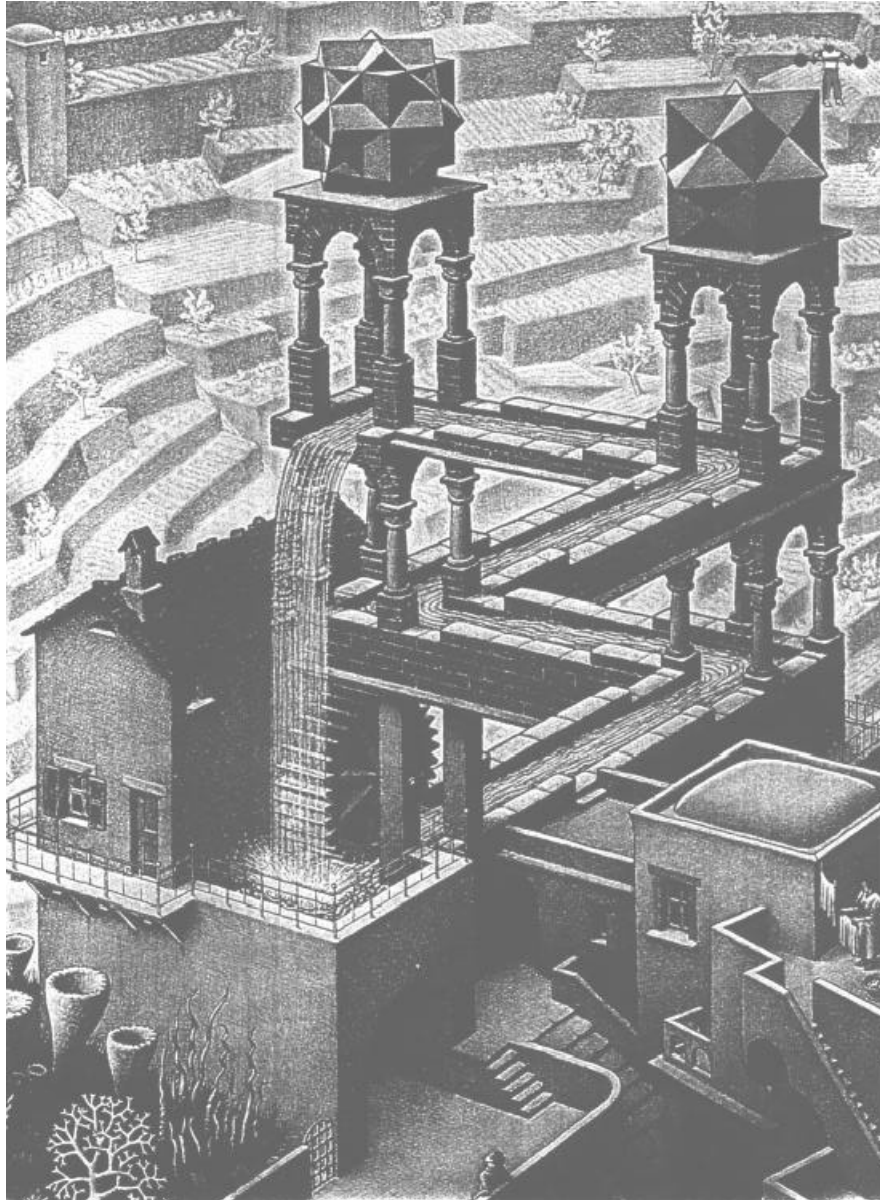


Optische Täuschungen



Wettbewerb „Jugend forscht / Schüler experimentieren“ 2002

Julian Kohrs (13 Jahre)

*Arbeitsgemeinschaft „Jugend forscht“
des Christian-Gymnasiums Hermannsburg*

Betreuung: StD Thomas Biedermann

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Der Sehvorgang	3
Unterteilung der optischen Täuschungen	4
Wechseltäuschungen	4
Irreale Zeichen	5
Erkennen aus der Erinnerung	5
Verzerrungen	6
Größentäuschungen	6
Ergänzungstäuschungen	7
Scheinbare Bewegung	8
Unmögliche Bilder	8
Die unmöglichen Bilder des M.C. Escher	9
Abschlussbemerkungen	10
Literatur	10

