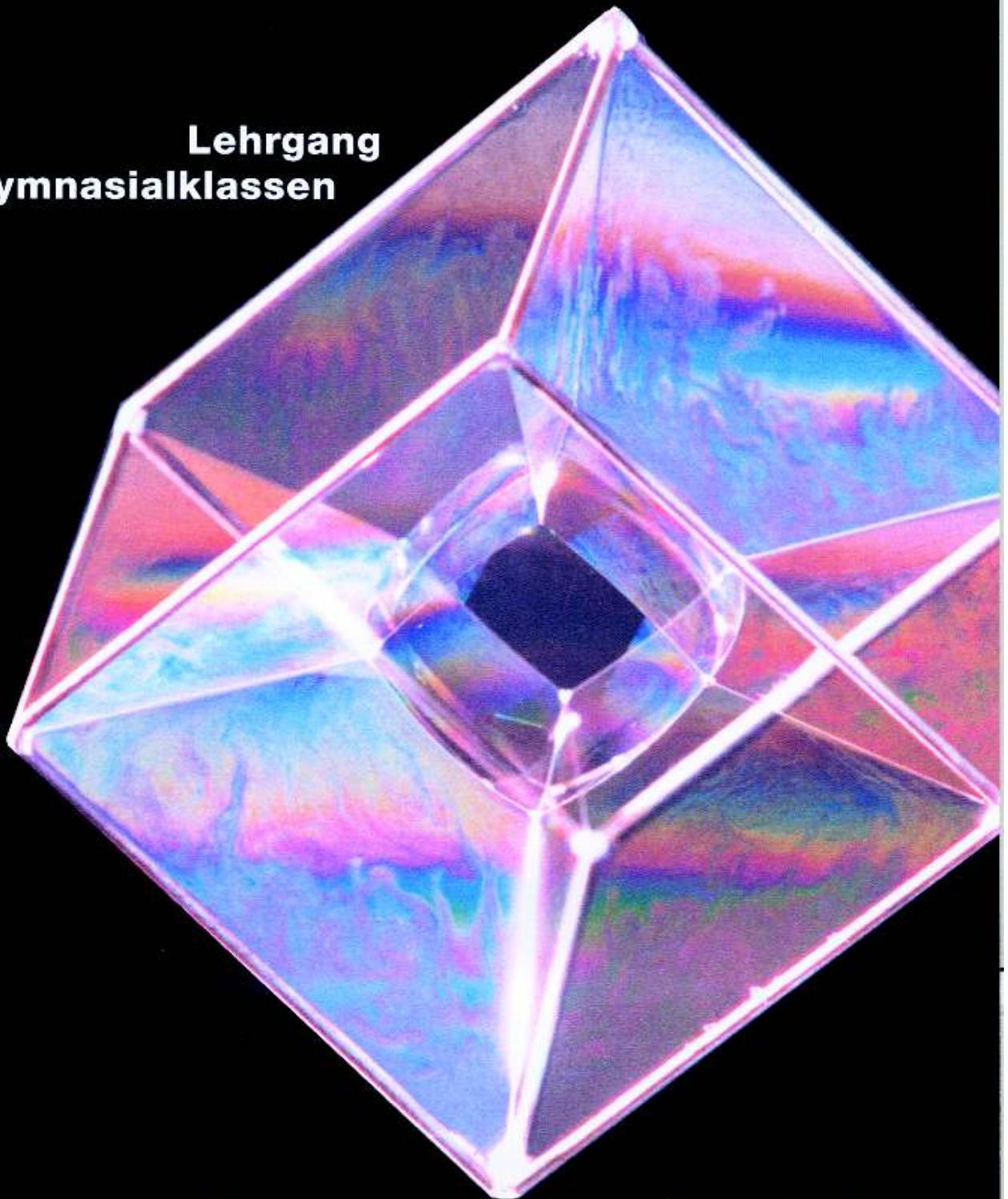


Optische Phänomene

Dr. M. Ziegler

**Lehrgang
für 1. Gymnasialklassen**



**schauen staunen beobachten
erforschen verstehen geniessen**

Liebe Schülerin, lieber Schüler

Der folgende Optiklehrgang entstand aus der Erkenntnis heraus, dass die Naturbeobachtung, das Erkennen von Gesetzmässigkeiten und der damit einhergehende Respekt vor unserer natürlichen Umwelt frühzeitig erlernt werden muss. Wie dies für das Erlernen von Sprachen heute unbestritten ist, muss die Hinführung zu den Naturphänomenen im frühen Kindesalter geschehen.

