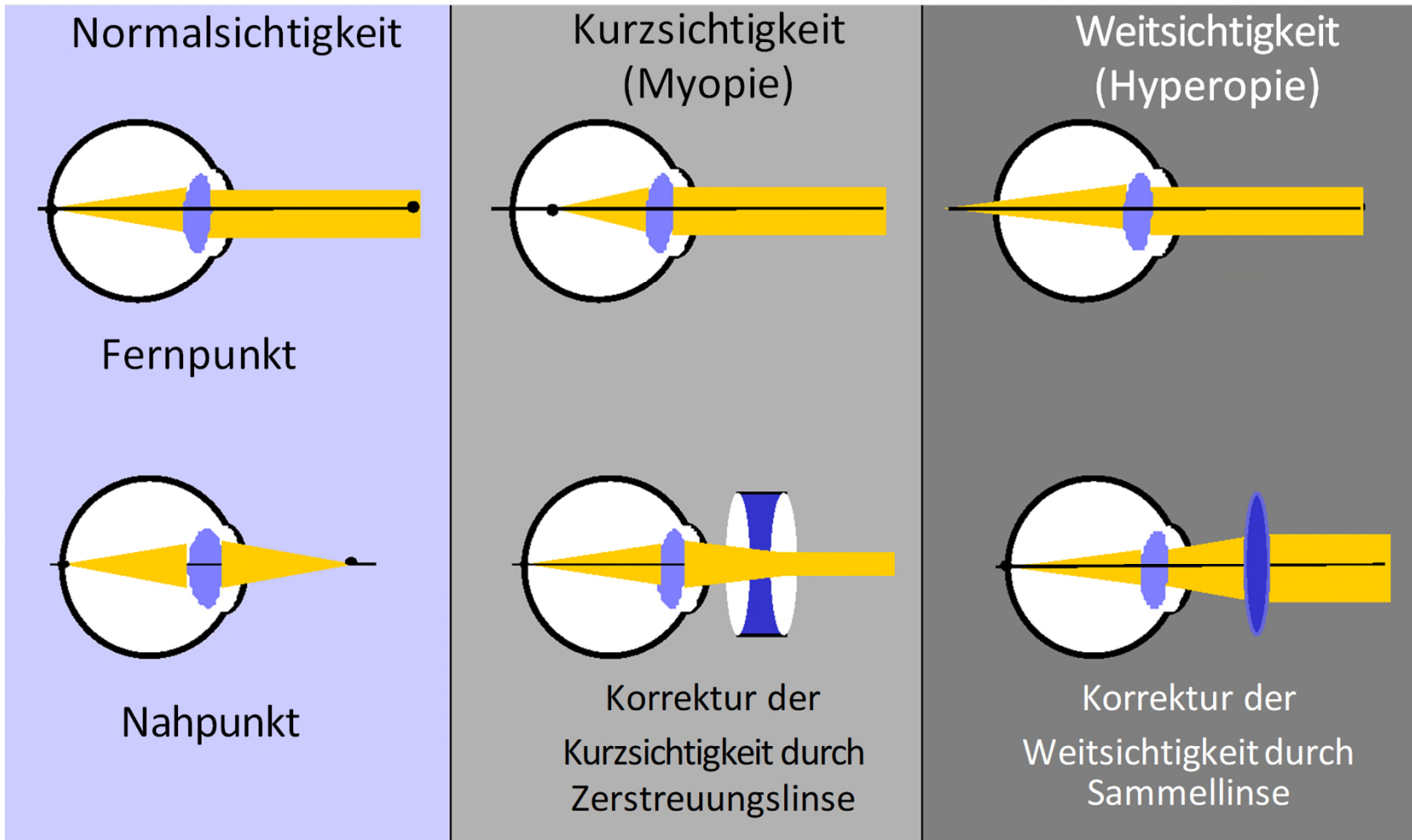


Akkommodation: Rechne!

**Resultat: C ist richtig!**

Akkommodationsbreite:  $0.2 \text{ m}^{-1} - 2 \text{ m}^{-1} = 4.5 \text{ dpt}$

# Korrekturlinsen

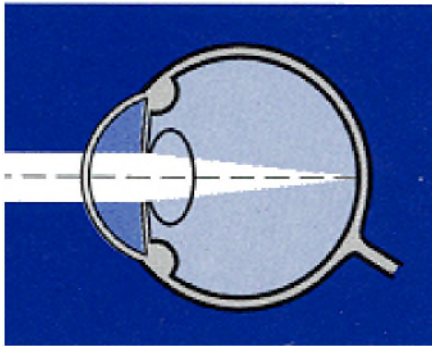




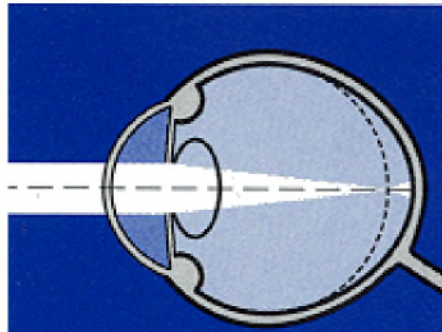


# Korrekturlinsen

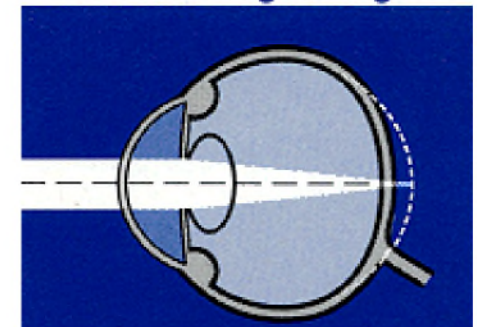
Rechtsichtiges Auge



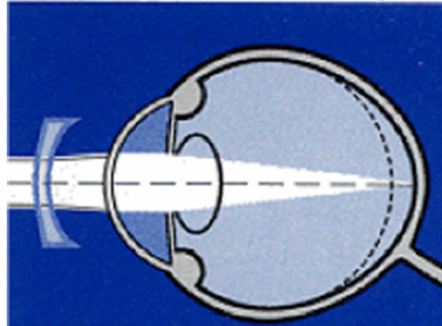
Kurzsichtiges Auge



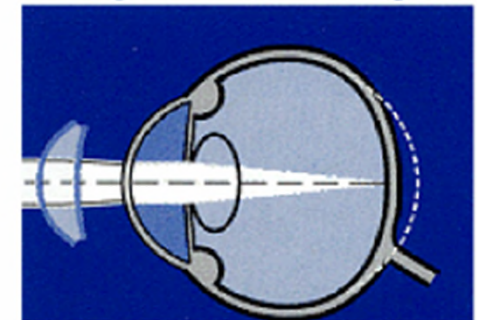
Übersichtiges Auge



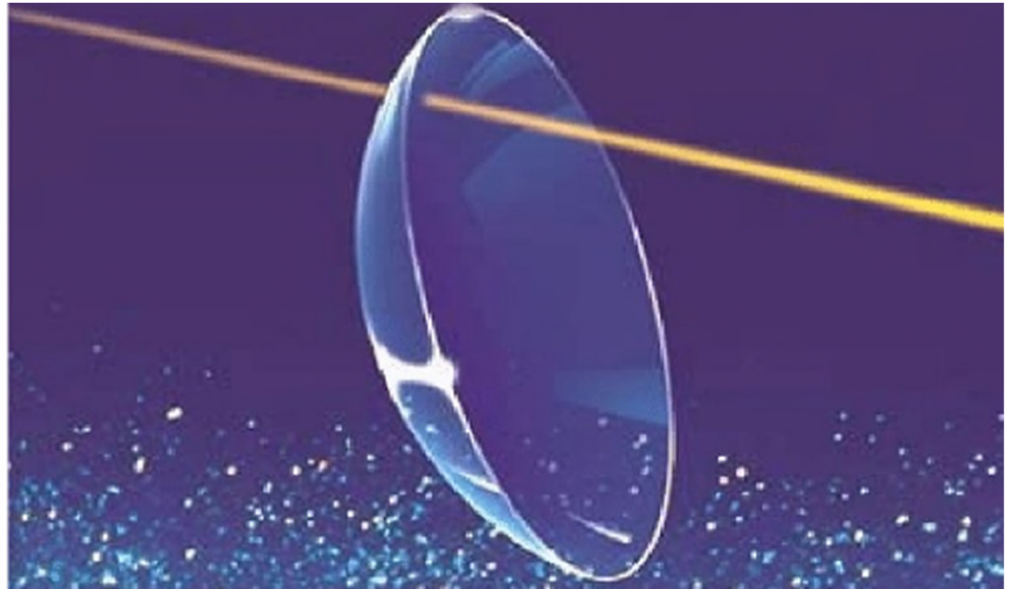
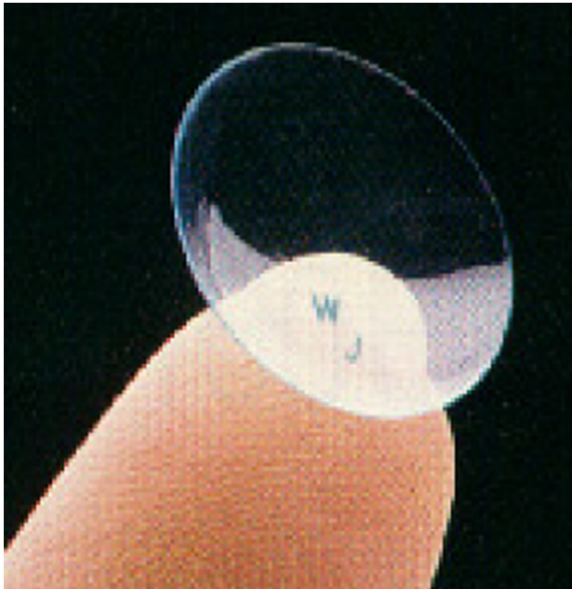
Korrigierte Kurzsichtigkeit



