

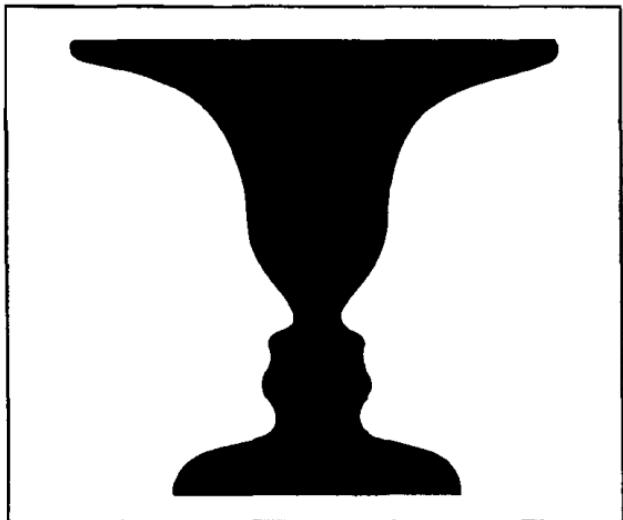


# optische Täuschungen

Illusionen und Merkwürdigkeiten,  
Unbegreifliches und Unmögliches.

Mit freundlicher Empfehlung  
VERLAG DAS BESTE, STUTTGART  
Nicht zum Verkauf bestimmt.





Was sehen Sie auf dem Titelbild? Eine schwarze Vase oder zwei weiße Gesichter?

Copyright © 1976 Verlag DAS BESTE GmbH, Stuttgart

# optische täuschungen

Illusionen und Merkwürdigkeiten,  
Unbegreifliches und Unmögliches.

Nicht im Handel erhältlich.  
Betrachten Sie diese Broschüre  
als kleine Aufmerksamkeit für Ihr Interesse.  
Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt

Mit freundlicher Empfehlung  
Verlag DAS BESTE GmbH

# Inhalt

Sinne und Sinnesorgane	7
Wunderwerk Auge	7
So funktioniert das Auge	10
Sinnestäuschungen	15
Kontraste	18
Nachbilder	23
Farben sehen	26
Bewegungen	29
Geometrisch-optische Täuschungen	33
Größentäuschungen	38
Vergleichstäuschungen	41
Bevorzugung der Vertikalen	42
Unmögliches	42
Räumliches Sehen	42
Schlußbemerkung	50

# **Sinne und Sinnesorgane**

Die Sinne dienen den verschiedenen Arten der Wahrnehmung. Sie unterrichten uns sowohl über die Außenwelt (objektive Sinne), als auch über Zustände des eigenen Körpers (subjektive Sinne). Das Sehen – einer der fünf Sinne neben Hören, Riechen, Schmecken, Fühlen – ist ein sogenannter äußerer Sinn. Für das Sehen besitzt der Mensch ein hochspezialisiertes Sinnesorgan: das Auge. Es ist für eine besondere, ihm genau entsprechende Erscheinung eingerichtet: das Licht.

Der Nerv des Auges leitet die Sinnesreize, die das Licht auslöst, an das Gehirn weiter, wo diese Meldungen gesammelt und verarbeitet werden. Eine Empfindung ist zunächst nichts anderes als die Wahrnehmung einer Veränderung im Zustand des nervösen Sinnesapparates selbst. Dabei verlegt der Mensch „erfahrungsgemäß“ das Empfundene in die Außenwelt; er schreibt beispielsweise die Farbe, die er wahrnimmt, einem objektiv vorhandenen Ding zu.

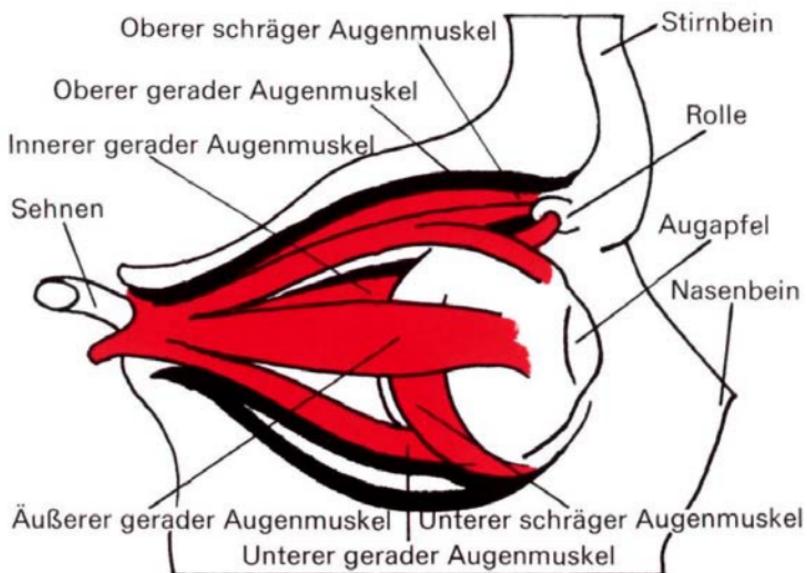
Die Sinnesorgane ermöglichen dem Menschen den Kontakt mit der Außenwelt. Sie sind alle nach dem gleichen Prinzip eingerichtet: Sinneszellen sind an Nervenfasern gekoppelt, die nach innen gehen. Im Grunde sind diese Organe einfach die Enden der sensiblen Nerven, die die Eindrücke an das Gehirn weitergeben. Dieses ordnet dann die übermittelte Meldung und bewertet sie.

## **Wunderwerk Auge**

Kein anderes Organ des menschlichen Körpers ist bei so geringer Größe so kompliziert gebaut wie das Auge. Wenn man den linken Zeigefinger und den Daumen zu einem Kreis schließt, hat man etwa den Durchmesser dieses Organs, das

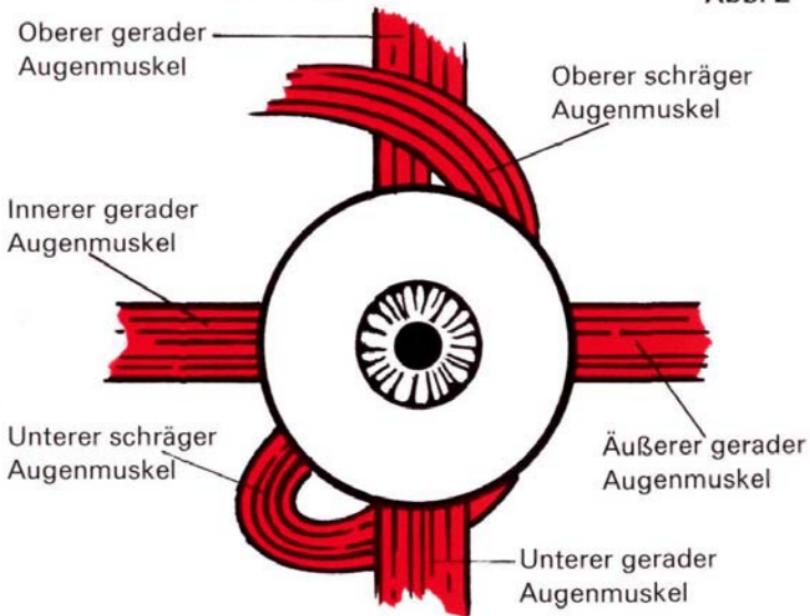
## Die Muskeln des menschlichen Auges

Abb. 1



## Schematische Aufsicht

Abb. 2



1,5 Millionen Eindrücke gleichzeitig aufnehmen kann. Täglich bewegt sich das Auge mehr als 100 000 mal, um die anstürmenden Lichtwellen zu empfangen. Wenn man bedenkt, daß 80 Prozent aller Sinneseindrücke, die der Mensch aufnimmt, optischer Art sind, so erkennt man, daß das Auge Schwerarbeit leistet. Sechs kleine, jedoch sehr leistungsstarke Augenmuskeln bewältigen dabei die mechanische Arbeit. Wollte man diese ins Verhältnis zu anderen Muskelgruppen des Körpers setzen, etwa zu den Beinmuskeln, so entspräche die Tagesleistung der Augenmuskeln einem doppelten Marathonlauf der Beine.

Die Augenbewegungen, eine der Grundvoraussetzungen des Sehens, sind wahrhaftig wunderbare Vorgänge. Der tischtennisballgroße Augapfel wird durch Muskeln bewegt, die an der knöchernen Wand der Augenhöhle ansetzen. Ihre Tätigkeit ist notwendig, damit der Mensch die Gegenstände, die sich an verschiedenen Stellen des Raumes befinden, so erfaßt, daß sie auf der Netzhaut an der richtigen Stelle scharf abgebildet werden können.

Das Auge kann durch Muskeln gehoben werden, gesenkt werden, nach rechts gedreht werden, nach links gedreht werden, gerollt werden – wobei der Augapfel um eine von vorn nach hinten durchgehende gedachte Achse rotiert – ein wenig aus der Augenhöhle hervortreten und ein wenig in die Augenhöhle zurückgezogen werden.

Die Bewegungen des Auges finden alle um einen Drehpunkt statt, der etwas hinter der Mitte des Augapfels liegt.

*Nur sechs Muskeln greifen an jedem Auge des Menschen an. Eine geringe Zahl, aber diese wenigen Muskeln genügen, um die beiden Augäpfel so zu bewegen, daß unabhängig von der Blickrichtung und der Entfernung des Gegenstandes ein Bild gleichzeitig auf der Netzhaut beider Augen entsteht.*

Je zwei der sechs Muskeln an jedem Auge arbeiten gegenseitig zueinander: Der äußere und der innere gerade Muskel bewegen das Auge nach rechts und links. Der obere und der untere gerade Muskel sowie die beiden schrägen Muskeln bewegen das Auge von oben nach unten, und sie bewirken auch das Rollen des Auges (Abb. 1 und 2).

Für das Sehen ist das Zusammenwirken beider Augen von großer Wichtigkeit. Machen Sie einmal einen kleinen Versuch vor dem Spiegel: Wenn Sie ein Auge heben, blickt automatisch auch das andere aufwärts; man ist nicht in der Lage, es zu senken. Ferner: Wendet sich ein Auge nach außen, so geht das andere parallel dazu nach innen; beide Augen können nicht zu gleicher Zeit nach außen bewegt werden. Nach innen geht es übrigens: Fixieren Sie einen Gegenstand mit beiden Augen! Je näher der Gegenstand, desto stärker wird das „Schielen“ nach innen.

Um die gewaltige Arbeit des täglichen Sehens zu bewältigen, haben die Augen eine sinnreiche Arbeitsteilung: Einmal nimmt das linke Auge ungefähr 90 Prozent aller Eindrücke auf, einmal das rechte. In der Ruhephase arbeitet also das entlastete Auge jeweils nur mit 10 Prozent seiner Leistung und erholt sich dabei.

## So funktioniert das Auge

Das menschliche Auge besteht aus dem Augapfel, der einem optischen Apparat mit einer Linse entspricht, sowie einer Reihe von zugeordneten Organen: Lider, Bindegewebe, Tränendrüse, Muskeln und Nerven sowie dem Sehnerv, der hinter dem Augapfel liegt und sich bis in das Sehzentrum des Gehirns fortsetzt.

Das Auge lässt sich mit einem Fotoapparat vergleichen. Wenn die Lichtstrahlen vorn auf die Hornhaut auftreffen und

## Querschnitt durch das menschliche Auge

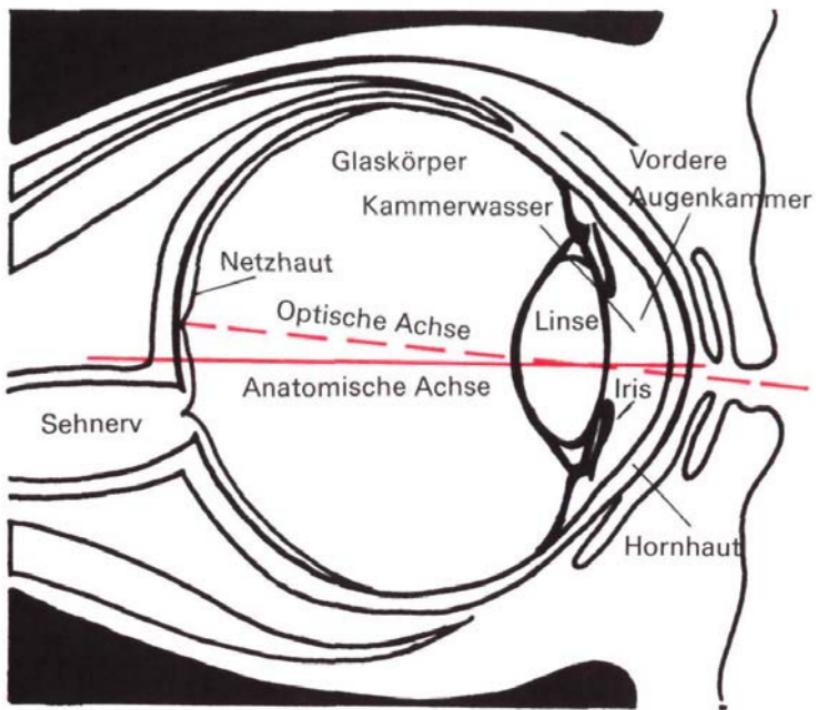


Abb. 3

sie durchdringen, werden sie zum erstenmal gebrochen. Dann gehen sie durch das Kammerwasser der vorderen Augenkammer und fallen danach auf die Linse und den Glaskörper. Die Linse bündelt das einfallende Licht. Nachdem es den Glaskörper durchlaufen hat, trifft es auf die Netzhaut. Diese ist die innerste der drei Augapfelhäute; sie trägt die eigentlichen Sehzellen und geht in den Sehnerv über. Das Bild, das auf der Netzhaut entsteht, wird als Impuls zum Sehzentrum im Hinterhauptlappen des Großhirns geleitet (Abb. 3).