Das 20. Jahrhundert hat uns in atemberaubendem Tempo technische Fortschritte gebracht, so dass wir uns in der vom Menschen veränderten Umwelt nur noch dann zurecht finden können, wenn die Grundlagen der Naturwissenschaften und deren Anwendung in der Technik zum Basiswissen eines jeden gebildeten Menschen gehören. Naturwissenschaftliche Inkompetenz ist kein Kavaliersdelikt, sondern eine gravierende Bildungslücke, die unsere Gesellschaft auf die Dauer nicht mehr verträgt. Der gebildete Mensch muss nicht blind sog. Experten vertrauen. Er kann sich ein eigenes Urteil bilden und so Verantwortung übernehmen. Ich denke da an so bedeutende Fragen wie: Können wir den Energieverbrauch unserer Gesellschaft mit Alternativenergien decken? Ist die Verwendung von genmanipuliertem Saatgut ethisch verantwortbar? Darf, soll eine Gesellschaft Milliardenbeträge in die Raumfahrt investieren in Anbetracht der Tatsache, dass Millionen von Menschen auf dieser Erde hungern? Soll die Grundlagenforschung in den Bereichen Biotechnologie, Fusionsreaktoren, Gentechnik usw. uneingeschränkt weitergeführt werden, wenn aus der Geschichte bekannt ist, dass neue Erkenntnisse immer wieder zur Kriegsführung missbraucht werden?

Diese Fragen sind derart komplex, dass sie nur in Zusammenarbeit gebildeter Leute aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gelöst werden können. Diese Leute müssen über eine fundierte Allgemeinbildung verfügen, zu der ganz wesentlich ein naturwissenschaftliches Verständnis gehört, das nicht beim Aristotelischen Weltbild endet oder im Bereich der Alchemie und des Aberglaubens anzusiedeln ist. Es sei dies kein Plädoyer gegen den Spracherwerb. Sprachen, insbesondere die Muttersprache, haben auch in den Naturwissenschaften eine grosse Bedeutung, denn nur mit ihrer Hilfe können wir unsere Erkenntnisse anderen Leuten mitteilen. Naturwissenschaftler(innen) bedienen sich ausser der Muttersprache noch einer zusätzlichen, sehr abstrakten und präzisen Sprache, der Mathematik. Es ist bis zu einem gewissen Grad möglich naturwissenschaftlich zu arbeiten ohne Mathematikkenntnisse. (Michael Faraday, der Begründer des Elektromagnetismus hat dies gezeigt.)

Dieser Lehrgang konzentriert sich stark auf die Phänomenologie und führt dich in die Technik naturwissenschaftlichen Forschens ein. Es werden immer wieder Bezüge zu anderen Wissenschaftszweigen wie Biologie, Chemie, Mathematik, aber auch zur Bildenden Kunst und zur Musik hergestellt.

Ich hoffe, dass dieser Kurs bei dir die Freude am Beobachten und physikalischen Forschen weckt.

Urdorf, im August 2005

Dr. M. Ziegler

Dank:

Der Kurs entstand in den Jahren 2004/05 während eines Sabbaticals an der Humboldt Universität in Berlin.

Herrn Prof. Dr. L. Schön und seiner Fachdidaktikgruppe sei speziell für die Ideen zu den Kapiteln 1, 6, 12 und 14 mein herzlicher Dank ausgesprochen.

Ein grosses Dankeschön auch dem Feinmechaniker H.J. Sigrist von der Kantonsschule Limmattal für die Bereitstellung und Konstruktion von Demonstrationsmaterial.

Last but not least bedanke ich mich für wertvolle Hinweise von meiner Kollegin E. Germann und meinem Kollegen Dr. A. Elsener.

Das Layout wurde von der Heinrich Werbeagentur AG in Affoltern a. Albis erstellt.