Einleitung

Auf dieses Thema bin ich auf eine ziemlich komische Art und Weise gekommen. Als ich zu Gast bei Bekannten war, habe ich in Gedanken versunken auf die Tischdecke gesehen, auf der ein seltsames Muster abgebildet war. Als mir auffiel, dass das Rautenmuster wie dreidimensionale Quader aussah, betrachtete ich es genauer. Ich war sehr interessiert und habe natürlich jeden, den ich kannte, gefragt, wie es dazu kommt, dass die Rauten wie zum Greifen naher Würfel zu sein scheinen. Aber keiner wusste es. Da habe ich mir vorgenommen, es selbst herauszufinden. Also habe ich mich einen Monat vor den Sommerferien bei der Gruppe „Jugend Forscht“ des Christian-Gymnasiums Hermannsburg angemeldet, um mich intensiver mit dem Thema „Optische Täuschungen“ zu befassen.

Vor allem wollte ich mich damit beschäftigen, wie optische Täuschungen entstehen, aber dann habe ich die „Weite“ des Feldes entdeckt und mich einfach hinreißen lassen.

Mit einem Thema fing es an, nun sind es drei: „Wie unterscheidet man optische Täuschungen“, „Der Sehvorgang“ und „Wie entsteht eine optische Täuschung“. Fast hätte ich noch „Optische Täuschungen in der Natur“ bearbeitet, doch dafür hat leider die Zeit nicht mehr gereicht.

Der Sehvorgang

Um optische Täuschungen wahrzunehmen müssen wir etwas ganz bestimmtes können: sehen! Aber wie sehen wir überhaupt??

Das menschliche Auge ist wie eine Kamera aufgebaut. Es hat eine Linse, die durch einen Muskel verändert werden kann. Wir sehen das Bild durch die Linse eigentlich seitenverkehrt und auf dem Kopf stehend. Etwa 100 Millionen Sehzellen, die sogenannten Photorezeptoren, nehmen das Bild auf. Das Gehirn hat sich seit unserer Kindheit daran gewöhnt, das alles auf dem Kopf steht, und dreht das Bild automatisch um. Das Auge ist sehr eng mit dem Gehirn verknüpft. Bei manchen Ob-

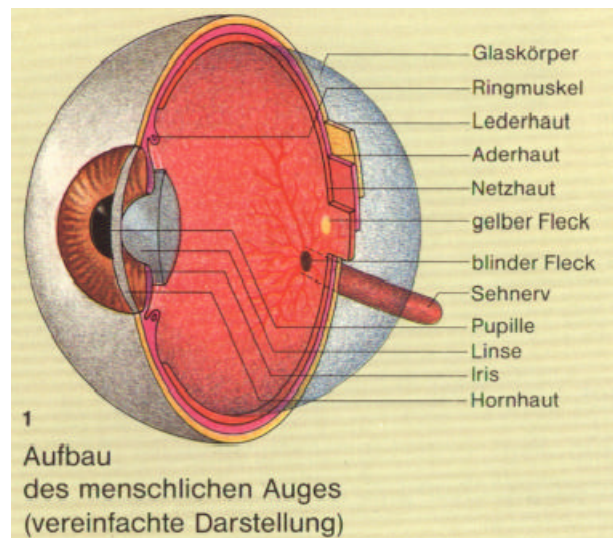


Abb. 1: Das menschliche Auge

jekten jedoch verschwimmt oft die Linie zwischen Auge und Verstand. Aber das Gehirn arbeitet so lange und so hart, bis es einen Sinn in das Gesehene bringen kann. Solche Probleme gibt es oft bei optischen Täuschungen, denn sie tendieren immer zum Unbestimmten und Vernebelten. Sollte der Verstand selbst nach längerer Zeit noch keinen Sinn gefunden haben, nehmen wir einfach das wahr, was wir erwarten oder hoffen zu sehen.

Unterteilung der optischen Täuschungen

Es gibt verschiedene Arten von optischen Täuschungen. Zum Beispiel bei „Wechseltäuschungen“ geht es um mehrdeutige Bilder, bei „Dreidimensionalen Täuschungen“ erscheint das Bild zum Greifen nahe und scheint doch aus dem Rahmen zu springen, bei „Größentäuschungen“ wird ein Objekt oder eine Zeichnung - meistens durch die Umgebung - scheinbar vergrößert oder verkleinert oder als „Verzerrung“ beispielsweise eine Linie durch einen Kreis gebogen.