Das Auge hat die Fähigkeit, Farben, d. h. die verschiedenen Wellenlängen des Lichtes, als verschiedenartige Reize wahrzunehmen. Dies leisten die etwa 7 Millionen Zapfenzellen

Abb. 4



*Nur fünf Quadratzentimeter ist die Netzhaut groß, doch sie hat rund 130 Millionen lichtempfindliche Zellen. Je dichter diese Zellen zusammenstehen, desto besser ist naturgemäß das Auflösungsvermögen. An der Stelle des besten Auflösungsvermögens liegen beim Menschen 166 000 Zellen pro Quadratmillimeter. Beim Bussard sind es sogar mehr als eine Million.*

in der Netzhaut. Für das Helldunkelsehen (Dämmerungssehen) enthält die Netzhaut nochmals etwa 123 Millionen Stäbchenzellen – und zwar auf einer Gesamtfläche von nur 5 Quadratzentimetern (Abb. 4).

**Entstehung  
des Bildes im Auge**

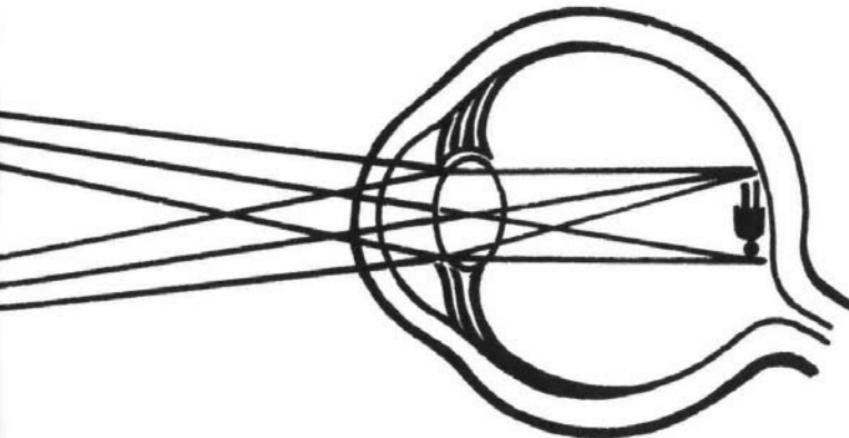


Abb. 5

Das Auge unterscheidet aber nicht nur die verschiedene Intensität und Art des Lichtes, sondern es nimmt auch die Lichtstrahlen, die von einzelnen Punkten der Gegenstände ausgesandt werden, getrennt wahr. Auf diese Weise ist es uns möglich, die Gestalt eines Gegenstandes zu sehen: Auf der empfindlichen Netzhaut werden Bilder der licht abgebenden Objekte entworfen. Sie sind verkleinert und umgekehrt; was beim Objekt rechts ist, befindet sich im Netzhautbild links, und was eigentlich oben ist, das ist dort unten (Abb. 5).

Wenn aber das Netzhautbild auf dem Kopf steht, warum sehen wir das Objekt dann eigentlich aufrecht? Nun, nicht das Auge selbst sieht, erkennt das Bild, sondern erst nach der Übermittlung ins Gehirn kommt es uns zum Bewußtsein, und zwar richtigstehend. Das Gehirn richtet das Bild wieder auf.

Damit auch nahe Gegenstände auf der Netzhaut scharf abgebildet werden, können Muskeln die Krümmung der



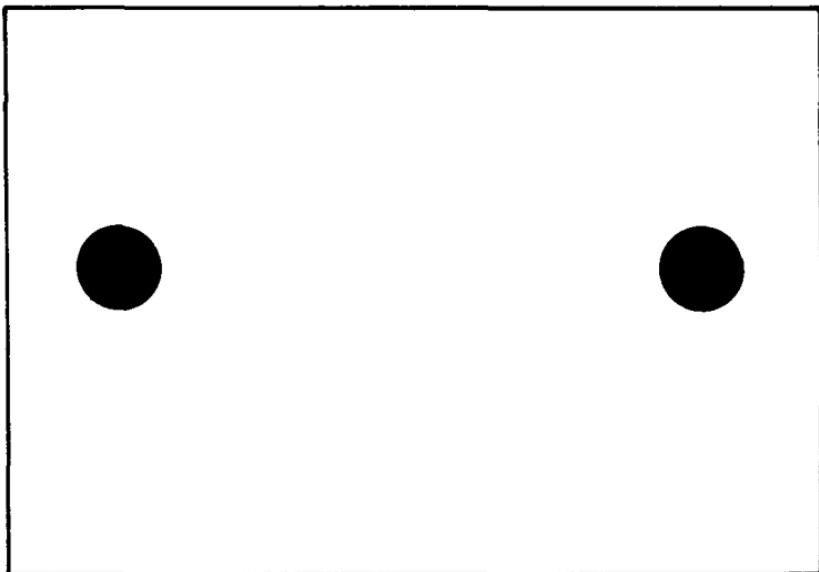
Augenlinse verstärken. Gegenstände, die sich in unterschiedlichen Entfernungen befinden, kann das Auge nicht gleichzeitig deutlich sehen. Das beweist ein einfacher Versuch. Halten Sie in einer Entfernung von etwa 40 cm einen durchsichtigen Schleier vor das Auge. Dahinter steht in einer Entfernung von etwa 50 cm ein Wort geschrieben. Nacheinander können Sie bald die Fäden des Schleiers, bald die Buchstaben des Wortes scharf sehen. Niemals aber werden Sie beides zusammen deutlich erkennen.

Überdies hat das Auge noch die Fähigkeit, sich wechselnder Lichtstärke anzupassen, indem es die Öffnung der Pupille verändert. Zu diesem Zweck besitzt die Regenbogenhaut – deren zentraler Ausschnitt die Pupille ist – zwei Muskeln; der eine erweitert, der andere verengt die Pupille. Die Regenbogenhaut reagiert auf Lichtreize äußerst empfindlich. Sie verengt sich bei wachsender und erweitert sich bei abnehmender Lichtstärke.

Der optische Apparat des Auges, so wunderbar er auch funktioniert, weist zahlreiche Unvollkommenheiten auf. Diese Unzulänglichkeiten im Verein mit Übermittlungsfehlern zwischen Auge und Gehirn, sowie falscher Interpretation durch das Gehirn, erklären, warum es optische Täuschungen gibt.

Im Auge gibt es den sogenannten blinden Fleck. Damit bezeichnet man die Stelle, wo der Sehnerv an der Netzhaut austritt. Da die Netzhaut an diesem Punkt keine lichtempfindlichen Zellen haben kann, fehlt hier jede Lichtempfindung. Der blinde Fleck hat etwa einen Durchmesser von 1,5-1,7 mm.

Versuch: Schließen Sie das rechte Auge und fixieren Sie den rechten Punkt mit dem linken Auge aus einer Entfernung von ca. 25 cm (Abb. 6). Der linke Punkt wird unsichtbar. Um die richtige Entfernung zu finden, nähern Sie das Büchlein aus größerem Abstand langsam dem Auge.



**Abb. 6**

Dann verschwindet der Punkt bei einer bestimmten Entfernung – und zwar dann, wenn das Bild gerade auf den Sehnerv fällt – und taucht bei weiterer Annäherung wieder auf.

## **Sinnesäuscherungen**

Was Sie auf Seite 16 sehen, ist die verblüffende Fraser'sche Spirale (Abb. 7). Schon in dieser Bezeichnung liegt eine Täuschung; denn es handelt sich gar nicht um eine Spirale, sondern um eine Anordnung kleiner werdender Kreise mit einem gemeinsamen Mittelpunkt. Mit einem Zirkel können Sie das leicht nachprüfen. Die Spiralwirkung entsteht durch die dicken, schwarzen, spiralförmigen Linien.

Wie ist so etwas möglich? Was geschieht bei einer solchen „optischen Täuschung“?

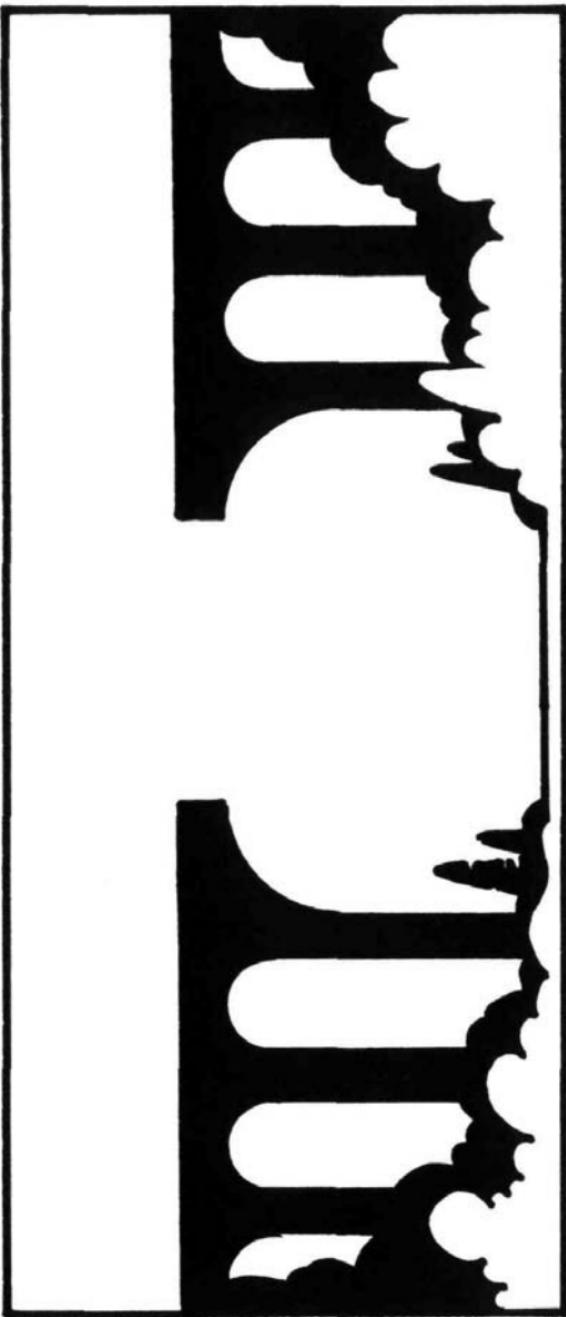
Sinnestäuschungen treten dann auf, wenn die Wahrnehmung nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Sogenannte normale – also nicht krankhafte – Sinnestäuschungen sind in der Struktur und Funktionsweise des

Abb. 7



*Führen Sie die Zeichnung auf Ihr Gesicht zu, bis die Nasenspitze das Papier berührt. Dann schließt sich die Lücke in der Brücke.*

Abb. 8



betreffenden Sinnesorgans ebenso begründet wie in psychologischen Prozessen, durch die sinnliche Eindrücke erst zu Wahrnehmungen verknüpft werden. Sie sind deswegen regelmäßige und nicht auszuschaltende Begleiterscheinungen jeder sinnlichen Wahrnehmung.

Bei der Mehrzahl der optischen Täuschungen handelt es sich eigentlich gar nicht um echte Sinnestäuschungen, sondern um Täuschungen, die durch die gewohnheitsmäßig gewordene Deutung eines Objektes entstehen – eine Deutung, die jedoch für den betreffenden Fall nicht zutrifft, also falsch ist. Dabei ist der Eindruck des Gesichtssinnes, d. h. die optische Aufnahme, durchaus richtig, die Täuschung entsteht erst im Gehirn.