Additive und subtraktive Farben

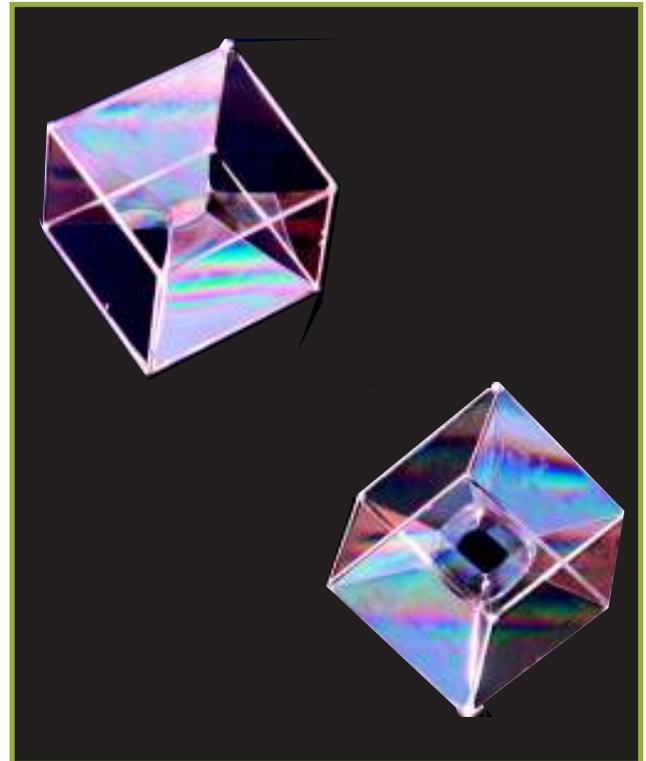
1. Lehrziele:

Der Schüler/die Schülerin soll:

- Erkennen, dass weisses Licht aus verschiedenen Farben zusammengesetzt ist.
- Den Unterschied zwischen additiver und subtraktiver Farbmischung kennen.

2. Experimente:

- Viele farbige Körper werden mit einer Na-Dampf- und einer Halogen-Lampe beleuchtet.
- Ein Strichgitter spaltet das weisse Licht in die Regenbogenfarben auf.
- Eine Milchglaskugel wird von innen mit rotem, grünem, blauem Licht beleuchtet.
- über die weiss strahlende Kugel werden farbige Folien gelegt.
- Malfarben werden subtraktiv gemischt.



3. Erkenntnisse:

- ➔ Das weisse Licht ist aus den Regenbogenfarben zusammengesetzt.
- ➔ Erreicht einen weissen Gegenstand nur einfarbiges Licht, so sieht man ihn in dieser Farbe leuchten.
- ➔ Die volle Farbenpracht sieht man nur im weissen Licht.
- ➔ Weiss kann aus den drei Grundfarben: **Rot, Grün, Blau (RGB)** zusammengesetzt werden.
In dieser **additiven Farbmischung** wird Licht gemischt (Fernseher, Projektor usw.)
- ➔ Die additive Mischung der drei Grundfarben ergibt weiss.
- ➔ Die additive Mischung je zweier Grundfarben ergibt die Sekundärfarben: **Cyan, Magenta, Yellow** (gelb) (**CMY**)