Auf eine Reihe von Beispielen gehe ich auf den folgenden Seiten näher ein.

Wechseltäuschungen

Diese Art von Täuschungen werden auch als Doppelbilder bezeichnet. Es sind mehrdeutige Bilder, zwischen dessen beiden möglichen Deutungen das Gehirn immer hin- und herschaltet. Als Beispiel dafür dient dieser Klassiker unter den optischen Täuschungen. Erkennt man in Abbildung 2 eine Vase oder zwei Gesichter? Beide Eindrücke sind gleich stark. Deshalb wechselt das Gehirn immer zwischen den Bildern, je nachdem, was unser Gehirn als Vorder- oder Hintergrund erkennen möchte. Diese Illusion stammt aus dem Jahre 1915.

Durch das Hinzufügen von Details jedoch verschwindet der Wechsel-effekt:



Abb. 2a: Eine Vase

Beim linken Bild entsteht durch die Blumen eher der Eindruck, dass es sich um eine Vase handelt. Dafür sind beim rechten Bild durch angedeutete Augen und Lippen die beiden Gesichter mehr hervorgehoben. Zur Erkennung eines Gegenstands gehört der Gegenstand selbst und - um die Erkennung zu erleichtern - eine entsprechende natürliche Umgebung.

Auch beim Bild rechts unten spielt die Umgebung eine große Rolle. Wenn man die Buchstabenreihe von links nach rechts betrachtet, ist die Figur in der Mitte ganz klar der Buchstabe „B“.

Liest man jedoch die Zahlenreihe von oben nach unten, wird der Buchstabe zur Zahl „13“. Was wir sehen, wird nämlich von dem bestimmt, was wir erwarten zu sehen.



Abb. 2: Original „Die Zwei“



Abb. 2a: Zwei Gesichter

12
A B C
14

Abb. 3: „B“ oder „13“?

Irreale Zeichen

Bei dieser Art von Täuschungen handelt es sich um Flecken- und Farbentäuschungen. In der Illusion auf der linken Seite entstehen zwischen den Quadraten „mysteriöse“ graue Flecken, die bei näherem Betrachten wieder verschwinden. Die Augen lassen diesen Effekt jedoch mit Absicht entstehen, um den Kontrast von schwarz zu weiß zu vermindern.

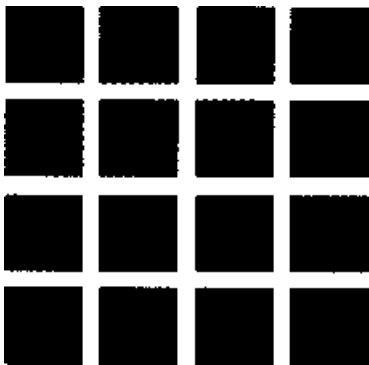


Abb. 5: An den Kreuzungen erscheinen graue Flecken

Bei dem rechten Bild entstehen beim Fixieren des Bildes farbige Rauten. Wie diese Täuschung entsteht, ist bis heute noch nicht klar. Der Effekt verstärkt sich übrigens, wenn man das Bild bei schwachem Licht und leicht gekippt betrachtet.

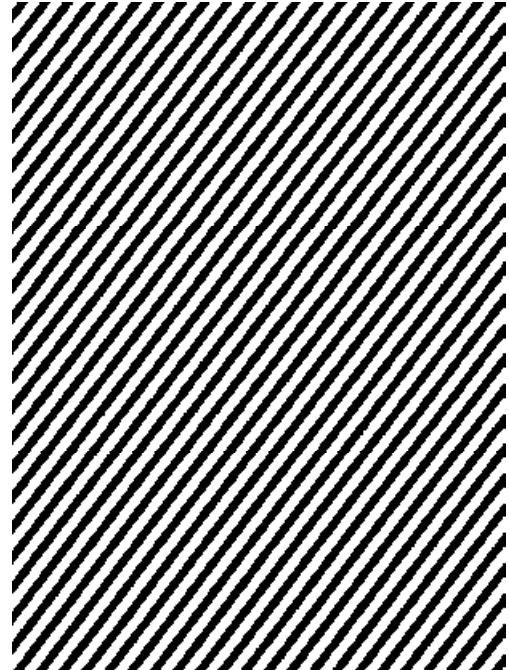


Abb. 4: Die Streifen erzeugen farbige Rauten

Erkennen aus der Erinnerung

Na ja, ich finde, so richtige optische Täuschungen sind das nicht, aber bei Nachforschungen habe ich so etwas nur bei Büchern über optische Täuschungen gefunden. Hier braucht man einen Hinweis, um das Dargestellte zu erkennen, kann danach aber das Bild aus der Erinnerung jederzeit wieder erkennen.