Vom fehlerhaften Auge war schon die Rede. So kommen beispielsweise geometrische Bildfehler, die aus (objektiven) Punkten (subjektive) Sterne im Auge werden lassen, durch Unzulänglichkeiten der Augenlinse zustande.

## Kontraste

Wenn man 100 Personen fragt, was ihnen bei dem Begriff „Kontrast“ einfällt, so antworten 82: „Hell – dunkel“. Offenbar sind Unterschiede von Helligkeiten (und auch von Farben) am stärksten mit unserer Vorstellung von Kontrast verknüpft.

Es gibt nun die Erscheinung des sogenannten physiologischen Kontrasts. Darunter versteht man die wechselseitige Beeinflussung von optischen Empfindungen, wenn die Lichtreize von verschiedener Stärke oder Farbe sind und gleichzeitig oder kurz nacheinander auf dieselben Netzhautstellen einwirken. Dabei erscheint etwa ein heller Fleck in dunkler Umgebung noch heller, und umgekehrt.

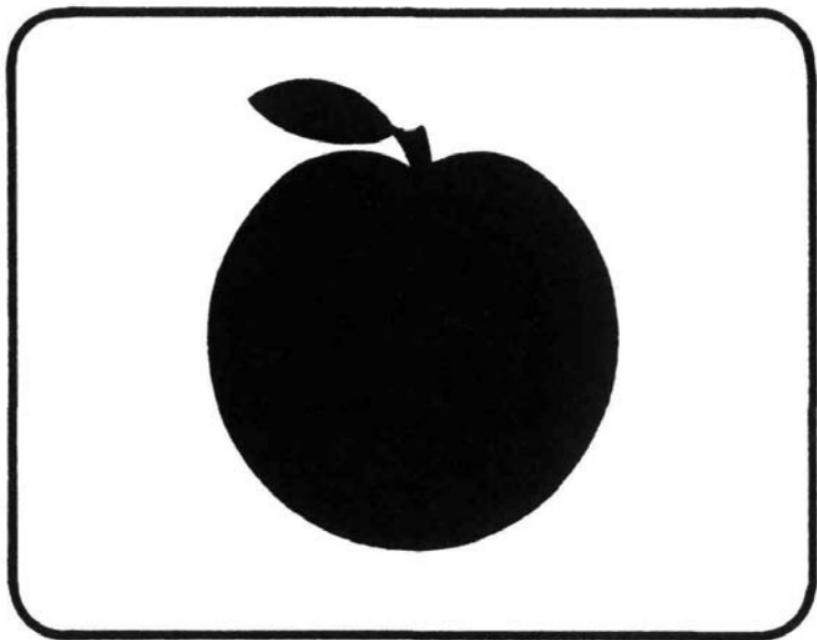
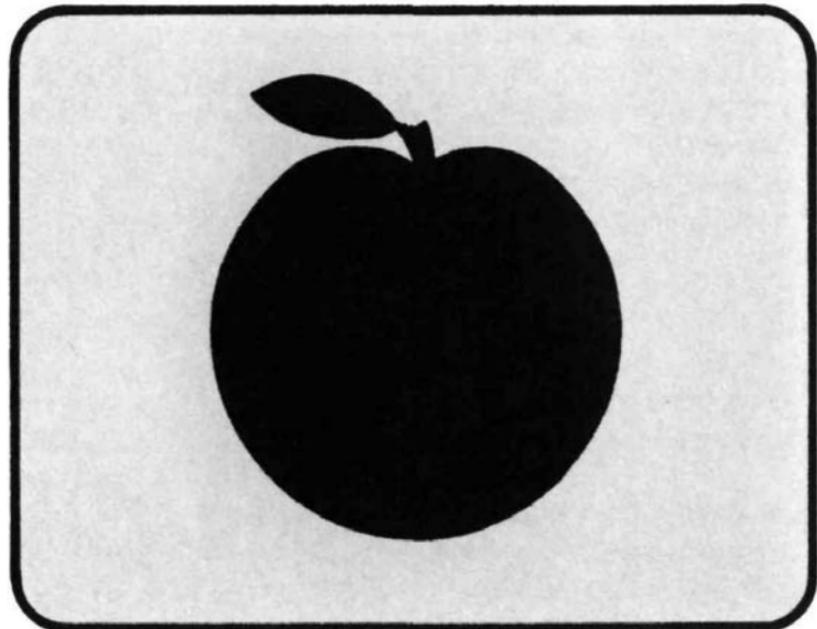


Abb. 9



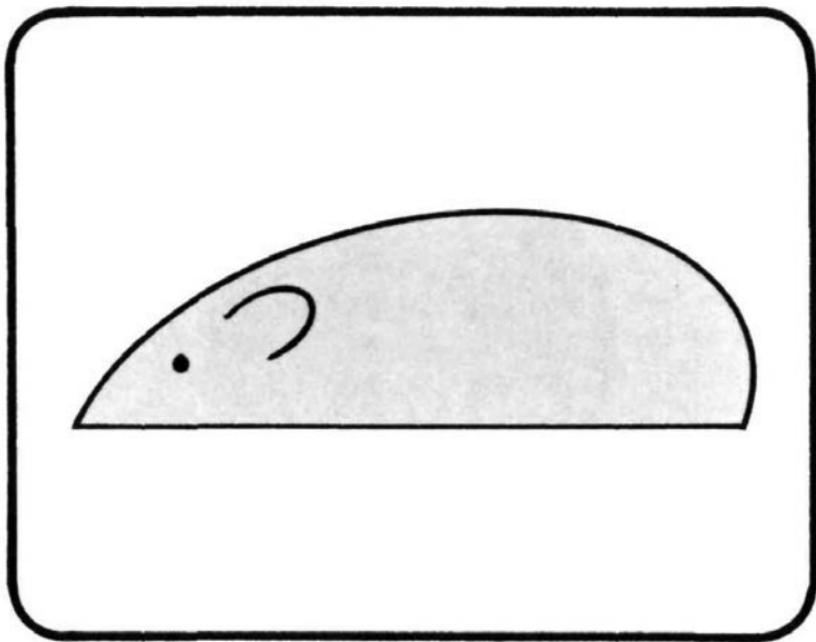
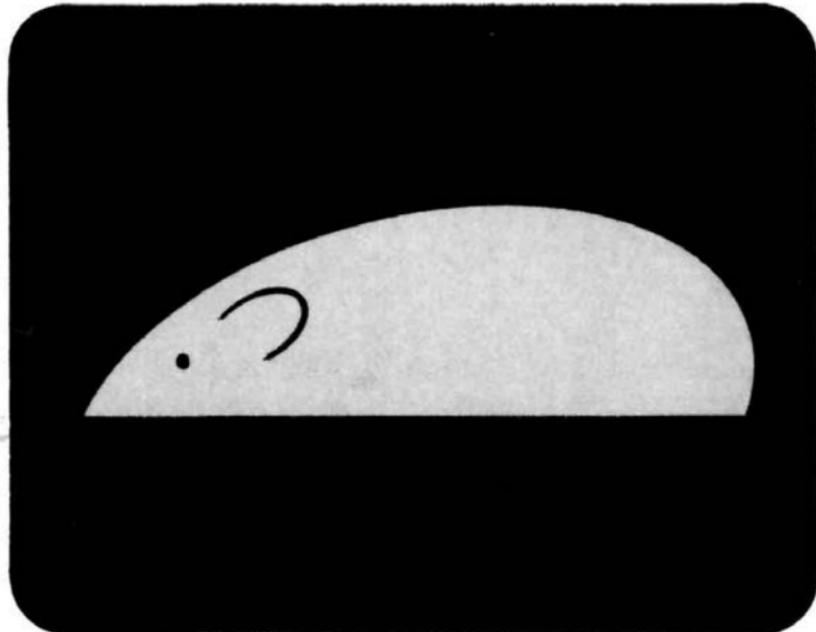


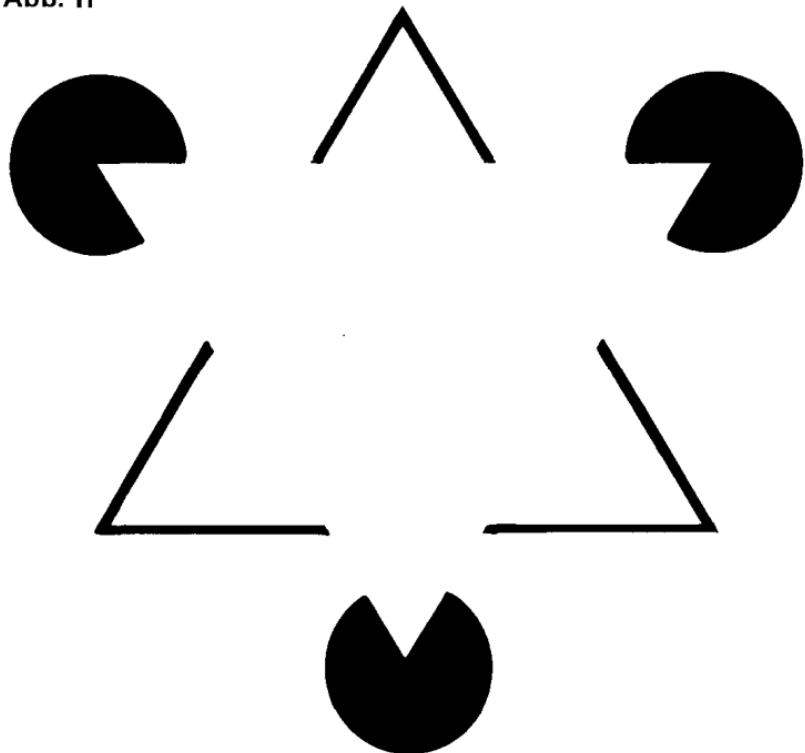
Abb. 10



Dazu zwei kleine Versuche: Zwei schwarze Äpfel liegen auf einem weißen und einem grauen Tablett (Abb. 9). Der Apfel auf dem weißen Tablett wirkt eindeutig dunkler. Entsprechendes gilt für die beiden Mäuse (Abb. 10). Die eine sitzt auf weißem, die andere auf schwarzem Grund. Die Maus auf schwarzem Grund wirkt deutlich heller.

Tatsächlich jedoch ist bei beiden Versuchen ja die objektive Helligkeit der Äpfel und der Mäuse gleich. Der Lichteindruck auf unser Auge hängt also nicht nur von der Lichtstärke des Objekts selbst ab, sondern auch von der Umgebung (Flächenkontrast). Betrachten Sie einmal aufmerksam die Abb. 11: Welches Dreieck ist heller? (Beide sind gleich hell).

**Abb. 11**



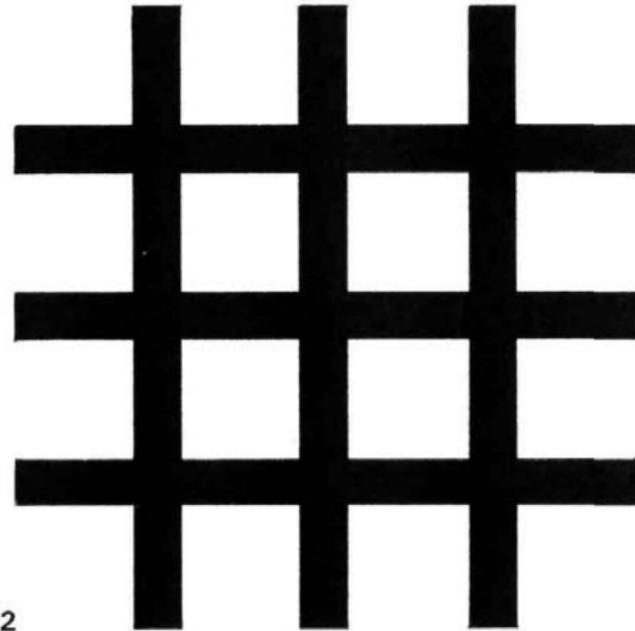
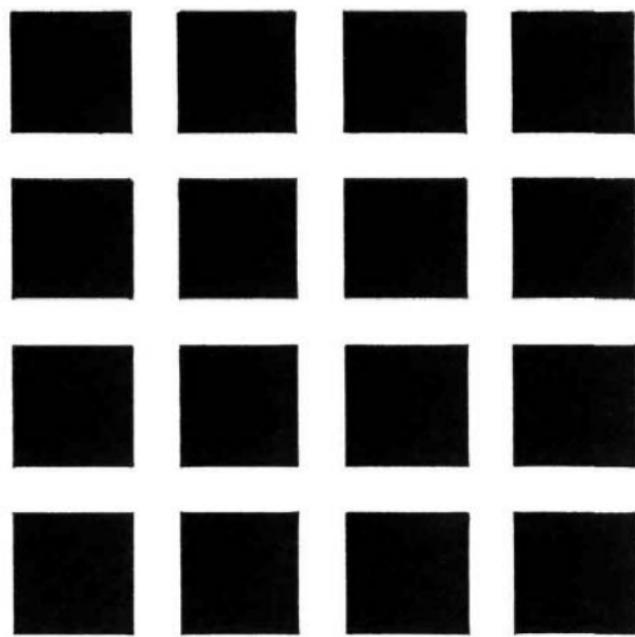


Abb. 12

Gemäß dem Flächenkontrast wirkt aber das Dreieck, das auf den schwarzen Kreisen liegt, heller.)

