

**Prof. Dr. Jürgen Nolting**  
**Dipl.-Ing. (FH) Catrin Oppermann**

## ■ 1 Die Idee

Um den Kindern eine sinnvolle Freizeitbeschäftigung mit Naturphänomenen zu ermöglichen, kann man z.B. Experimentierkästen einsetzen [1]. Wenn die Kinder hierbei Erfahrungen im Bereich der Optik sammeln wollen, dann hat man die Wahl zwischen rund einem halben Dutzend verschiedener Kästen. Einen ersten Überblick liefern hierzu die Untersuchungen, die im Rahmen der Diplomarbeit von H. Kurz durchgeführt wurden [2]. Hierüber wurde auch in der Fachpresse berichtet [3-5]. Nun sind Experimentierkästen aber relativ teuer

„Eltern-AGs“, das vom Förderverein der Schule getragen wird [6]. Eltern und andere interessierte Erwachsene können dabei den Kindern in AG's nachmittags näher bringen, was sie selber gut können. Dies können Dinge aus dem Beruf oder aus Hobbies sein. Im Rahmen dieser Eltern-AG's wird den Kindern ein abwechslungsreiches außerschulisches Programm geboten. Am Anfang eines jeden Halbjahres wird in den Klassen ein Heft mit den angebotenen Eltern-AG's verteilt. Zu diesen Angeboten gehören vielerlei unterschiedliche Aktivitäten: Die Kinder haben die Möglichkeit verschiedene Sportarten kennen zu lernen,

# Optische Experimente in der Grundschule

Das Bildungssystem in Deutschland wird zurzeit viel diskutiert und kritisiert. Nach neuesten Studien schneiden die deutschen Schüler im Vergleich zu anderen europäischen Schülern schlecht ab. Abhilfe ist bei dem chronischen Geld- und Personalmangel der Schulen allerdings schwierig. Leider sind von Kürzungen oft die sog. „Nebenfächer“, wie die Naturwissenschaften Chemie, Biologie und Physik betroffen. Kinder, die sich besonders für diese Fächer interessieren, kommen oft zu kurz.

Dazu kommt, dass Eltern immer weniger Zeit für ihre Kinder haben. Sie gehen oft den Weg des geringsten Widerstands und „parken“ ihre Kinder vor dem Fernseher oder dem Computer. Dabei sind gerade im Grundschulalter viele Kinder noch erfüllt von einer starken Neugier, ihre Alltagswelt zu verstehen und lassen sich erfahrungsgemäß leicht für chemische oder physikalische Fragestellungen begeistern. Hier sollte man ansetzen und mit einer frühen Heranführung an naturwissenschaftliche Fragestellungen beginnen. Stattdessen ist unser Schulsystem so angelegt, dass eine intensivere Beschäftigung mit Physik und Chemie erst in der Mittelstufe beginnt, zumeist dann aber auf einem eher abschreckenden, theoretisierenden Niveau. „Physik ist schrecklich“... wer hat diesen Anspruch nicht schon von Jugendlichen gehört?

und bieten daher für viele Kinder keinen geeigneten Zugang zu einer Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen. Einen anderen Weg geht hier die Grund- und Hauptschule Essingen im Ostalbkreis. Seit 2003 gibt es an dieser Schule das Projekt

unterschiedliche Dinge zu basteln oder sie bekommen Einblicke in Berufe der Eltern. Kein Pflichtangebot – die Kinder können frei entscheiden, welches Thema sie interessiert. Gewissermaßen Volkshochschule für Kinder.



Abb. 1: Das Programmheft der Eltern-AGs [7]

In diesem Schulhalbjahr wurde gemeinsam mit dem Studiengang Augenoptik der Fachhochschule Aalen der Kurs „Optische Experimente“ angeboten, der im Rahmen einer Diplomarbeit konzipiert wurde [8]. Die Kinder konnten dabei viele verschiedene Themengebiete der Optik erkunden, dabei ungezwungen Fragen stellen und so auf spielerische Weise lernen. Der Kurs wurde zweimal angeboten, die Teilnehmerzahl war auf 10 begrenzt. Ausgeschrieben war der Kurs für Kinder der dritten und vierten Klasse. Beide Kurstermine waren innerhalb weniger Tage nach der Verteilung der Programmhefte ausgebucht.