rot + blau = magenta



rot + grün = gelb



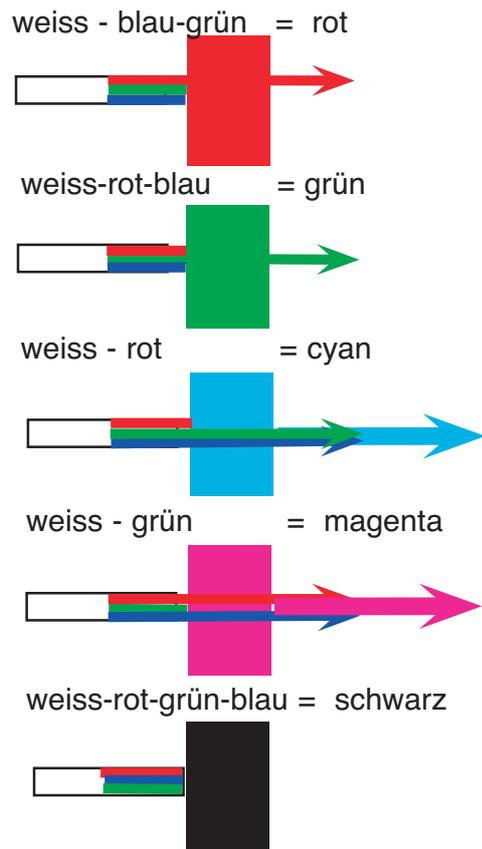
blau + grün = cyan



rot+grün+blau = weiss



- ➔ Verschluckt (absorbiert) ein Gegenstand eine Farbe, so hat das reflektierte, respektive durchgelassene (transmittierte) Licht die Komplementärfarbe.
- ➔ Bei der **subtraktiven Farbmischung** werden durch die zu mischenden Stoffe einzelne oder mehrere Farben ausgesondert.
- ➔ Absorbiert ein Stoff alle Farben, so erscheint er uns schwarz. Nur bei ganz guten Farbstoffen erreicht man bei Mischung der drei Farben CMY eine schwarze Farbe und nicht ein Braun. Dies ist der Grund, weshalb zur Verbesserung der Farbechtheit bei Tintenstrahldruckern zusätzlich zu den drei Farbpatronen noch eine schwarze Patrone verwendet wird.



4. Hausaufgabe:

- ✍ Versuche anhand von Lexikas oder dem Internet herauszufinden, was das bedeutet, wenn ein Mensch farbenblind ist.
- ✍ Beende die auf dem Arbeitsblatt V/1 begonnene Farbmischung.

Die camera obscura

1. Lehrziele:

Die Schülerin/der Schüler soll nach dieser Lektion:

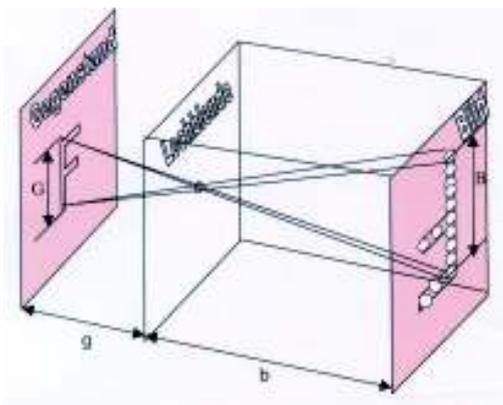
- wissen, wie bei einer Lochkamera das Bild entsteht.
- die Stärken und Schwächen einer Lochkamera kennen.
- wissen, wie man das Loch vergrößern kann ohne Einbusse an Schärfe.

2. Die Lochkamera:

Schon einfache, selbst gebaute Lochkameras gestatten eine relativ genaue Abbildung beleuchteter Gegenstände. Das Experiment wird zeigen, dass die Belichtungszeiten gross werden, wenn die Abbildung scharf sein soll.



3. Experimente:



- ➔ Jeder Gegenstandspunkt wird auf ein kleines Scheibchen abgebildet. Der Scheibchendurchmesser ist von der Lochgrösse abhängig.
- ➔ Das Bild steht auf dem Kopf, es ist um 180° gedreht.
- ➔ Je grösser das Loch, umso intensiver und weniger scharf wird das Bild und umgekehrt.

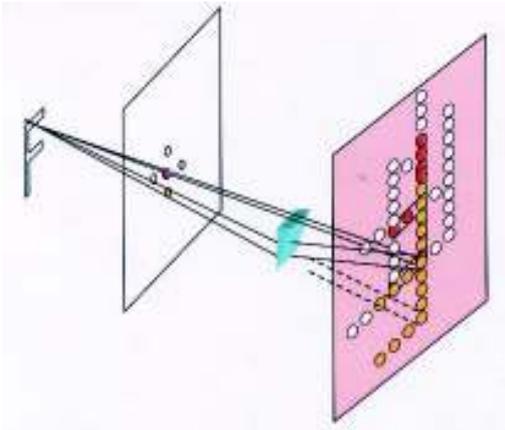
- ➔ Je kleiner die Gegenstandsweite g und je grösser die Bildweite b , umso grösser wird das Bild.
- ➔ Es gilt:
$$b : g = B : G \quad \text{Abbildungsmaassstab}$$

Will man mit einer Lochkamera scharfe, intensive Bilder erzeugen, so muss lange belichtet werden, damit die Filmplatte genügend geschwärzt wird. --> Bewegte Gegenstände können somit nicht aufgenommen werden.