Korrigierte Übersichtigkeit



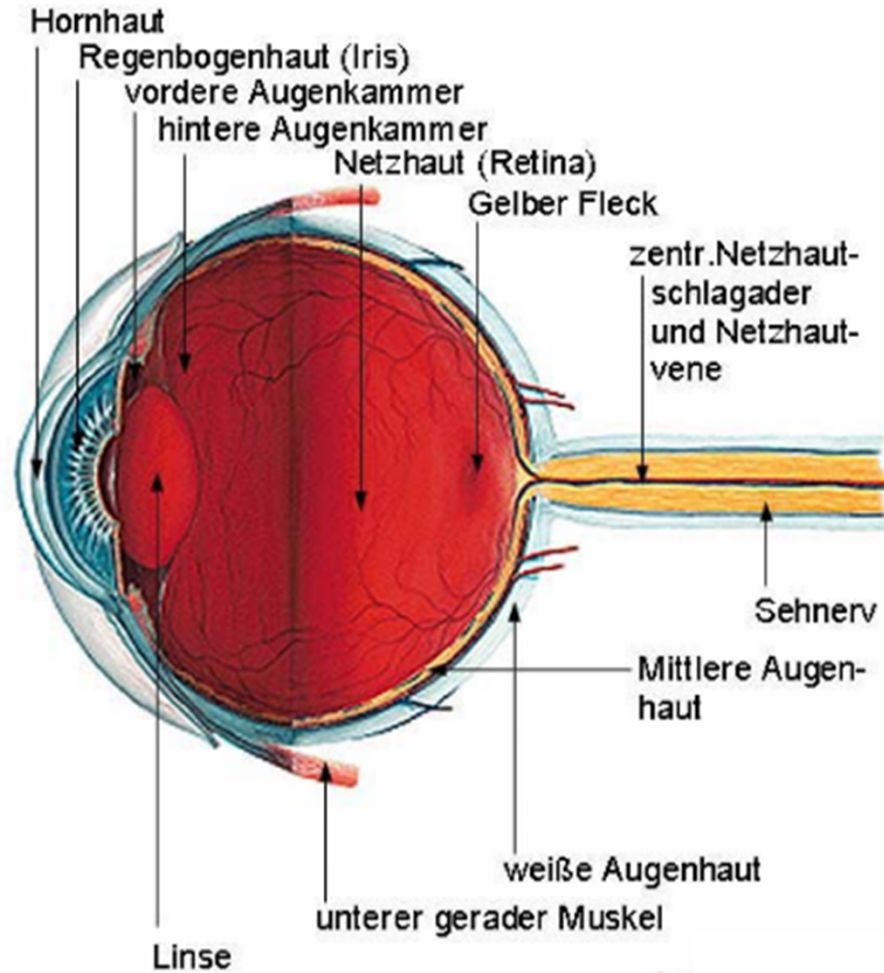
# Kontaktlinsen





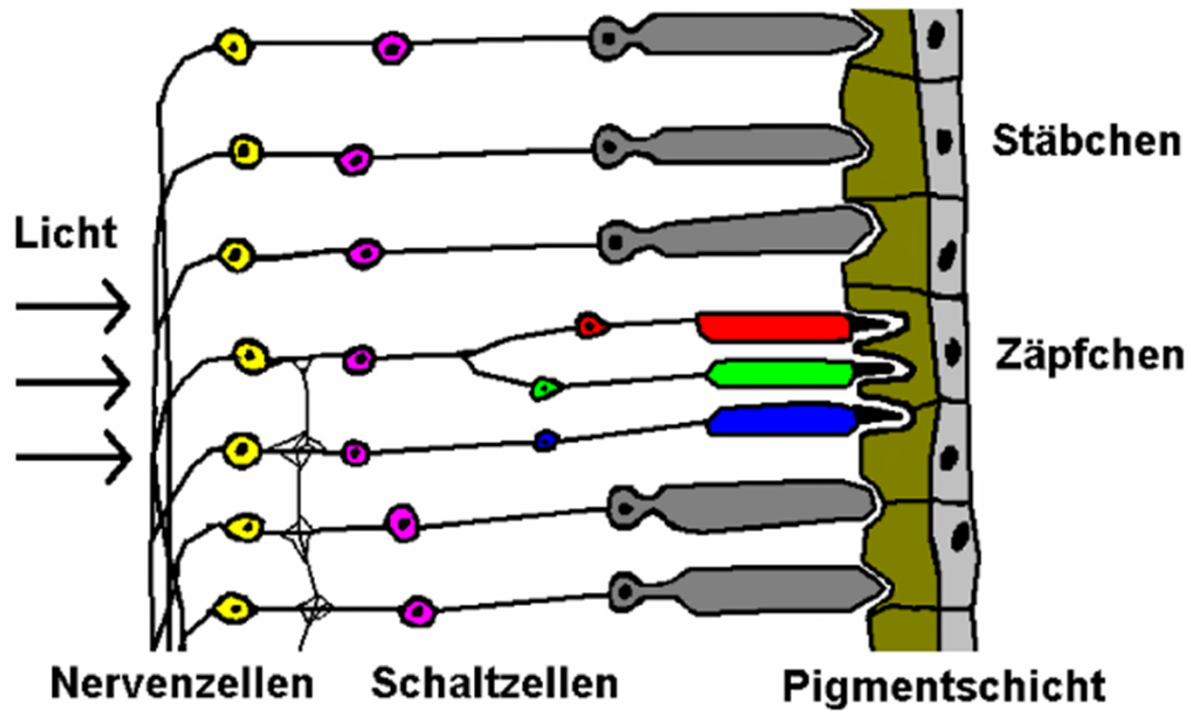


# Rezeption im Auge: Aufbau



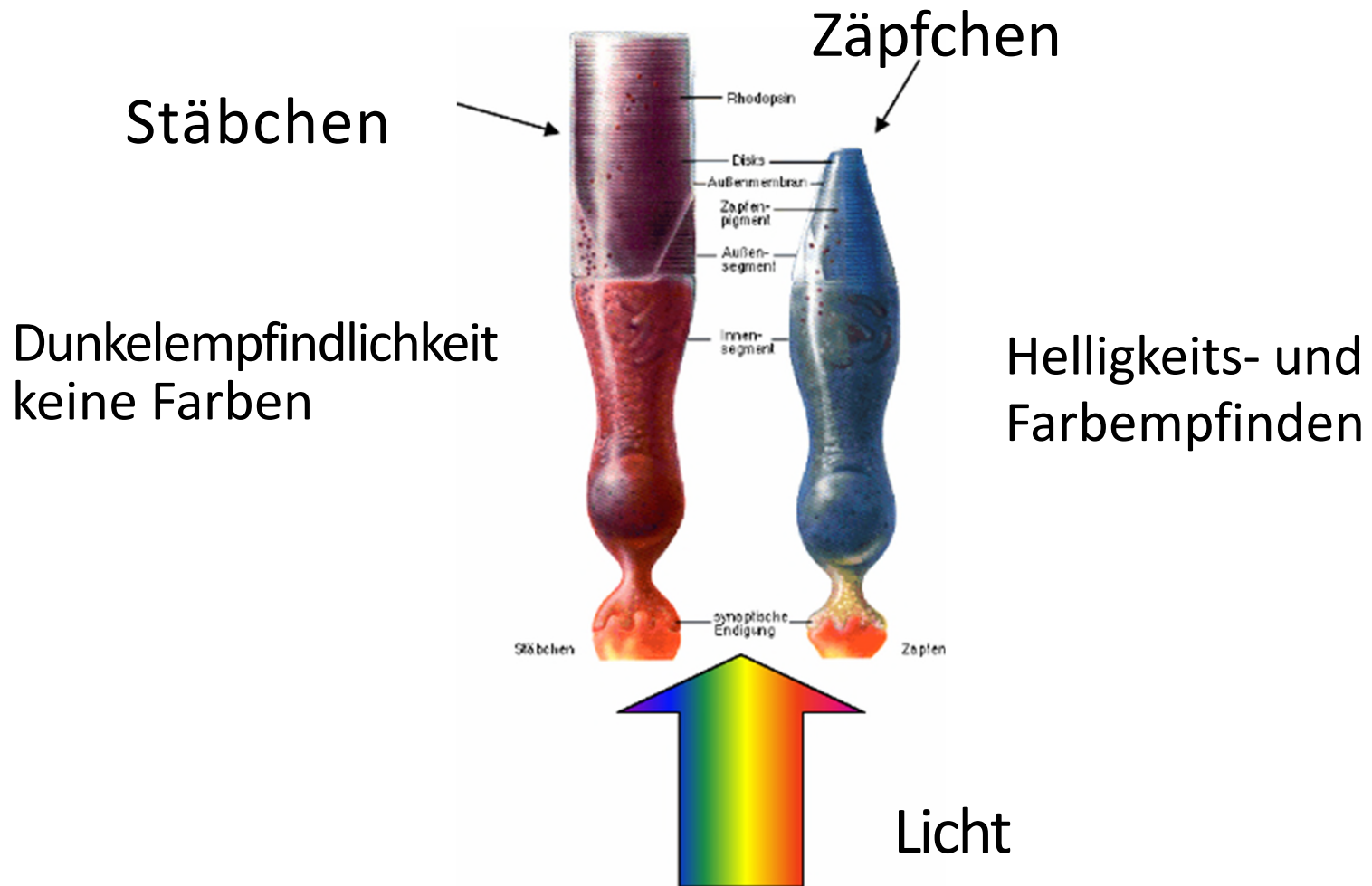


# Bau der Netzhaut





# Lichtrezeptoren



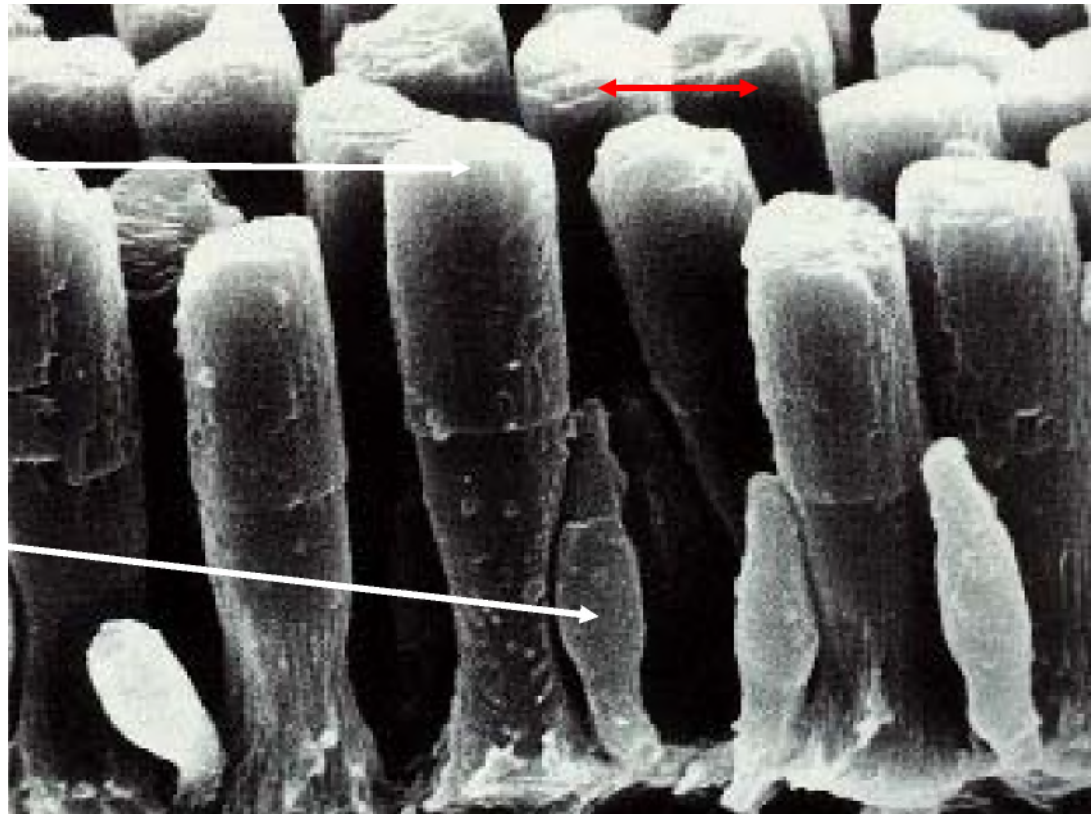
# Zäpfchen / Stäbchen auf der Retina



Zapfenabstand ca. 2.5  $\mu$ m

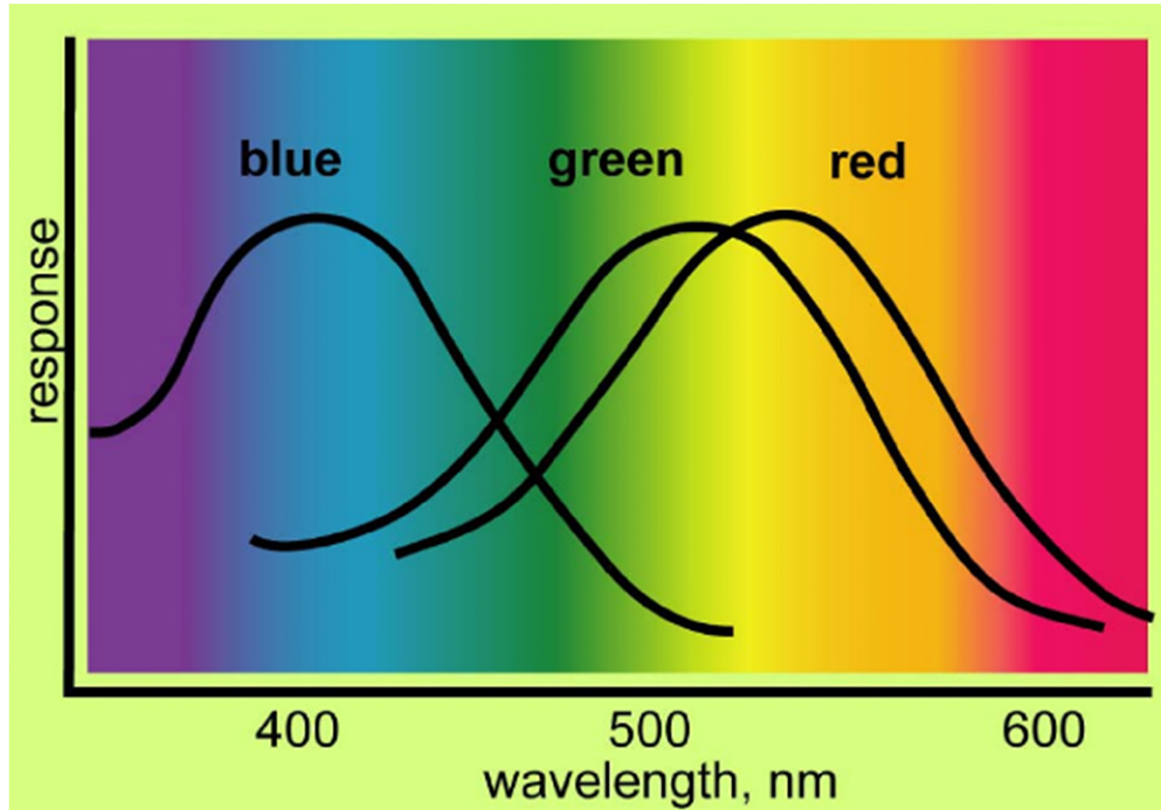
Stäbchen

Zapfen



100 Mio. Stäbchen + 7 Mio. Zapfen bedecken die Retina

# Absorptionsmaxima der Zapfen

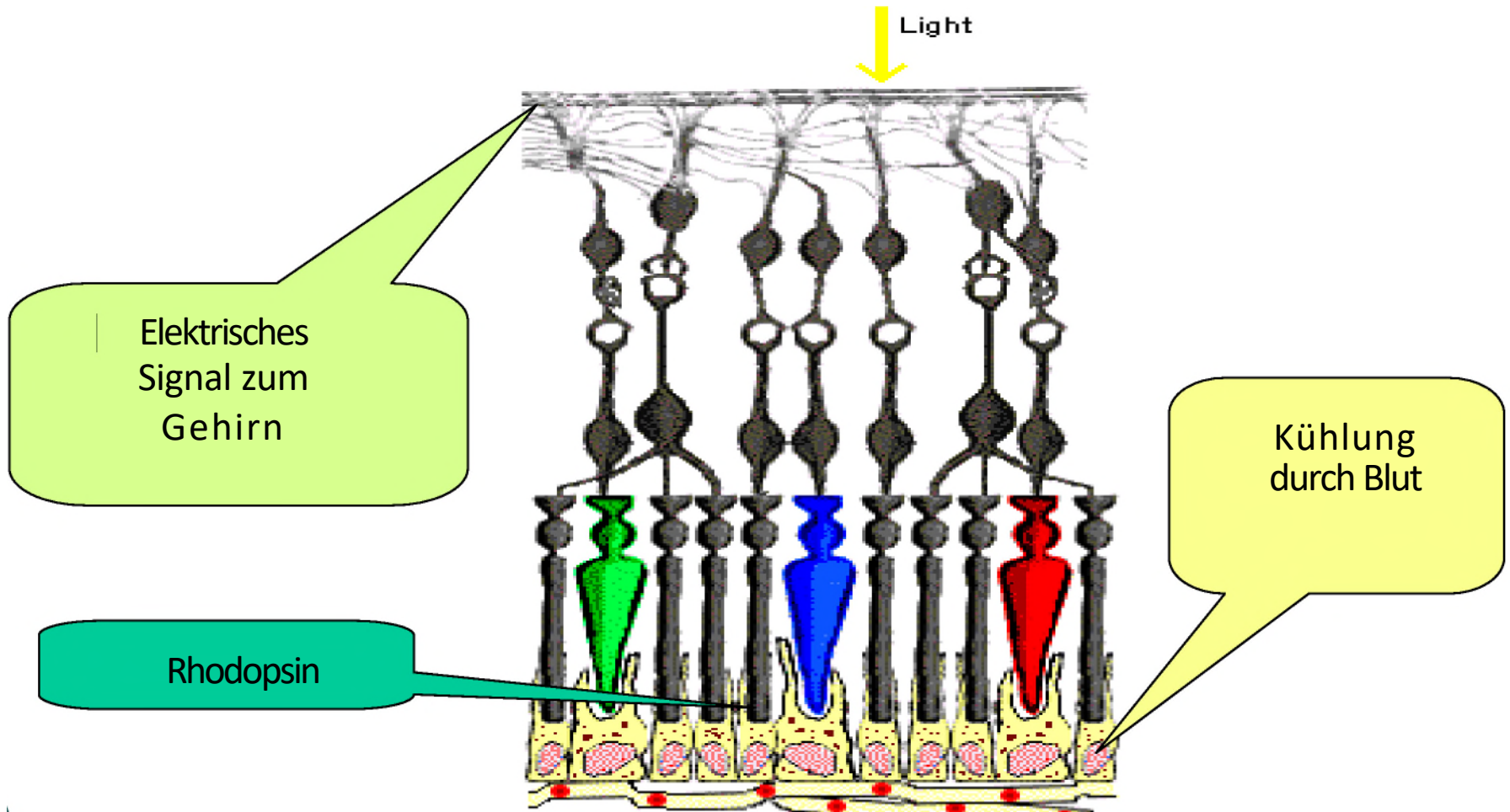






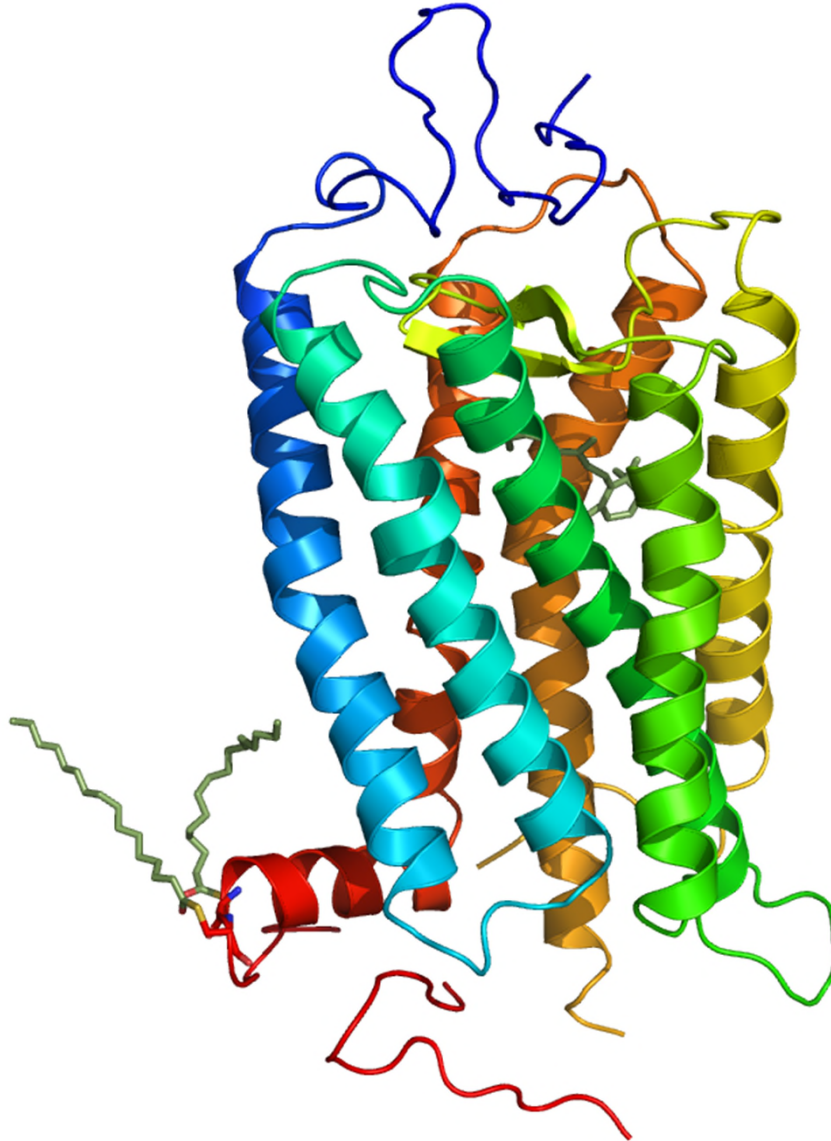
# Fotopigmente der Zäpfchen

Den drei Grundfarben entsprechen drei verschiedene Fotopigmente der Zäpfchen.



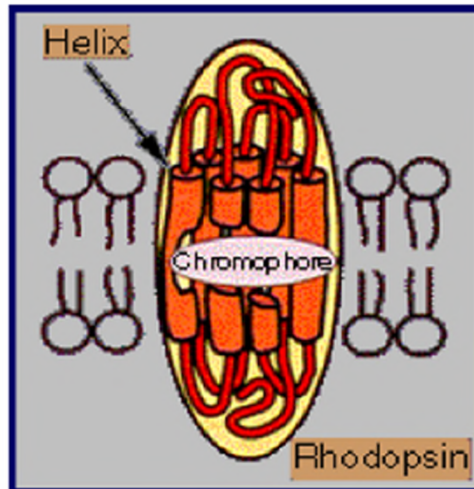
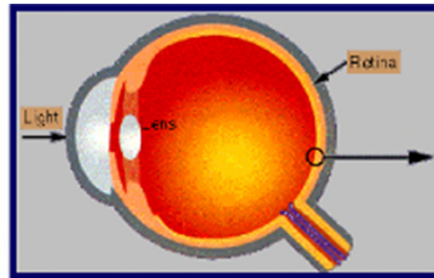


# Rhodopsin

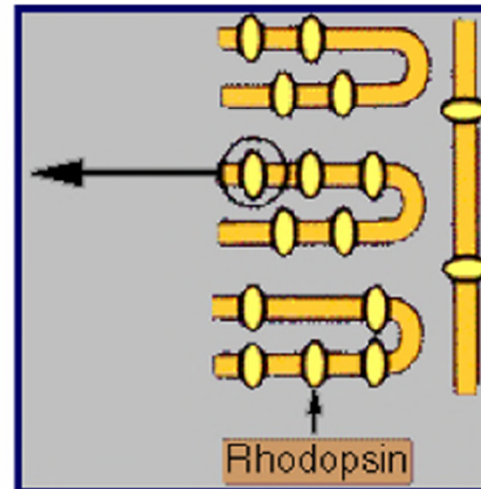




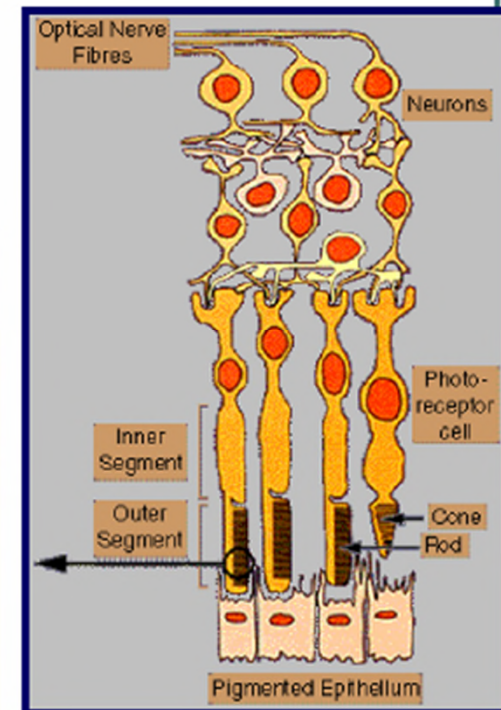
# Von der Optik zum elektrischen Signal



Lichtsensitives Protein



äusseres Segment der Stäbchen

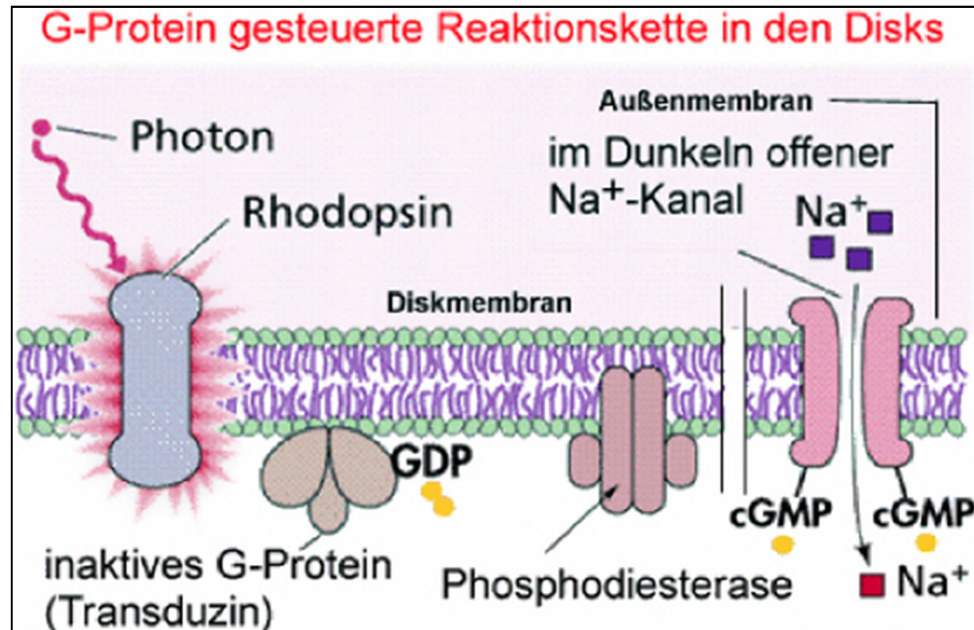






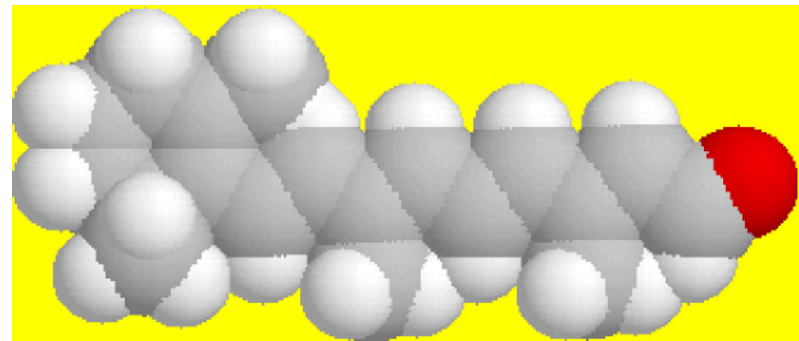
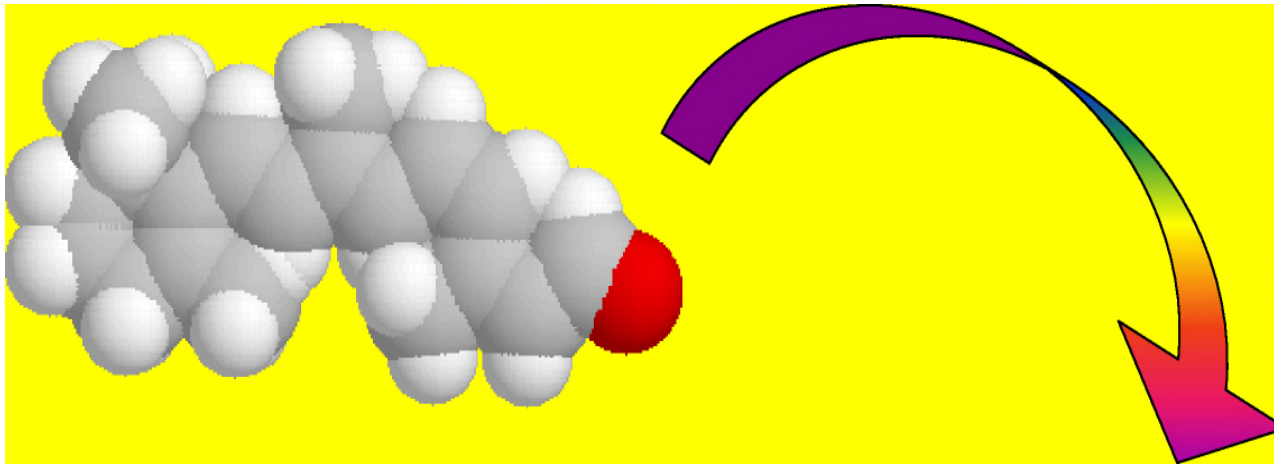
# Bildverarbeitung

Die **Photonen** werden von Photopigmenten der spezifischen Rezeptoren in der Retina absorbiert. Diese erzeugen eine chemische Reaktion, die elektrische Impulse auslöst.





# Photoisomerisation des Retinals (Sehpigment) in Rhodopsin





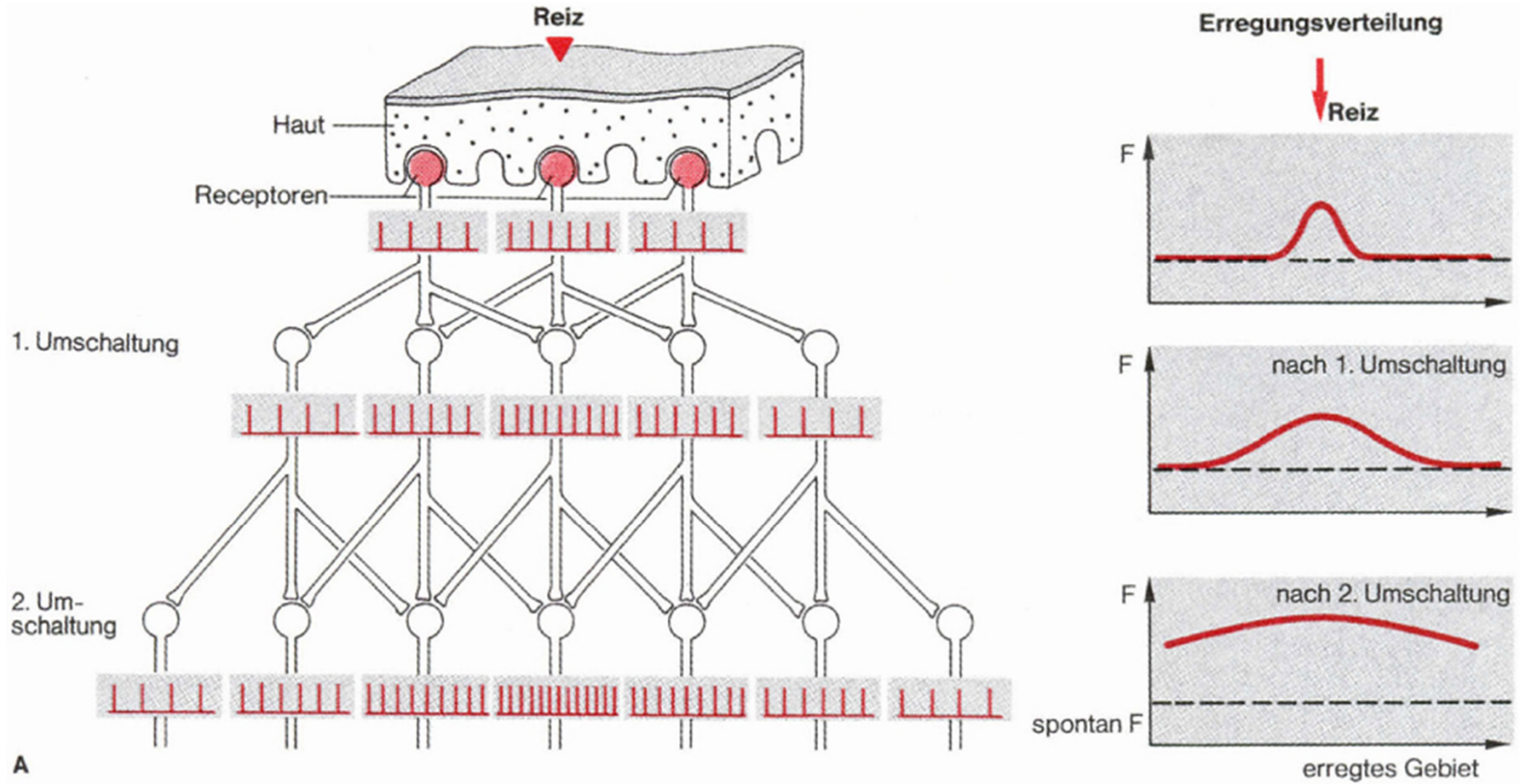
# Technische Daten des Auges

Die Retina (Netzhaut) entspricht einem zweidimensionalen Detektor mit 4 verschiedenen Rezeptoren für:

- Lichtintensität mit einem dynamischen Bereich von mehr als 6 Größenordnungen (Hell – Dunkel)
- Wellenlängeempfindlichkeit: 400 – 750 nm
- Zeitauflösung, ca. 20 ms für Einzelbildverarbeitung
- Ortsauflösung ca. 5  $\mu\text{m}$



# Reizverstärkung





# Kontrastverstärkung

Die Photorezeptoren sitzen auf der dem Licht abgewandten Seite. Die Stelle, an der die Axone (Nervenenden) der Ganglienzellen das Auge verlassen, besitzt keine Photorezeptoren und wird „blinder Fleck“ genannt.