## ■ 2 Der Ablauf des Nachmittags

Für den Nachmittag war ein Zeitrahmen von 2 Stunden vorgesehen. Dabei wurden am Anfang die Kinder in kleine Gruppen zu je 2 bis maximal 3 eingeteilt. Im ersten Teil sollten sie die Möglichkeit bekommen, auf spielerische Weise etwas über das Licht und die Optik zu erfahren, indem sie an verschiedenen Stationen unter Anleitung einfache Versuche selber durchführen konnten und diese dann auch erklärt bekamen. Jedes Kind bekam am Ende des Nachmittages eine vorbereitete Mappe, in der das benötigte Material und die Versuchsdurchführung beschrieben war. Auch die Erklärungen zu den Versuchen waren enthalten. So können interessierte Kinder die Versuche auch zu Hause noch einmal ausprobieren und nachvollziehen. Im zweiten Teil des Nachmittags wurden die Gruppen wieder aufgelöst und alle Kinder bastelten zusammen Lochkameras. Auch hierzu gab es eine Beschreibung in der Mappe.

## ■ 3 Die Versuche

Die Auswahl der Versuche erfolgte vornehmlich nach dem Gesichtspunkt, dass die Kinder spielerisch etwas über Optik erfahren sollen. Dabei sollten die einzelnen Versuche nicht zu kompliziert in der Vorbereitung und Durchführung sein. Auch sollten die vermittelten optischen Grundlagen sich in kurzer Form anhand von Schaubildern und Beispielen erläutern lassen. Das Gebiet der Optik ist weit gefächert. Mit Optik kann vieles in Verbindung gebracht werden. Ziel des Nachmittages war es, möglichst viele Themengebiete anzureißen und das Interesse daran zu wecken. Hierzu wurden acht Versuche konzipiert. Folgende Themengebiete wurden in den einzelnen Versuchen berührt:

- Geradlinige Lichtausbreitung
- Brechung beim Übergang ins dichtere Medium
- Brechung beim Übergang ins dünnere Medium mit Totalreflexion
- Reflexion und Vielfachreflexion an planen Spiegeln
- Abbildende Eigenschaften einer Pluslinse
- Spektrale Zerlegung des Lichtes
- Physiologische Optik: Nachbildwirkung

Vorausgesetzt werden musste, dass die Kinder flüssig lesen können, damit sie nicht schon beim Durchlesen der Versuchsbeschreibungen überfordert sind. Deshalb wurde ein Mindestalter von 8 Jahren angesetzt. Als Maximalalter wurde circa 10 Jahre festgesetzt, denn ältere Kinder verlieren schneller die Lust an den Versuchen und verlangen nach einer ausführlicheren Erklärung.

## ■ 3.1 Entdeckung einer verschwundenen Münze

Die Brechung von Licht ist eine der grundlegendsten Dinge in der Optik und im Alltag. Sie wird schon fast selbstverständlich hingenommen – kaum einer denkt darüber nach, wie die Brillengläser, die man auf der Nase trägt, funktionieren oder warum die Freunde beim Planschen im Schwimmbad alleamt so kurze Beine zu haben scheinen... Das soll sich mit diesem Versuch ändern!

In dem Versuch wurde mit Hilfe von Wasser eine Münze, nachdem sie erst aus dem

Gesichtsfeld verschwunden ist, wieder sichtbar gemacht [9]. Die Münze lag mit etwas Klebeband fixiert auf dem Boden eines Suppentellers, damit sie sich beim Eingießen des Wassers nicht verschieben konnte. Zunächst war noch kein Wasser im Teller. Das beobachtende Kind musste nun etwas in die Knie gehen und den Teller so weit von sich schieben, dass der Tellerrand sich vor die Münze schob. Füllte man nun Wasser in den Suppenteller, wurde die Münze wieder sichtbar. Der von der Münze kommende Lichtstrahl wurde am Übergang von Wasser nach Luft vom Lot weggebrochen. Es entstand ein virtuelles Bild der Münze in Verlängerung des gebrochenen Strahles. Zusätzlich erschien die Münze angehoben und etwas größer zu sein.

Zur Erklärung wurde ein Lineal von der Münze über den Tellerrand gelegt: Licht breitet sich geradlinig aus, es konnte also die Augen, die sich unterhalb des Lineals befanden nicht mehr erreichen. Das der Lichtstrahl bei Anwesenheit von Wasser gebrochen wird, konnte anhand eines Schaubildes erläutert werden. Die Kinder sollten so dann in der gebückten Haltung versuchen, mit Hilfe einer Stricknadel die Münze genau in der Mitte zu treffen. So wurde ihnen bewusst, dass sie nur ein Bild der Münze sahen, die Münze jedoch selbst an einer etwas anderen Stelle lag. Beim ersten Versuch trafen die meisten statt der Münze auf den Tellergrund. Erst nachdem sie gelernt hatten, dass sie etwas vor die Münze zielen mussten, schafften sie es auch, die Münze in

