

# **Wahrnehmung von Tiefe, Wahrnehmungskonstanzen, Wahrnehmungstäuschungen**

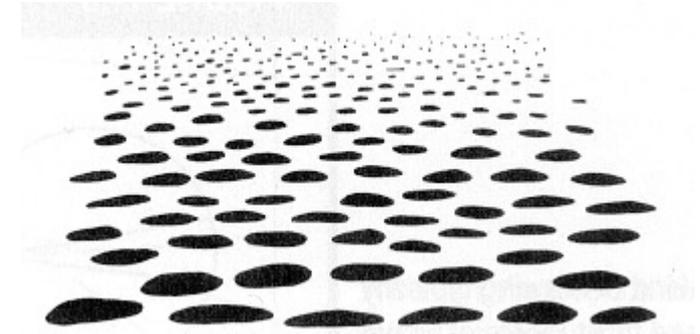
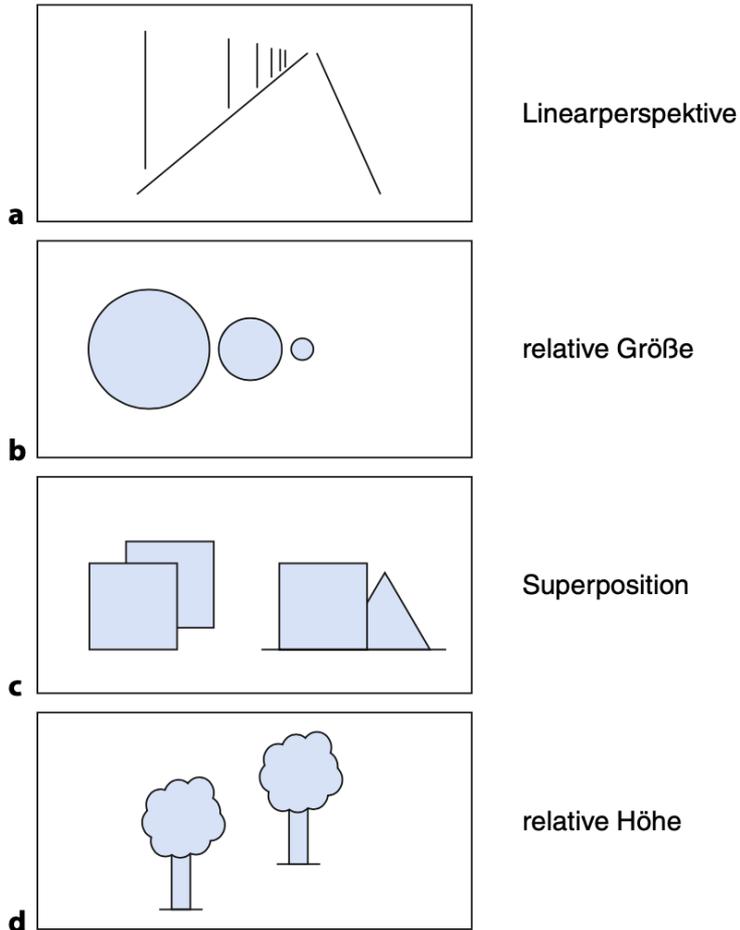
Die Retina des Auges ist eine zweidimensionale Struktur. Wie ist es möglich, dass wir aus diesem 2D-Bild Informationen für eine dreidimensionale Wahrnehmung rekonstruieren?

Wir unterscheiden eine Reihe von Hinweisen (cues), die helfen räumliche Tiefe zu rekonstruieren und so ein 3D-Perzept aufzubauen.

# Monokulare Tiefenhinweise

1. Lineare Perspektive
2. Relative Grösse
3. Überlappung (Superposition, Okklusion)
4. Relative Höhe im Blickfeld
5. Texturgradienten
6. Luftperspektive
7. Gewohnte Grösse
8. Bewegungsparallaxe
9. Interposition

# Monokulare Tiefenhinweise (“depth cues”)



Texturgradienten

■ **Abb. 3.32 Monokulare Tiefenhinweise** bewirken, dass auch zweidimensionale Darstellungen räumlich, dreidimensional, erscheinen können. Hierzu tragen bei die Linearperspektive (a), die relative Größe (b), die Superposition (Verdeckungen) (c) und die relative Höhe im Bild (d)

# Luftperspektive

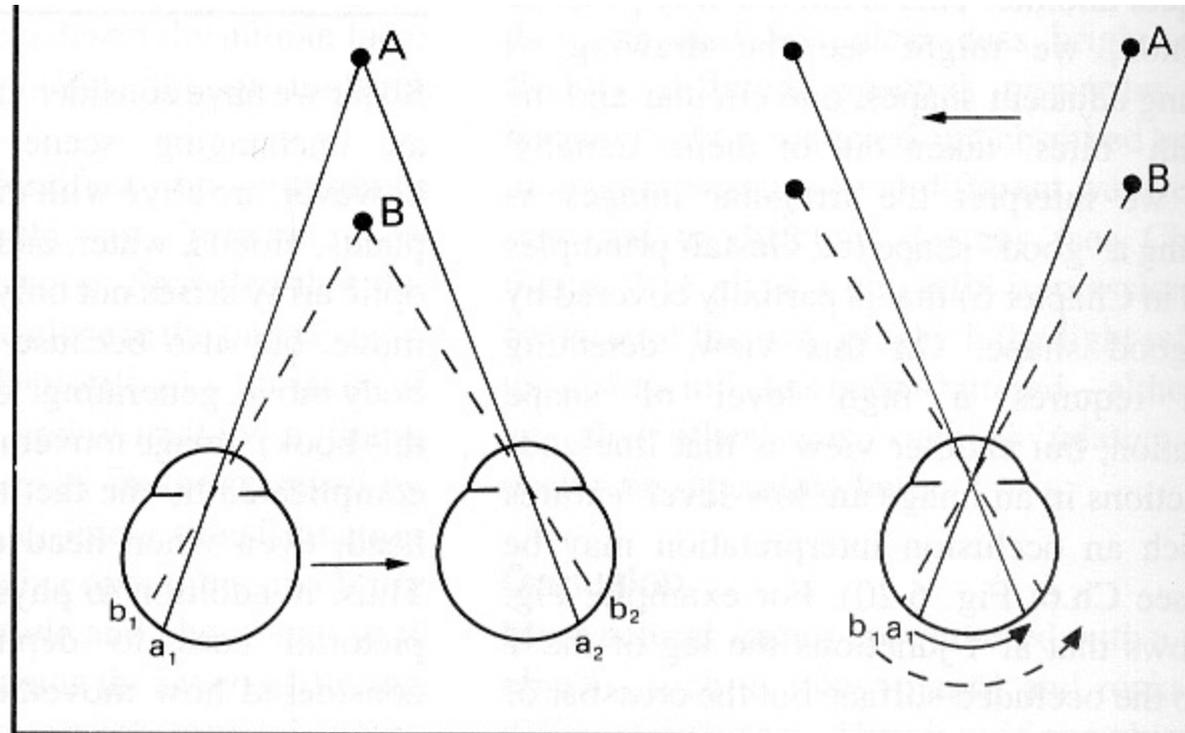


Source: Cuillin Ridge, Skye, Scotland. Photo by Russell T. Salisbury, March 2003

# Bewegungsparallaxe:

## Ein monokularer Tiefenhinweis

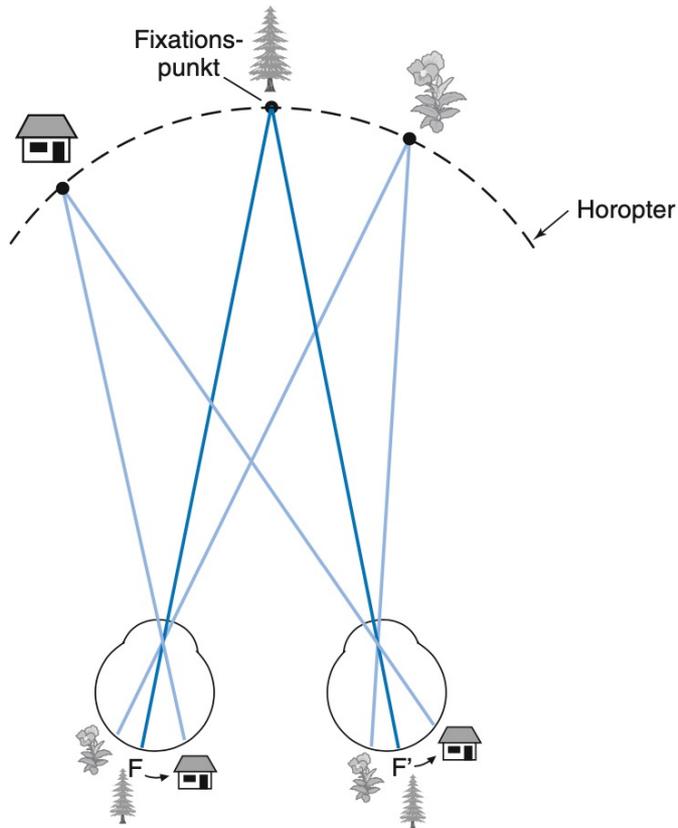
Motion parallax. The observer looks at two objects (A and B) at different distances. If the observer moves (as in the left diagram), or the objects move at equal speed (as in the right diagram), the image of the nearer object B moves further across the retina ( $b_1 - b_2$ ) than does the image of A ( $a_1 - a_2$ ).