# Zusammenfassung








- Beim Auge ist die Bildweite fest und die Brennweite veränderlich
- Brechkraft des Auges ist im wesentlichen durch die Hornhaut gegeben.
- Linse dient der Akkommodation
- Licht wird von Photorezeptoren in elektrische Signale umgewandelt
- Stäbchen = Hell-Dunkelempfindlichkeit
- Zäpfchen = Farbempfindlichkeit

# Lernkontrolle

Lehrerinformation



1/5

<p>Arbeitsauftrag</p> 	<p>Evaluation und Ergebnissicherung</p>
<p>Ziel</p> 	<p>Die SuS lösen den Test.</p>
<p>Material</p> 	<p>Testblätter Lösungen</p>
<p>Sozialform</p> 	<p>EA</p>
<p>Zeit</p> 	<p>30'</p>

# Lernkontrolle

Testblatt

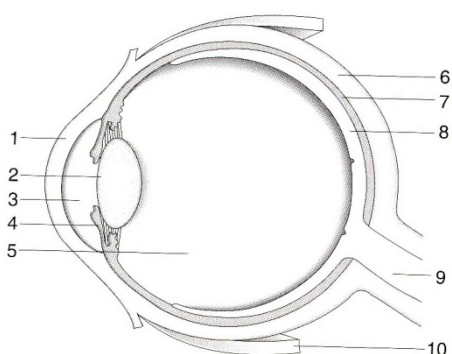


2/5

## Aufgabe:

Löse die Aufgaben.

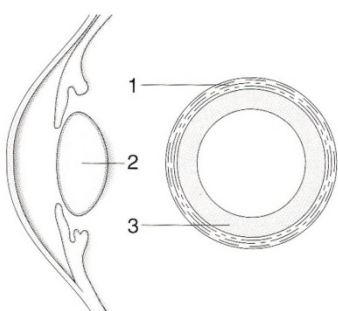
1. Beschrifte das Schema zum Aufbau des Auges und nenne jeweils ein Stichwort zur Funktion der Augenteile.



	Bezeichnung	Funktion
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

2. Die folgende Abbildung zeigt den Schnitt durch den vorderen Augenbereich bei der Fernakkommodation.

- a. Benenne die Augenteile und zeichne in die Abbildung die Zonulabänder in ihrem Zustand bei Fernakkommodation ein.
- b. Zeichne mit einer anderen Farbe die Veränderungen ein, die sich bei der Nahakkommodation ergeben und trage die entsprechenden Stichworte in die Tabelle ein.



		Zustand bei Einstellung des Auges auf	
Bezeichnung		Ferne	Nähe
1			
2			
3			



# Lernkontrolle

Testblatt



### 3. Ergänze den folgenden Lückentext mit den Begriffen:

**Dioptrien – Glaskörper – hinter – Hornhaut – Kammerwasser – kurz – Linse – Linsenelastizität – negative – positive – Sammellinsen – umgekehrt – verkleinert – vor – weiter – Zerstreuungslinsen – unscharf – lang**

Die Lichtstrahlen eines Objektes werden durch den optischen Apparat ( \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ ) gesammelt und auf der Netzhaut \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ abgebildet.

Mit steigendem Alter liegt der Nahpunkt \_\_\_\_\_ von den Augen entfernt, da die \_\_\_\_\_, abnimmt. Zunächst erscheinen Gegenstände in der Nähe \_\_\_\_\_.

Bei der Weitsichtigkeit ist der Augapfel zu \_\_\_\_\_ und das Bild wird erst \_\_\_\_\_ der Netzhaut scharf abgebildet. Brillen mit \_\_\_\_\_ können diesen Fehler beheben.

Bei der Kurzsichtigkeit ist der Augapfel dagegen zu \_\_\_\_\_ und ein scharfes Bild entsteht \_\_\_\_\_ der Netzhaut. Um dies zu korrigieren, werden Gläser mit \_\_\_\_\_ eingesetzt. Die Brechkraft von Linsen misst man in \_\_\_\_\_. Sammellinsen haben \_\_\_\_\_ Dioptrien und Zerstreuungslinsen \_\_\_\_\_.

# Lernkontrolle

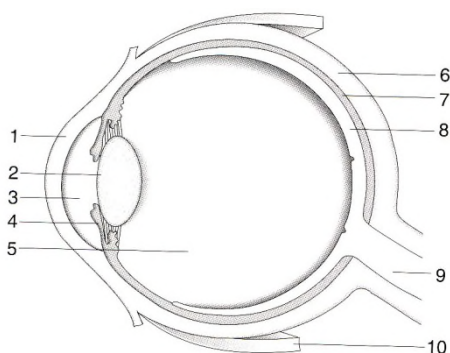
Lösung



4/5

## Lösung:

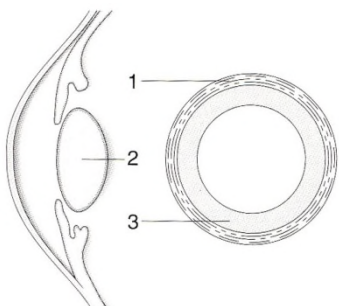
1. Beschrifte das Schema zum Aufbau des Auges und nenne jeweils ein Stichwort zur Funktion der Augenteile.



	Bezeichnung	Funktion
1	Hornhaut	Lichtbrechung
2	Linse	Lichtbrechung, Akkommodation
3	Vordere Augenkammer mit Kammerwasser	Lichtbrechung, Druck
4	Regenbogenhaut mit Pupille	Adaptation, Augenfarbe
5	Glaskörper	Stabilität, Weiterleitung von Strahlen
6	Lederhaut	Stabilität, Schutz, Ansatz der Augenmuskeln
7	Aderhaut	Ver- und Entsorgung
8	Netzhaut	Reizaufnahme
9	Sehnerv	Weiterleitung zum Gehirn
10	Augenmuskeln	Koordinierte Augenbewegung

2. Die folgende Abbildung zeigt den Schnitt durch den vorderen Augenbereich bei der Fernakkommodation.

- c. Benenne die Augenteile und zeichne in die Abbildung die Zonulabänder in ihrem Zustand bei Fernakkommodation ein.
- d. Zeichne mit einer anderen Farbe die Veränderungen ein, die sich bei der Nahakkommodation ergeben und trage die entsprechenden Stichworte in die Tabelle ein.



Bezeichnung		Zustand bei Einstellung des Auges auf	
		Ferne	Nähe
1	Ringmuskel, Ziliarmuskel	entspannt	kontrahiert
2	Linse	flach	abgekugelt
3	Linsenbänder	straff	schlaff

# Lernkontrolle

Lösung



5/5

### 3. Ergänze den folgenden Lückentext mit den Begriffen:

**Dioptrien, Glaskörper, hinter, Hornhaut, Kammerwasser, kurz, Linse, Linsenelastizität, negative, positive, Sammellinsen, umgekehrt, verkleinert, vor, weiter, Zerstreuungslinsen, unscharf, lang**

Die Lichtstrahlen eines Objektes werden durch den optischen Apparat (**Hornhaut, Kammerwasser, Linse, Glaskörper**) gesammelt und auf der Netzhaut **umgekehrt** und **verkleinert** abgebildet.

Mit steigendem Alter liegt der Nahpunkt **weiter** von den Augen entfernt, da die **Linsenelastizität** abnimmt. Zunächst erscheinen Gegenstände in der Nähe **unscharf**.

Bei der Weitsichtigkeit ist der Augapfel zu **kurz** und das Bild wird erst **hinter** der Netzhaut scharf abgebildet. Brillen mit **Sammellinsen** können diesen Fehler beheben.






Bei der Kurzsichtigkeit ist der Augapfel dagegen zu **lang** und ein scharfes Bild entsteht **vor** der Netzhaut. Um dies zu korrigieren, werden Gläser mit **Zerstreuungslinsen** eingesetzt. Die Brechkraft von Linsen misst man in **Dioptrien**. Sammellinsen haben **positive** Dioptrien und Zerstreuungslinsen **negative**.

# Optische Täuschungen

Lehrerinformation



1/8

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Phänomene durch die Lehrperson vorführen lassen (Präsentation)
<b>Ziel</b> 	Kennen der wichtigsten Täuschungen Spass und Vergnügen, Knobeln und Suchen
<b>Material</b> 	Informationstext PowerPoint-Präsentation
<b>Sozialform</b> 	Plenum
<b>Zeit</b> 	45' (immer wieder eingestreut)

- Es ist der Lehrperson überlassen, wie tief in diese Thematik eingegangen werden soll.
- Viel Optische Täuschungen finden sich im Internet, aber auch in praktischen Anwendungen

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- SuS selbst suchen lassen (neue Formen, Sammlung anlegen)
- Anwendung einer optischen Täuschung "erfinden" und anwenden (z. B. Dekoration einer Wand).

# Optische Täuschungen

Informationstext



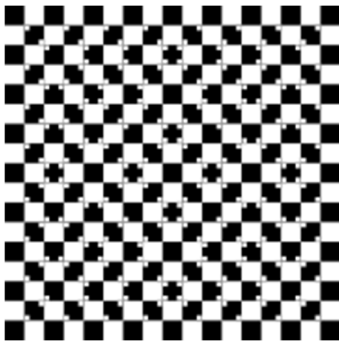
2/8

## Aufgabe:

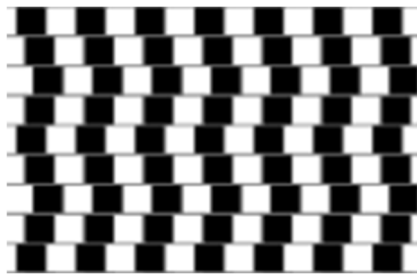
Lies den Informationstext

## Optische Täuschungen

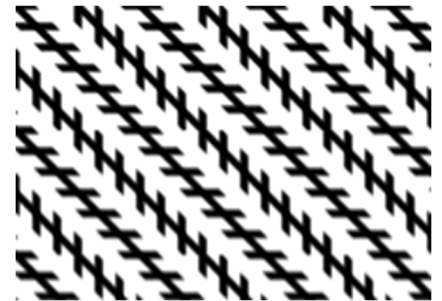
### Relativität von „gerade“ und „parallel“



*Die scheinbar wellenförmigen senkrechten und waagerechten Linien sind Geraden.*



*Die waagerechten Linien sind exakt parallel.*



*Die diagonalen Linien erscheinen gekrümmt, aber tatsächlich sind sie gerade und parallel.*

Diese Täuschung wurde 1874 erstmals von Hugo Münsterberg (1863-1916), der sie auf einer amerikanischen Pferdebahnabokarte vorfand, beschrieben und im Jahre 1894/97 als verschobene Schachbrettfigur (eccentric chess illusion) veröffentlicht. Sie heisst deshalb auch Münsterberg-Täuschung.

Andere Forscher wie A. H. Pierce nannten sie 1898 Kindergarten-Flechtmuster-Täuschung (illusion of the kindergarten patterns in Psychological Review 5, 233-253). Der jüngste Name stammt von Richard L. Gregory, der sie 1973 nach einer schwarz-weiss gefliesten Wand in einem Café aus dem 19. Jahrhundert in der Innenstadt Bristols als Kaffeehaus-Täuschung (café wall illusion) beschrieb.

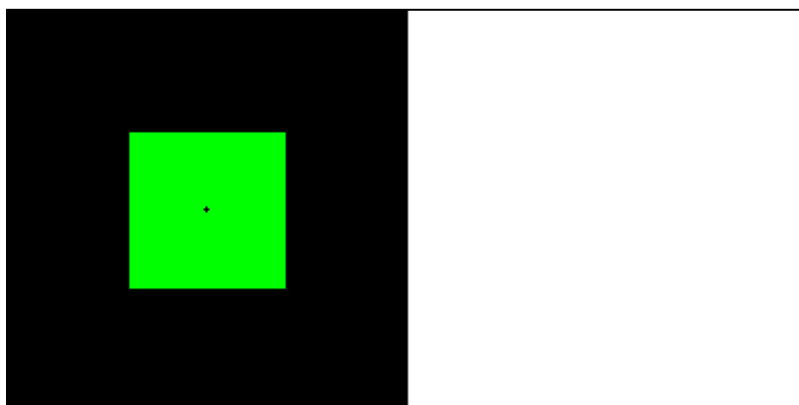
# Optische Täuschungen

Informationstext



3/8

## Relativität von Farben



*Ein Nachbild entsteht, wenn man auf ein grelles Quadrat und anschliessend auf eine helle Fläche starrt.*

Wenn man etwa eine halbe Minute lang auf das grüne Quadrat im Bild rechts starrt und anschliessend auf die freie Fläche daneben sieht, so erscheint darauf ein rötliches Quadrat. Das rötliche Quadrat entsteht, weil wir ein Nachbild auf der Netzhaut sehen. Es hat die Komplementärfarbe zum grünen Quadrat.

Nicht jeder, der zum ersten Mal damit konfrontiert wird, nimmt diese Einfärbung wahr. Offenbar gibt es hier Korrekturmassnahmen, die diesen Sinneseindruck unterdrücken. Es kann helfen, wenn man etwas länger zu fixieren und die Augen dabei auf unendliche Sehweite einzustellen.

## Relativität von Helligkeit



Der graue Balken erscheint links heller, besitzt aber überall den gleichen Grauwert, es sei denn, er wird im Winkel mittels eines Flachbildschirms betrachtet, bei dem generell eine tatsächliche Farbabweichung stattfindet. Ausserdem scheint die Linie nie zu verschwinden, obwohl das Bild in der Basisgrösse einen mehrere Pixel breiten Bereich hat, in dem der Grauwert des Streifens mit dem des Hintergrundes identisch ist.

Die Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden ist sehr subjektiv. Ein Farbton, den wir in der Dämmerung als hell wahrnehmen, erscheint bei Sonnenlicht dunkel, und anders herum. Physikalisch ist diese Interpretation korrekt. Unser Gehirn greift auch beim Betrachten der Beispiele auf der linken und rechten Seite auf diese Erfahrung zurück. Links erscheint Grau bei dunkler Umgebung heller, in heller Umgebung dunkler, obwohl der graue Balken überall den gleichen Grauwert besitzt.

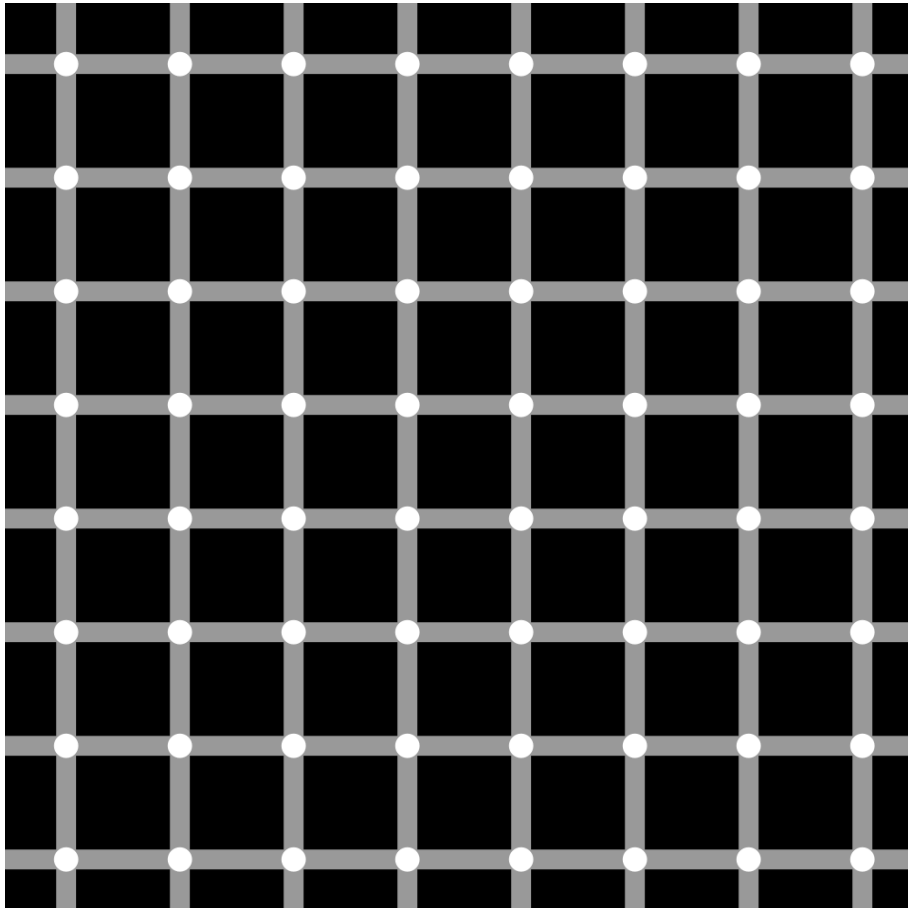
# Optische Täuschungen

Informationstext



4/8

## Überbetonung von Kontrasten



### Graue Punkte

Das Hermann-Gitter wurden von Ludimar Hermann im Jahre 1870 vorgestellt. Da dieses Phänomen auch von Ewald Hering bemerkt wurde, wird es auch als Hering-Gitter bezeichnet. Beim Gitternetz glaubt der Betrachter, im Schnittpunkt der weissen Zwischenräume schwarze Flecken zu sehen. Sie flackern und sind nur zu sehen, solange man seinen Blick nicht darauf konzentriert.

Die Überbetonung der Kontraste rührt von der Verschaltung der Rezeptoren im Auge und der lateralen Hemmung her. Diese bewirkt eine verstärkte Wahrnehmung von Kanten und lässt die Bilder schärfer erscheinen. Dadurch tritt allerdings dann diese belegte Täuschung auf. Einem ähnlichen Effekt verdanken Machsche Streifen ihre Entstehung.

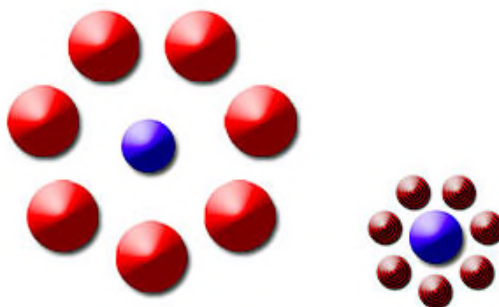
# Optische Täuschungen

Informationstext



5/8

## Relativität von Grösse



*Die blauen Kugeln haben die gleiche Grösse.*

Das Kugelbild ist ein Beispiel für viele ähnliche Schemazeichnungen, die die menschliche Wahrnehmung verwirren. Die linke blaue Kugel ist kleiner als die umgebenden roten, bei der rechten ist es umgekehrt. Die Übertragung von relativ kleiner und relativ grösser auf die beiden blauen Kugeln in direkten Vergleich ist falsch. Beide blauen Kugeln sind gleich gross.



Beim Bild mit den drei Schwester-paaren erscheint das Paar im Vordergrund kleiner als das mittlere Paar. Das hintere Paar erscheint am grössten.

Ein Nachmessen beweist, dass alle drei Paare gleich gross sind. Unser Auge liefert das Bild auf der Netzhaut, seine Bedeutung erschliesst sich jedoch erst durch die Verarbeitung der Bildinformationen im Gehirn. Obwohl das Bild zweidimensional ist, erkennen wir einen Weg, der von vorne nach hinten verläuft und den Eindruck räumlicher Tiefe vermittelt. Wir folgern, dass sich Gegenstände am unteren Rand in unserer Nähe befinden und Gegenstände in der Bildmitte weiter von uns entfernt sind.

Die Bildverarbeitung im Gehirn geht davon aus, dass Gegenstände mit zunehmender Entfernung kleiner

werden. Daher wundern wir uns nicht darüber, dass die Frau hinten rechts im roten Mantel verglichen mit den Personen links im Bild extrem klein ist. Sie ist nur weiter entfernt als die Personen im Vordergrund.

Das Paar im Vordergrund wirkt sehr klein, denn die Entfernung wird als gering interpretiert. Wäre es in Wirklichkeit genauso gross wie das mittlere Paar, müsste es auf dem Bild grösser erscheinen. Da es auf dem Bild aber exakt genauso gross wie das mittlere Paar ist, folgert das Gehirn, dass die Personen in Wirklichkeit kleiner sein müssen. Das gleiche gilt für das hintere Paar. Eigentlich müsste seine Grösse der der Frau im roten Mantel entsprechen. Stattdessen sehen wir es in mehr als doppelter Grösse. Durch unseren Bildverarbeitungsprozess sind diese beiden Personen im Hintergrund folglich Riesen.



# Optische Täuschungen

Informationstext



6/8

Diese optische Täuschung macht man sich in Architektur, Fotografie und Film unter dem Begriff „Erzwungene Perspektive“ zu Nutze, um Objekte im Auge des Betrachters grösser oder entfernter erscheinen zu lassen.

## Relativität des Blickwinkels



Skulptur eines Penrose-Dreiecks

Eine andere Art der optischen Täuschung entsteht durch den Blickwinkel des Betrachters. So lassen sich Objekte konstruieren, die aus verschiedenen Blickwinkeln völlig unterschiedlich wahrgenommen werden.