Beispiele von Lochkameras



Um die Bildintensität ohne Verlust an Bildschärfe zu vergrössern, könnte man auf die Idee kommen, zusätzlich zum einen Loch bei der Lochkamera auf einem konzentrischen Kreis um dieses Loch herum weitere (unser Beispiel: vier) Löcher anzubringen. Diese Anordnung führt aber nicht zu einer Intensitätszunahme, sondern zu vielen (vier) leicht verschobenen Bildern.



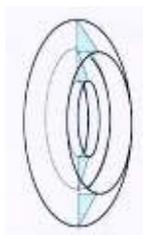
Mit Prismen können die verschiedenen, verschobenen Bilder mit dem ursprünglichen Bild zur Deckung gebracht werden.

Im Dreidimensionalen werden die Prismenringe in der Art der folgenden Darstellung:



Je weiter aussen die zusätzlichen Löcher gemacht wurden, umso stärker muss das Licht durch einen Prismenring abgelenkt werden, was soviel heisst, dass der Prismenwinkel γ grösser sein muss.

Das Glasgebilde, das so entstanden ist, nennt man **Fresnel-Linse** nach dem französischen Physiker Fresnel.

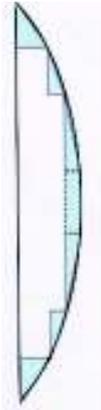


Statt der vielen konzentrischen Löcher kann mit einer Fresnel-Linse jetzt auch einfach ein grosses Loch verwendet werden. Jeder Gegenstandspunkt wird wiederum auf einen Punkt abgebildet.

Setzen wir die Prismenringe anders zusammen, so entsteht eine **plankonvexe Linse**.

Die eine Oberfläche ist nahezu kugelförmig, die andere Fläche ist eben.

Die Form dieses Glaskörpers ist auch vom Fermatprinzip her zu verstehen. Alles Licht, das von einem Gegenstandspunkt herkommt, sollte beim Bildpunkt — egal welchen Weg es nimmt — gleich lang unterwegs gewesen sein. Mit der Verdickung der Linse in der Mitte wird die Laufzeit des direkten Lichtes verlängert (Im Glas breitet sich das Licht ja bekanntlich weniger schnell aus als in der Luft.). Je weiter der geometrische Weg, umso kürzer muss der Weg durch den Glaskörper sein.



3. Rasterung, Bildpunkte (Pixels):

Kaufen wir eine Digitalkamera, so spielt die Anzahl dpi (dots per inch = Anzahl Bildpunkte pro Inch = Anzahl Bildpunkte auf 2.54 cm) eine grosse Rolle. Die Bildpunkte sollten so klein sein, dass sie vom Auge nicht als Einzelpunkte wahrgenommen werden. (Es entspricht dies beim Normalfilm der Körnigkeit und bei Fotoreproduktionen für Zeitungen der Rasterung.)

Die Anzahl Bildpunkte pro Inch bestimmt die Grösse des Bildes. An der Kamera kann folgende Einstellung vorgenommen werden:

2240 x 1680

16 cm x 12 cm

1856 x 1392 vernünftige 13 cm x 10 cm



1280 x 960 Vergrößerung 10 cm x 07cm

640 x 480

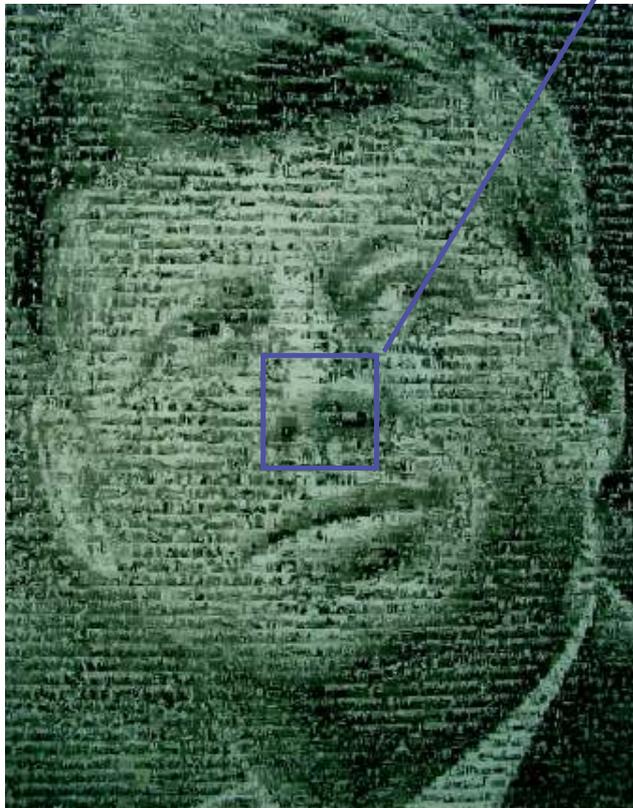
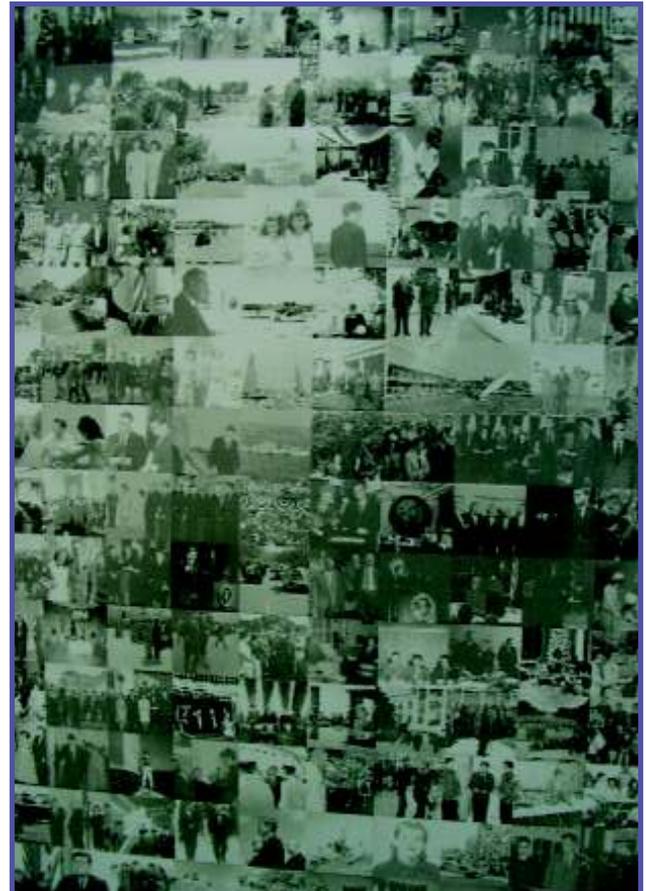
4.5 cm x 3.5 cm

Bei 1856 x 1392 Bildpunkten ergibt dies 2 600 000 Punkte also 2.6 Millionen Punkte d.h. 2.6 MB.

Benutzen wir ein Speichermedium mit 120 MB, so können wir ungefähr 46 Bilder machen.

Das folgende Plakat von J.F. Kennedy zeigt sehr schön, wie aus hellen und dunklen, verschieden farbigen Punkten (hier sind es sogar kleine Bildchen) ein Bild konstruiert werden kann.

Bei der Betrachtung des Bildes spielt die Distanz des Beobachters zum Bild eine wesentliche Rolle.



4. Hausaufgaben:

- ✎ Die nebenstehenden Bilder zeigen (oben) das Blätterdach in einer Parkanlage und (unten) sog. Sonnentaler. Wie entstehen diese Sonnentaler und was stellen sie dar?



- ✎ (fakultativ)
Man baue eine Lochkamera und sammle Erfahrungen mit dieser primitiven, aber doch sehr interessanten Kamera.

Das nebenstehende Bild zeigt eine Lochkameraaufnahme, die mit der schuleigenen Kamera erstellt wurde.
(Ferienheim von Herzogenbuchsee in Grindelwald.)
Es entsteht, wie bei allen Kameras, ein Negativ, das durch photographische Prozesse in ein Positiv umgewandelt werden muss.