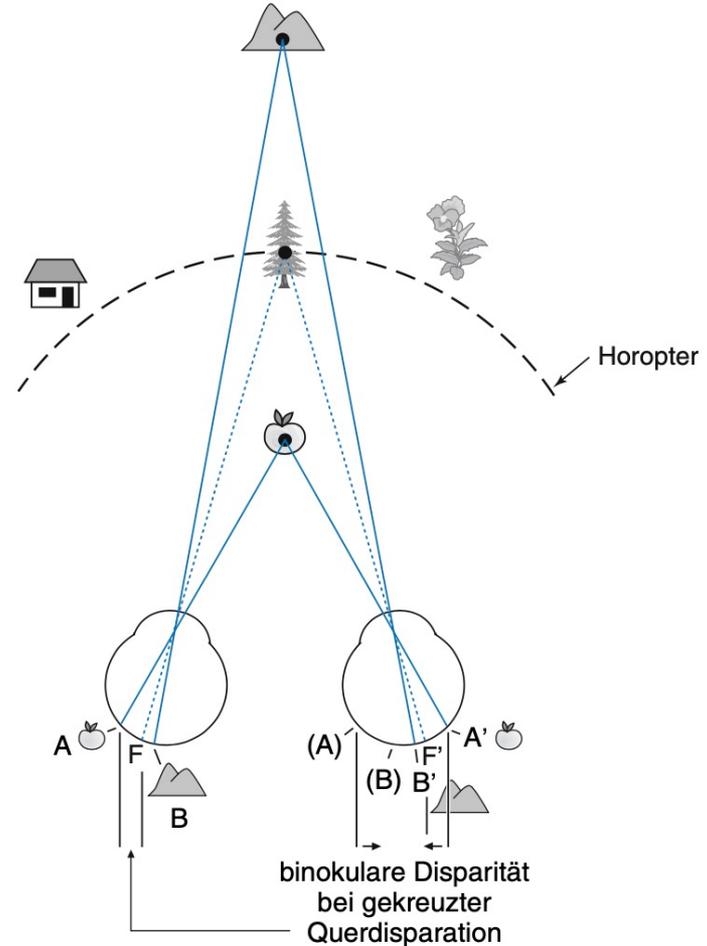
# Binokulare Tiefenhinweise

1. Okulomotorische Tiefenhinweise
  - a. Konvergenz und
  - b. Akkommodation
2. Querdisparation
  - a. Stereoskop (Weatstone/Holmes, 1861)
  - b. Random dot stereogram (Julesz, 1971)
  - c. Binokulare Neuronen (Hubel & Wiesel, 1970)

# Querdisparation, korrespondierende Netzhautpunkte, Horopter



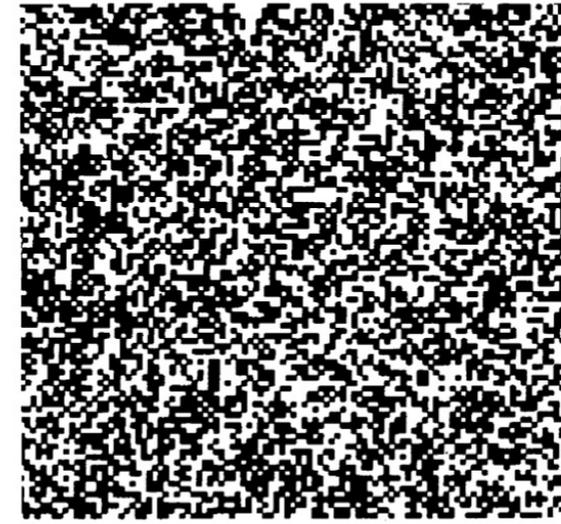
■ **Abb. 3.36 Korrespondierende Netzhautpunkte und Horopter.** Bei Fixierung eines Gegenstandes (Tanne) mit beiden Augen fallen die Abbilder desselben in beiden Augen auf korrespondierende Netzhautpunkte, die mit derselben Stelle im visuellen Cortex verbunden sind. Dasselbe trifft zu für alle Objekte, die auf einem gedachten Kreis, dem Horopterkreis, liegen, der laut Definition durch den Fixationspunkt und den optischen Mittelpunkt beider Augen geht (aus Gründen der Übersichtlichkeit ist dies in unserer Darstellung nicht berücksichtigt)



■ **Abb. 3.37 Zusammenhänge zwischen Querdisparation und binokularer Disparität** in Abhängigkeit von der Lage des Beobachtungsobjektes vor oder hinter dem Horopter. Die korrespondierenden Netzhautpunkte A – A' und B–B' im gleichen Auge erhält man, indem man gedanklich beide Netzhautquerschnitte übereinanderlegt

# „Random-dot Stereogramm“ nach Bela Julesz

■ **Abb. 3.38 Julesz-Stereogramm.** **a** paariges Zufallsstereogramm, **b** schematische Verdeutlichung des Konstruktionsprinzips. Die Nullen bedeuten weiße, die Einsen schwarze Punkte. Diese Punkte des grau unterlegten quadratischen Bereichs werden in der rechten Abbildung um eine Einheit nach rechts verschoben. Der dadurch frei werdende Bereich, markiert durch X und Y, wird dann zur Vervollständigung des Musters wieder nach dem Zufall mit weißen und schwarzen Punkten aufgefüllt. (Julesz 1971)



**b**

1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	1	0	A	A	B	B	1	0	1
1	1	1	B	A	B	A	0	0	1
0	0	1	A	A	B	A	0	1	0
1	1	1	B	B	A	B	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	1	1	0

1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	1	0	Y	A	A	B	B	0	1
1	1	1	X	B	A	B	A	0	1
0	0	1	X	A	A	B	A	1	0
1	1	1	Y	B	B	A	B	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	1	1	0