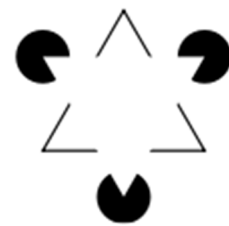
## Nicht vorhandene Objekte



Durchbrochene Linien



Flecke, Linien, Würfel?



Dreiecke im Nichts

Bei manchen Sinneseindrücken glaubt der Betrachter Objekte wahrzunehmen, die nicht vorhanden sind.

Ähnlich lassen sich auch die Marskanäle oder das Marsgesicht auf das Bestreben des Gehirns zurückführen, bei der Mustererkennung Bekanntes wieder zu entdecken.

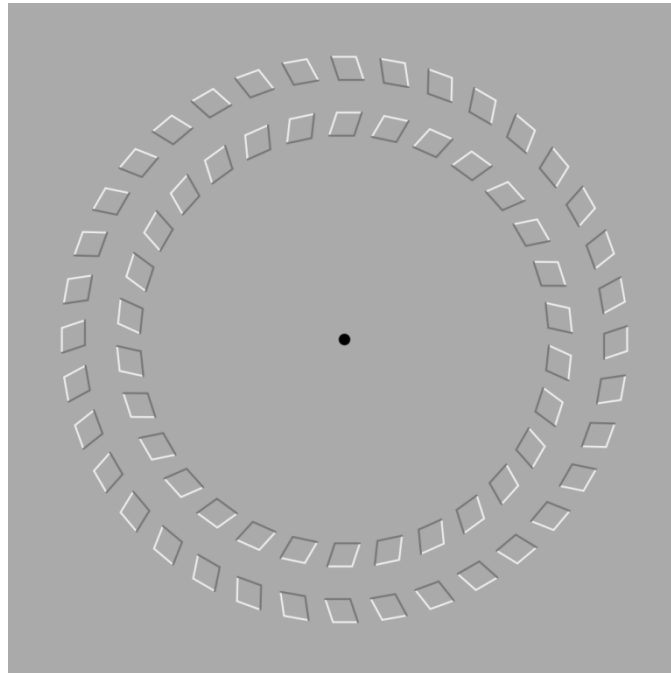
# Optische Täuschungen

Informationstext



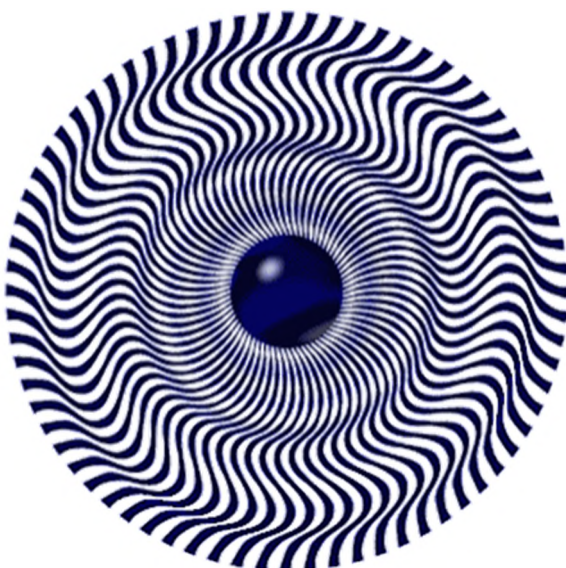
7/8

## Bewegungsillusionen



Bewegte Kreise, wenn der Betrachter sich vor- und zurück bewegt.

Es gibt eine lange Reihe optischer Täuschungen, in denen der Betrachter meint, dass sich Teile des Bildes bewegen. Dabei muss manchmal der Kopf selbst bewegt werden und manchmal nicht. Letztere Variante funktioniert am besten beim peripheren Sehen, das heißt, die Bewegung ist an den Stellen zu erkennen, die gerade nicht fokussiert werden.



Eine Bewegungsillusion tritt auch auf, wenn man ein kleines Objekt vor einer Umgebung betrachtet, die keine Anhaltspunkte für die räumliche Lage geben. Ein einsamer Stern am dunklen Himmel scheint sich zu bewegen.

Auch können statische Bilder eine Bewegungsillusion hervorrufen, ohne dass man seinen Kopf bewegt. Die Ursache findet sich in wiederholten Mustern, innerhalb derer sich unterschiedlich starke Kontraste befinden. Durch die unterschiedlich schnelle Weiterleitung von unterschiedlich starken Kontrasten und Helligkeiten in der Peripherie der Retina kommt es in den nachgeschalteten Ebenen der visuellen Verarbeitung zur Falschverarbeitung und somit zur Fehlinterpretation.

# Optische Täuschungen

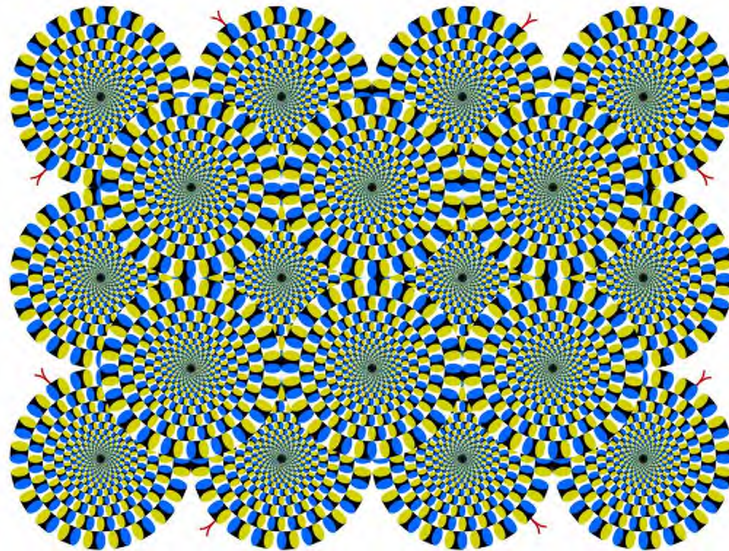
Informationstext



## Optische Täuschungen im Alltag

Dass optische Täuschungen dieser Art auch im Alltag auftreten können, zeigen die Beispiele unten.

- Beim Film erzeugt das schnelle Hintereinander von statischen Einzelbildern die Illusion einer Bewegung. Es sieht oft so aus, als würden die Räder des Autos sich rückwärts bewegen, obwohl es nicht so ist. Siehe Stroboskopischer Effekt.
- Unter bestimmten landschaftlichen Gegebenheiten scheinen Strassen, die in Wirklichkeit bergabwärts verlaufen, bergaufwärts zu führen und umgekehrt (z. B. der Electric Brae in Schottland).
- In der illusionistischen Malerei werden mittels Trompe-l'oeil Räume optisch vergrößert.



## Mögliche Erklärungen für optische Täuschungen






Bisher war es nicht möglich, optische Täuschungen eindeutig zu erklären. Der Vorgang, der im Gehirn stattfindet, ist nicht genau bekannt. Ein möglicher Lösungsansatz ist die Theorie des Amerikaners Mark Changizi. Dieser spricht von einem „Blick in die Zukunft“, die unser Gehirn jede Sekunde vornimmt. Die Informationen der Aussenwelt gelangen über die Netzhaut ins Gehirn, jedoch eine zehntel Sekunde verzögert. Das Hirn wertet die Informationen aus und errechnet die erwartete Veränderung für die Zukunft; dies ist evolutionär gesehen wichtig. So suggerieren Fluchtpunkte beispielsweise eine Bewegung, durch die das Gehirn die Umgebung neu berechnet. Da sich die reale Position jedoch nicht verändert, entsteht die optische Täuschung, so dass Linien verbogen werden. Laut Changizi lassen sich so bis zu 50 Täuschungen erklären.

# Vorträge zum Thema Optik

Lehrerinformation



1/10

<p>Arbeitsauftrag</p> 	<p>Die SuS bereiten Kurzvorträge zu neuen Themen auf.</p>
<p>Ziel</p> 	<p>Vorbereitung der Vorträge und Präsentation</p>
<p>Material</p> 	<p>Anleitungen für die Kurzvorträge</p>
<p>Sozialform</p> 	<p>GA</p>
<p>Zeit</p> 	<p>45</p>

# Vorträge zum Thema Optik

Anleitungen



2/10

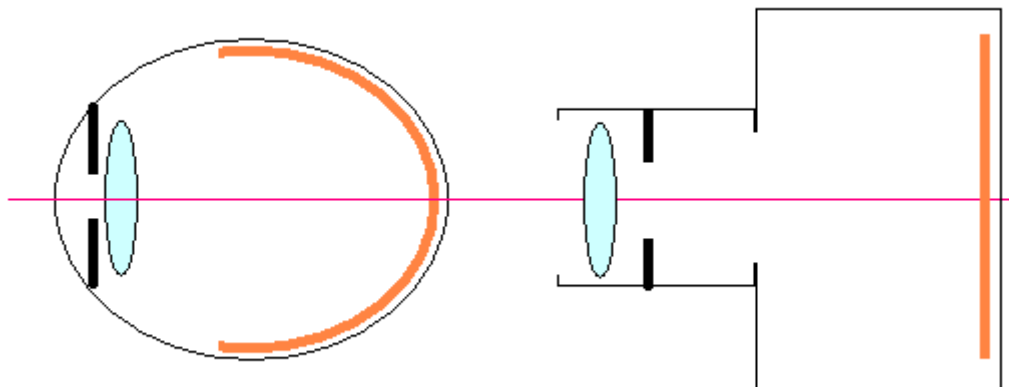
## Vortrag 1: Der optische Apparat des Auges

### Bau und Leistung der Augen - Bildentstehung

Auge als wichtigstes Sinnesorgan - führender Sinn - das Auge führt dem Gehirn 10 Mal mehr Information zu als alle anderen Sinne zusammen.

### Vergleich zwischen Auge und Kamera

Übereinstimmung im optischen Apparat, aber Auswertung der Bilder im Zusammenwirken mit dem Gehirn (Beispiele: Mann im Mond, kortikale Blindheit, optische Täuschungen).



Kamera und Auge entsprechen sich als optische Apparate weitgehend:

- lichtundurchlässiges Gehäuse
- lichtbrechender Apparat (Linse)
- Blende
- Scharfeinstellung
- lichtempfindliche Schicht



# Vorträge zum Thema Optik

Anleitungen



3/10

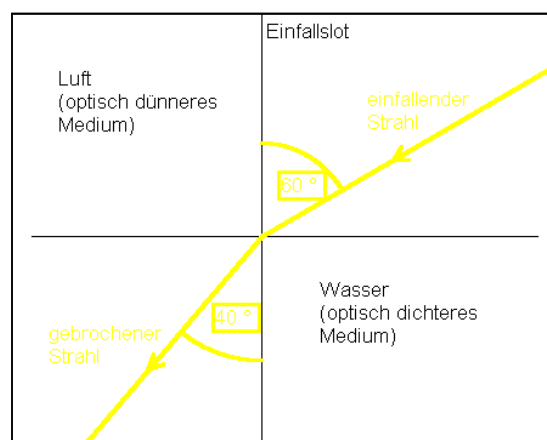
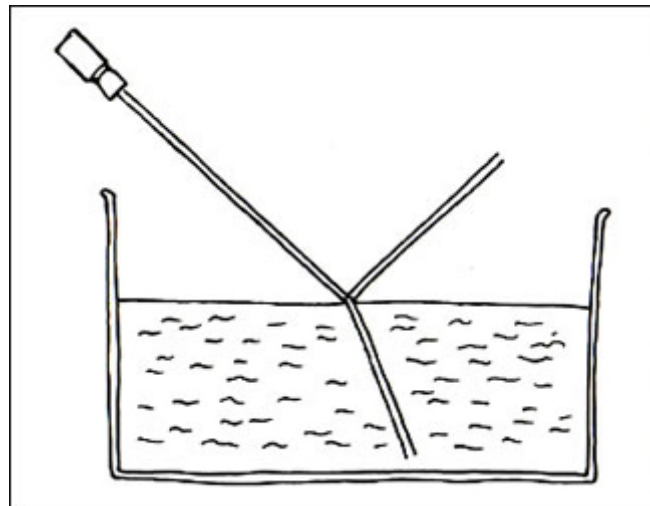
## Vortrag 2:

### Brechung

**Versuch: Lichtbrechung am Übergang Luft - Wasser und weitere (z. B. Prisma)**

Lichtstrahlen zeigen beim Übergang vom optisch dünneren zum optisch dichteren Medium eine Ablenkung zum Lot hin.

Im Bereich der optischen Phänomene weist Wasser besondere Eigenschaften auf. Es ist z. B. durchsichtig für die Lichtanteile, die unser Auge wahrnehmen kann. Ultraviolettes und infrarotes Licht werden dagegen stark vom Wasser absorbiert. Fällt Licht aus der Luft schräg auf eine Wasseroberfläche, so wird es abgelenkt.



**Versuche:** Lichtbrechung am Übergang Luft - Wasser und weitere (z. B. Prisma)

# Vorträge zum Thema Optik

Anleitungen

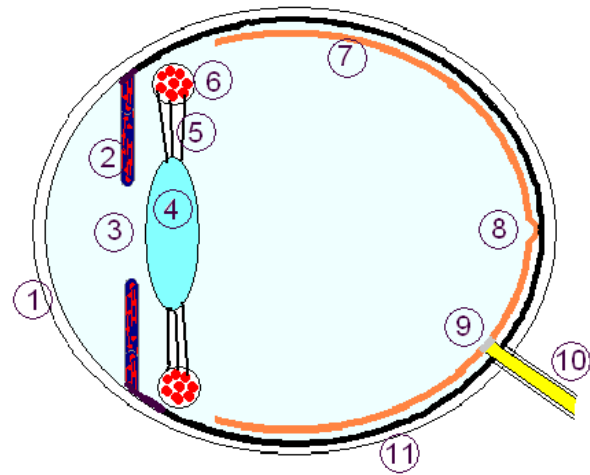
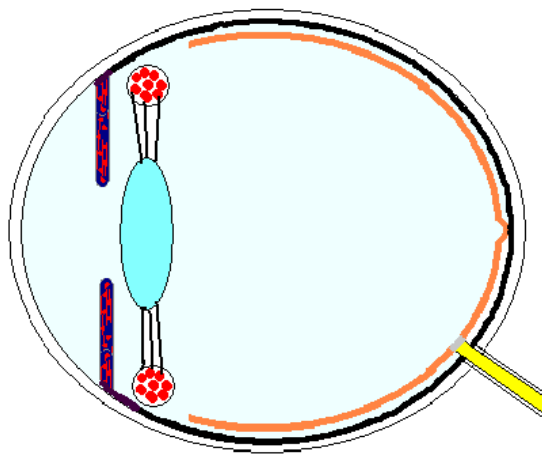
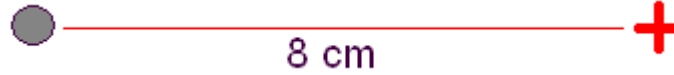


4/10

## Aufbau des Auges

Versuch: Nachweis des Blinden Flecks

### Vortrag 3:



1. Hornhaut
2. Iris
3. Pupille
4. Linse
5. Zonulafasern
6. Ziliarmuskel
7. Netzhaut
8. Netzhautgrube (Gelber Fleck)
9. Blinder Fleck (Austrittsstelle des Sehnerven)
10. Sehnerv
11. Lederhaut

# Vorträge zum Thema Optik

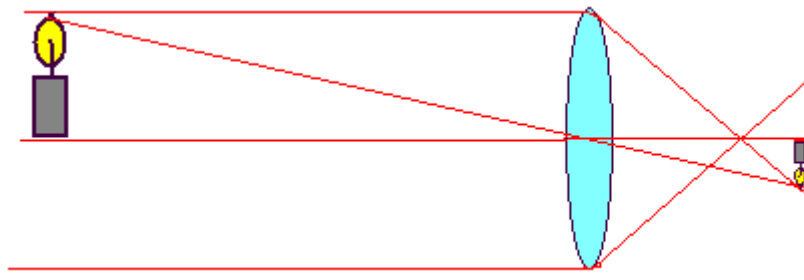
Anleitungen



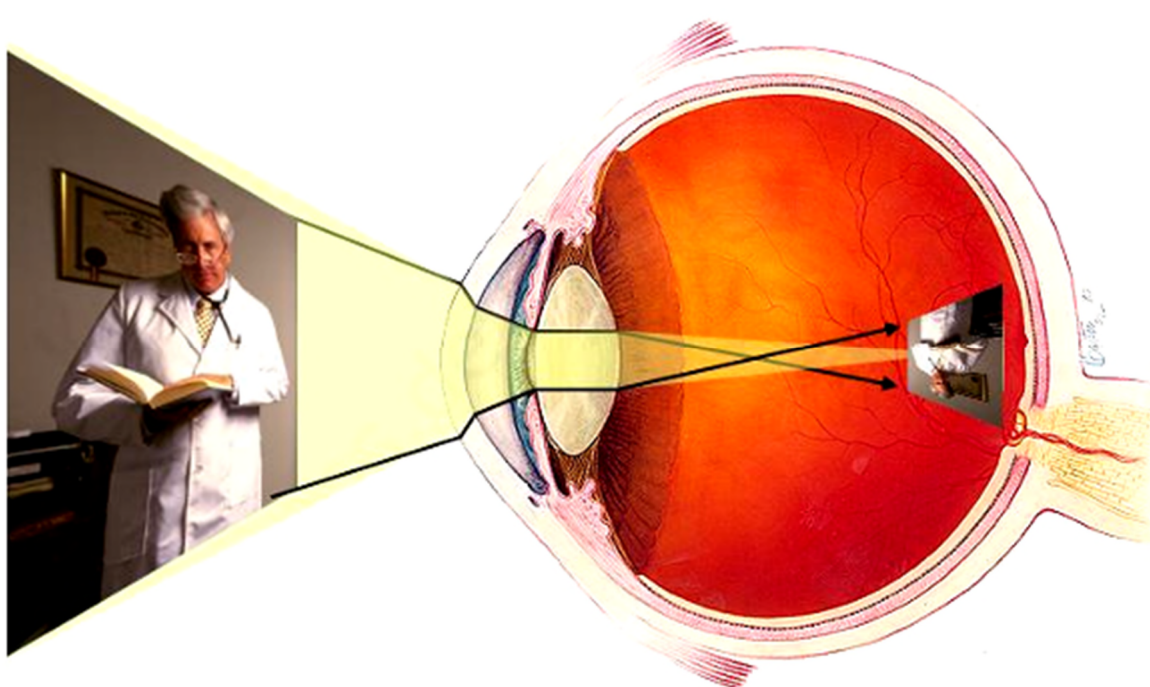
5/10

## Vortrag 4: Strahlengang im Auge

Die Augenlinse erzeugt ein verkleinertes, umgekehrtes Bild auf der Netzhaut



## Versuch mit Lochkamera





# Vorträge zum Thema Optik

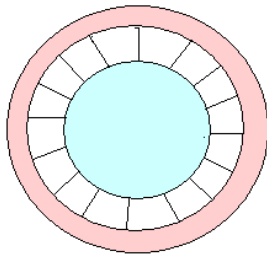
Anleitungen



6/10

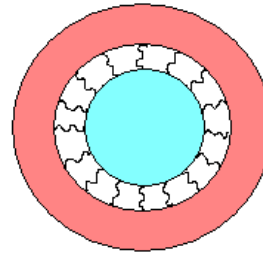
## Vortrag 5: Akkommodation: Anpassung an wechselnde Entfernungen

Prinzipiell verschiedene Möglichkeiten (Beispiel Fotoapparat, Fische, Mensch)



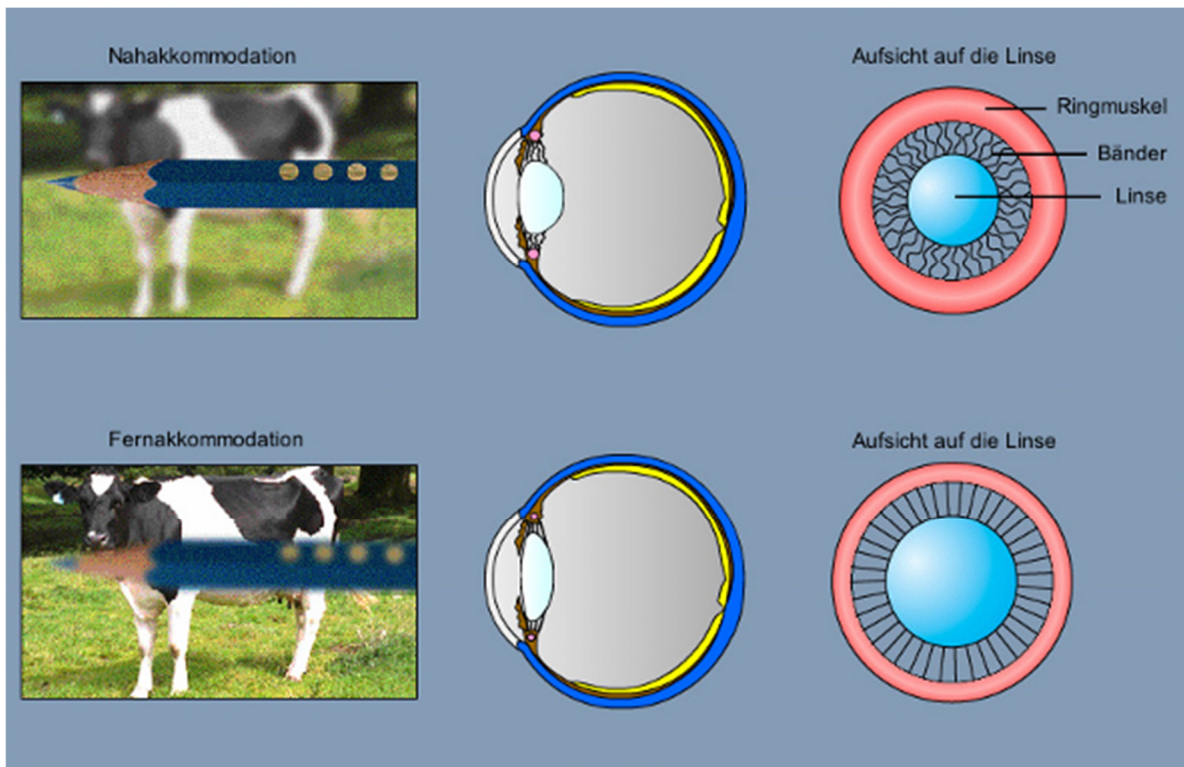
- Ziliarmuskel entspannt
- Zonulafasern der Linse gespannt
- Linse abgeflacht

→ Fern-Einstellung



- Ziliarmuskel gespannt
- Zonulafasern entspannt
- Linse stärker gekrümmt

→ Nah-Einstellung



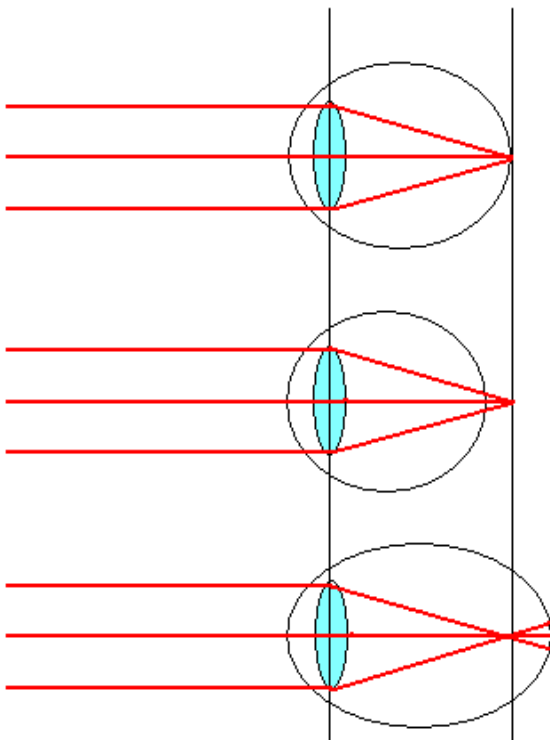
# Vorträge zum Thema Optik

Anleitungen



7/10

## Vortrag 6: Weit- und Kurzsichtigkeit



**Normalsichtiges Auge:** parallel einfallende Lichtstrahlen vereinigen sich auf der Netzhaut.

Augapfel zu kurz → parallel einfallende Lichtstrahlen vereinigen sich hinter der Netzhaut – Brechkraft der Linse zu gering – Nahpunkt rückt in die Ferne – **Weitsichtigkeit** – Korrektur durch eine Sammellinse (konvex).