Neben dem Flächenkontrast gibt es den sogenannten Randkontrast, der an der Grenze von verschiedenen hellen Flächen auftritt. Beim Betrachten eines Kontrastgitters (Abb. 12) sieht man an den Kreuzungsstellen der weißen Balken springende graue Punkte.

Diese Kontrasttäuschung funktioniert auch dann, wenn man statt der weißen Balken schwarze nimmt.

Dieses bereits vor mehr als 100 Jahren entdeckte Phänomen ist ebenfalls eine subjektive Erscheinung. Hier werden Helligkeitsunterschiede empfunden, die objektiv nicht vorhanden sind.

## Nachbilder

Die Einwirkung eines Lichtreizes auf die Netzhaut ruft eine Lichtempfindung hervor. Infolge der Trägheit vergeht eine gewisse Zeit, bis die Netzhaut erregt wird. Andererseits überdauert die Erregung den auslösenden Reiz eine kurze Weile. Deshalb erscheint ein brennendes Streichholz als feuriger Kreis, sobald es mit gewisser Geschwindigkeit im Kreis geschwungen wird: Nach jedem optischen Eindruck bleibt das Objekt noch kurze Zeit sichtbar; es ist ein „Nachbild“ vorhanden.

War der Lichteindruck stark, so kann die Erregbarkeit der Netzhaut infolge von Ermüdung derart abnehmen, daß man einen dunklen Fleck von der Gestalt des gesehenen Gegenstandes – ein sogenanntes negatives Nachbild – wahrnimmt.

Fixieren Sie kurze Zeit ein Fenster mit hellem Fensterkreuz und schließen Sie dann die Augen. Im Nachbild erscheinen die Scheiben hell, das Fensterkreuz dunkel; das Nachbild ist vorbildgetreu.



Abb. 13

Fixieren Sie längere Zeit ein Fenster und blicken Sie dann auf eine mäßig beleuchtete, graue Wand, so ist im Nachbild das Fensterkreuz hell.

Deutliche positive Nachbilder erhält man, wenn man nachts eine helle Lampe ausknipst. Im dunklen Raum hat man dann einige Zeit das Bild der Lampe vor Augen.

Blicken Sie bei hellem Licht 30 Sekunden lang auf die linke Hälfte der Abb. 13 und fixieren Sie dann anschließend die markierte Stelle im rechten Feld! Sie werden ein deutliches Nachbild sehen.

Fixieren Sie das obere Bild der Abb. 14 bei hellem Licht etwa 30 Sekunden lang und blicken Sie anschließend auf das untere. Sie sehen ein farbiges Nachbild; der rote Hintergrund erscheint nun in der Komplementärfarbe Grün, und das weiße Gesicht wird durch die Kontrastwirkung schwach rötlich.

Nachbilder lassen sich auch mehrfarbig erzeugen. Etwa mit Hilfe der Abbildung auf der Rückseite des Büchleins. (Hier muß man zunächst eine Zeitlang den weißen Punkt in der Mitte der dreifarbigem „Fahne“ fixieren.)



Abb. 14



## Farben sehen

Farben, die man an den Dingen wahrnimmt, hängen davon ab, welche Wellenlängen diese Gegenstände zurückwerfen oder durchlassen. Gewöhnliches Sonnenlicht kann man durch ein Prisma in die Hauptfarben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett zerlegen. Daraus sind alle überhaupt vorkommenden Farben durch Mischung herzustellen. Unter Mischung von Farben verstehen wir an dieser Stelle nicht das Mischen von Pigmenten (wie etwa beim Malen), sondern die Mischung von verschiedenfarbigem Licht, die auf der Netzhaut des Auges den Eindruck einer einheitlichen Mischfarbe hervorruft.

Aus dieser Grundüberlegung entwickelte sich die Young-Helmholtz'sche 3-Farben-Theorie: Alle Farben lassen sich auf drei Grundfarben zurückführen. Purpurrot, Blaugrün, Blauviolett. Dementsprechend sollen an jedem Punkt der Netzhaut so viele verschiedene farbenempfindliche Nervenfasern enden, wie es Grundfarben gibt. Jede dieser Nervenfasern kann nur durch die Grundfarbe erregt werden.

Diese Theorie wurde abgelöst durch die Überlegungen von E. Hering, der als Grundfarben Rot, Gelb, Grün und Blau benannte und dadurch deutlich machte, daß die Young-Helmholtz'schen Grundfarben selbst schon Mischtöne sind.

Zusammengesetzte Farben (nach Hering) gehen aus den Grundfarben hervor; es lassen sich jedoch aus keiner zusammengesetzten Farbe mehr als zwei Grundfarben „herausempfinden“. Hering ordnete sechs Grundempfindungen zu drei Paaren an: Weiß und Schwarz, Grün und Rot, Gelb und Blau (Gegenfarben).

In dem Begriff „Empfindung“ wird deutlich, daß das Farbensehen ein physiologisch-psychologischer Vorgang ist. (Was übrigens schon Goethe in seiner Farbenlehre darlegte.) Den physiologischen Vorgang erklärte Hering durch die Existenz

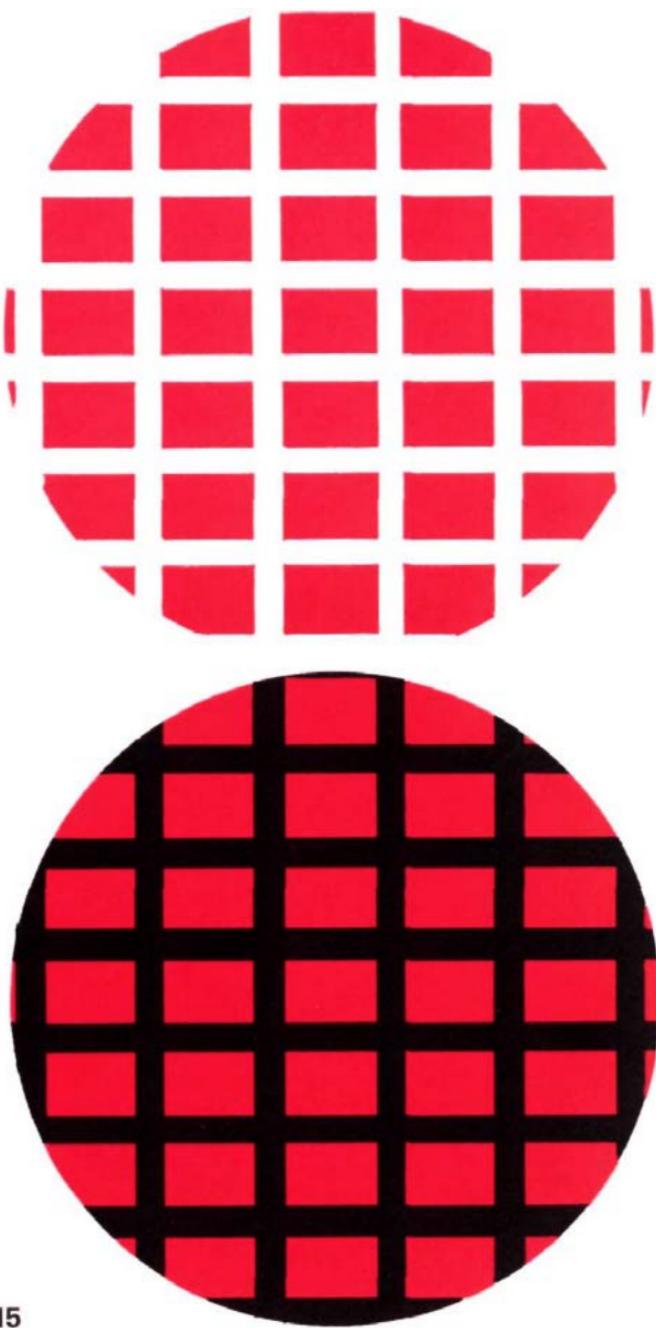


Abb. 15

von Sehsubstanzen, und zwar je Farbenpaar verschiedenen.

Betrachtet man ein farbiges Objekt längere Zeit und richtet dann das Auge auf eine schwarze oder weiße Fläche, so erscheint das Nachbild des Objekts in der zugehörigen Komplementärfarbe, wie die früheren Beispiele deutlich gemacht haben (Sukzessivkontrast).

In Meyers Konversationslexikon von 1895 ist ein interessanter Farbkontrast in farbigen Schatten beschrieben: „Stellt man einen Bleistift senkrecht auf ein weißes Blatt und läßt von der einen Seite Sonnen-, von der anderen Kerzenlicht einwirken, so entstehen zwei farbige Schatten, der eine durch das weiße Sonnen-, der andere durch das gelbe Kerzenlicht hervorgerufen. Der von der Sonne geworfene Schatten wird durch das gelbe Kerzenlicht beleuchtet, erscheint aber nicht weiß, sondern blau, er hat durch die Kontrastwirkung die komplementäre Farbe der durch das Kerzenlicht beleuchteten Fläche angenommen.“

Sie können diesen Versuch selbst machen. Achten Sie dabei darauf, daß das Sonnenlicht nicht zu hell ist, und die Kerze relativ niedrig brennt.

Die Kontrastwirkungen werden um so weniger wahrnehmbar je kleiner die sich beeinflussenden Flächen sind. Trotzdem treten Farbänderungen auf: Farben kleiner Flächen werden zum Wert der sie umgebenden Farbe hin verändert; es findet also eine Art optische Mischung statt (Bezold-Effekt).

Ist das Umfeld dunkler als die kleine Innenfläche, so wirkt auch die Farbe der Innenfläche dunkler. Ist hingegen das Umfeld heller, so wirkt die Farbe aufgehellt (Abb. 15). Werden die Flächen so klein, daß sie vom Auge nicht mehr aufgelöst werden können, mischen sich die Farben „additiv“. Auf diesem Effekt beruhen die mehrfarbigen Drucke, die aus winzigen Farbpunkten (additiv) farbige Gesamtbilder zusammensetzen.

## Bewegungen

Das menschliche Auge ermüdet sehr schnell, wenn es gezwungen ist, ein Objekt zu fixieren. Es ergibt sich ein Leistungsabfall, und das Bild verschwimmt. Läßt man dagegen den Blick über das Objekt hingleiten, vermeidet also jede starre Fixierung, so fällt das Bild ständig auf andere voll leistungsfähige Segmente der Netzhaut. Mit Hilfe seiner Muskeln folgt das Auge also nicht nur dem Objekt, sondern die Muskeln sichern außerdem, daß man es richtig wahrnimmt.