# The Hollow Face Illusion

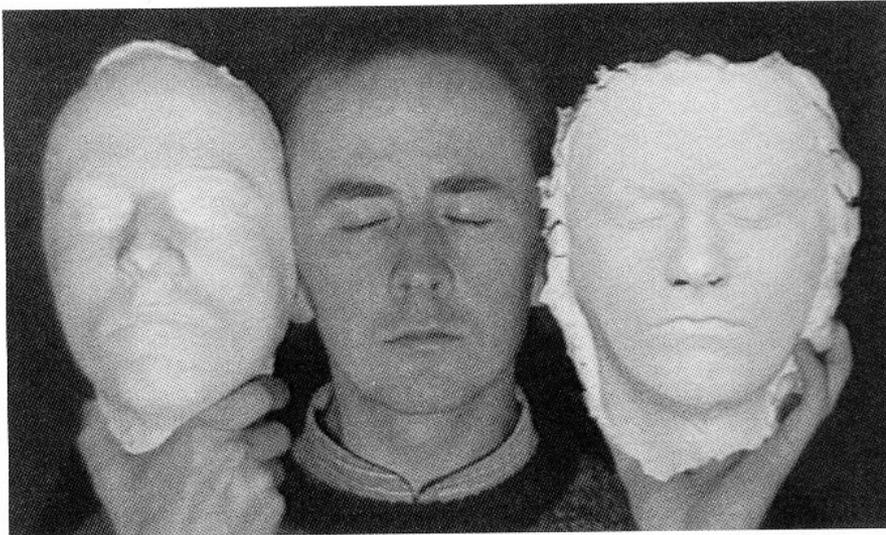
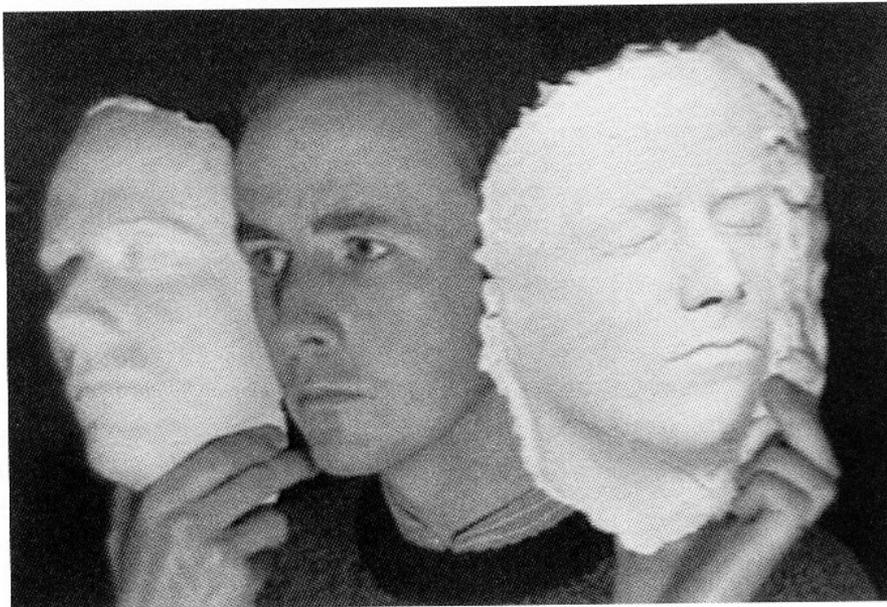


Fig. 2.33 The hollow face illusion. Ben (*centre*) holds a plaster cast of his face (*left of picture*) and a hollow mold of his face (*right of picture*). Both appear to look like faces, though apparently lit from different directions. As the camera turns (*lower panel*) the hollow face apparently turns with it, but still appears as a solid face. Pictures courtesy of Ben Craven and Harold Hill, University of Stirling.



Credits: <http://www.michaelbach.de/ot/fcs-hollowFace/index.html>

Aus: Bruce & Young (1998). *In the Eye of the Beholder. The Science of Face Perception*. Oxford: OUP. (p. 83)

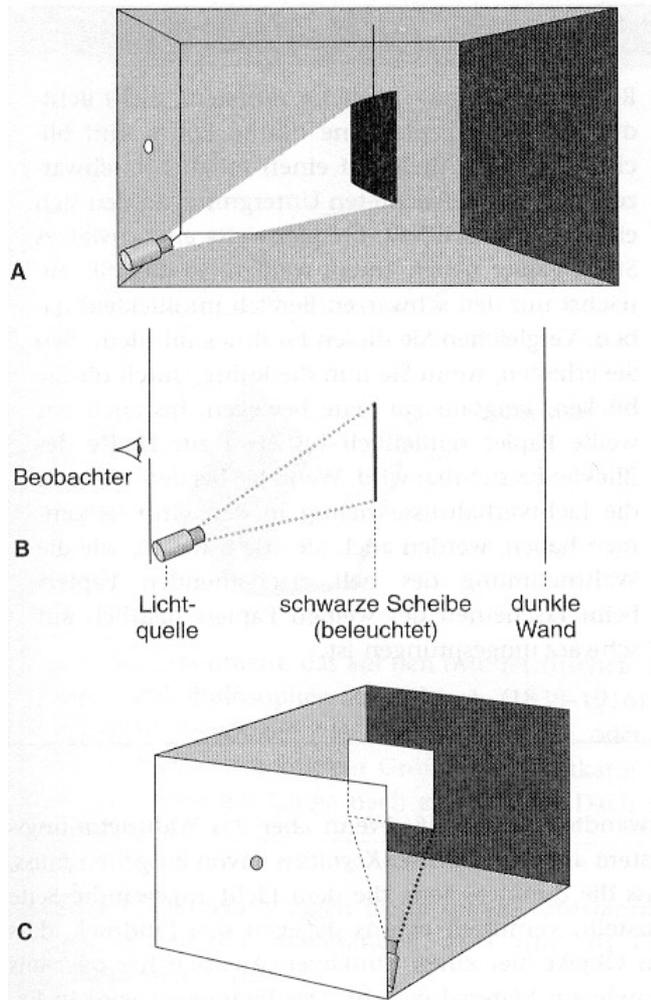
# Wahrnehmungskonstanzen

Wir nehmen Objekte als invariant und konstant wahr, selbst wenn sich die proximalen Reize auf der Retina bei Bewegungen oder unterschiedlichen Beleuchtungen ändern.

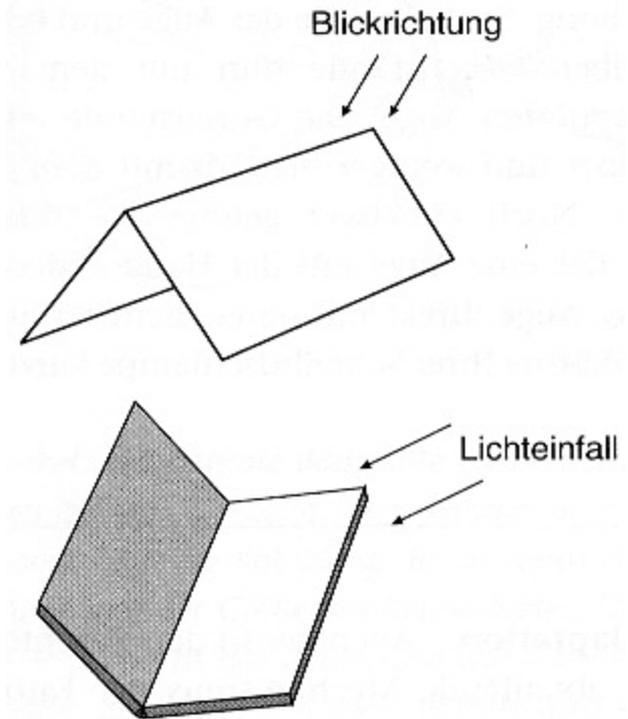
1. Helligkeitskonstanz
2. Farbkonstanz
3. Grössenkonstanz
4. Formkonstanz

# Helligkeitskonstanz

Gelb (1929)



# Der Mach'sche Kartenversuch



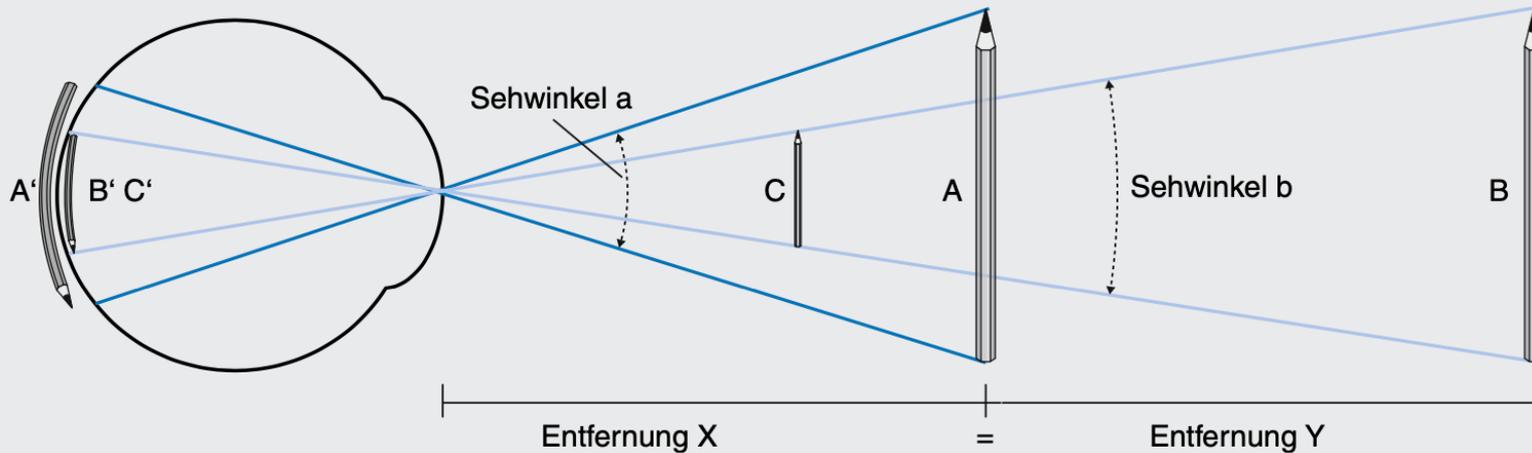
4.29 Helligkeitskonstanz und relative Helligkeit Beleuchtung einer schwarzen Scheibe vor einem unbeleuchteten Hintergrund und Betrachtung derselben durch das Loch in einem Reduktionsschirm. Die Scheibe erscheint unter dieser Bedingung weiß und nicht schwarz.