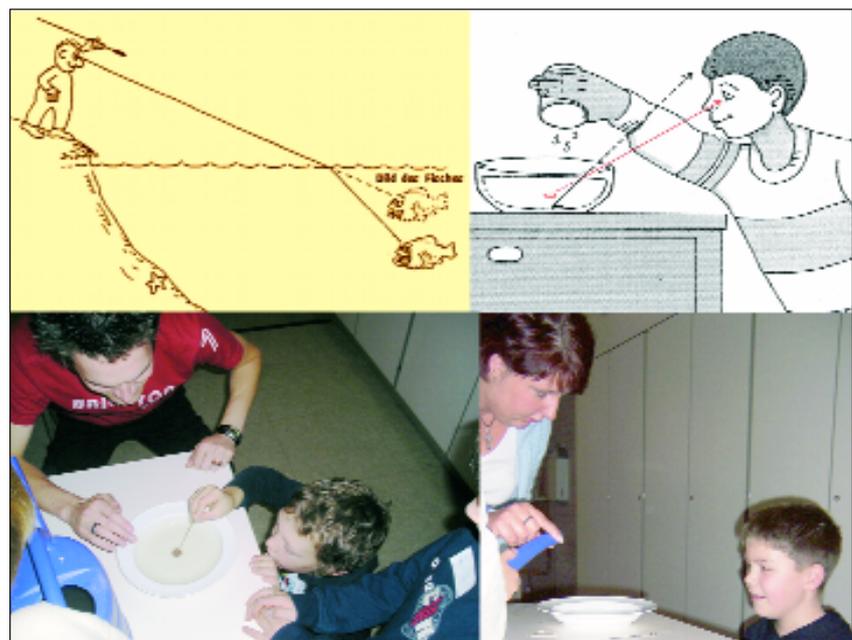


Abb. 2: Die verschwundene Münze [9, 17]

der Mitte zu treffen. Als Beispiel wurde ihnen noch der Indianer genannt, der beim Fischfang mit dem Speer nie genau auf die Fische zielen darf. Erwähnt wurde auch noch, dass die Münze durch die Brechung näher an der Wasseroberfläche erscheint, was anhand der Abbildung 2 gut zu erklären war. Aus diesem Grunde erscheinen im Schwimmbad auch die Beine der anderen kürzer, als sie sind.

### 3.2 Wie funktioniert das Auge?

In diesem Versuch sollte mit einer Lupe die Bildentstehung auf der Netzhaut simuliert werden. Die Lupe stellte das System Hornhaut-Augenlinse dar. Abgebildet werden sollte der Bildschirm eines Notebooks, auf dem ein Zeichentrickfilm gezeigt wurde. Die Entfernung zum Notebook sollte ungefähr 1 m betragen, in der einen Hand wurde die Lupe, in der anderen das weiße Blatt gehalten. Mit ein wenig Probieren erschien ein Bild des Objektes auf dem weißen Blatt. Schnell erkannten die Kinder, dass das Bild auf dem Kopf stand. Den Kindern wurden die abbildenden Eigenschaften der Sammellinse erklärt. Sie fingen recht schnell an, die Abstände Notebook-Lupe und Lupe-Papier zu variieren und stellten dabei fest, dass nur an einer Stelle das Bild gut und scharf zu erkennen war.

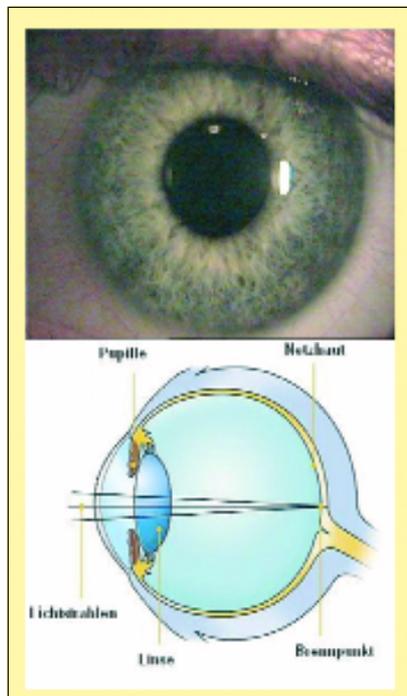


Abb. 3: Aufbau des Auges [10]



Abb. 4: Kurz- (L) und weitsichtiges (R) Auge [11]