Abb. 16

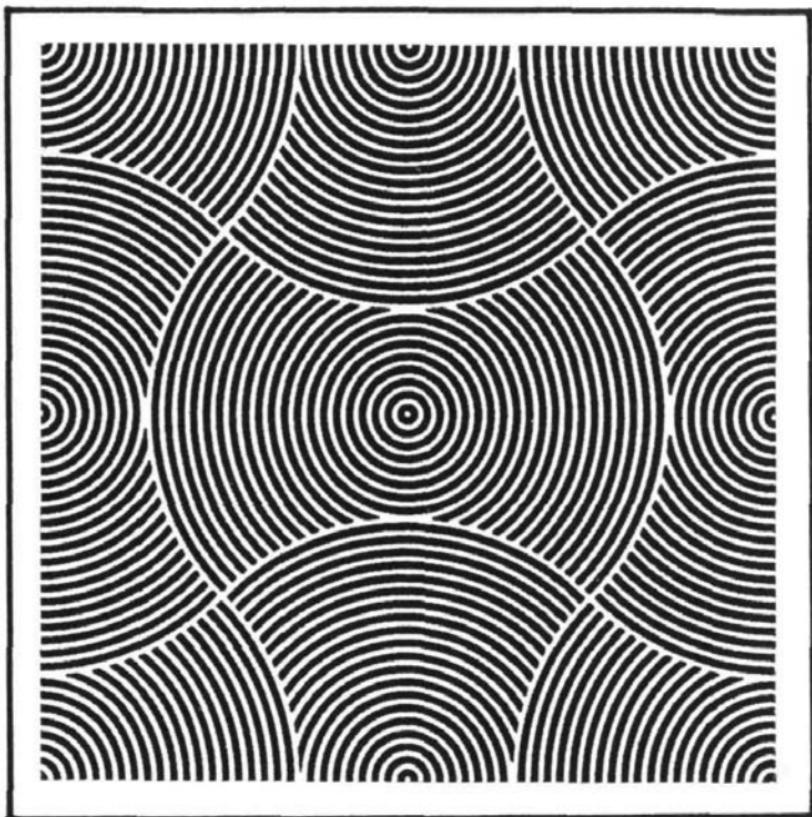


Abb. 17

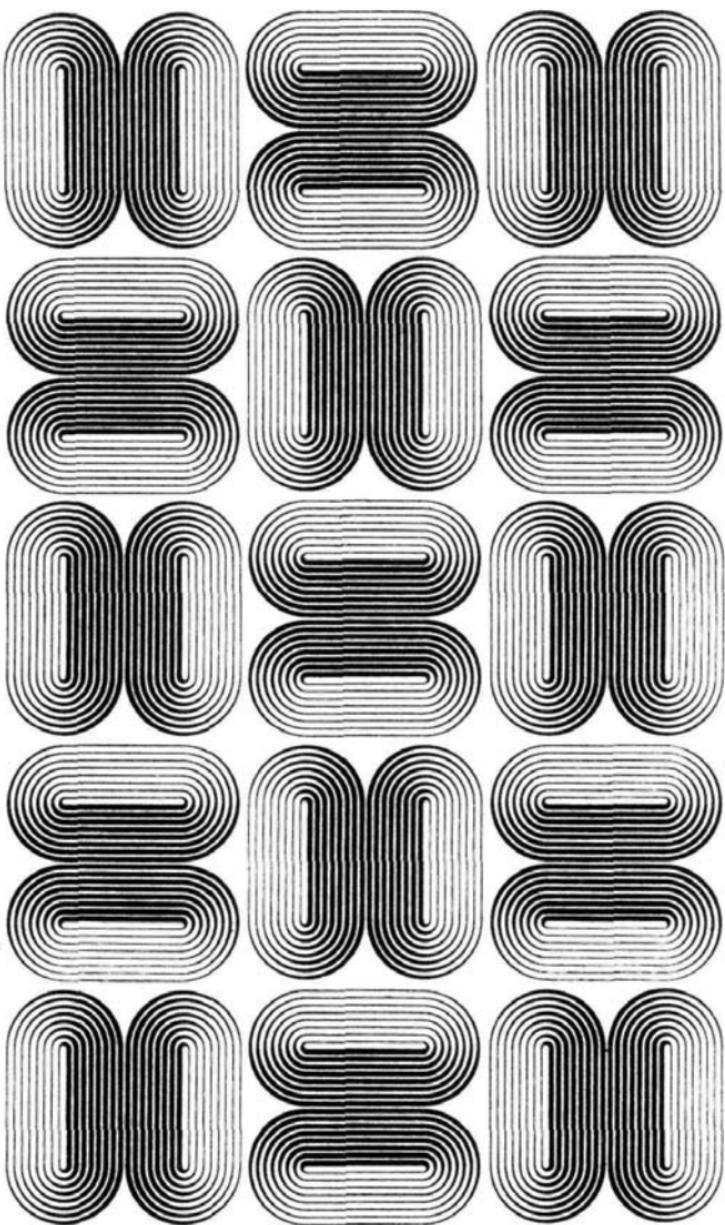


Abb. 18



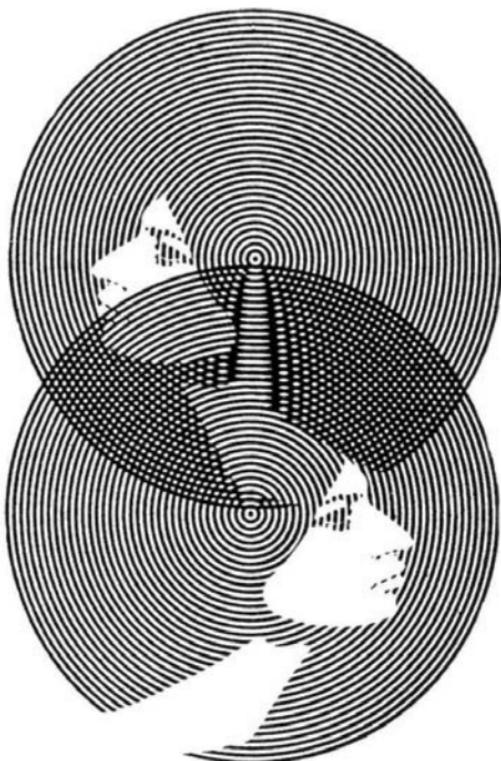


Abb. 19

Experimentell ist nachgewiesen, daß auch dann Augenbewegungen stattfinden, wenn ein Objekt „fest“ fixiert wird. Das ist der Grund dafür, daß bei bestimmten Linienanordnungen Scheinbewegungen auftreten (Abb. 16 bis 19). Die Bewegungseffekte entstehen, weil die Nachbilder mit Neubildern konkurrieren, gegenüber denen sie infolge der unwillkürlichen Augenbewegungen etwas verschoben sind.

## Geometrisch-optische Täuschungen

Das kennt wohl jeder: Dreiecke, die verbogen wirken, obwohl ihre Seiten gerade sind; Linien, die schräg zueinander zu stehen scheinen, obwohl sie parallel sind; oder auch das schiefe Quadrat, von dem sich herausstellt, daß es geometrisch exakt ist, wenn man es mit dem Lineal überprüft (Abb. 20-22). Solche geometrisch-optischen Täuschungen entstehen häufig durch Verbindung eines geometrischen Grundmusters mit geraden oder gekrümmten Linien. Hervorgerufen werden sie durch den Unterschied zwischen unserer eigenen, subjektiven Beurteilung der geometrischen Eigenschaft und den tatsächlichen Gegebenheiten, wie sie das Lineal bezeugt. Die Täuschungen stellen sich relativ leicht ein, da Auge und Hirn in der Natur nie mit solchen geometrischen „Sonderfällen“ Bekanntschaft machen. Es fehlt daher jegliche Erfahrung, jegliche Übung und Fähigkeit, zwei überlagerte, ausgeprägte Muster richtig zu erfassen und zu interpretieren. Es ist uns unmöglich, die Eigenschaften der Figur und die des Hintergrundes zu trennen. Das unterlegte Muster gibt gewissermaßen den Stimmungsrahmen ab wie die Kulissen bei einem Theaterstück (Abb. 23-25).

Von Anfang an haben diese geometrisch-optischen Täuschungen Wissenschaftler der verschiedensten Fachrichtungen

Abb. 20

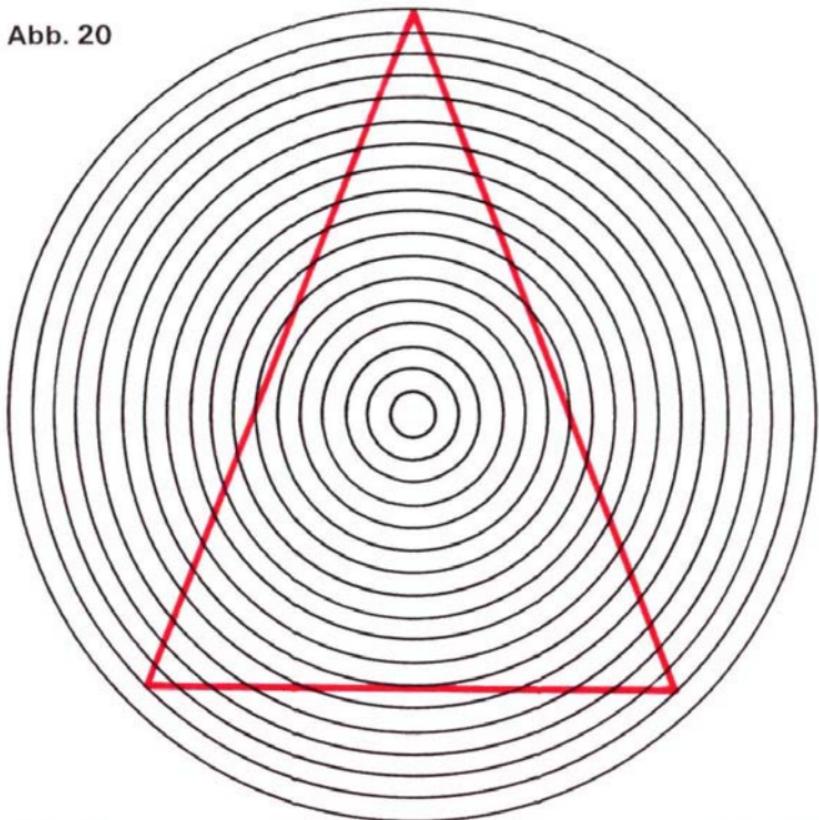


Abb. 21

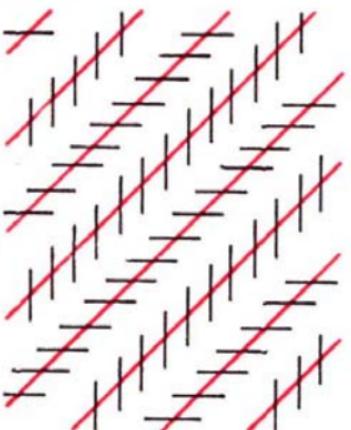


Abb. 22

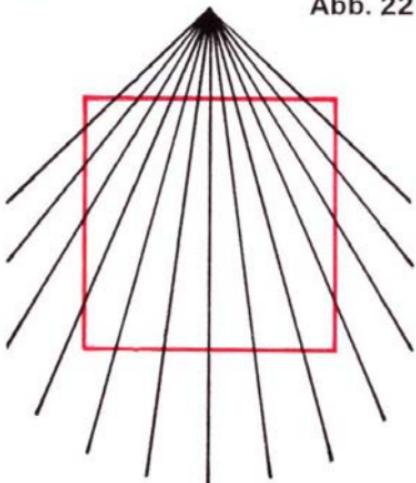


Abb. 23

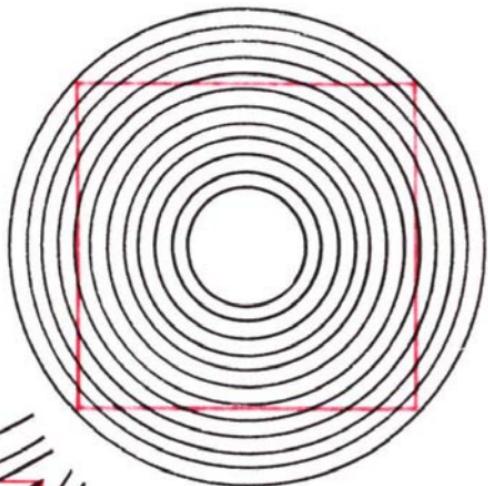


Abb. 24

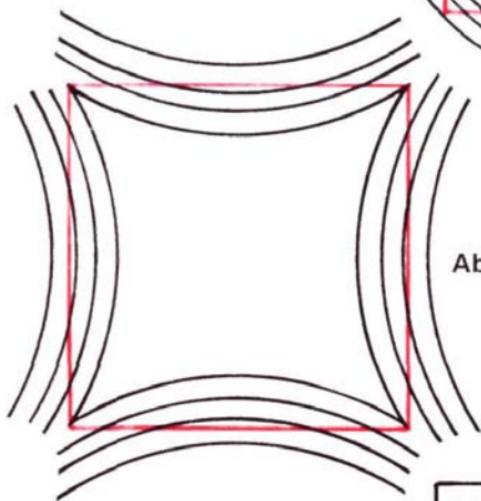
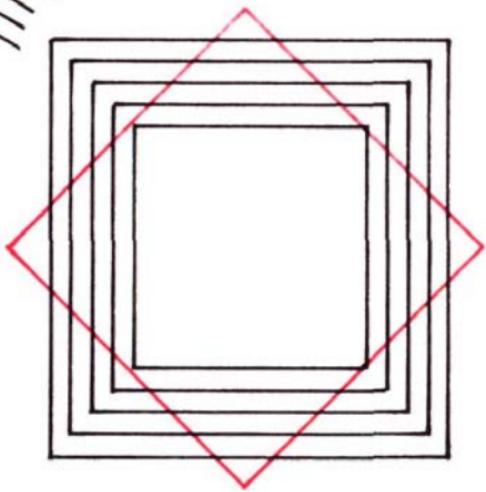