# Farbkonstanz

Geht wie die Helligkeitskonstanz auf das Relationsprinzip zurück. Hier: Relation von Wellenlängen. So kann eine blaue Fläche unter künstlichem Licht einer gelben Fläche im Sonnenlicht entsprechen; dennoch bleibt die Farbwahrnehmung annähernd unverändert.

1. Umfeldeinfluss (Kontexteffekte)
2. Gedächtnisfarbe
3. Farbadaptation

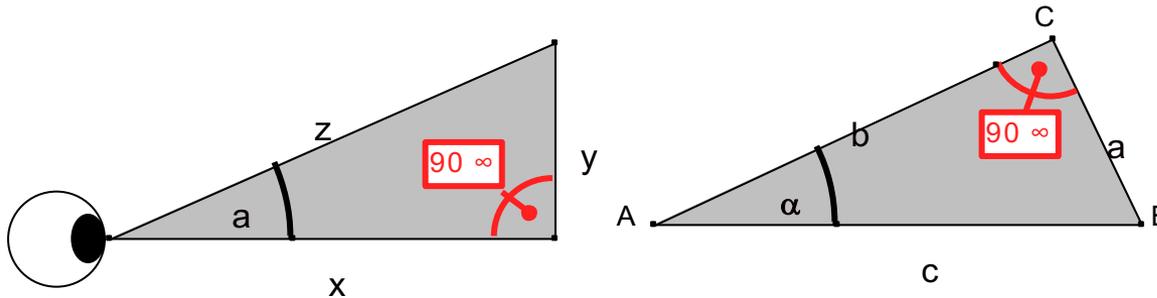
# Grössenkonstanz



■ **Abb. 3.44 Sehwinkel und retinale Bildgröße.** Der Sehwinkel ergibt sich aus den Verbindungslinien vom optischen Mittelpunkt der Augen zu den äußeren Grenzen eines wahrgenommenen Objekts. Ihre Fortsetzung zur Retina ergibt die zugehörige retinale Bildgröße. Somit zeigt die Abbildung die geometrische Beziehung zwischen der Größe des wahrgenommenen Objekts, seiner Entfernung vom Auge und der Größe des Retinabildes. Die Bleistifte A und B sind gleich groß, aber Bleistift B ist doppelt so weit vom Auge entfernt wie Bleistift A. Daher ist das Retinabild von Stift A etwa doppelt so groß wie das von Stift B. Stift C ist zwar kleiner als Stift A oder B, aber er ist näher am Auge, und zwar so nahe, dass er den gleichen Sehwinkel wie Stift B einnimmt und folglich ein gleich großes Retinabild erzeugt

# Berechnung des Seh winkels

(sehr nützlich z.B. für experimentelle Empras, Bachelor- oder Masterarbeiten!)



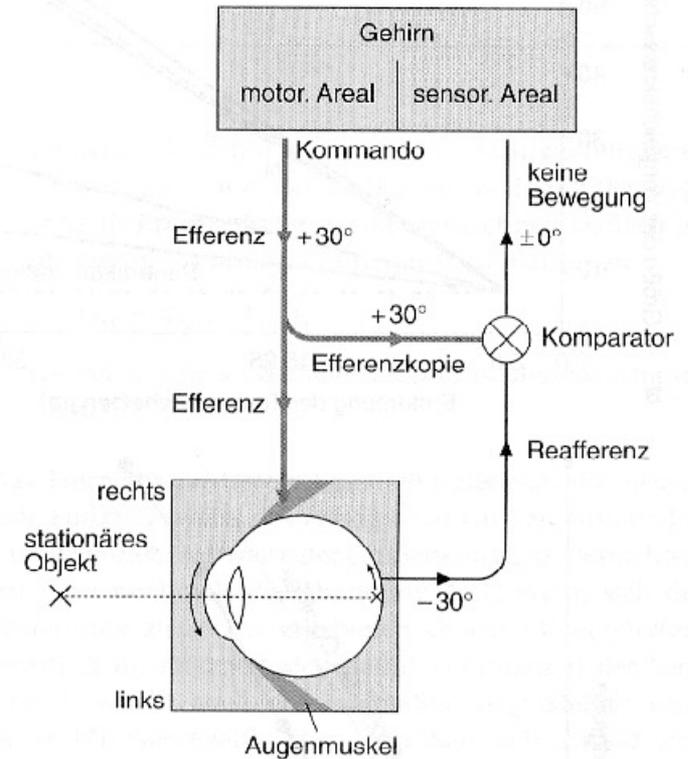
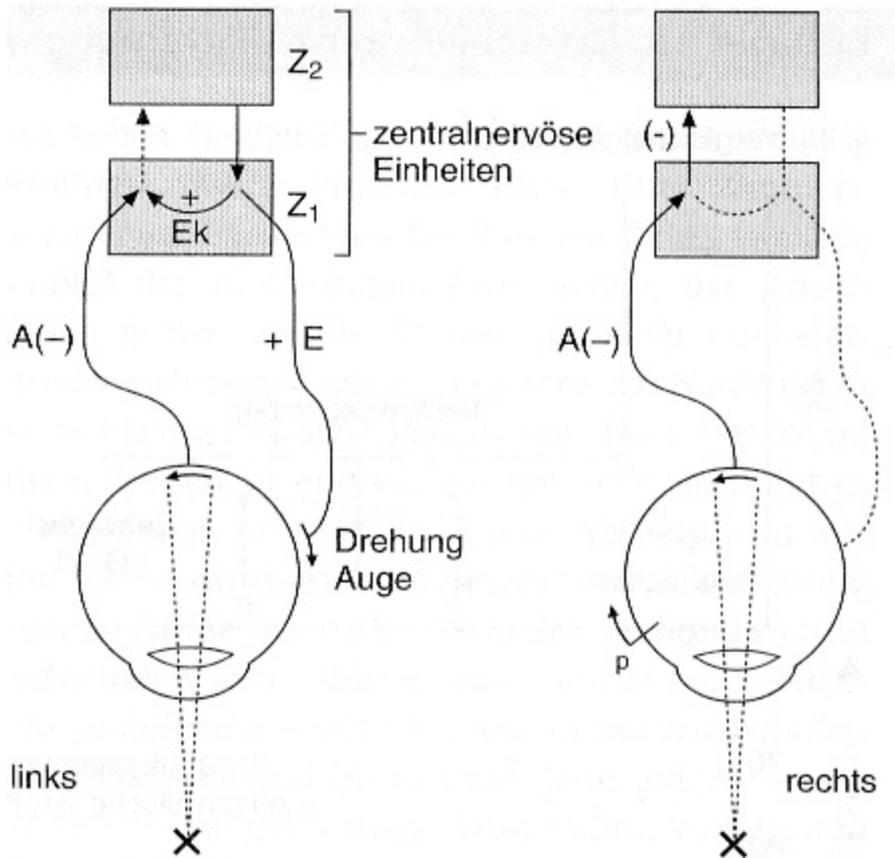
$$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{y}{x} = \frac{a}{b}$$

$$\alpha = \text{arcTan}\left(\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}\right)$$