Alters-Weitsichtigkeit: Elastizität der Augenlinse lässt nach – Brechkraft der Linse sinkt – „Lesebrille“.

Augapfel zu lang → parallel einfallende Lichtstrahlen vereinigen sich vor der Netzhaut – Brechkraft der Linse zu gross – Fernpunkt rückt in die Nähe – **Kurzsichtigkeit** – Korrektur durch eine Zerstreuungslinse (konkav).

### Astigmatismus

Ungleichmässige Hornhautkrümmung - Korrektur durch zylinderförmig geschliffene Gläser möglich.

Weitere Störungen des Sehvermögens:

- grauer Star (= Katarakt) – Trübung der Augenlinse
- grüner Star (= Glaukom) – erhöhter Augeninnendruck

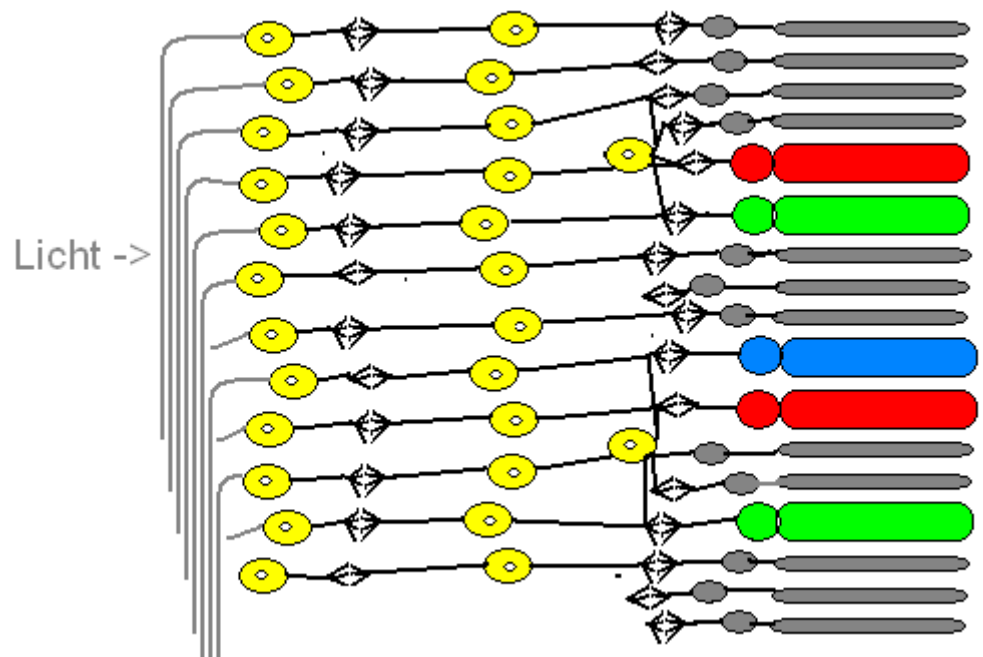
# Vorträge zum Thema Optik

Anleitungen



8/10

## Vortrag 7: Organisation der Netzhaut



### Typen von Lichtsinneszellen:

- Stäbchen für Helligkeit
- Zapfen für Farbsehen (3 Typen: Empfindlichkeit für Rot, Grün und Blau)

### Sehen in der Dämmerung:

nur Grautöne – geringere Empfindlichkeit der Zapfen – Sternenhimmel

### Am Rand des Gesichtsfeldes:

nur Stäbchen – kein Farbsehen, dafür hohe Empfindlichkeit für Bewegungs-Wahrnehmungen (→ wichtig für Webdesign: Ablenkung durch Blink-Effekte vermeiden)

### Farbenblindheit

Rot-Grün-Blindheit, Rot-Grün-Schwäche, Nachweis durch Farbtafeln

# Vorträge zum Thema Optik

Anleitungen



9/10

## Vortrag 8: Gehirnleistungen beim Sehen

### 1. Unterscheidung von Eigen- und Fremdbewegungen - Nystagmus

Warum erleben wir die Umwelt bei Kopfdrehung als ruhend, trotz Verschiebung des Bildes auf der Netzhaut?

**Versuche:** Nachweis des Nystagmus bei geöffneten und bei geschlossenen Augen.

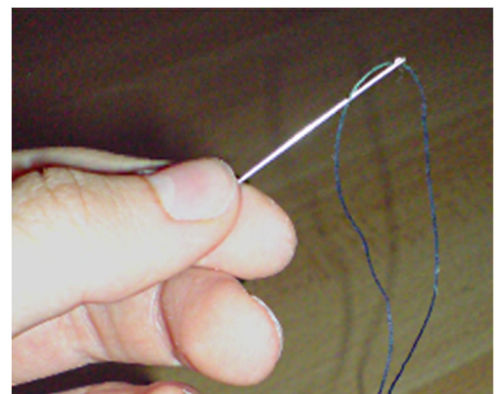
- Während sich der Kopf bewegt, halten die Augen eine feste Beziehung zur Umwelt ein, dann springen sie in die neue Lage und überholen dabei die Kopfbewegung. Auf der Netzhaut entsteht dadurch ein scharfes Bild (vergl. verwackelte Fotografie)
- Die Information über die Drehung des Kopfes wird in Befehle umgewandelt, welche die Augen zu kompensierenden Gegenbewegungen (langsame Phasen) und sprunghaften Überholbewegungen (schnelle Phasen des Nystagmus) veranlassen.
- Bei Augenbewegung ohne Kopfbewegung (Versuch) entsteht der Eindruck, die Umwelt bewege sich. Das Gehirn empfing offenbar keine Information über die Augenbewegung.

### 2. Koordination

Wir sehen ein aufrechtes Bild - Versuche mit Umkehrbrille

### 3. Entfernung eines Gegenstandes

- aus der bekannten Grösse eines Gegenstandes (Täuschungen auf Wasserflächen und im Hochgebirge)
- Farbperspektive durch die Atmosphäre (Täuschung auf dem Mond bei fehlender Atmosphäre)
- aus der Konvergenz der Augachsen
- Stereo-Effekt (Versuche: Einäugig eine Nadel einfädeln; Fixieren des Daumens abwechselnd mit dem einen und mit dem anderen Auge; Betrachtung stereoskopischer Bilder)



# Vorträge zum Thema Optik

Anleitungen



10/10

## Vortrag 9: Gehirnleistungen beim Sehen

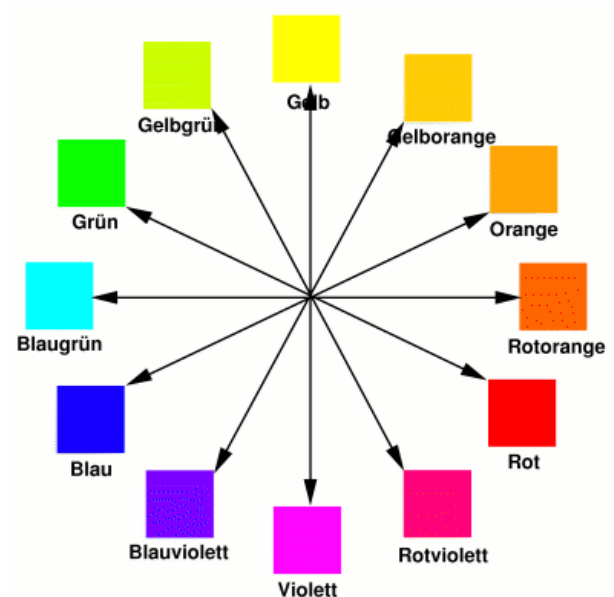
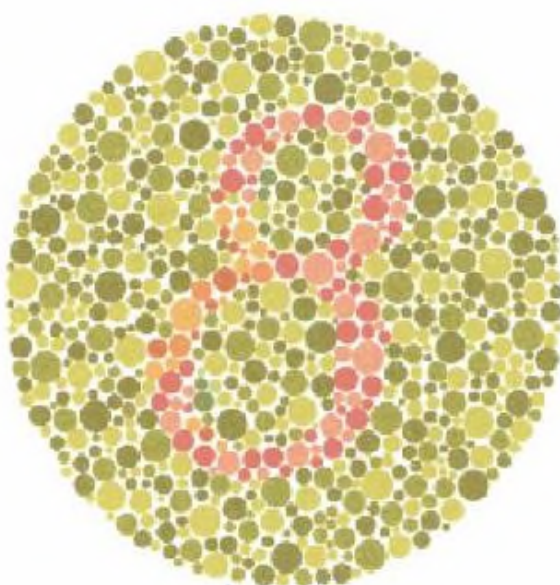
### Farbwahrnehmung

Farbe liefert zusätzliche Information - aber Notwendigkeit von Farbkonstanz! Es kommt darauf an, die Dinge unabhängig von der äusseren Beleuchtung richtig zu sehen. (Täuschungen möglich, z. B. beim Kleiderkauf)

Worin unterscheidet sich die Farbwahrnehmung von der Physik des Lichtes verschiedener Wellenlängen?

- **Physik:** Das Spektrum des Lichtes lässt sich entlang einer Wellenlängenskala darstellen, ähnlich der Tonskala – Wahrnehmung: **Farbenkreis** (Purpur schliesst den Farbenkreis, diese Farbe hat im Spektrum keine Entsprechung)
- **Weiss:** Existenz einer farblosen Farbe (bestimmtes Mischungsverhältnis) - Analogie: Ton ohne Tonhöhe?
- **Komplementärfarben:** je zwei Farben erscheinen zu Paaren geordnet; sie addieren sich zu weiss bzw. löschen sich aus (z. B. Rot - Grün; Gelb - Blau)
- Verblässen einer Farbe, die das ganze Gesichtsfeld ausfüllt (Raumbeleuchtung)

Alle diese Eigentümlichkeiten stehen in Zusammenhang mit dem Problem der **Farbkonstanz**. Jeder Farbe wird eine auslöschende Gegenfarbe zugeordnet, die aktiv erzeugt und somit die unerwünschte vorherrschende Farbe annulliert. Sonnenlicht erscheint weiss und beansprucht den Korrekturmechanismus somit am wenigsten.








# Umgang mit Kunden

Lehrerinformation



1/11

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Texte studieren Definitionen aufstellen, Kodex formulieren Verkaufsphasen im Detail analysieren Verkaufsphasen in Rollenspielen üben Gesamtes Verkaufsgespräche üben Verkaufsgespräche „im scharfen Schuss“
<b>Ziel</b> 	Erfassen, was Firmenqualität ausmacht Motivationsfaktoren aufzählen (Mitarbeiter, Kunden) Beherrschen der Kundendienst- und Verkaufsgrundlagen
<b>Material</b> 	Texte, Musterbeispiele, Produkte, Dienstleistungsmodelle
<b>Sozialform</b> 	Plenum, EA, wechselnde Gruppen
<b>Zeit</b> 	180-300 Minuten (viel Zeit einräumen, immer wieder aufgreifen, intensiv üben)

- Hier findet sich der wichtigste Ansatz zu Sozial- und Selbstkompetenz mit wichtigen Akzenten der Methodenkompetenz.
- Die SuS sollen in immer wechselnden Situationen die Grundlagen üben und sich dabei korrigieren.

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- Verkauf im Detailhandel analysieren und darüber berichten
- Anfragen an Firmen, um deren Tel.-Verkauf und Kundendienst zu prüfen und zu analysieren.



# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



2/11

## Kunden begeistern

### Erfolgsfaktoren für tolle Ergebnisse

Warum sind einige Unternehmen besser als andere? Warum haben manche besonders viel Erfolg? Es ist die Qualität von Kundenkontakt und -service, die den Ausschlag gibt. Also müssten sich eigentlich nur alle Mitarbeiter mit vollem Einsatz für die Kunden engagieren.

*„Die Fähigkeit, die Herzen der Kunden zu gewinnen, macht den entscheidenden Unterschied in Unternehmen aus, deren Wertgenerierung von persönlicher Serviceleistung und guten Produkten abhängt.“*

### Wer ist der König?

Natürlich der Kunde. Aber wenn Handlungsweise, Kreativität und Engagement der Mitarbeiter zu nachhaltiger Kundenakzeptanz und finanziellem Erfolg führen, dann gehört das Unternehmen zur Elite – und man darf sich durchaus selbst wie ein König fühlen.

Wie werden Ihre Kunden behandelt? Hauptsache, sie zahlen pünktlich, und wenn sie ein Problem haben, sind sie selber schuld? So geht es natürlich nicht!

Jeder in der Firma – Kader und alle Mitarbeiter – muss die Grundwerte, die für die Firma wichtig sind kennen. Der Wertekatalog muss klar und überzeugend sein. Aber auf die Worte müssen dann auch Taten folgen, jeden Tag!

**Wovon hängt das Leben des Unternehmens ab?** Von den ethischen Werten! Es braucht Ideale, Prinzipien, eine Philosophie! Das ist der Kern des Unternehmens und da steckt mächtig Kraft dahinter. Die Firmenleitung gibt die Aspekte vor, sagt, was Bedeutung hat, und die Mitarbeiter geben das mit ihren Entscheidungen und ihrem Verhalten direkt an ihre Kunden weiter. Wenn die Werte der Firma mit denen der Mitarbeiter übereinstimmen, werden diese Werte zu Leitbildern – und das ist der Schlüssel zur Motivation!

### Mission possible!

*„Die Markenpolitik spielt in Dienstleistungsunternehmen eine tragende Rolle, da starke Marken das Vertrauen der Kunden in nicht sichtbare Leistungen stärken.“*

Wie aber kommen die Mitarbeiter dazu, dass sie alles geben, was sie können, nicht nur einen kleinen Teil? Man muss sie begeistern und sie sollen sich auch selbst begeistern, die Arbeit als Mission verstehen, das ist das Ziel von wertbasierter Arbeit.

*„Die meisten herausragenden Dienstleistungsunternehmen bieten sowohl einen äusserst persönlichen wie auch technologiegeprägten Service und beschränken sich nicht allein auf den einen oder anderen Aspekt.“*

Dabei kommt dem Leitungsteam eine zentrale Rollen zu: Es gilt **einen Traum zu formulieren**. Er ist der Existenzgrund des Unternehmens.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



## Aufgabe 1:

Definiere Erfolg! Wann ist das Unternehmen auf dem richtigen Weg?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vorschläge

- Wenn die Kunden glücklich sind, ist das schon mal nicht verkehrt.
- Mitarbeiter müssen so viel Handlungsautonomie haben, dass sie entsprechende Entscheidungen treffen können.
- Die Vorgesetzten müssen die Werte vorleben.
- Die Chefs sollen sich bei den Mitarbeitern sehen lassen, mit ihnen reden, ihnen zuhören, das schafft Vertrauen.
- Niemand ist phlegmatisch. Auch wenn alles gut läuft! Der Betrieb kann immer noch ein bisschen besser sein. Wenn die Organisation einschläft, kriegt sie ein Problem.
- Die Einsatzbereitschaft aller muss von Herzen kommen.



# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



4/11

## Wo geht's lang?

Die Leistung muss ständig verbessert werden. Erst in die Offensive zu gehen, wenn es Probleme gibt, ist grundlegend falsch.

*„Fairness, Beständigkeit und Gleichbehandlung sind Grundpfeiler starker Familienverbände und starker Organisationen.“*

### Die Beziehungskiste

Wie geht der Kunde aus dem Laden? Wutschäumend und türenknallend, vor allem dann, wenn er nicht gefunden hat, was er wollte? Er sollte lächeln. Immer!

Sorgen Sie dafür, mit einer dauerhaften Beziehung. Die Basis dafür bildet Vertrauen. Halten Sie die Versprechen, die Sie den Kunden geben, sonst will keiner mehr mit Ihnen zu tun haben. Und beweisen Sie die Servicekompetenz. Auch das bildet Vertrauen.

Gerade bei Dienstleistungen erwarten die Kunden Zuverlässigkeit. Wenn der Betrieb hier gut ist, so ist dies ein klarer Wettbewerbsvorteil. Eine vertrauensvolle Beziehung funktioniert nur über Fairness.

*„Kunden sind motiviert, einem Unternehmen treu zu bleiben, wenn sie beim Kauf dieser Art von Dienstleistungen und Produkten herausragende Erfahrungen machen.“*

**Bleiben die Mitarbeiter**, weil es ihnen gefällt, weil sie gut miteinander auskommen? Besonders personalintensive Dienstleistungsunternehmen sind davon abhängig! Wenn ständig die Mitarbeiter weglaufen, können die Kunden niemals eine persönliche Beziehung zum Unternehmen aufbauen.

**Also wäre das klar, dass wir die Kundenbeziehungen pflegen! Nicht nur die Neukunden sind dabei wichtig.**

### Wie aber steigern wir den Marktanteil?

Mit stabilen Beziehungen zu den Stammkunden. Gewinnen wir deren Loyalität! Wie schafft man das? Indem man das Vertrauen der Kunden nie enttäuscht!

*„Überzeugungen, die sich bei Kunden aufgrund ihrer Serviceerfahrungen gebildet haben, sind äusserst widerstandsfähig.“*

Von den Kunden lernen wir, wie sie bedient werden möchten. Je persönlicher und individueller der Service, umso zufriedener und treuer der Kunde.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



5/11

## Wie agieren?

Alle Unternehmen, ob klein oder millionenschwer müssen agieren, wie kleine Organisationen: schnell, reibungslos, flexibel und aufmerksam. Mit viel Engagement für die Anliegen der Kunden. Dazu braucht es Teamgeist und kollektive Verantwortlichkeit bei den Mitarbeitern.

*„Die Stärkung der Vorteile einer kleinen, wendigen Organisation ist in Dienstleistungsunternehmen ein wesentlicher Beitrag zu nachhaltigem Erfolg.“*

*„Herausragende Dienstleistungsunternehmen überzeugen Kunden durch ihren Charakter.“*

**Wie kann dabei das Unternehmen wachsen**, ohne Kundennähe und die Beziehung zu den Mitarbeitern zu verlieren?

**Ein Herz kann man nicht kaufen...** Also muss sich die Firma darum bemühen, dass man es ihr schenkt! Es gilt immer die Herzen der Mitarbeiter und dadurch die der Kunden zu gewinnen. Im Zentrum steht eine starke Marke, der die Kunden blind vertrauen. Es geht also darum, täglich die Lebensqualität der Mitarbeiter und der Kunden zu steigern. Im Dienstleistungsunternehmen ist das der Schlüssel zum dauerhaften Erfolg. Nicht mit der Masse schwimmen sondern Profil entwickeln durch das Besondere und Überraschende.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



## Aufgabe 2:

Erarbeiten Sie mit den anderen Klassenkameraden zusammen einen griffigen Firmenkodex, den Sie für Ihre Firma für richtig halten. Es sollen maximal sechs (6) Punkte sein. Sie beschäftigen sich mit der Art, wie Mitarbeiter und Firma auftreten und wie Sie den Kunden behandeln, pflegen, begeistern. Erstellen Sie dazu ein Poster!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Posterskizze:

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for drawing a poster sketch.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



7/11

## Der Verkauf

**These:** Verkaufen ist ein Prozess, der mit guter Vorbereitung beginnt und mit guter Nachbereitung endet.

Wichtigste Regeln vorab:

- Setzen Sie sich vor dem Kundengespräch ein Ziel.
- Nur wenn Sie gerne verkaufen, sind Sie erfolgreich.
- Betrachten Sie Kundenbeziehungen als persönliche Beziehungen.
- Das Vertrauen zwischen Kunde und Verkäufer entscheidet über eine dauerhafte Geschäftsbeziehung.
- Stellen Sie Fragen über Fragen, um die Kundenwünsche herauszufinden.
- Der Nutzen des Produkts steht im Zentrum des Verkaufsgesprächs.
- Einwände sind normal – sie zeugen von Interesse.
- Vermitteln Sie, dass der Nutzen den Preis überragt.
- Zufriedene Kunden kaufen wiederfinden Sie heraus, ob der Kunde zufrieden ist.