Abb. 6: Ohne weitere Information schwer zu erkennen des Bild

Was sieht man auf dem linken Bild? Genießen sie den Anblick, denn wenn man erst weiß, was es ist, wird man es künftig immer sofort wiedererkennen können (Die Auflösung steht unten auf der Seite). Abbildung 7 zeigt zunächst nur ein Paar Flecken, aber bei näherem Hinsehen erkennt man in dem Wirrwarr von schwarzen Flecken Kopf und Schultern einer Kuh. Auch hier ist es nach der Erkennung fast unmöglich, nur wieder Flecken zu sehen.

Das ist wie bei dem Wiedererkennen einer Person. Wenn man ihren Namen kennt, kann man ihn jederzeit der Person wieder zuordnen und es ist fast nicht mehr möglich, sie zu verwechseln (Zwillinge, Drillinge usw. sind da allerdings Ausnahmen).

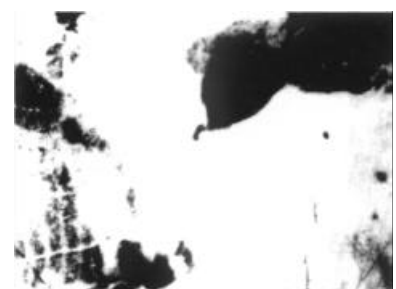


Abb. 7: Zunächst sieht man nur irgendwelche Flecken

Es ist ein in die Länge gezogenes „E“:

Verzerrungen

Bei dieser Art von optischen Täuschungen handelt es sich um die scheinbare Verformung eines Objektes. In Abbildung 8 bewirkt die Krümmung der ineinander geschachtelten Kreise, dass das Auge versucht, die geraden Linien des Quadrates in der entgegengesetzten Richtung „zu verbiegen“, daher erscheinen die Linien des Quadrates gekrümmt statt gerade.

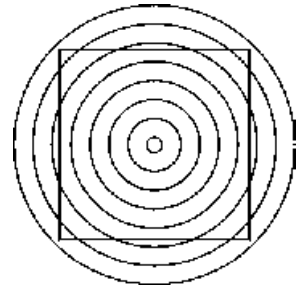


Abb. 8: Die Kreise verzerren das Quadrat

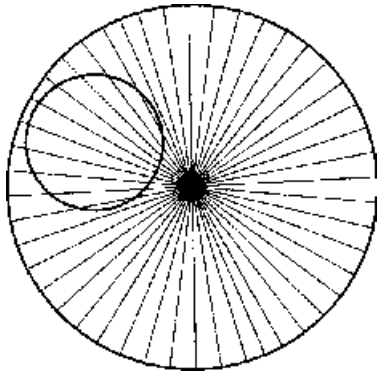


Abb. 9: Radiale Linien verformen einen Kreis

Bei Abbildung 9 bewirken die vom Zentrum ausgehenden Linien eine Verformung des kleinen Kreises links oben. Je enger die Linien verlaufen, desto stärker versucht das Auge, die Kreiskrümmung „zu begradigen“.

Bei Abbildung 10 sind die schräg von links unten nach rechts oben verlaufenden Linien parallel, durch die kreuzenden kurzen Linien in verschiedenen Richtungen werden die Parallelen „verzogen“ und erscheinen nach rechts geneigt, wenn die Kreuzungen senkrecht verlaufen bzw. nach oben, wenn die Kreuzungen waagrecht sind.