Bsp: Abstand 100 cm, Reizgrösse 5 cm

$$\alpha = \text{arcTan}(0.05) = 2.86^\circ$$

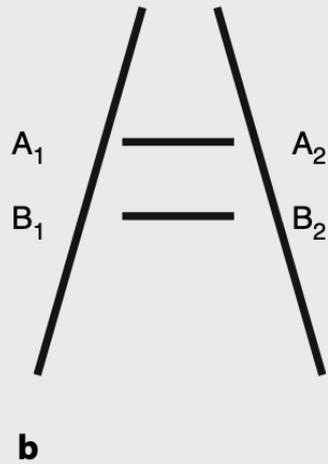
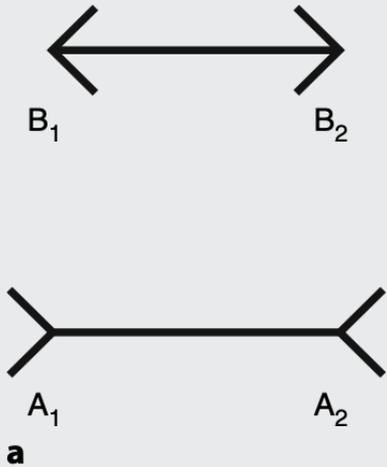
# Reafferenzprinzip (Holst & Mittelstaedt, 1950)



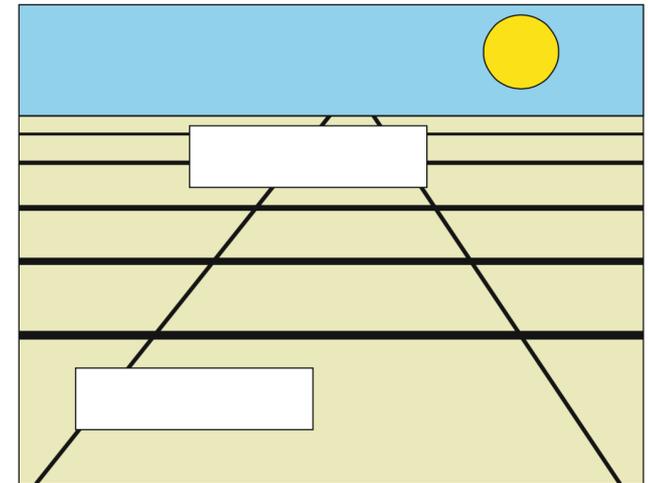
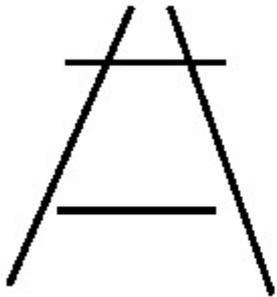
Hauptkomponenten des Reafferenzprinzips

4.33 Funktionsschaltbild zum Reafferenzprinzip für die Bewegungswahrnehmung beim menschlichen Auge. Oben: Originalmodell zum Reafferenzprinzip nach von Holst und Mittelstaedt. A = Afferenz, E = Efferenz, Ek = Efferenzkopie, p = passive Augendrehung (Fingerdruck). Unten: kybernetisch orientiertes Funktionsschaltbild mit den Hauptkomponenten des Reafferenzprinzips.

# Die Müller-Lyer und die Ponzo-Täuschung

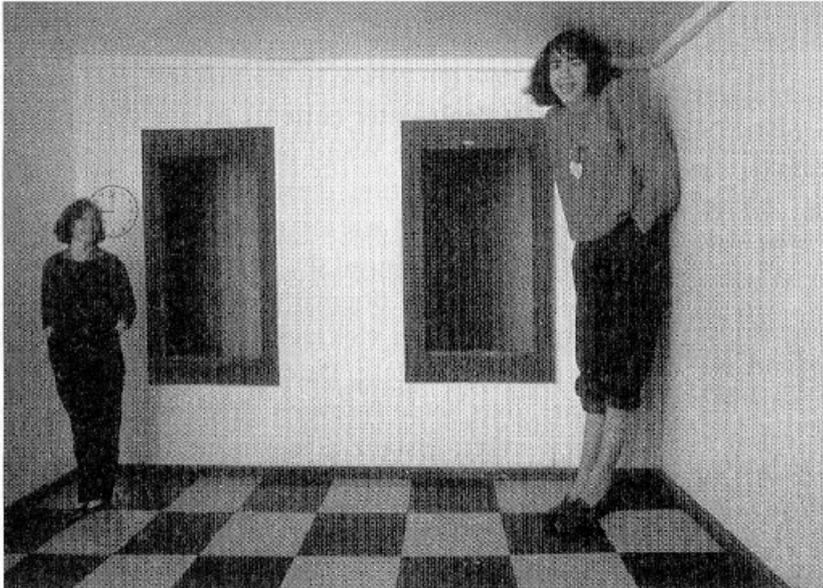


■ **Abb. 1.11 Wahrnehmungstäuschungen.** a Müller-Lyer-Täuschung. Die Strecken zwischen den Winkeln rechts und links sind in beiden Figuren objektiv gleich lang, obwohl die eine deutlich länger erscheint, b Ponzo-Täuschung. Hier sind objektiv die beiden waagerechten Strecken gleich lang

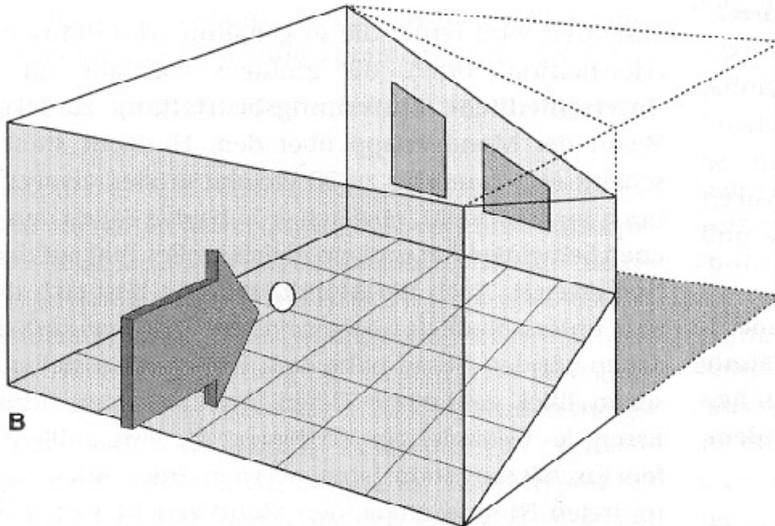


■ **Abb. 2.23 Ponzo-Täuschung.** Welches Rechteck ist größer?

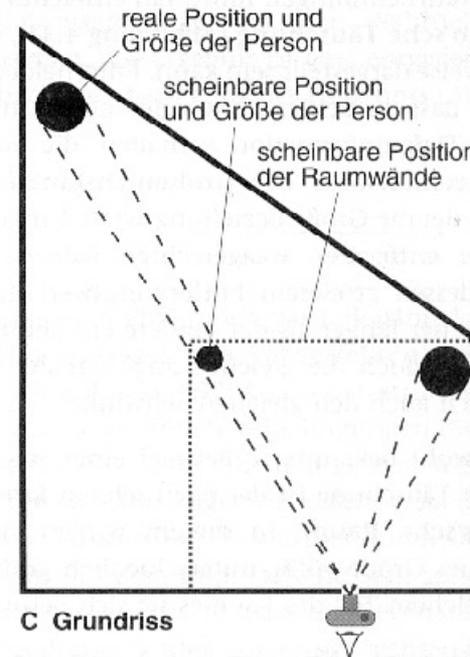
# Ames'scher Raum



A



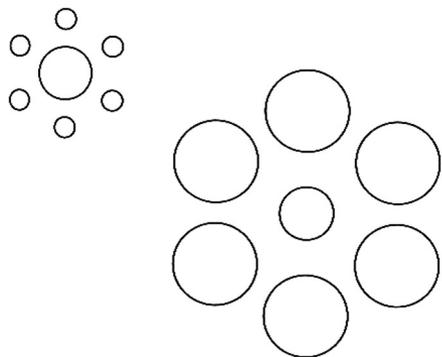
B



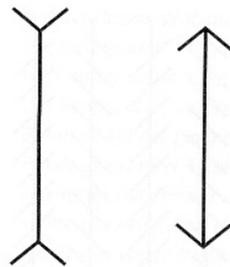
C Grundriss

4.35 Ames'scher Raum (A) Was der Betrachter durch die Lochblende sieht, (B) und (C) die Konstruktion des Raumes mit der Position der beiden in Wirklichkeit gleich großen Menschen.