### Warum ist der Verkauf das Herz des Geschäfts?

„Wir sind, was wir denken.“ Dies schrieb der römische Kaiser und Philosoph Marc Aurel vor über 1800 Jahren. Wer als Verkäufer nun denkt, dass ihn das nichts angeht, weil er ohnehin nichts anderes als ein Klinkenputzer ist, der wundere sich nicht über schlechte Verkaufszahlen. Ändert sich das Selbstbild, so trägt dies dazu bei, das Image der Verkäufer entscheidend zu verbessern.

Verkäufer sind heute Kundenberater, Marktforscher und Informationsmanager in einem. Nicht nur im Aussendienst, auch im tagtäglichen Umgang mit der Laufkundschaft, auf dem Markt genauso wie im teuren Designer-Geschäft, sind sie die Profis mit den Produkt- und Branchenkenntnissen.

*„Beurteilen Sie die Attraktivität Ihres Angebots stets aus der Sicht des Kunden.“*

Ob Branchenneuling oder „alter Hase“, der das Geschäft zu kennen glaubt, muss immer wieder über die Bücher, um zu lernen, denn Kunden und Märkte ändern sich.

Wer hier aber raffinierte psychologische Tricks oder gar Manipulationen erwartet, wird enttäuscht: Ehrlichkeit und Interesse am Kunden sind die beste Strategie und fast schon eine Garantie für erfolgreiche Abschlüsse.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



8/11

## Anforderungen an den Verkaufsprofi

Es gibt ausgesprochene Verkaufstalente, die sogar schlechte Produkte mit Leichtigkeit an den Mann bringen. Und es gibt andererseits so viele gute Produkte, die sich schlecht verkaufen. Kunden wollen neben guter Qualität professionell bedient werden – wenn beides zusammenkommt, haben Sie neben einem Verkaufsabschluss einen langfristigen Partner gewonnen. Und genau das sollte Ihr Ziel sein.

Dazu sollten Sie diese Fähigkeiten besitzen:

- Sie kennen die Markttrends.
- Sie können mit Menschen umgehen und sind teamfähig.
- Sie bieten Service in Form von kundengerechter Information.
- Sie haben Freude an Ihrer Arbeit und am Wettbewerb.

*„Als guter Verkäufer führen Sie nicht nur Verkaufsgespräche, vielmehr führen Sie Menschen und Sie führen Ihre Kunden zur Erfüllung ihrer Träume.“*

### Verkauf ist ein Prozess

Verkaufen ist kein isoliertes Ereignis, sondern ein Prozess, bestehend aus zwölf Phasen. Nehmen Sie jede dieser Phasen ernst!

#### Phase 1: Bereiten Sie sich gründlich vor

Besonders für vereinbarte Termine mit Kunden gilt, dass Sie sich auf das Gespräch vorbereiten müssen. Sammeln und sichten Sie alle Unterlagen. Bestätigen Sie einen vereinbarten Termin schriftlich und planen Sie Kleidung und Anfahrt. Stellen Sie sich die folgenden Fragen:

- Was weiss ich über den Kunden und sein Unternehmen?
- Welches Ziel verfolge ich mit dem Gespräch?
- Wer aus dem Verkaufsteam kann mir bei Fragen helfen?
- Was nützt die Ware oder Dienstleistung dem Kunden? Welchen Zusatznutzen biete ich an?
- Welche Strategien habe ich und wie reagiere ich auf Einwände?
- Welche Mission habe ich als Verkäufer?

#### Phase 2: Motivieren Sie sich

Stimmen Sie sich auf das Gespräch ein. Lächeln Sie sich selbst einmal im Spiegel zu. Beantworten Sie sich die Frage, was Sie eigentlich motiviert. Begründen Sie kurz schriftlich, warum Sie sich auf das Gespräch mit dem Kunden freuen. Sagen Sie sich, dass Sie mit Begeisterung verkaufen und von Ihrem Produkt überzeugt sind. Mit anderen Worten: Denken Sie positiv!

#### Phase 3: Begrüssen Sie den Kunden freundlich

Hier müssen Sie alles richtig machen – denn schon die ersten Sekunden entscheiden, ob sich hier eine fruchtbare Kundenbeziehung anbahnt oder nicht. Beachten Sie darum vor allem diese Regeln:

- Merken Sie sich den Namen des Kunden.
- Demonstrieren Sie vom ersten Satz an Ihr echtes Interesse.
- Achten Sie auf eine offene Körpersprache.
- Schütteln Sie die Hand Ihres Gegenübers und blicken Sie ihm in die Augen.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



9/11

## Phase 4: Gewinnen Sie Aufmerksamkeit und Vertrauen zu Beginn des Gesprächs

Niemand fällt mit der Tür ins Haus. Nehmen Sie in dieser Phase zunächst persönlichen Kontakt zum Kunden auf. Nennen Sie es Smalltalk oder Plaudern, aber nehmen Sie sich die Zeit, denn hier baut sich die Beziehung auf. Zeigen Sie Interesse – und bei einem späteren Kundengespräch werden Ihnen die teils privaten Informationen sicher eine wertvolle Hilfe sein.

*„Motivation ist das Zauberwort des Erfolgs.“*

Das eigentliche Verkaufsgespräch leiten Sie ein, indem Sie sich z. B. auf ein Telefonat oder eine Anfrage seitens des Kunden beziehen. Gewinnen Sie seine Aufmerksamkeit, indem Sie seinen ganz persönlichen Nutzen hervorheben.

## Phase 5: Analysieren Sie den Bedarf Ihres Kunden durch Fragen

Bevor Sie ein Angebot unterbreiten, sollten Sie so genau wie möglich wissen, was der Kunde eigentlich braucht. Gerade unentschlossene Kunden brauchen Beratung und Entscheidungshilfen. Versetzen Sie sich in die Rolle Ihres Gegenübers.

*„Seien Sie stolz auf Ihren Beruf. Betrachten Sie sich als gefragten Problemlöser!“*

Stellen Sie ihm verschiedene W-Fragen:

- Was benötigt er?
- Wofür braucht er das Produkt oder die Dienstleistung?
- Welchen Nutzen erwartet der Kunde?

Fassen Sie die Ergebnisse Ihrer Bedarfsanalyse für den Kunden zusammen und finden Sie die Kaufmotive heraus. Achten Sie dabei genau auf Zwischentöne, fragen Sie immer wieder nach. Der Kunde wird erst mit einem Produkt zufrieden sein, wenn alle seine Bedürfnisse erfüllt sind – diese müssen Sie kennen.

## Phase 6: Präsentieren Sie überzeugend

Denken Sie daran, dass Sie Ihrem Kunden eine Problemlösung anbieten. Erklären Sie ihm alle erdenklichen Lösungsmöglichkeiten und Vorteile und ziehen Sie alle Register – z. B. mit PowerPoint-Darstellungen. Präsentieren Sie mit Begeisterung, dann wirken Sie überzeugend. Konzentrieren Sie sich auf die umfassende Beantwortung der Frage, was das Produkt dem Kunden nützt. Achten Sie auf eine bildhafte Wortwahl:

- Verwenden Sie „Sie“ statt „man“.
- Vermeiden Sie „aber“, „eigentlich“, „vielleicht“, „im Prinzip“, „könnte“, „sollte“ und ähnliche Ausdrücke.
- Ersetzen Sie „billig“ durch „preiswert“, „Vorteil“ durch „Nutzen“.
- Begründen Sie Ihre Aussagen.
- Sprechen Sie verständlich.

## Phase 7: Gehen Sie richtig mit Einwänden um

*„Sagen Sie dem Kunden, dass er Ihnen wichtig ist.“*

Fürchten Sie sich nicht vor dem „Ja, aber ...“! Betrachten Sie Einwände als normale Reaktion des Kunden, denn sie sind der Beweis für sein Kaufinteresse.

Egal wie der Einwand lautet, reagieren Sie positiv und verständnisvoll. Hier ist die Gelegenheit, nochmals offene Fragen zu klären. Auch spielt das Vertrauen nun eine entscheidende Rolle. Finden Sie auch versteckte Einwände heraus, indem Sie genau nachfragen, ob der Kunde immer noch Gründe hat zu zögern.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



10/11

## Phase 8: Verhandeln Sie über den Preis – und machen Sie den Nutzen klar

Wenn Sie es schaffen, dass Ihrem Kunden der Nutzen eines Produktes wichtiger ist als der Preis, dann haben Sie das Geschäft erfolgreich abgeschlossen. Fast immer aber fragen Kunden nach einem Preisnachlass. Relativ sicher verhandeln können Sie, wenn Sie z. B. die Preise Ihrer Konkurrenten kennen.

So verhandeln Sie über den Preis:

- Erhöhen Sie den individuellen Nutzen, wenn Sie den Preis nicht senken.
- Verteidigen Sie den Preis, stellen Sie alle Vorteile noch einmal dar.
- Schaffen Sie Alternativen über Serviceleistungen oder Zusatzgeschenke.
- Lassen Sie den Kunden einen Preisvorschlag machen.
- Bitten Sie um Bedenkzeit und um Rücksprache mit einer „höheren Instanz“.

## Phase 9: Leiten Sie den Verkauf in die Wege

Bedenken Sie in dieser Phase: Vertrauen in das Produkt hat der Kunde noch nicht, wohl aber Vertrauen in Sie als kompetenten Verkäufer. Setzen Sie die SPIN-Methode ein: Mit ganz bestimmten Fragen leiten Sie den Kunden sicher zum Verkaufsabschluss.

Dazu gehören:

- Situations-Fragen, die den Ist-Zustand erörtern,
- Problem-Fragen, die schwierige Sachlagen ermitteln,
- Implikations-Fragen, die ein Szenario entwerfen für den Fall, dass das Problem des Kunden nicht gelöst wird,
- Nutzen-Fragen, die den Kunden dazu bewegen, die Wichtigkeit der Lösung seines Problems aufzuzeigen.

Fassen Sie dann noch einmal alle Fakten zusammen und lassen Sie sich diese vom Kunden bestätigen.

## Phase 10: Schliessen Sie erfolgreich ab

*„Beurteilen Sie die Attraktivität Ihres Angebots stets aus der Sicht des Kunden.“*

Üben Sie keinen Druck auf den Kunden aus. Sagen Sie ihm, dass Sie sich freuen, wenn er das Geschäft mit Ihnen abschliesst. Fragen Sie ihn, was Sie dafür leisten müssen, dass er ihr Kunde wird. Machen Sie evtl. noch ein Zugeständnis in Form eines Geschenks oder einer zusätzlichen Serviceleistung.

Wenn der Kunde eine weitere Person mitgebracht hat, nehmen Sie sie wichtig, indem Sie sie einbeziehen. Lassen Sie den Kunden für kurze Zeit allein mit der Begleitung, damit er ungestört mit ihr sprechen kann.

## Phase 11: Verabschieden Sie den Kunden – dankend

Beglückwünschen Sie den Kunden zu seinem Kauf, geben Sie ihm ein gutes Gefühl. Danken Sie ihm und kündigen Sie an, ihn über neue Produkte und Entwicklungen zu informieren. Dies gilt auch für Kunden, die (noch) nicht gekauft haben. Lächeln Sie und nehmen Sie sich auch jetzt noch Zeit für Smalltalk.

# Umgang mit Kunden

Arbeitsblatt



## Phase 12: Bereiten Sie nach, um den Kunden zu behalten

*„Nach dem Kauf ist vor dem Kauf!“*

Um eine langfristige Geschäftsbeziehung aufzubauen, sollten Sie alle Informationen über Ihre Kunden zusammentragen, auch so scheinbar banale Dinge wie Hobbys, Kinderzahl oder Lieblingsfarbe.

Finden Sie heraus, ob Ihr Kunde zufrieden ist. In einem späteren Brief oder Telefonat danken Sie ihm für den Geschäftsabschluss und fragen nach den Erfahrungen mit dem Produkt oder der Dienstleistung.

Effektive Nachbereitung umfasst:

- eine Kundenkartei,
- eine Analyse der Kundenzufriedenheit,
- regelmässige Informationen an den Kunden,
- gute Kooperation mit allen Abteilungen, die mit dem Kunden zusammen arbeiten,
- die Bitte um Weiterempfehlung.



# Optische Täuschungen

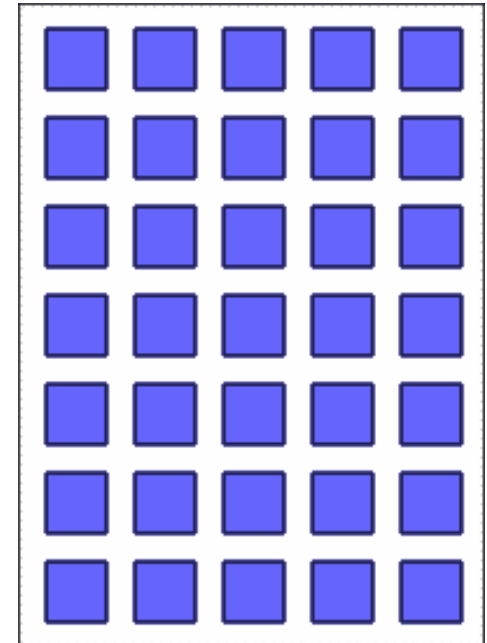
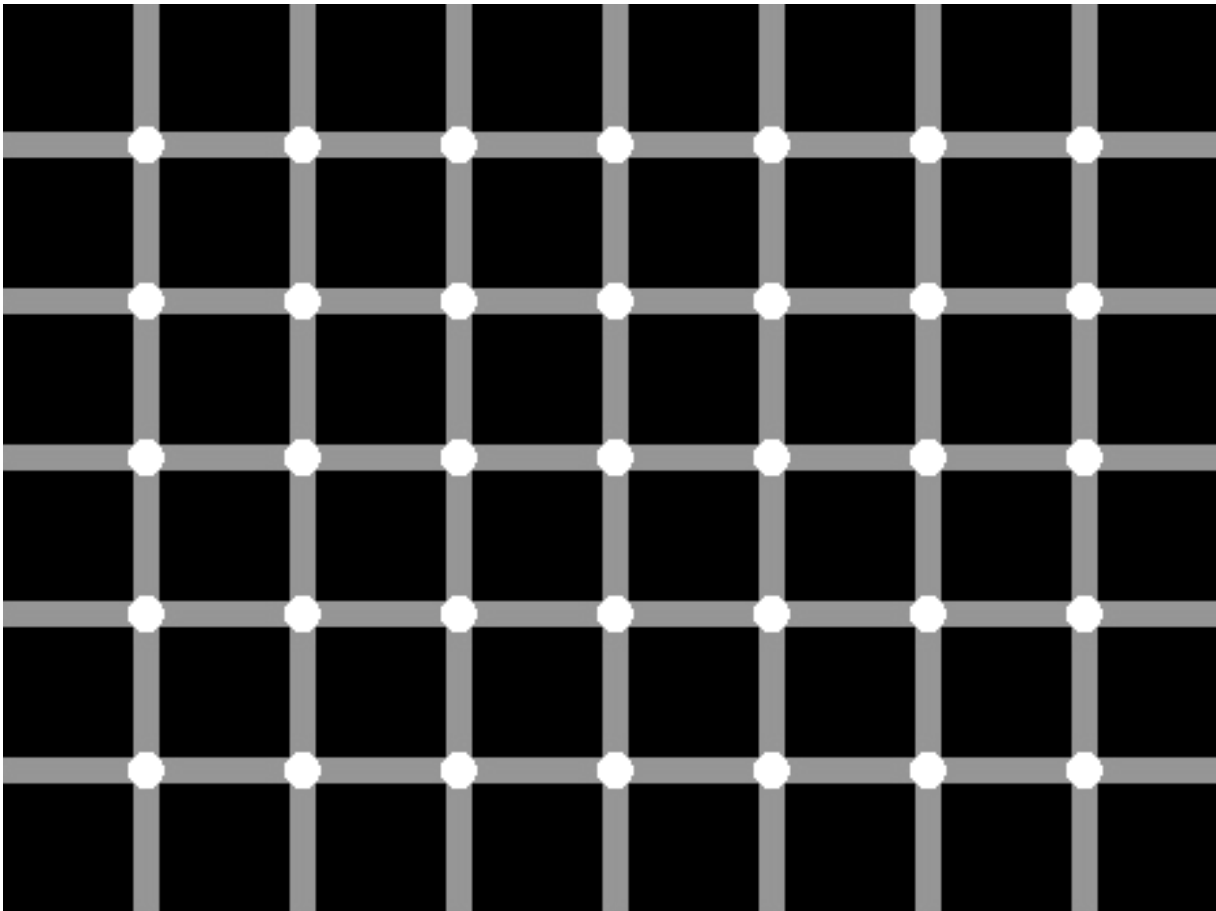


**Eine optische Täuschung ist eine bildliche Darstellung, die in der Interpretation durch das menschliche Sehorgan (Zusammenspiel von Auge, Sehnerv und Gehirn) einen verzerrten Eindruck der objektiv messbaren Gegebenheiten erzeugt.**



# Halo-Effekte

Zählen die „schwarzen“ Punkte



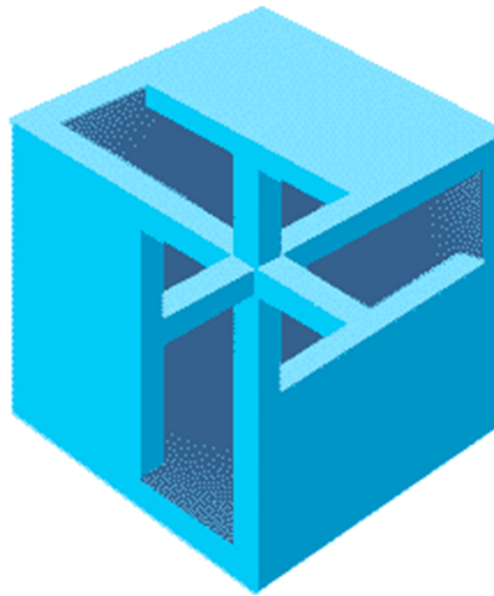


# Geometrie des Unmöglichen

## Irritiertes Raumgedächtnis



Die Stufen die niemals aufhören



Könnte man so etwas bauen ?



Ist die blaue Seite innen links oder außen links ?

# Rezeptoren-Echo



43 J 0 4 8 1  
1 1 1 1 1 1



# Hirnsphären-Dominanz

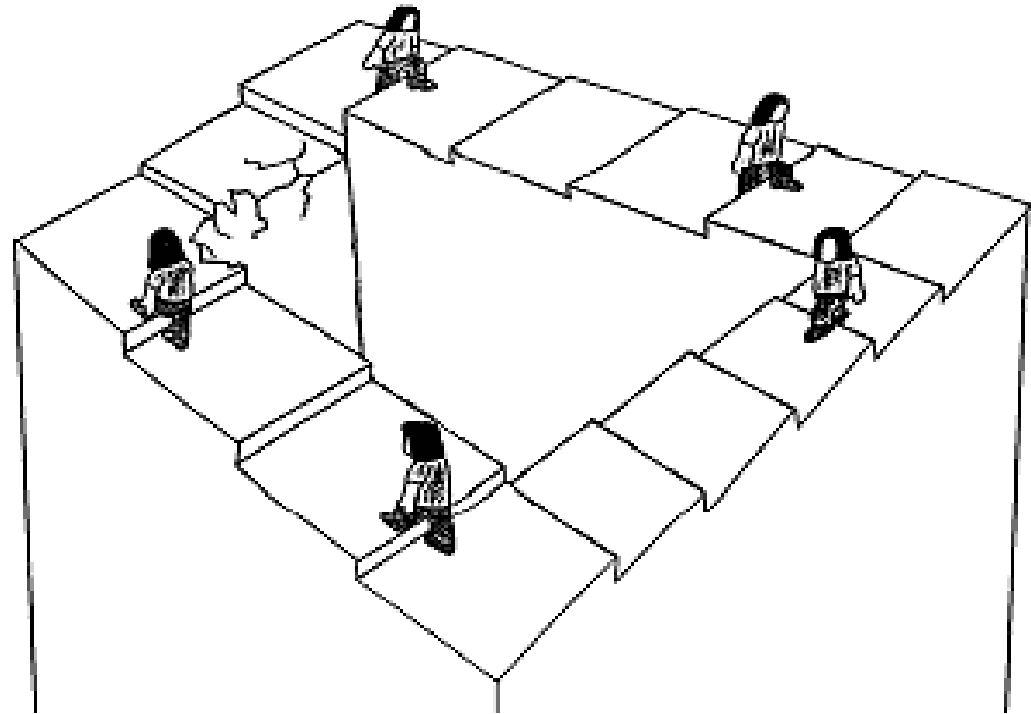
Lesen des Wortes oder Nennen der Farbe ...