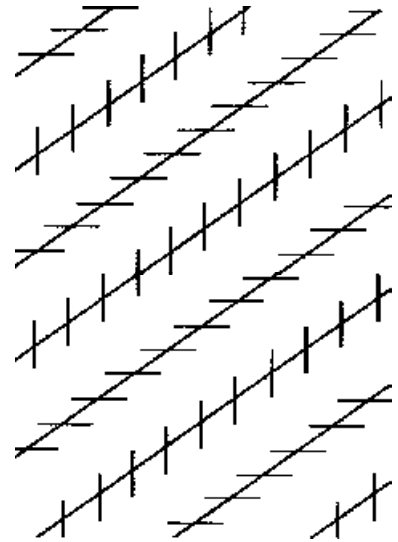


Abb. 10: Kreuzungen ändern die Richtung von Parallelen

Größentäuschungen

Hier kommt es auf die Größe an. Erst durch Nachmessen erkennt man bei den folgenden Beispielen, worauf es ankommt...

Hier möchte ich wieder einen Satz in Erinnerung rufen, den ich bereits bei den Wechseltäuschungen erwähnt habe: „Auf die Umgebung kommt es an.“ Diese Täuschungen von Delboef bestätigen dies. Die Größe der ringförmig angeordneten Kreise um den Kreis in ihrer Mitte wird verändert. Die inneren Kreise scheinen dadurch unterschiedlich groß zu sein ... doch sie sind es nicht! Durch die Veränderung der Umgebung ergibt sich ein scheinbarer Unterschied der Größe

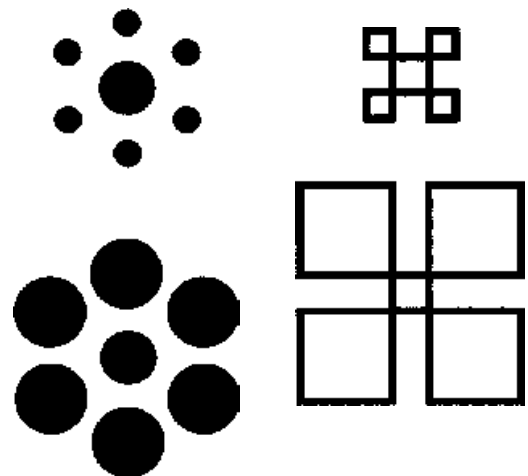


Abb. 11, 12: Die Größe der umgebenden Objekte verändert die scheinbare Größe des inneren Objektes

ßen der inneren Kreise. Das Gehirn vergleicht die nebeneinander liegenden Kreise. Wenn die umgebenden Kreise größer sind als der innere, wird er zusätzlich verkleinert, sind sie kleiner, wird er zusätzlich vergrößert. Das ist aber nur der Anschein, tatsächlich sind beide inneren Kreise genau gleich groß. Nach dem gleichen Prinzip arbeitet auch die Täuschung mit den Quadraten. Die Kreis- und die Quadrattäuschung stammen aus dem Jahre 1892 und sind zwei Jahre später unter dem Namen „Delboef-Täuschungen“ bekannt geworden.

Bei der Täuschung in Abbildung 13 von Muller-Lyer sind die beiden Linienabschnitte tatsächlich gleich groß. Sogar wenn man ein Millimetermaß daneben legt, bleibt diese Täuschung aufrecht erhalten, und die untere Hälfte scheint immer noch um fast ein Drittel größer als die obere zu sein. Erst das Ablesen der Linienlängen auf der Skala bestätigt ihre gleiche Länge. Der Effekt wird durch die Länge und den Winkel der Pfeilspitzen beeinflusst.



Abb. 13: Pfeile unterschiedlicher Länge?

Ergänzungstäuschungen

Hier werden Bilder ergänzt, ohne das wir es bewusst merken. Das Auge vervollständigt die fehlenden Linien automatisch. Diesen Vorgang zeigt die Abbildung 14, bei der man die Form