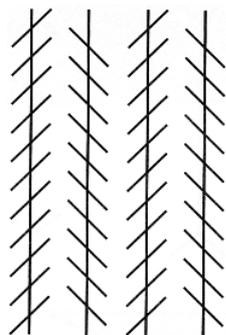
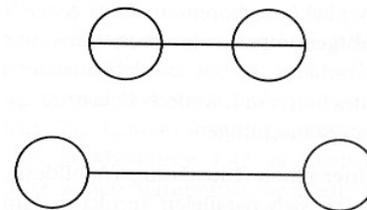
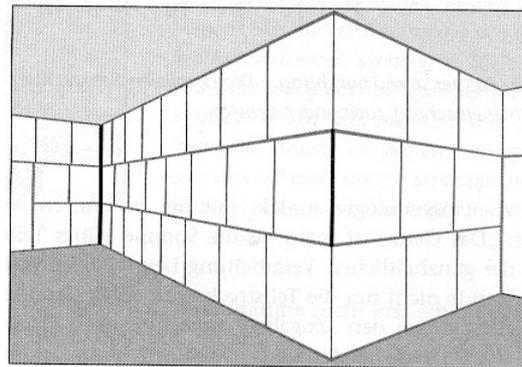
# Wahrnehmungstäuschungen



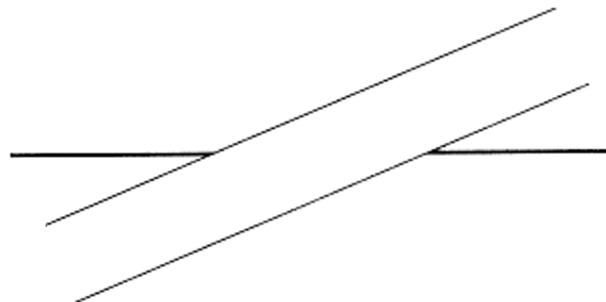
**Ebbinghaus (Titchener) Illusion**



**Müller-Lyer-Täuschung**

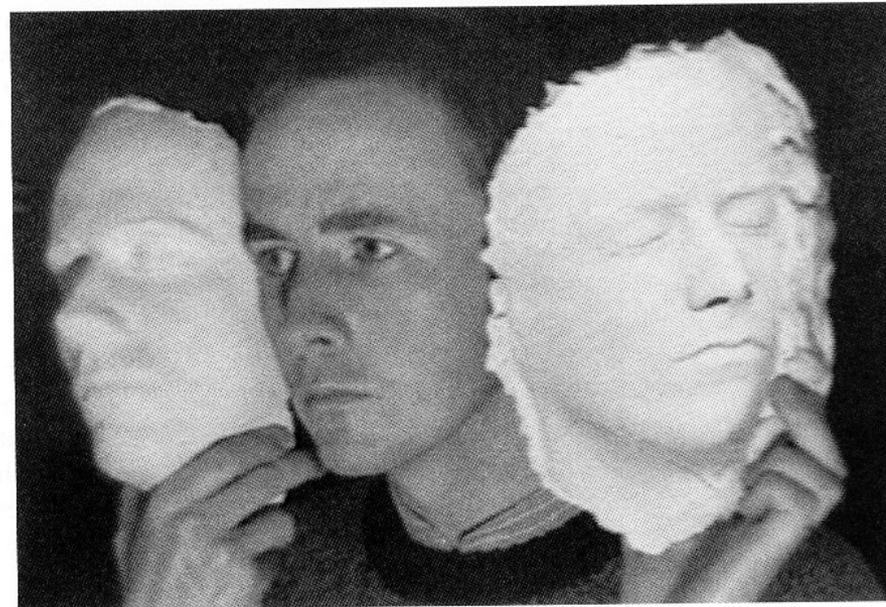
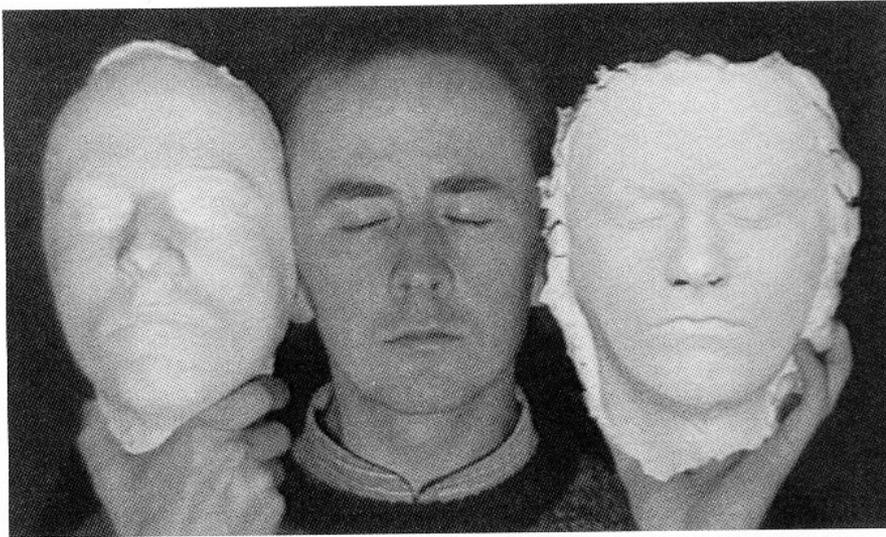


**Zöllner'sche Täuschung**



**Poggendorf'sche Täuschung**

# The Hollow Face Illusion



Credits: <http://www.michaelbach.de/ot/fcs-hollowFace/index.html>

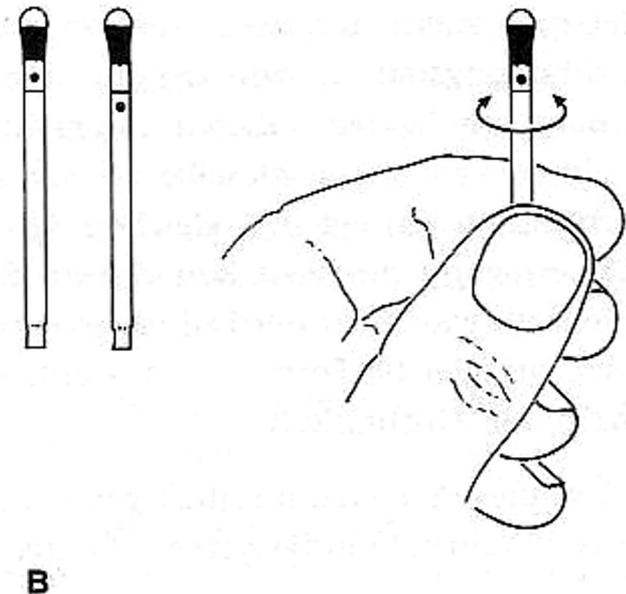
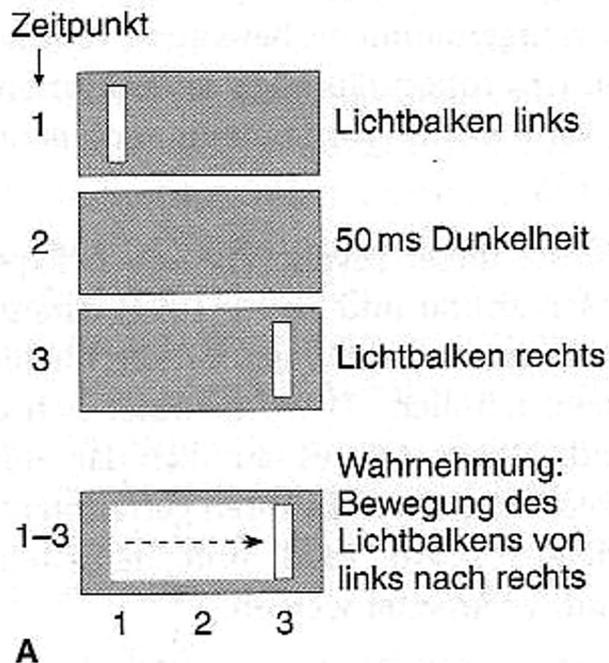
Fig. 2.33 The hollow face illusion. Ben (centre) holds a plaster cast of his face (left of picture) and a hollow mold of his face (right of picture). Both appear to look like faces, though apparently lit from different directions. As the camera turns (lower panel) the hollow face apparently turns with it, but still appears as a solid face. Pictures courtesy of Ben Craven and Harold Hill, University of Stirling.