**GELB BLAU ORANGE**  
**SCHWARZ ROT GRÜN**  
**VIOLETT GELB ROT**  
**ORANGE GRÜN SCHWARZ**  
**BLAU ROT VIOLETT**  
**GRÜN BLAU ORANGE**

# Optik der ersten Annahme



## Verschobene Perspektive

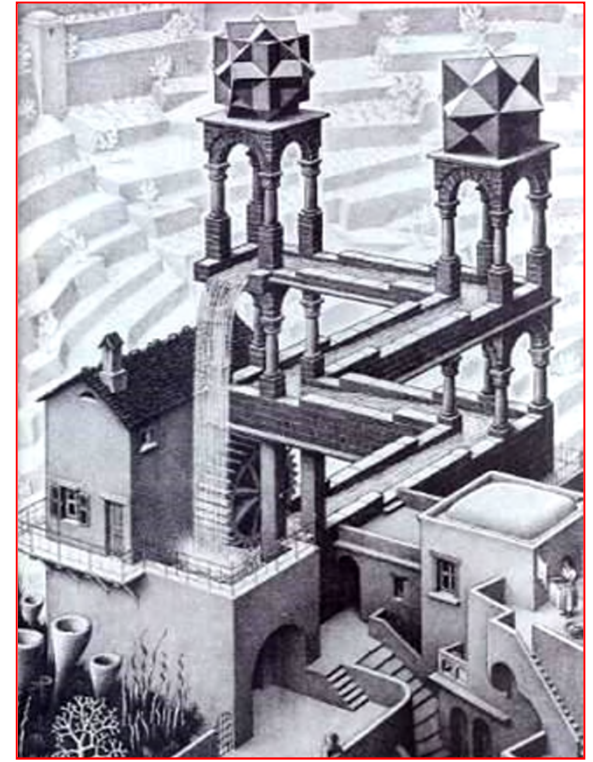




# Optik der ersten Annahme



## Verschobene Perspektive

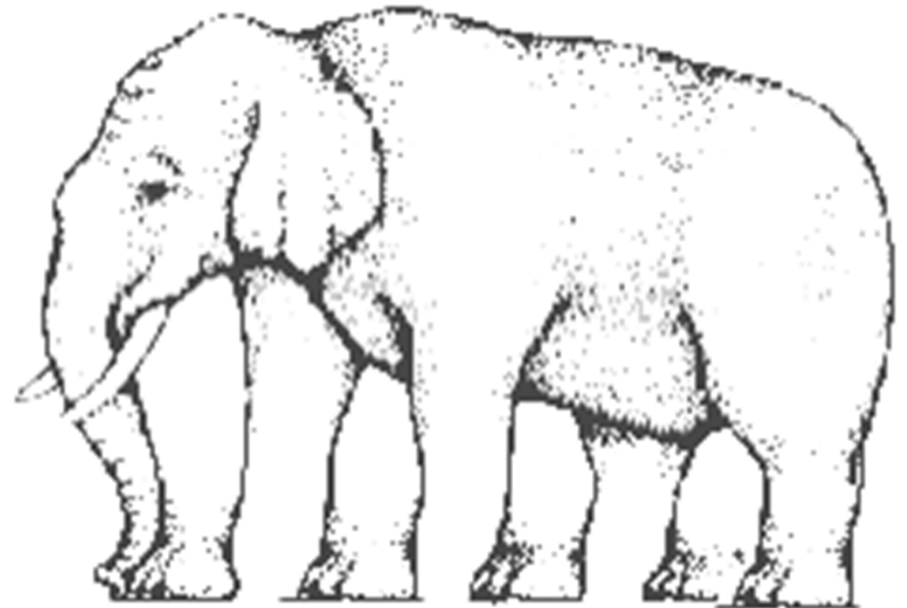
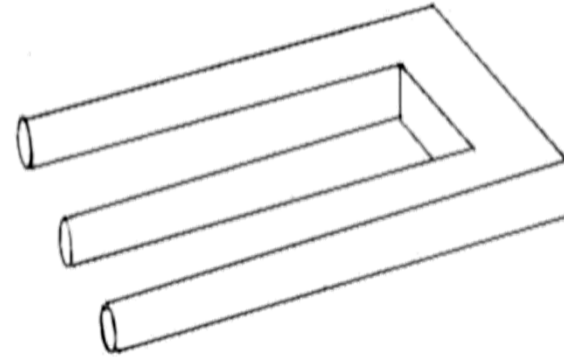
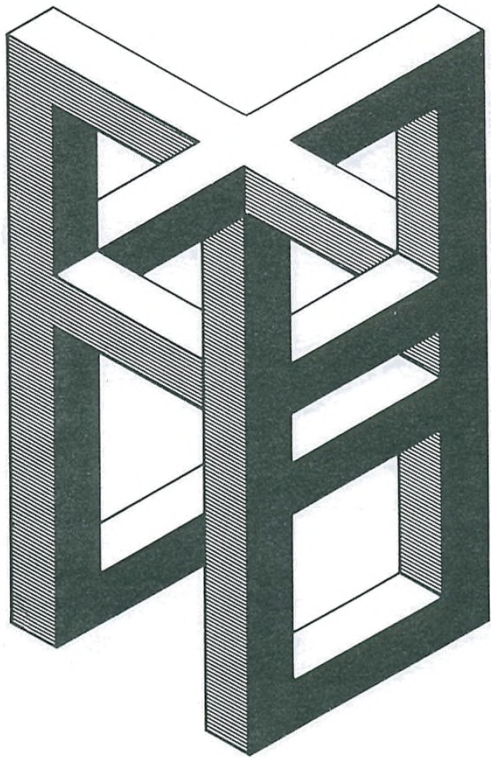






# Formen-Dominanz

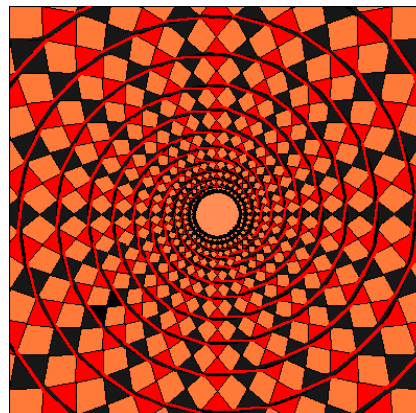
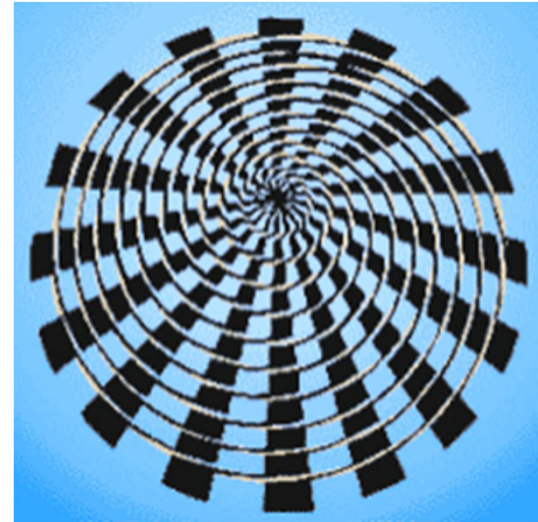
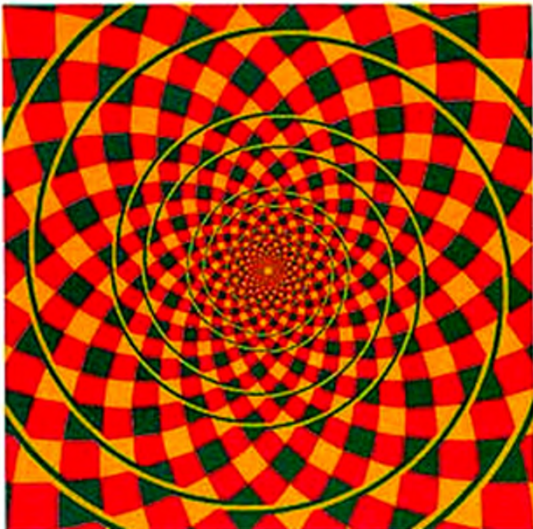
## Verschobene Perspektive





# Muster-Dominanz

Spiralen oder nicht?

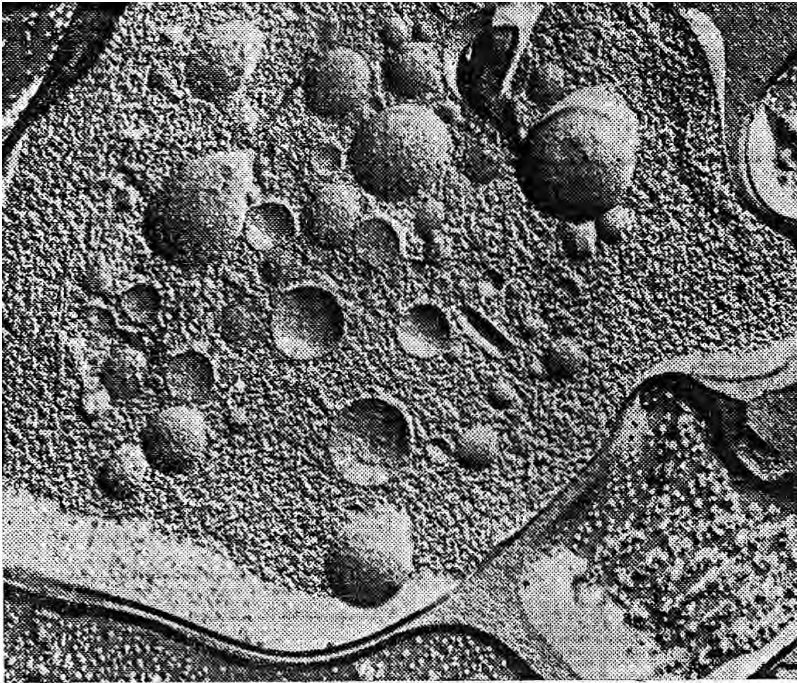






# Muster-Dominanz

Hügel oder Vertiefung?





# Vexierbilder



## Bild im Bild



# Vexier- und Kippbilder



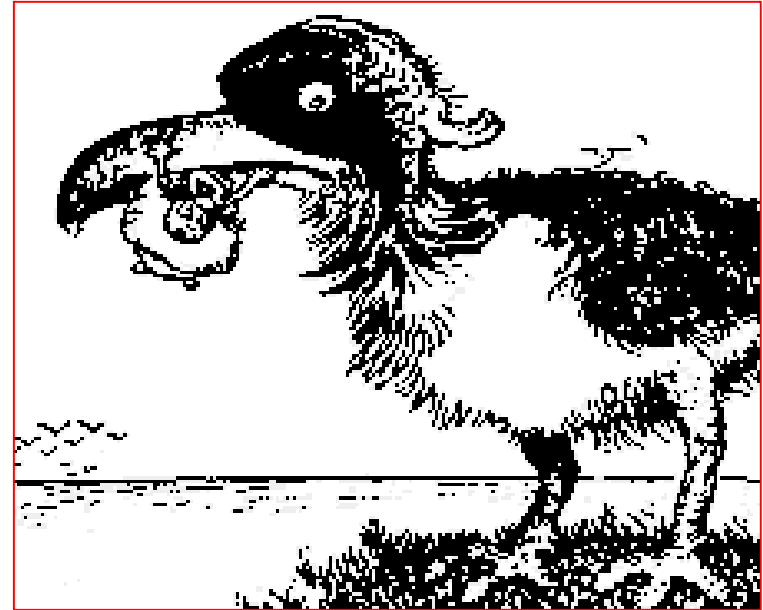
## Doppeldeutigkeiten



# Vexier- und Kippbilder



## Kippbilder aus dem Mittelalter



# Vexierbilder und Mimikri



Heulende Wölfe!



Flusskies am Ufer?





# Vexierbilder



Suche 13 Gesichter

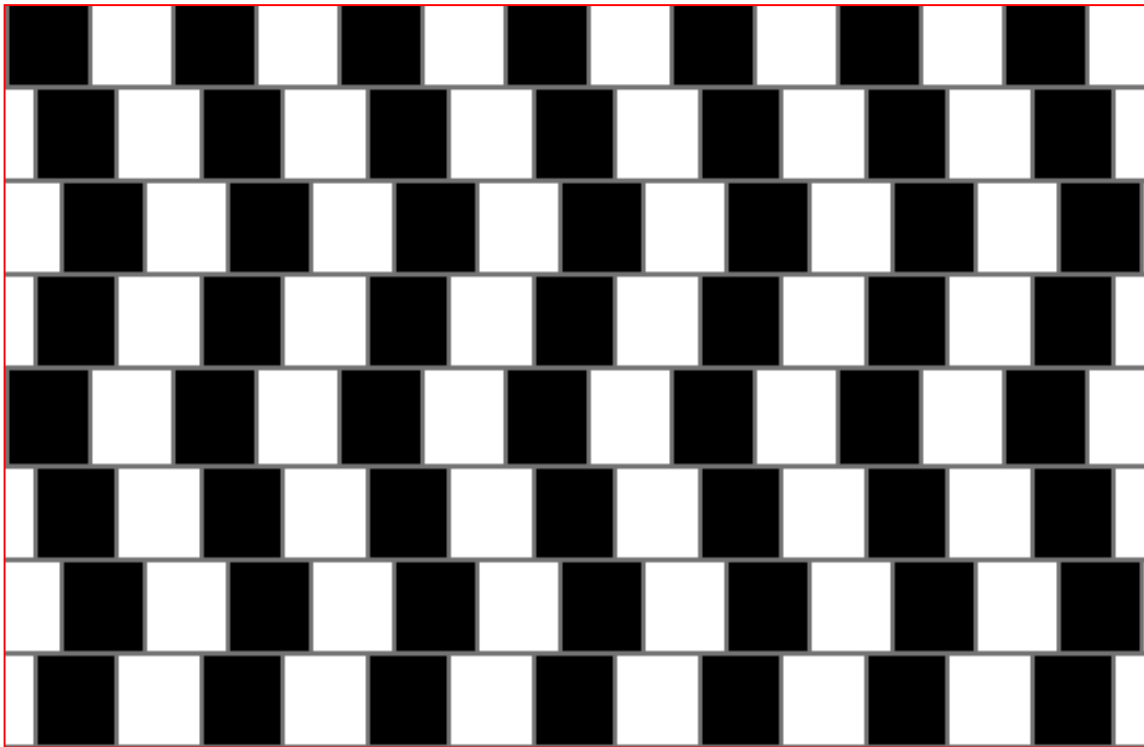




# Hirnsphären-Dominanz



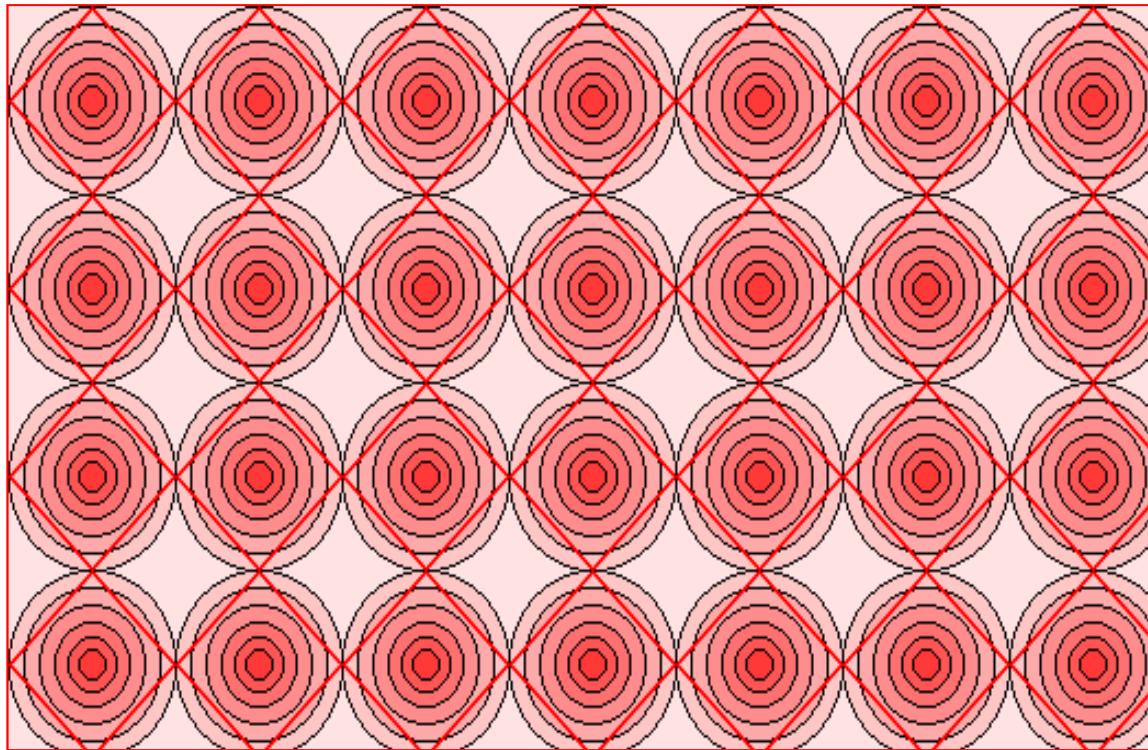
Waagrechte Gerade





# Raster-Dominanz

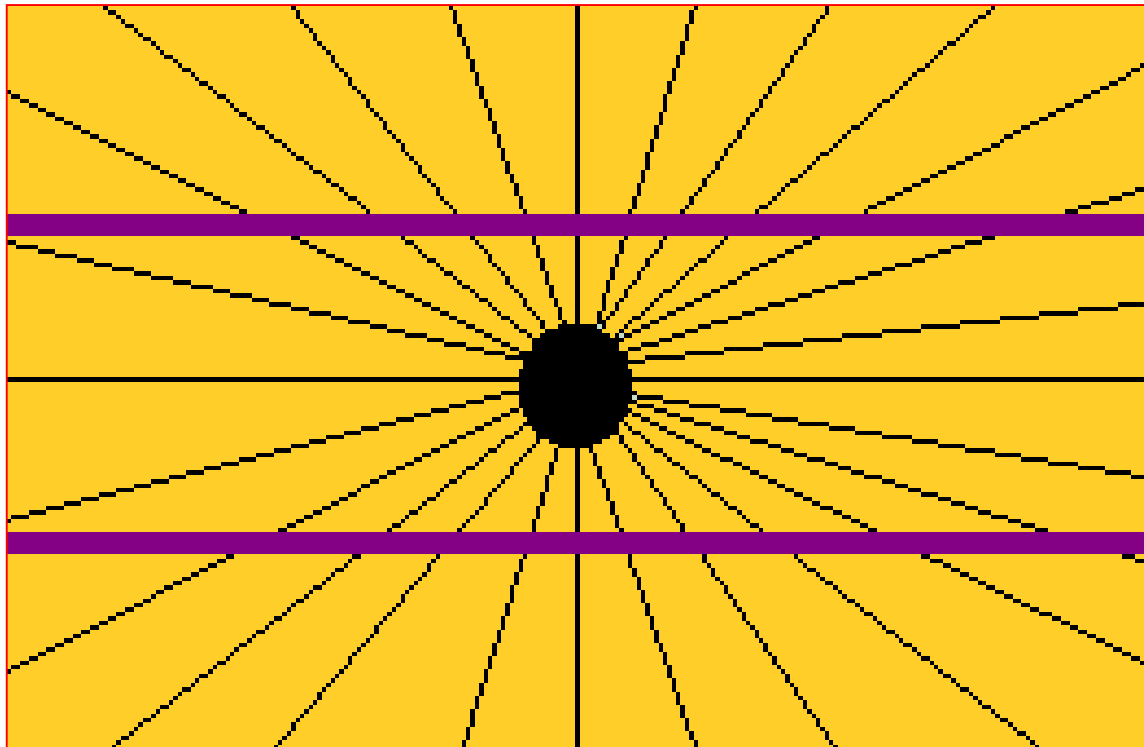
## Diagonale Gerade





# Umgebungs-Dominanz

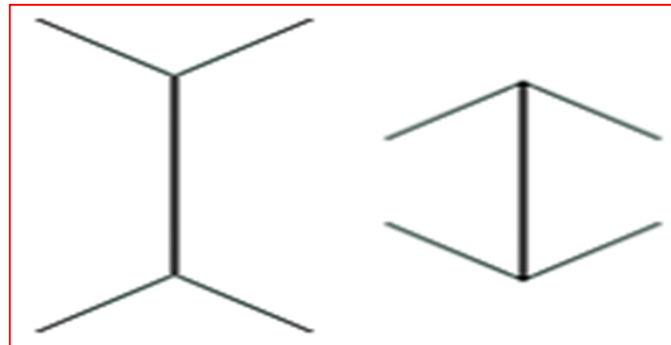
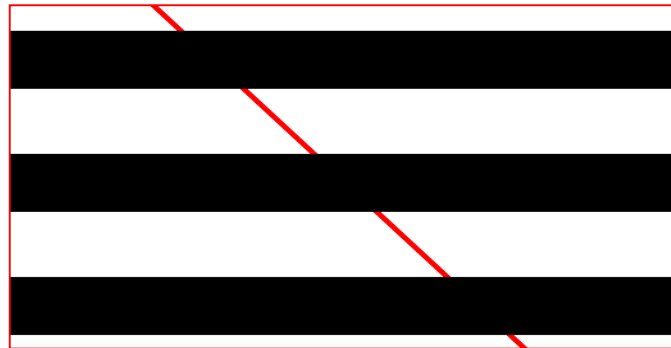
Zwei Parallelen





# Umgebungs-Dominanz

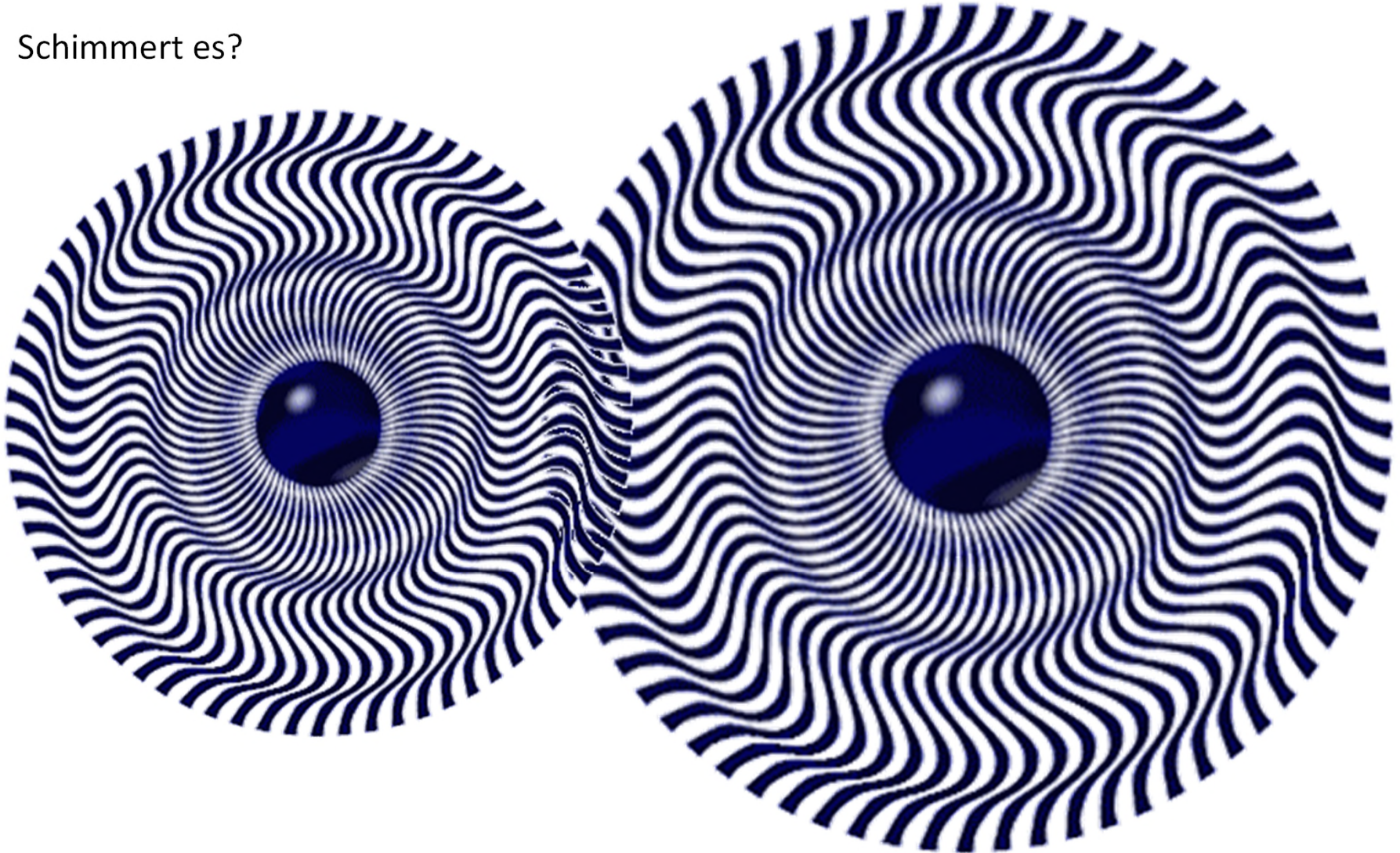
Anomalien: Längen, Größen, Lage



# Augenoszillation



Schimmert es?