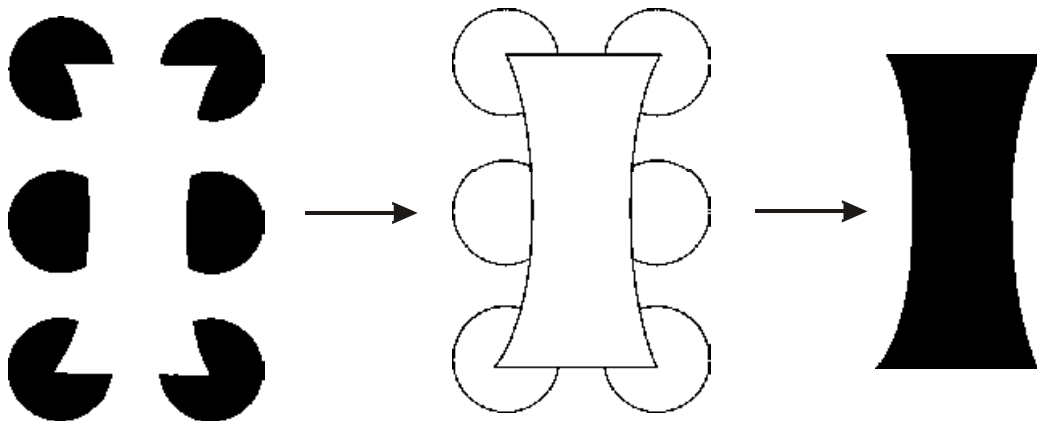


Abb. 14: Aus den 6 Teilkreisen des linken Bildes ergänzt das Auge die fehlenden Linien zu der Form des rechten Bildes

einer Vase erkennt. Das Auge erkennt vielleicht nicht auf Anhieb, dass es eine Vase darstellen soll, aber es ergänzt die fehlenden Linien sofort. Gezeigt ist hier die Reihenfolge von links nach rechts, wie vermutlich die Verarbeitungsschritte im Gehirn ablaufen. Das Auge ergänzt die Linien natürlich nicht ziellos, sondern setzt die in den schwarzen Teilkreisen erkennbaren Liniestücke zu einer geschlossenen Linie zusammen, selbst wenn da gar keine Linie ist. Etwas Entsprechendes passiert in der Abbildung 15 für einen Würfel.

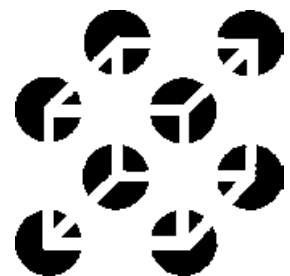


Abb. 15: Die Kreise bilden einen Würfel

Scheinbare Bewegung

Nanu! Meine Bilder bewegen sich von alleine? Nein, doch nur eine Täuschung. Hier scheinen sich Objekte zu bewegen, es ist jedoch noch nicht ganz geklärt, wie es zu diesem Phänomen kommt. Beim Betrachten scheinen sie sich etwas zu bewegen. Wenn man das Bild nach Abbildung 16 etwas kreisen lässt, scheint sich das Rad zu drehen.

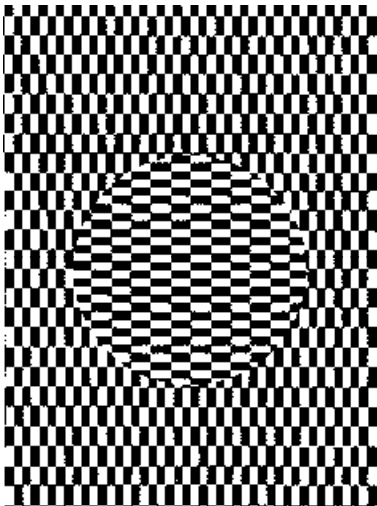


Abb. 17: Der Ball von Ouchi

Auch Ouchi griff auch in das Geschehen der optischen Täuschungen ein (Abbildung 17). Er entdeckte eine optische Täuschung,

an der sich die Forscher heute noch den Kopf zerbrechen. Der Ball scheint dreidimensional zu sein und über einer anderen Ebene zu schweben. Und wenn man das Bild kreisen lässt, rollt er sogar im Bild ein wenig hin und her.

Immer wenn ich diese Seite sehe, wird mir etwas schwindelig. Das liegt daran, dass unser Gehirn die Informationen nicht ganz richtig verarbeiten kann. Wir wissen, dass sich die Zeichnung nicht bewegt, doch was wir sehen, scheint eindeutig dagegen zu sprechen.