# Die Thatcher-Illusion



Aus: Thompson, P. (1980). Margaret Thatcher: A new Illusion. *Perception*, 9, 483-484.

- F.M.R. **Exner** (1895): Scheinbewegung (apparent motion) – werden zwei benachbarte elektrische Funken in unmittelbarer zeitlicher Folge erzeugt, so erscheint zwischen beiden eine räumliche Bewegung
- **Wertheimer** (1912): Experimentelle Studie zum Sehen von Bewegung



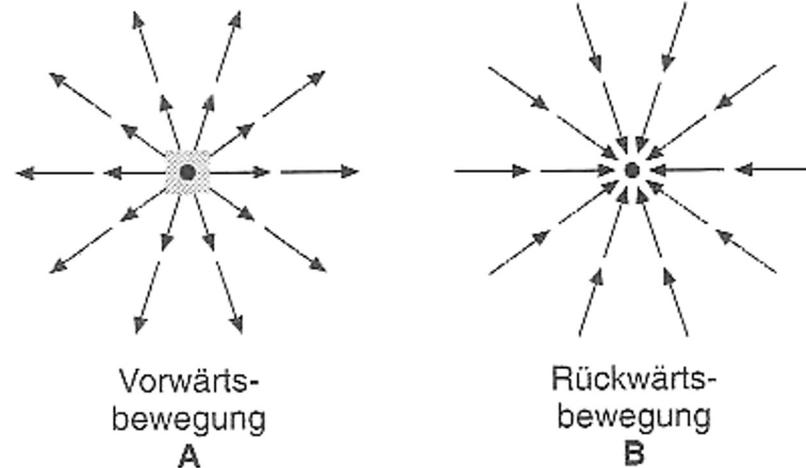
# Ein weiteres Beispiel für Scheinbewegung (apparent motion)



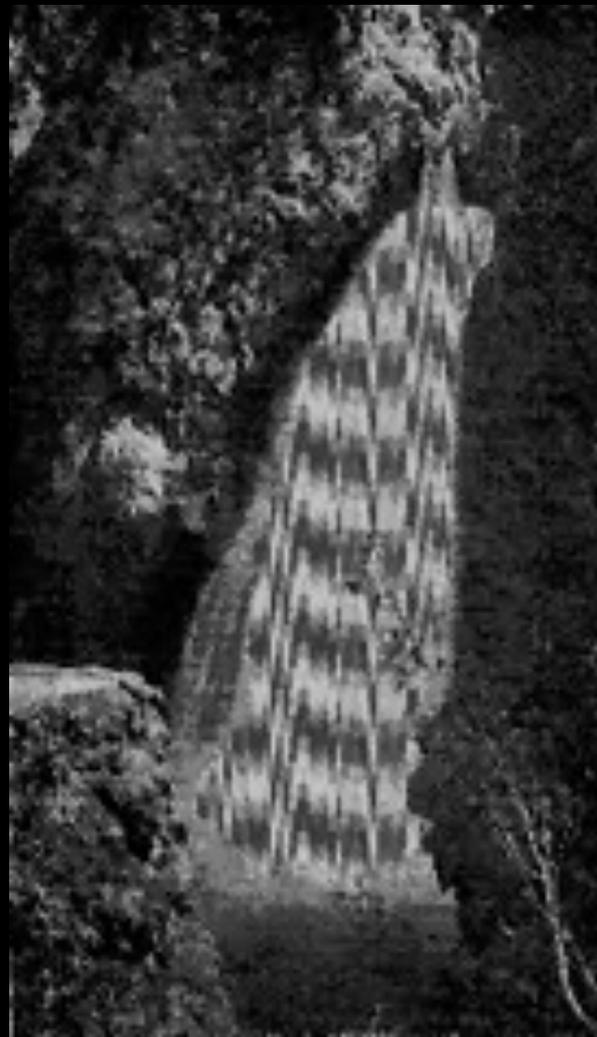
# Wahrnehmung von Bewegung

1. Scheinbewegung (apparent motion; stroboskopische Bewegung)
2. **Induzierte Bewegung und Bewegungsnacheffekt**
3. Reale Bewegung:
  - Wahrnehmung durch Bewegungsdetektoren im visuellen Cortex

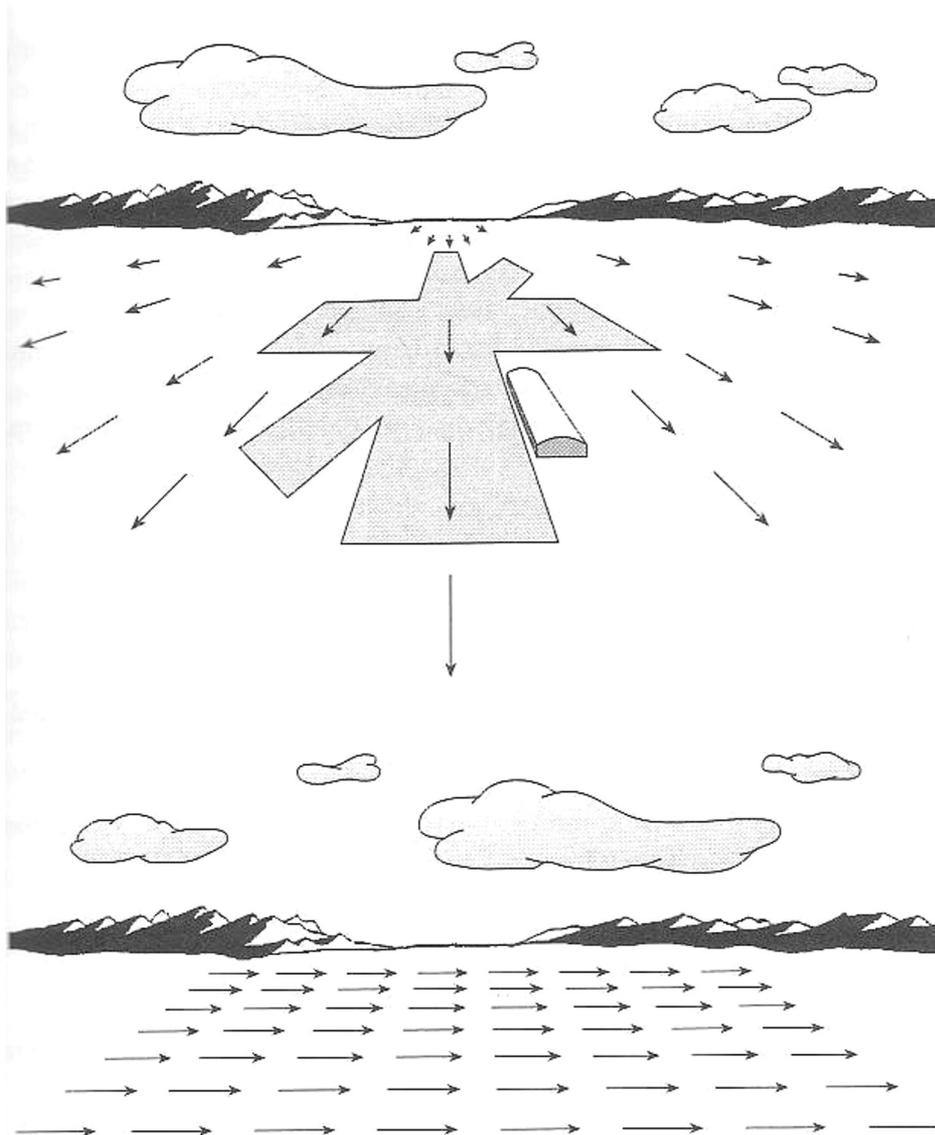
-Optischer Fluss  
(Gibson, 1979)



4.46 *Muster optischen Fließens* (A) Bei jeder eigenen Vorwärtsbewegung fließen die Raumpunkte der Umwelt zentrifugal auseinander, wie im Auto oder in simulierten Computerspielen erlebbar. (B) Bei Rückwärtsbewegungen, zum Beispiel beim Blick aus dem letzten Wagen des Zuges, fließen die Raumpunkte zentripetal zusammen.