Um die Parallelen zur Abbildung des Auges aufzuzeigen, wurde zunächst der Aufbau des Auges in Grundzügen erläutert. Anhand der Abbildung 3 wurden zunächst die von außen sichtbaren Teile des Auges benannt, wie die Iris und die Pupille, dabei wurde erwähnt, dass hinter ihr die Linse liegt und davor die Hornhaut. Die Kinder konnten sich auch gegenseitig in die Augen schauen und so die benannten Dinge sofort deuten. Dann wurde die Netzhaut beschrieben, die allerdings sehr anschaulich dargestellt werden musste, z.B. als Filmleinwand. Das Bild auf der Netzhaut muss scharf sein, d.h. die Bildebene der Linse muss genau auf der Netzhaut liegen. Ist dies nicht der Fall, so ist eine Brille notwendig. An dieser Stelle wurde der Versuch noch einmal durchgeführt – diesmal mit einer zusätzlichen weniger stark brechende Pluslinse im Strahlengang. Das Bild auf dem Blatt Papier sollte

zuvor scharf zu sehen sein. Mit Zusatzlinse wurde das Bild nun wieder unscharf. Erneut wurde die Bildebene gesucht, danach wurde die Linse wieder entfernt. Das Bild auf dem Papier wurde wieder unscharf. Anhand der Abbildung 4 konnte den Kindern deutlich gemacht werden, was Kurz- und Weitsichtigkeit ist.

### 3.3 Licht verschütten

Licht kann auch ohne Abbildung in einer geraden oder gebogenen Röhre fortgeleitet werden, wenn es nach Eintritt durch die Eintrittsöffnung bei jedem Auftreffen auf die Wand verlustfrei total reflektiert wird. Dies tritt auf, wenn der Grenzwinkel der Totalreflexion überschritten ist. In der Technik finden Lichtleiter vielseitige Verwendung, wie z.B. in der Medizin oder der Datenübertragung. Als Anschauungsobjekt wurde den

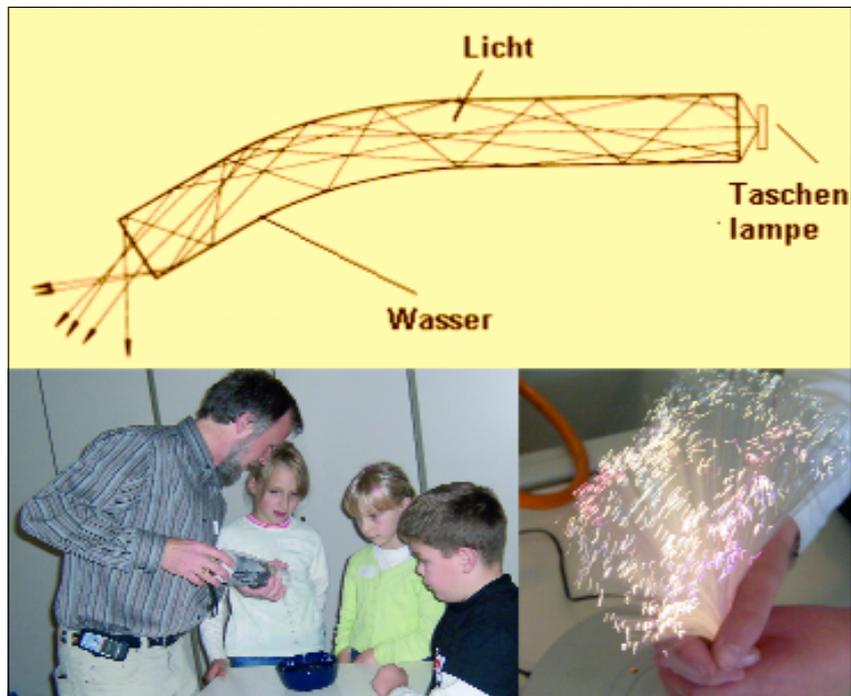


Abb. 5: Lichtleitung in Wasserstrahl und Glasfaser

Kindern eine Glasfaser-Lampe vorgeführt. In unserem Versuch war das optisch dichtere Medium Wasser mit der Brechzahl 1,33. Gegen Luft ergibt sich ein Grenzwinkel der Totalreflexion von  $48,6^\circ$ . In diesem Versuch lernten die Kinder, dass sich Licht durch Totalreflexion in einem gekrümmten Wasserstrahl „einsperren“ lässt [9]. In den Deckel eines Marmeladenglases wurden mit einem Hammer an gegenüberliegenden Stellen zwei kleine Löcher geschlagen. Sodann musste Wasser in das Glas gefüllt und der Deckel verschlossen werden. Das Glas wurde in Zeitungspapier eingerollt, von hinten musste man dann mit der Taschenlampe in die so entstandene Röhre hineinleuchten. Goss man nun das Wasser durch das untere Loch aus, so konnte man feststellen, dass der Wasserstrahl an vielen Stellen glitzerte. Wenn er einigermaßen glatt verlief, dann sah man sogar im Ausguss an der Auftreffstelle des Wasserstrahls einen Lichtpunkt. Das Licht wurde mit dem Wasser ausgegossen ...?