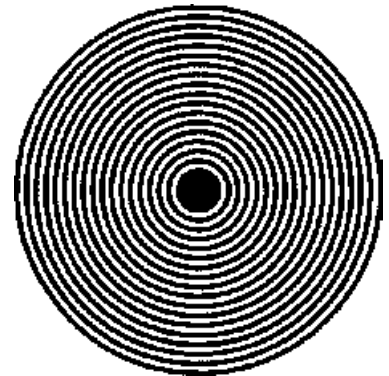
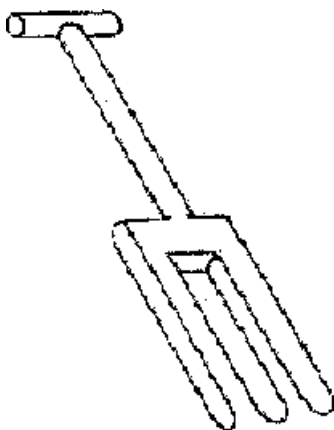


Abb. 16: Die Kreise erscheinen „lebendig“

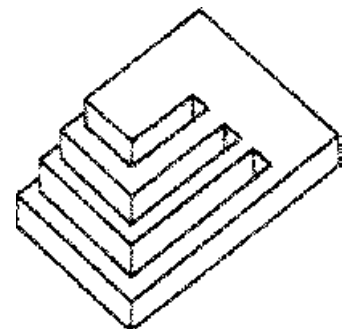
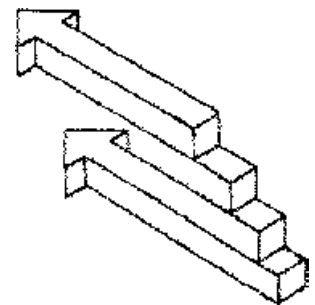
Unmögliche Bilder

Es handelt sich hier genau genommen gar nicht um optische Täuschungen, denn Vorlage und Wahrnehmungsbild stimmen überein. Was den Beschauer irritiert ist die Tatsache, dass die Muster räumlich interpretiert werden und dass kein dreidimensionales Objekt wirklich so aussehen kann. Es scheint als hätten diese zwei Pfeile in Abbildung 18 vier Enden.



Sie können ihr Gehirn arg durcheinander bringen, wenn sie sich konzentrieren um herauszubekommen, was sie wirklich sehen.

Auch bei der Forke in Abbildung 21 kann man nicht genau sagen, ob sie zwei, drei oder gar keine Zinken hat. Wenn man die untere Hälfte verdeckt, hat sie zwei, wenn man die obere verdeckt, drei Zinken. Und wie viele Stufen hat die Treppe (Abbildung 22) nun wirklich?



Die unmöglichen Bilder des M.C. Escher

Escher zeichnete Bilder, die gleichzeitig Kunstwerk und optische Täuschung sind.

Das Bild in Abbildung 21 von Escher heißt *Belvédère*. Ich möchte als aller erstes auf den Mann links vor dem (höchst seltsamen) Turm hinweisen: er hält einen eigentlich unmöglichen Würfel in seiner Hand.

Erst bei näherem Betrachten erkennt man die wahre Täuschung des Turmes. Wie Eschers *Belvédère* funktioniert, lässt sich durch die zu Grunde liegenden Strukturen erkennen. Der Schlüssel zur Täuschung liegt in irreführenden perspektivischen Signalen. Die horizontalen Flächen des Quaders, die den Turm bilden, sind lang und schmal. Escher legt die zueinander im Widerspruch stehenden Teile dieses Würfels so weit wie möglich auseinander und verschleiert die Ungereimtheiten sorgfältig. Die Decke ist etwa von Bögen halb verdeckt, während der Fußboden hinter dem Geländer so gut wie unsichtbar bleibt. So kann Escher die Tatsache verdecken, dass die obere Etage um 90° gegen die untere verdreht ist. Die Frau in der oberen Etage sieht in eine andere Richtung wie der Mann ein Stockwerk tiefer, obwohl sie beide zwischen den gleichen Säulen stehen. Sollte dies in der Realität funktionieren, müssten die Säulen stark gekrümmt sein. Escher vermag den Gesamteindruck durch streng realistische Darstellungen zu vermitteln und die eklatanten Widersprüche im Kern geschickt zu tarnen.