Abb. 25



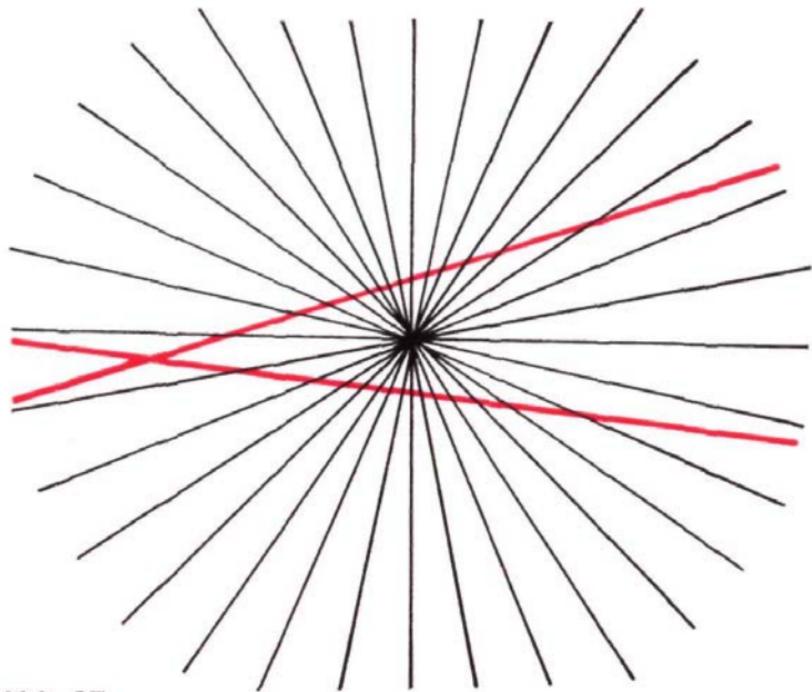


Abb. 27

– Physiker, Physiologen, Psychologen – beschäftigt. Eine einwandfreie, anerkannte Erklärung gibt es dennoch bis heute nicht. Schauen wir uns einige weitere an:

Die Richtung von geraden Linien, die andere unter spitzem Winkel schneiden, wird scheinbar verändert. Die parallelen Geraden (Abb. 26) erscheinen gekrümmt. Bilden die beiden Geraden einen spitzen Winkel (Abb. 27), so werden sie noch stärker gekrümmt. Hierher gehören auch die bereits genannten Verformungen des Quadrats (konvex, konkav, prismatisch, Abb. 23-25) sowie das verformte Dreieck (Abb. 20).

Die sogenannte Zöllner'sche Täuschung ist ebenfalls eine Winkeltäuschung: Infolge schräger Schraffierung entsteht der Eindruck, daß parallele Linien nicht parallel sind (Abb. 21).

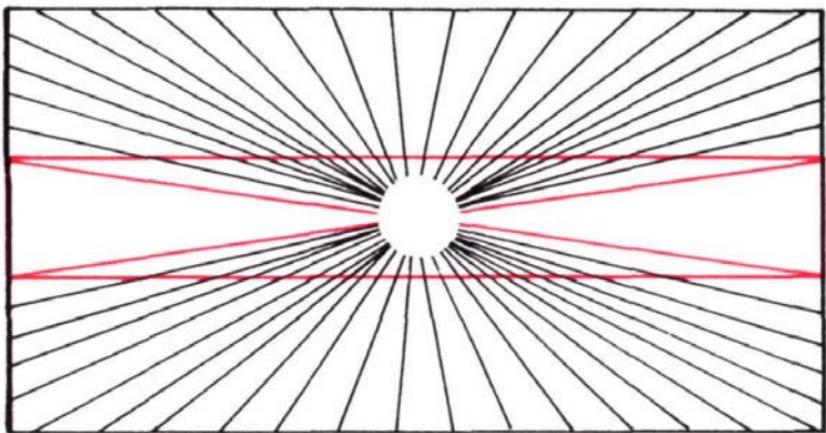


Abb. 26

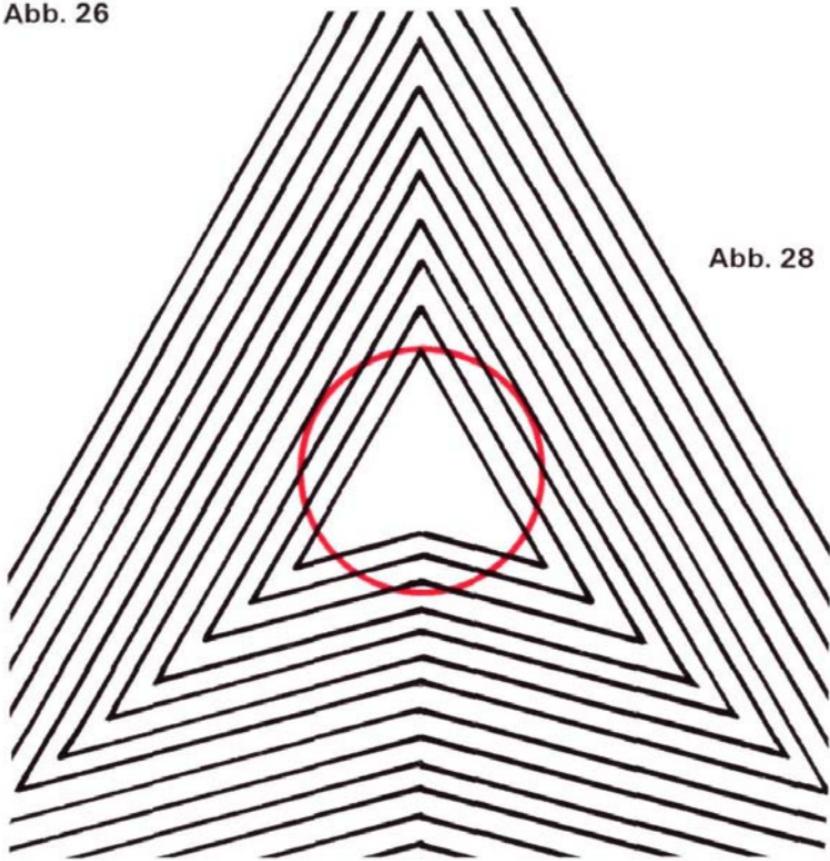


Abb. 28

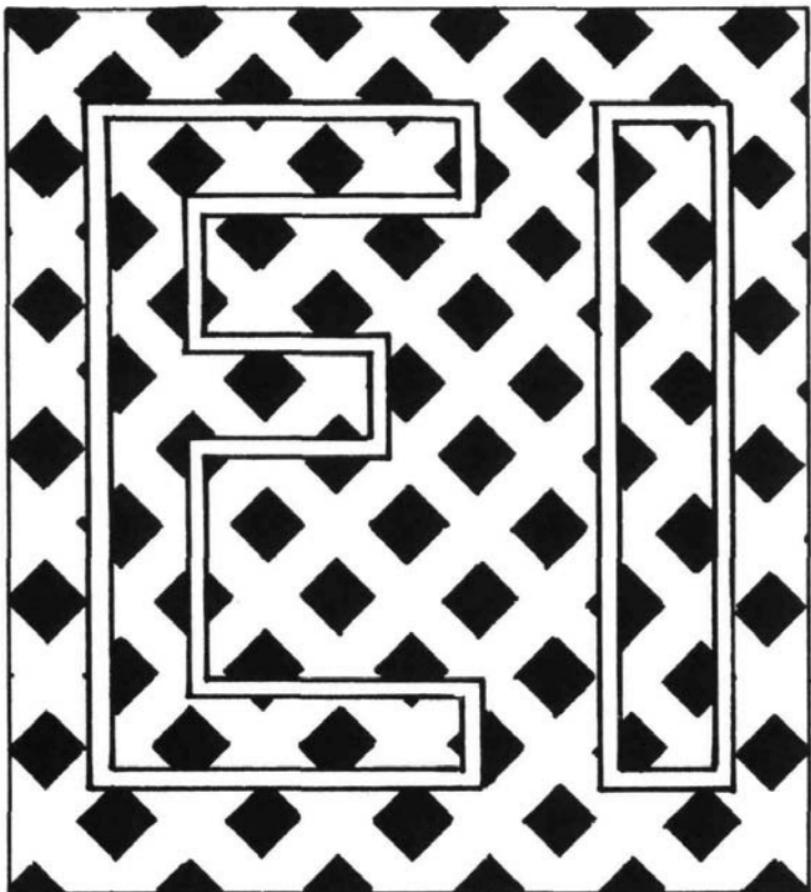


Abb. 29

Bei der „Fraser'schen Buchstabentäuschung“ (Abb. 29 bis 30) handelt es sich um eine Schraffurtäuschung wie bei der schon gezeigten Spirale (Abb. 7).

## Größentäuschungen

Die scheinbare Größe eines Objekts wird nachhaltig beeinflusst durch andere optisch einwirkende Objekte. Diese

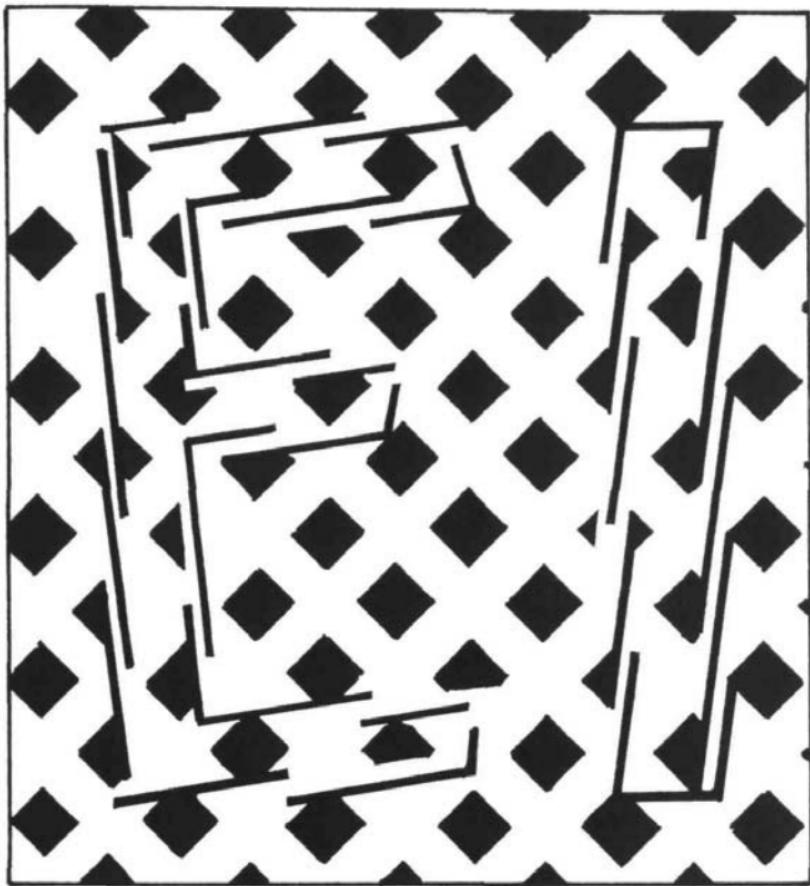


Abb. 30

gegenseitige Beeinflussung gilt für Flächen, Strecken und Winkel. Das bekannteste Beispiel ist die Streckentäuschung, von der es zahlreiche Abwandlungen gibt (Abb. 31-33). Auch wenn es kaum glaublich erscheint – die rote Linie ist stets gleich lang. In der Abb. 31 unten wird die rote Gerade von den einfassenden Winkeln so bedrängt, daß sie verkürzt erscheint. In der Abb. 32 haben die „angehängten“ Kreise den gleichen Effekt.