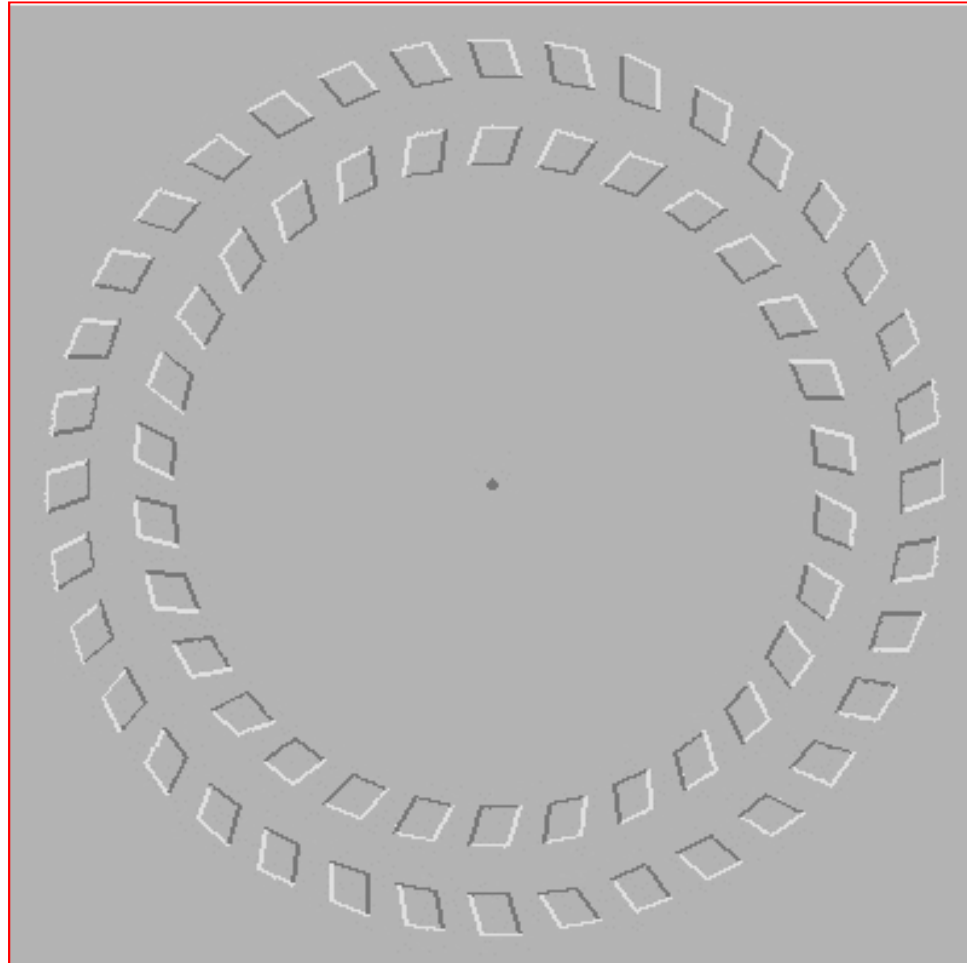






# Rastereffekte

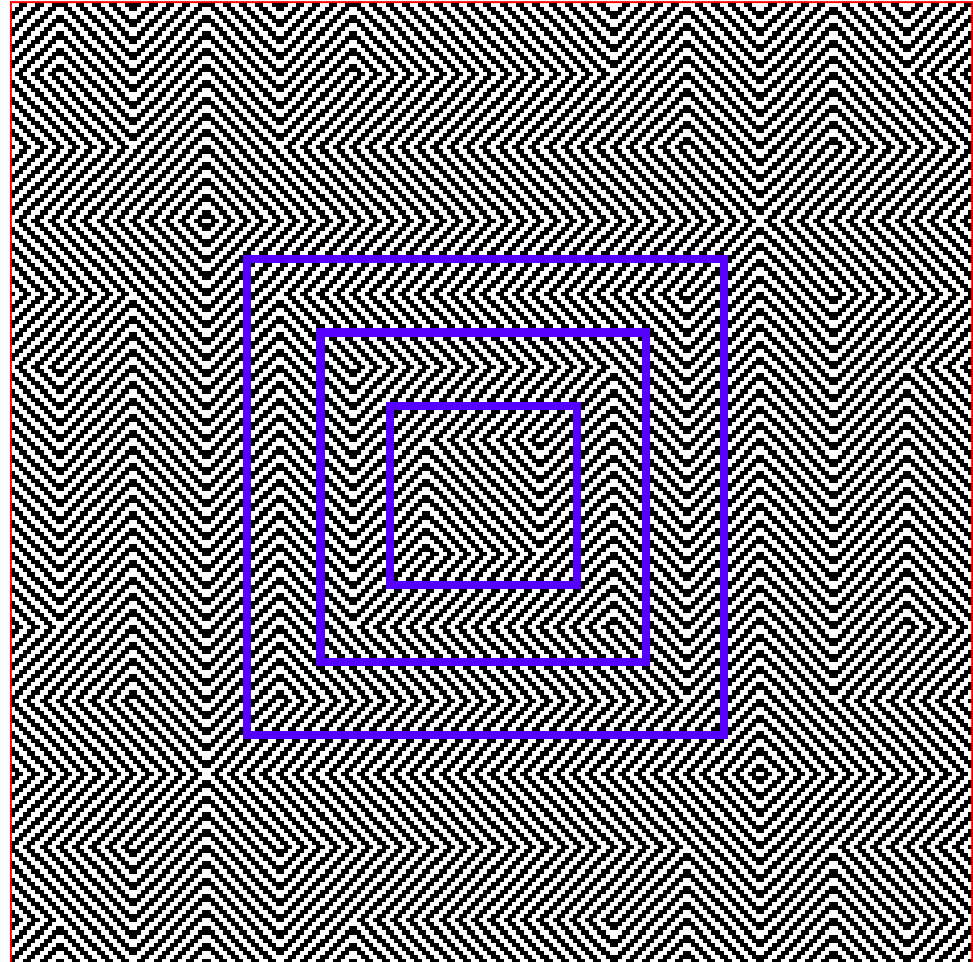
Bewegung – Körper vor und zurückpendeln!



# Figur-Hintergrund-Differenzierung



Schiefe Quadrate?

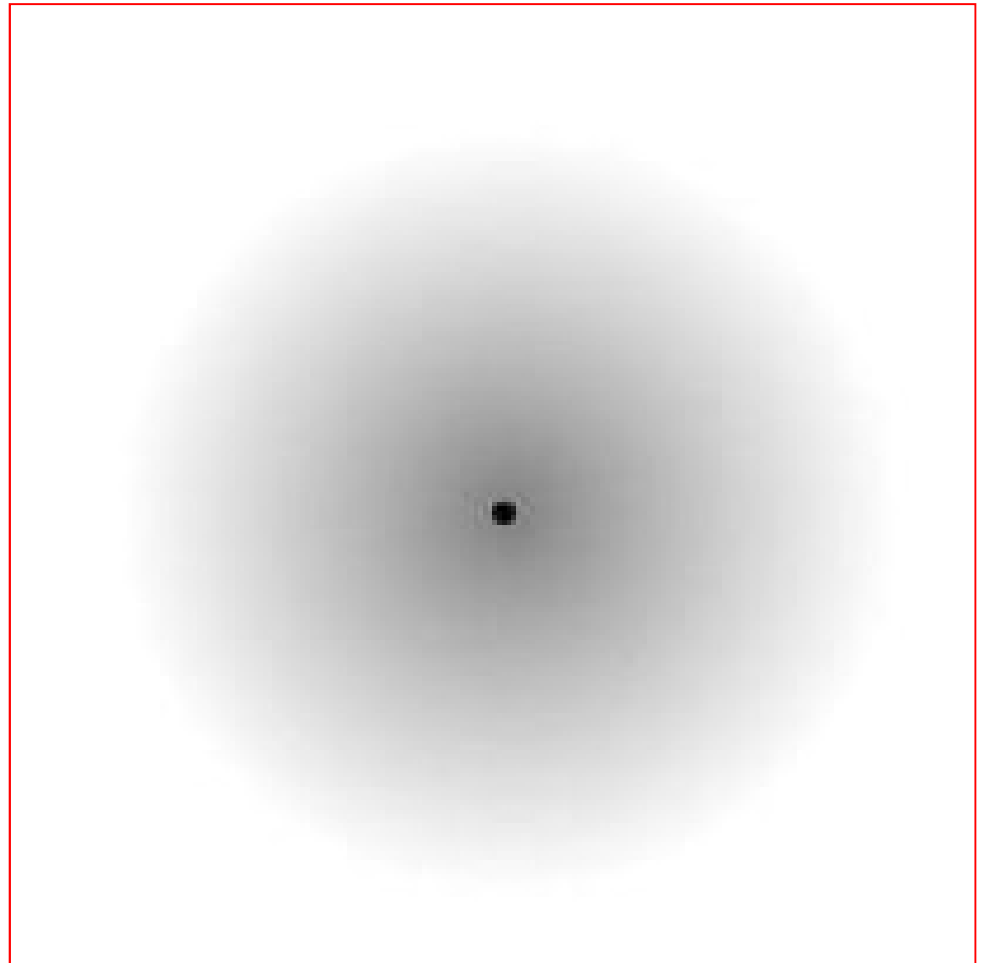




# Automatischer Ausgleich



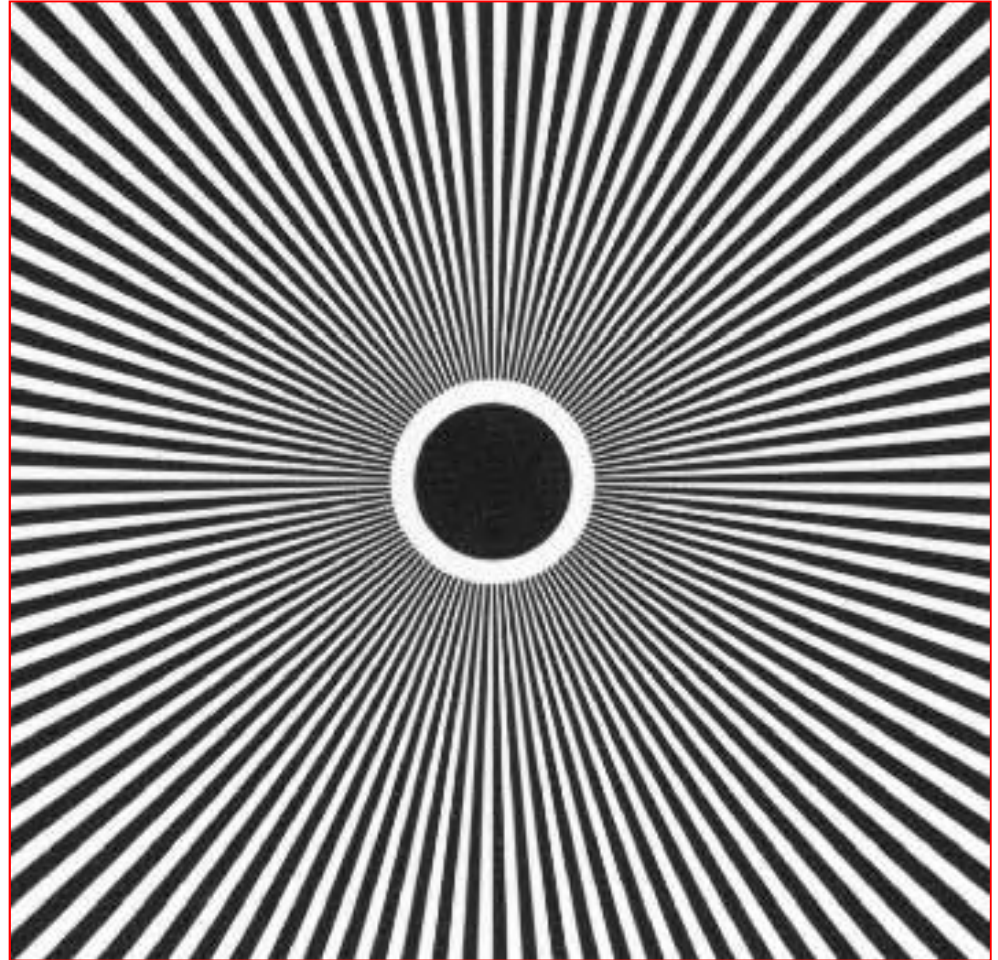
Langer Blick auf das Zentrum



# Moirée



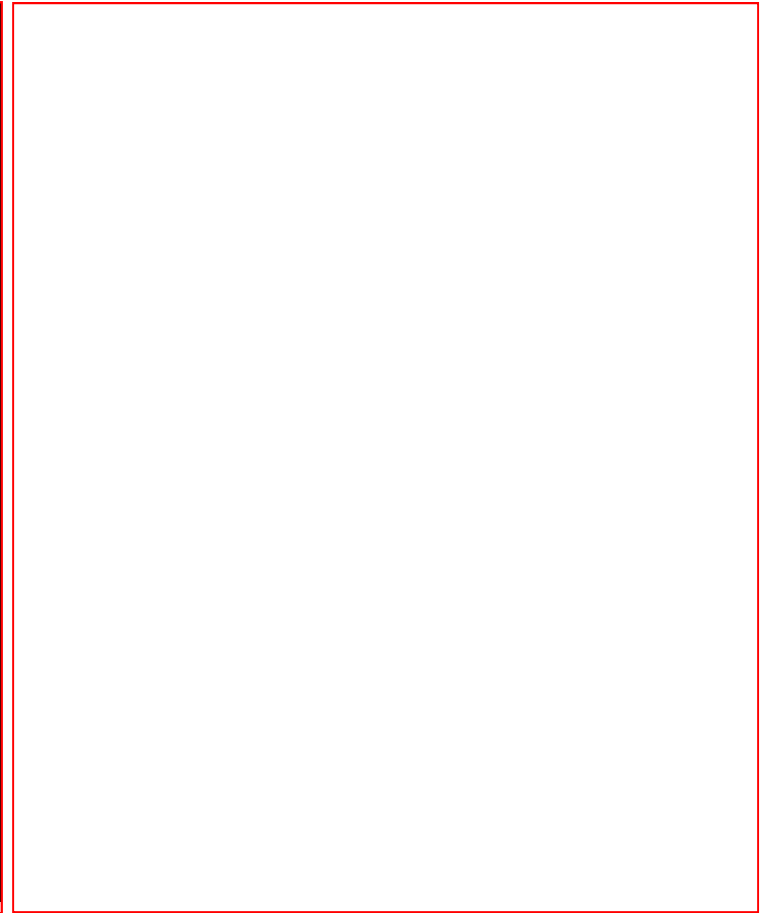
Langer Blick auf das Zentrum



# Hallo-Effekt



Einbrennbild im Hirn?



# Hallo-Effekt



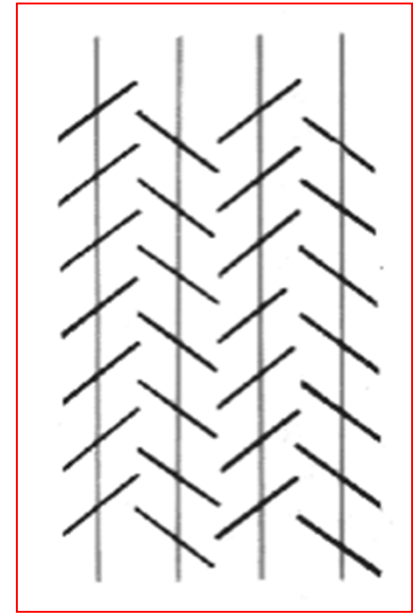
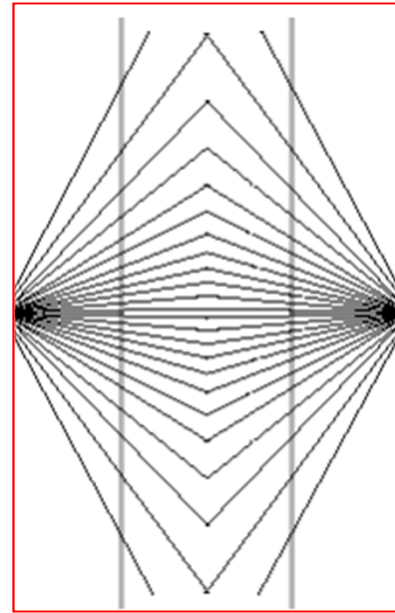
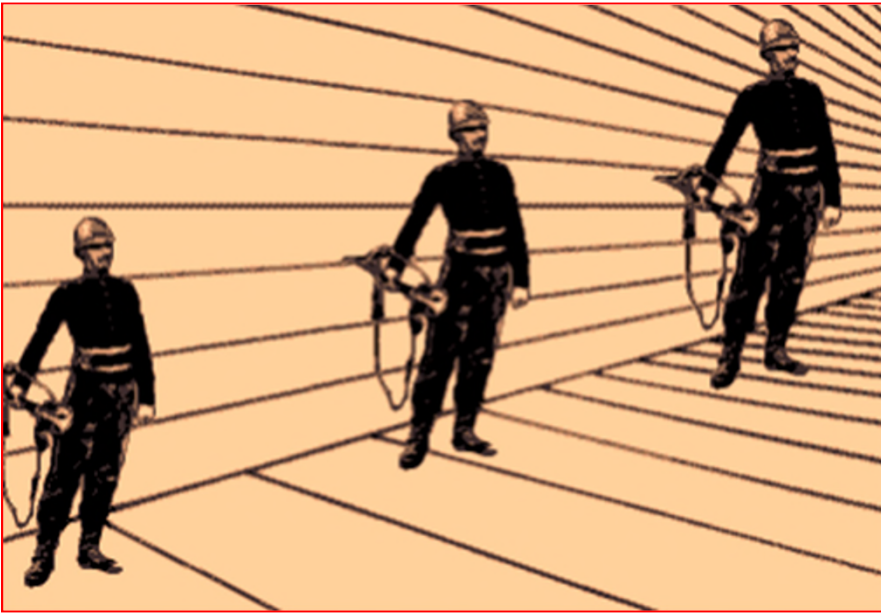
Einbrennbild im Hirn?





# Perspektiven

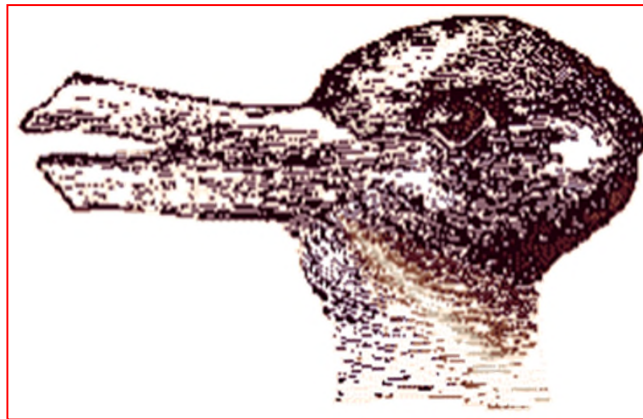
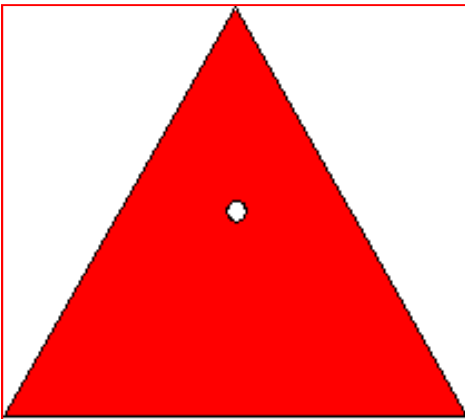
## Verschobene Wirklichkeit





# Feste Muster

Annahme trifft auf die Andersartigkeit







# Bewegungs-Illusion

Eigenbewegung