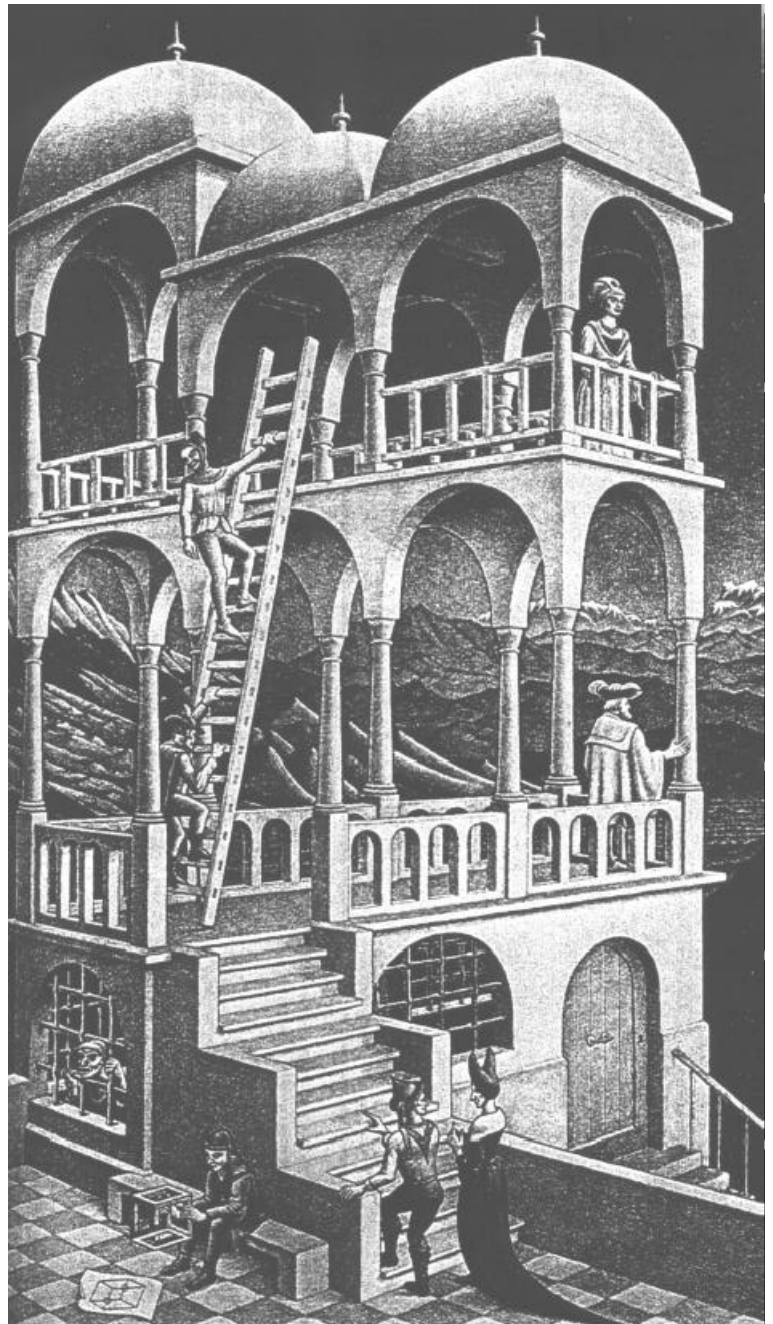


Abb. 21: Eschers Kunstwerk „*Belvédère*“

Abschlussbemerkungen

Durch dieses Projekt habe ich erfahren, dass es viele verschiedene Arten von optischen Täuschungen gibt, woran man sie unterscheidet und wie sie entstehen. Natürlich habe ich nur einen Teil von dem Gebiet des Vernebelten erforscht. Optische Täuschungen sind ein sehr weites Feld. Ich hätte zum Beispiel auch optische Täuschungen in der Natur untersuchen können, ein einfaches Beispiel dafür wäre der Regenbogen, der aus allen Farben besteht oder die Federn des Pfauens, die aussehen, als ob es Augen wären, die einen anstarren.

Auf jeden Fall gibt es noch viel zu erforschen.

Literatur

- [1] Al Seckel: Optische Illusionen, Tosa Verlag
- [2] Nigel Rodgers: Unglaubliche optische Illusionen
- [3] Schober u. Herbert Moos: Das Bild als Schein der Wirklichkeit
- [4] Pocket-Quiz „Optische Illusionen“, Moses Verlag Kempen