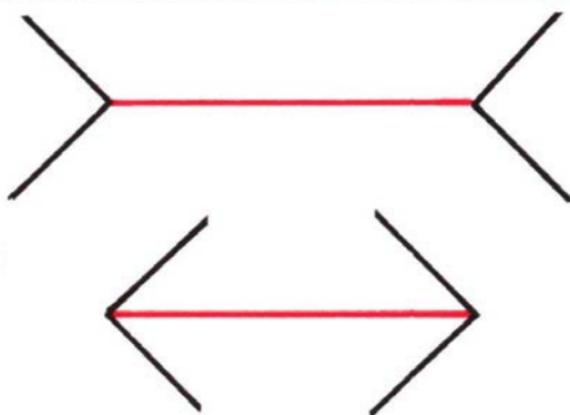


Abb. 31



Abb. 32

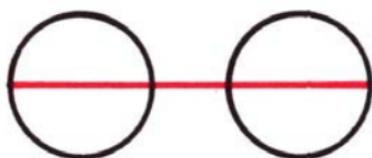


Abb. 33



## Vergleichstäuschungen

Eine weitere Gruppe bilden geometrisch-optische Täuschungen, die zum Teil unter dem Einfluß von Nachbarobjekten zustande kommen.

Am bekanntesten ist das auf dem Gegensatz von Groß und Klein aufgebaute Kreisbeispiel (Abb. 34): Die beiden

Abb. 34

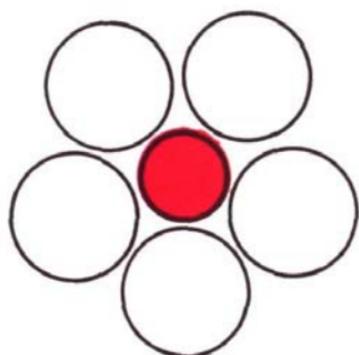
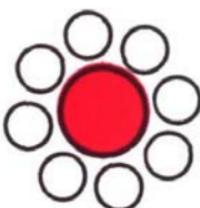
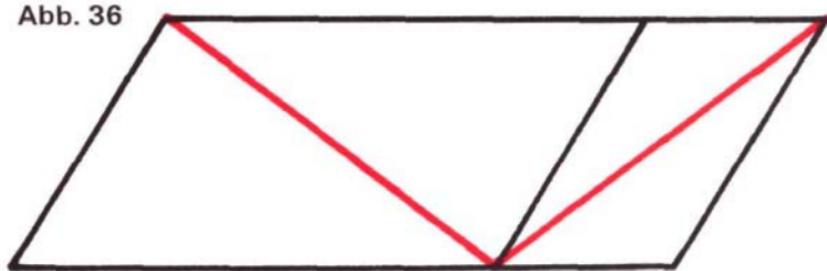


Abb. 35

Abb. 36



inneren Kreise sind gleich groß. Auch die beiden Diagonalen in den Rhomben sind gleich lang (Abb. 36). Hier schätzt man offensichtlich die Winkel falsch ein.

Durch die zusammenlaufenden Außenlinien wirkt in Abb. 35 die untere Waagerechte länger als die darüber. In Wirklichkeit sind beide Linien gleich lang.

## **Bevorzugung der Vertikalen**

Der menschliche Gesichtssinn richtet sich bei der Betrachtung von Gegenständen mehr nach der senkrechten Richtung. Die Zylinderhut-Täuschung (Abb. 37) macht das deutlich. Der Hut ist genauso hoch wie breit (mit Krempe); der Betrachter hält ihn jedoch für wesentlich höher als breit.

## **Unmögliches**

Hier handelt es sich nicht um geometrisch-optische Täuschungen. Das Auge nimmt vielmehr das Objekt so auf, wie es tatsächlich ist. Die Widersprüche in den Zeichnungen ergeben sich, weil das Gehirn versucht, die zweidimensionale Zeichnung räumlich zu deuten. Da es in der Wirklichkeit keine Objekte von derartiger Konstruktion geben kann, fühlen wir uns verwirrt (Abb. 38-43).

## **Räumliches Sehen**

Diese Figuren haben uns die Frage nach dem räumlichen Sehen aufgegeben: Warum und wann wirkt ein zweidimensionales Objekt räumlich? Wie kommt Perspektive zustande? Sind auch hier Täuschungen möglich?

Die beiden Augen des Menschen haben eine etwas voneinander abweichende Lage: deshalb betrachten wir die Außenwelt gewissermaßen von zwei verschiedenen Standpunkten aus.

Abb. 37



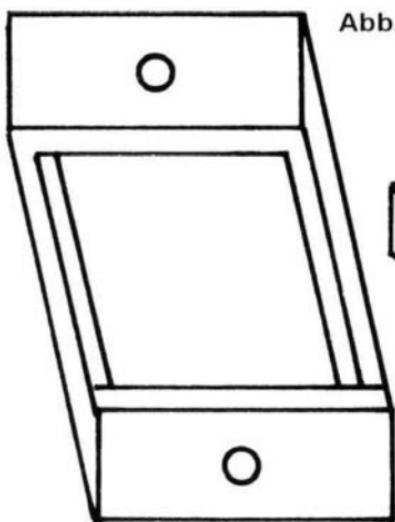


Abb. 38

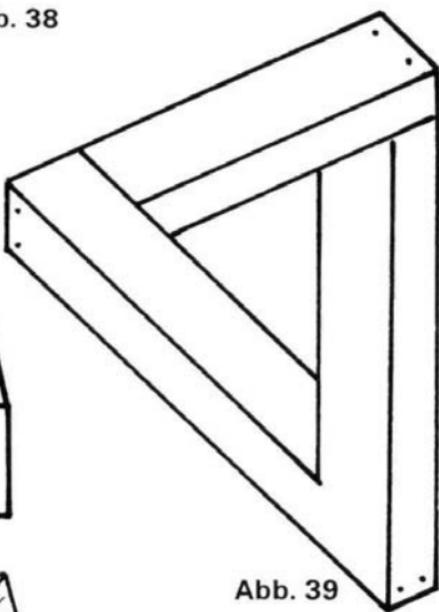


Abb. 39

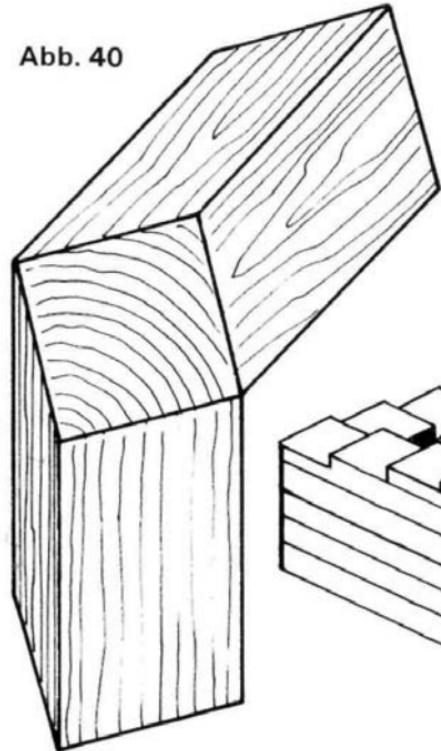


Abb. 40

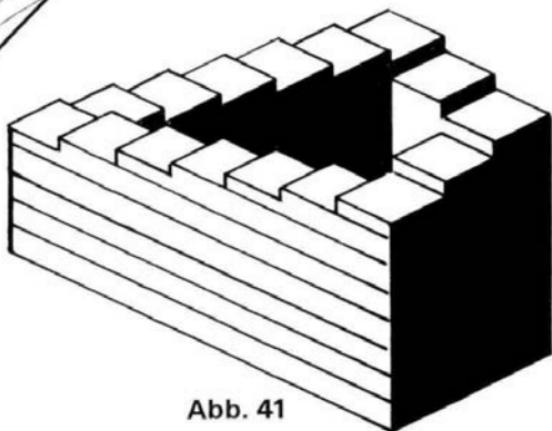


Abb. 41

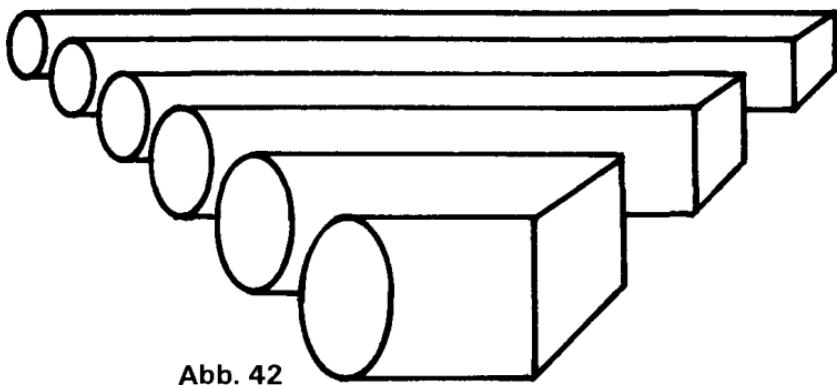


Abb. 42

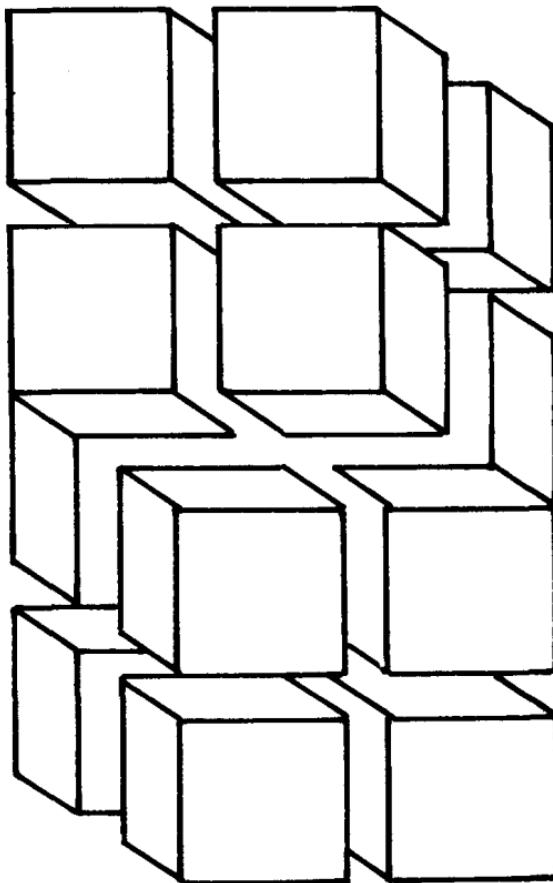


Abb. 43

Die beiden perspektivisch verschiedenen Bilder werden im Gehirn zu einem einzigen Bild vereint, in dem neben den Dimensionen Länge und Breite auch die dritte Dimension, die Tiefe, wahrgenommen wird. Dieser Vorgang des räumlichen Sehens ist unbewußt und mehr psychologischer als physiologischer Natur. Zur Objektwahrnehmung gesellt sich der Vergleich mit gespeicherten Erfahrungen. Die Interpretation und Bewertung beeinflussen das psychologische Bild und seine Form. Beim räumlichen Sehen treten nun eine Reihe von Täuschungen auf, die psychologische Gründe haben. Neueren Erkenntnissen zufolge geschieht das räumliche Sehen hauptsächlich nur über *ein Auge*; die Beteiligung des zweiten soll die Tiefenschärfe steigern und den Sehvorgang beschleunigen.