# Reale Bewegung und optischer Fluß

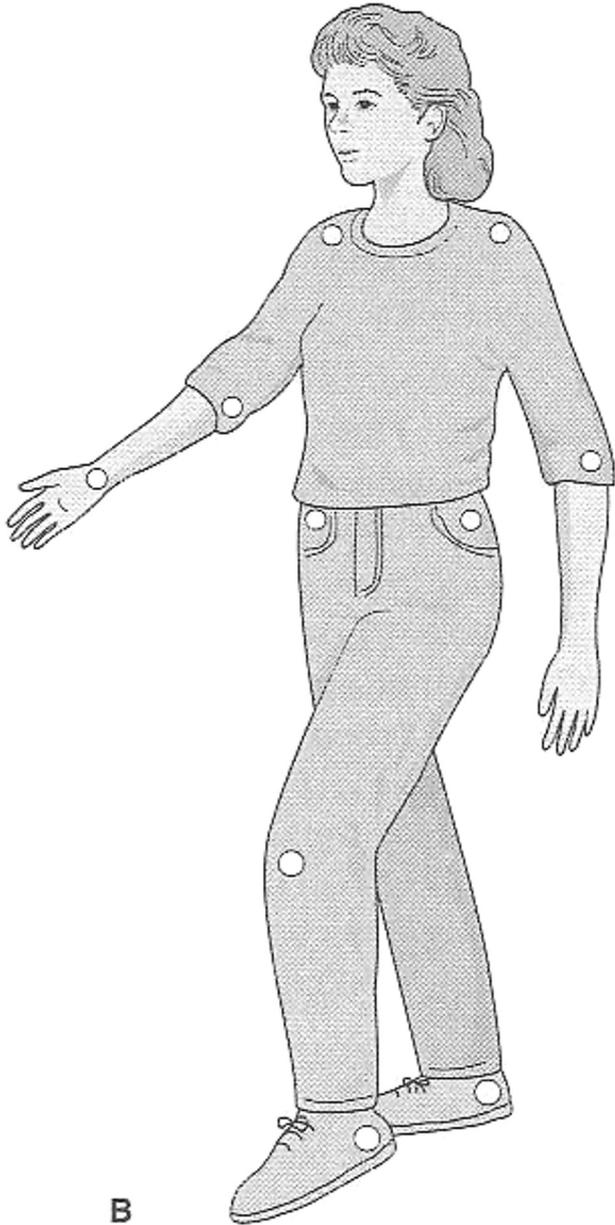


4.47 *Optisches Fließen der räumlichen Anordnung von einem Brennpunkt am Horizont aus, wie es der Pilot beim Anflug auf eine Landebahn nach vorne blickend erlebt. Vom Horizont her nimmt der Gradient des Fließens (zum Betrachter hin) zu (nach Gibson, 1982).*

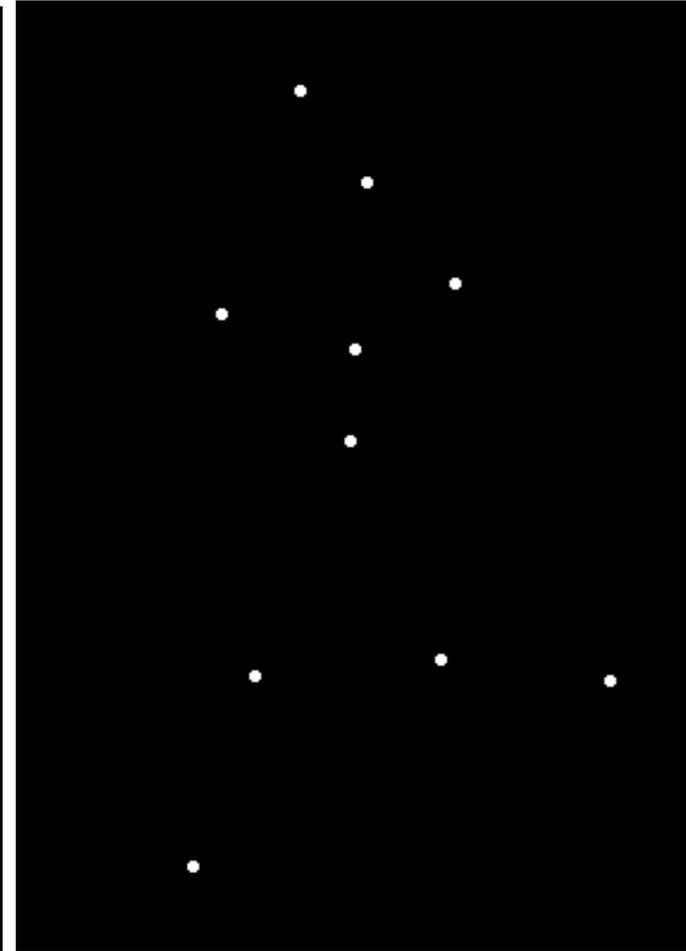
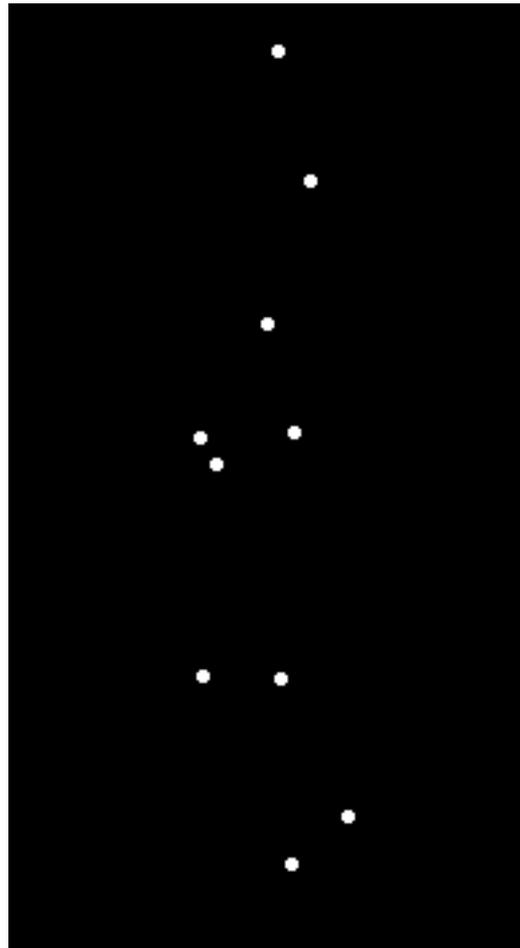
4.48 *Optisches Fließen der räumlichen Anordnung, wie es der Pilot beim Landeflug erlebt, wenn er nach rechts blickt (nach Gibson, 1982).*

# „Point-Light Displays“ (PLD):

Wahrnehmung biologischer Bewegung durch reflektierende Lichtpunkte oder leuchtende Lämpchen in einem ansonsten völlig dunklen Raum (nach Johansson, 1973)



B



# Kontrollfragen

1. Welche monokularen Tiefenhinweise kennen Sie?
2. Was versteht man unter der sog. Bewegungsparallaxe?
3. Erklären Sie kurz die wichtigsten binokularen Tiefenhinweise?
4. Erläutern Sie kurz, wie die Forschungen von Bela Julesz mithilfe sogenannter „Random-dot Stereogramme“ zur Aufklärung von Mechanismen der binokularen Tiefenwahrnehmung beigetragen haben.
5. Was versteht man unter der „Hollow Face Illusion“ und wie äußert sich diese?
6. Was versteht man unter „Wahrnehmungskonstanz“, und welche Formen von Wahrnehmungskonstanz kennen Sie?
7. Erklären Sie kurz das sogenannte Reafferenzprinzip (nach Holst und Mittelstedt; demzufolge die subjektive Position von Objekten konstant bleibt, selbst wenn sich deren retinaler Projektionsort durch Augenbewegungen des Betrachters verändert).
8. Was versteht man unter Scheinbewegung (apparent motion), und wie kann diese experimentell induziert werden?
9. Was versteht man unter dem Bewegungsnacheffekt (motion aftereffect)? Welche neuronalen Mechanismen können diesen Effekt erklären?
10. Erläutern Sie kurz die Präsentationstechnik, mit der die Wahrnehmung biologischer Bewegungen in vielen Studien untersucht wird.