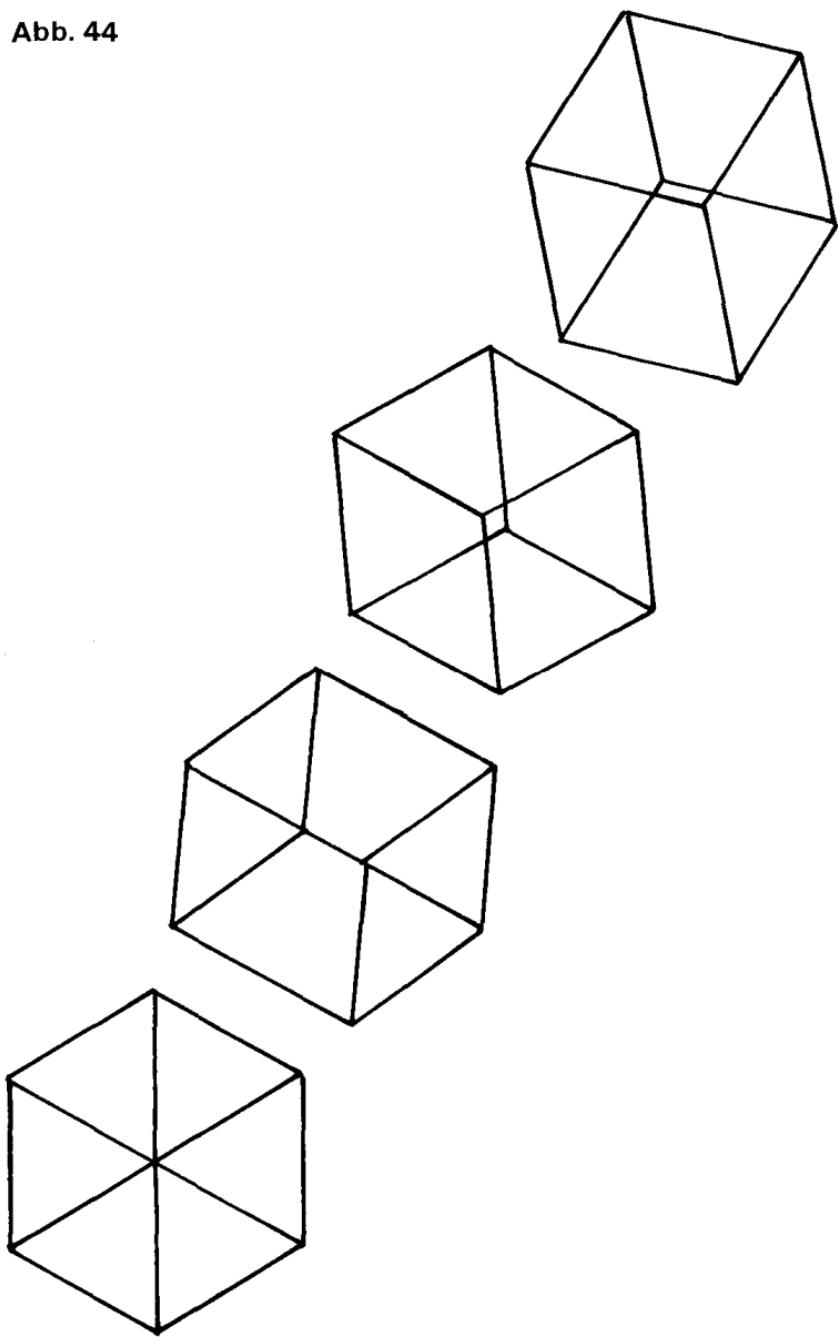
Prüfen Sie Ihren Sinn für die Perspektive! Könnten diese vier Figuren einen und denselben Körper darstellen (Abb. 44)? (Ja, es handelt sich um einen diagonal gestellten Würfel, der aus verschiedenen Blickwinkeln gesehen wird.)

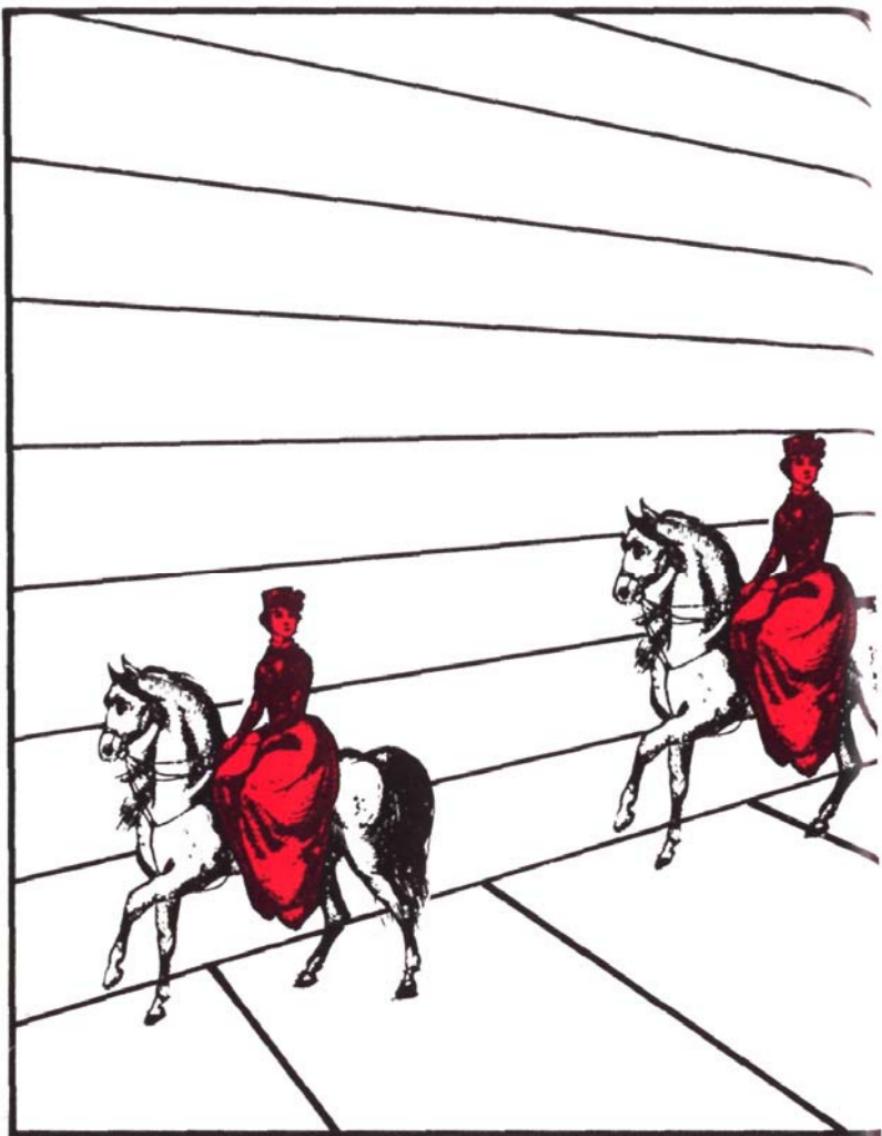
Welche parallelen Kanten des Würfels liegen eigentlich vorn und welche hinten? Die Antwort ist nicht immer eindeutig, weil hier die Umkehrung mit im Spiel ist: Vorn wirkt wie hinten, hinten wirkt wie vorn.

Unsere Blickrichtung ist gerade; etwas anderes ist nicht möglich. Weil wir nur so sehen, werden mit zunehmender Entfernung die Objekte kleiner. Deswegen verwirrt es uns, wenn diese gesicherte Erfahrung nicht mehr stimmt. In Abb. 45 sind alle abgebildeten Figuren gleich groß; die hintere Figur erscheint jedoch am größten. Unsere Gewohnheit, perspektivische Zeichnungen räumlich richtig zu deuten, verleitet uns dazu, in dieser Abbildung die gleich großen Gestalten entsprechend der perspektivischen Tiefe „umzusehen“ und die vordere Frau etwa halb so groß wie die Frau im Hintergrund einzuschätzen.

Zu den wichtigsten Hilfsmitteln für die Entfernungsschätzung gehört die uns bekannte Größe eines Objekts

**Abb. 44**





bzw. aller im Bild befindlichen Objekte überhaupt. Erscheint uns ein kleines Objekt (wir wissen, daß es klein ist) groß, so muß es nah sein (das wissen wir aus Erfahrung ebenfalls).

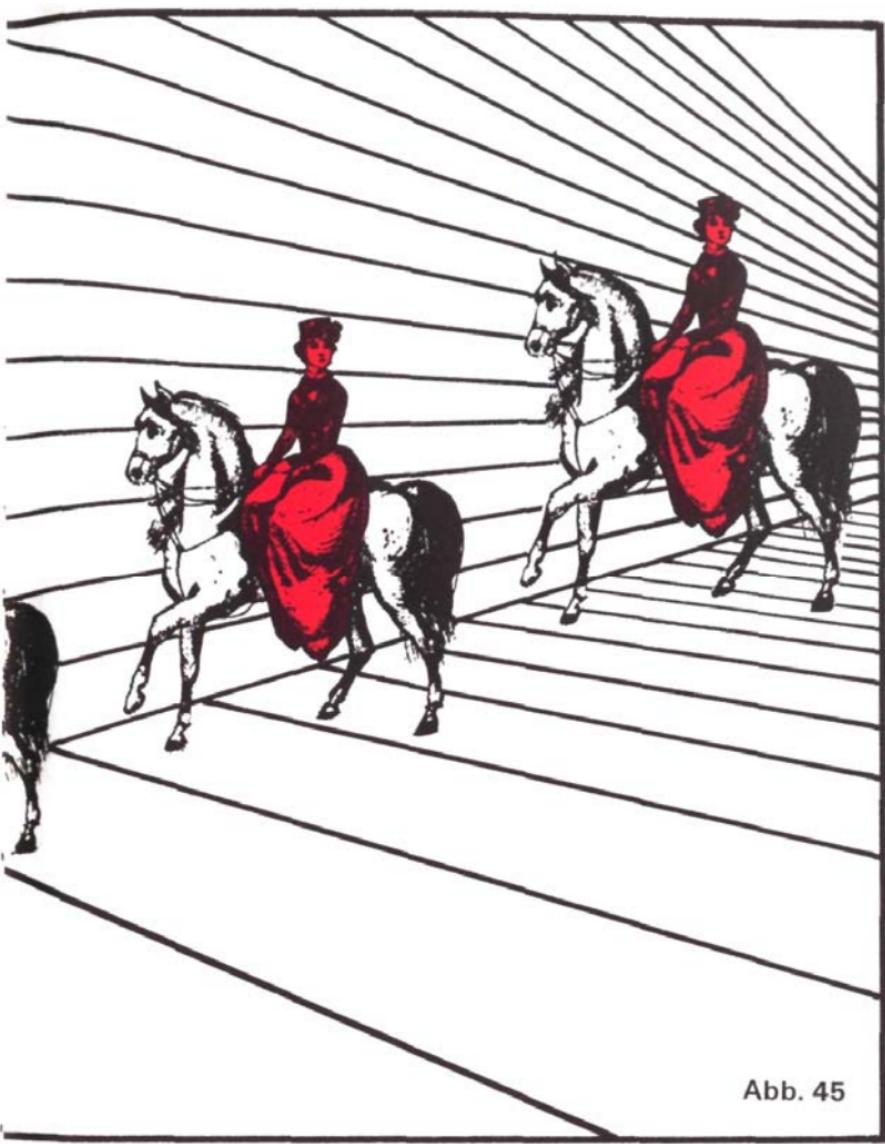


Abb. 45

Dieses Wissen übertragen wir nun auf kleine Objekte, die wir nicht kennen. Umgekehrt: Erscheint uns ein entfernter Gegenstand groß, dann muß er, so schließen wir, wohl sehr groß

sein. Ist diese Beurteilung falsch, so unterliegen wir einer Täuschung – wie das Bild mit den vier Reiterinnen beweist.

## Schlußbemerkung

Es gibt noch, zahlreiche weitere optische Täuschungen: Größentäuschungen nach dem Prinzip der Größenkonstanz, Wahrnehmungsfehler infolge eines konstanten Seheneindrucks, Täuschungen durch Texturgradienten, durch die Verteilung von Licht und Schatten, Bewegungstäuschungen, Trugwahrnehmungen, Gestaltwahrnehmungen und vieles andere.

Hier sollte zum einen dargestellt werden, was sich hinter dem Begriff „Sehen“ verbirgt, und zum anderen, welchen Täuschungen der optische Apparat Auge gemeinsam mit der Zentrale Gehirn unterliegen kann.

Das kann und sollte uns gelegentlich zu denken geben im Sinne Ivo Frenzels, der einmal gesagt hat: „Überraschende, erschreckende, seltene, groteske, liebenswürdige und perfide Illusionen begleiten unser Leben. Maler und Dichter, Wissenschaftler und Gaukler, Lehrer und Politiker haben zum Spaß und Schrecken, zur Erziehung oder Verunsicherung der Menschen seit je ein unendliches Feld der Wünsche, Träume, Hoffnungen und Täuschungen ausgebreitet. Aber sie alle, selbst die größten Künstler, die raffiniertesten Gaukler und die durchtriebensten Menschenverächter sind gefangen im Netz jener Illusionen, die uns unsere Sinnesorgane vermitteln.“

## Bildquellenverzeichnis

Abb. 16: Lou Kleine, London (aus: *Gebrauchsgrafik* 4/76)

Abb. 17: Franco Grignani, Mailand (aus: *Gebrauchsgrafik* 2/72)

Abb. 18: Victor Vasarely (aus: *Gebrauchsgrafik* 1/70)

Abb. 19: Herbert Grooteaes, Lüttich (aus: *Gebrauchsgrafik* 4/69)



Das farbige Nachbild: Fixieren Sie den weißen Punkt etwa 30 Sekunden lang; dann blicken Sie auf eine weiße Fläche. Was erscheint?

Diese Broschüre ist im Handel nicht erhältlich.

Das Beste