Zur besseren Erklärung kam Abbildung 5 als Schaubild zum Einsatz. Als zweites Anschauungsobjekt eignete sich eine Glasfaserlampe, bei der das durch eine rotierende Farbfilterscheibe tretende Licht in ein rotierendes Bündel Glasfasern eingekoppelt wird. Die Kinder konnten das Faserbündel zusammennehmen und die einzelnen Farben beobachten, die genau der farbigen Drehscheibe im Inneren der Lampe entsprachen. Dies konnte nachgeprüft werden, indem das Glasfaserbündel aus der Lampe genommen wurde. So lag die rotierende Filterscheibe frei. Auch konnte man die Fasern einzeln mit der freien Seite in die Lampe halten und beobachten, dass an dem geklebten Ende nun die in die Lampe gehaltene Faser aufleuchtete.

### ■ 3.4 So entsteht ein Regenbogen

Tritt Licht, das aus mehreren Farben besteht, z.B. Sonnenlicht, aus einem optisch dünneren Medium ins optisch dichtere Medium, so wird wegen des geringfügig unterschiedlichen Brechungsindex jede Farbe etwas verschieden gebrochen. Man bezeichnet diesen Effekt als Dispersion. Ein gutes Beispiel für die Dispersion in der Natur, welches auch jedes Kind kennt, stellt der Regenbogen dar [12]. Nicht bekannt ist den meisten Kindern hingegen, wie und warum ein Regenbogen entsteht. Mit diesem Versuch soll die Zusammensetzung des Lichtes und auch der Regenbogen den Kindern näher gebracht werden [2]. Man benötigt dazu eine Salatschüssel, gefüllt mit Wasser, einen Spiegel und eine Taschenlampe. Der Spiegel wird mit der spiegelnden Fläche in Richtung der Lichtquelle unter Wasser getaucht. Schaut man nun von oben auf den Spiegel, so erscheinen an allen Hell-Dunkel-Übergängen des Spiegelbildes Farbsäume in der Reihenfolge des Regenbogens.

Der Versuch war für die Kinder problemlos durchführbar und führte schnell zu einem Erfolgserlebnis. Besser als eine Taschenlampe eignete sich ein Sonnenrollo, durch dessen Ritzen das Tageslicht einfiel. Zur Erklärung wurde erläutert, dass weißes Licht aus vielen Farben besteht. Dieses Licht wird bei der Brechung ins Wasser in seine Bestandteile zerlegt. Das dabei entstehende Lichtspektrum besteht aus einer kontinuierlichen Abfolge der Farben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo (Blauviolett) und Violett, immer in dieser Reihenfolge.

Als weiteres Demonstrationsobjekt hat

sich ein Glasprisma bewährt, allerdings musste man es den Kindern schon so in die Hand geben, dass sie es nicht noch hin- und herdrehen mussten.

### ■ 3.5 Eigenschaften von Linsen

Jedem Optiker ist klar, wie Linsen aufgebaut sind und wirken. Für Kinder ist das allerdings Neuland. Sie wissen noch nichts über Sammel- und Zerstreuungslinsen, konvexe und konkave Flächen, Rand- und Mittendicken, Abbildungseigenschaften oder astigmatische Linsen. Alle diese grundlegenden Dinge konnten die Kinder bei diesem Versuch spielerisch erfahren. Freundlicherweise wurden uns hierfür von der Firma Rupp und Hubrach kostenlos Ausschussgläser zur Verfügung gestellt, die die Kinder dann auch mit nach Hause nehmen konnten. Es standen eine große Zahl Sammellinsen, Zerstreuungslinsen und astigmatische Linsen zur Verfügung.

Die Kinder sollten in diesem Versuch die verschiedenen Linsen vergleichen. Sie konnten dabei den Rand und die Mittendicke der Linsen betrachten und durch die Linsen hindurchschauen und sie dabei um die Achse drehen. Die Kinder konnten mit der Linse „spielen“, sie sich gegenseitig vor die Augen halten oder auch mehrere Linsen hintereinander halten. Dabei konnten sie z.B. ausprobieren, wie sich die Wirkungen von Sammel- und Zerstreuungslinsen gegenseitig aufheben können. Natürlich wurden die Unterschiede der Linsen den Kindern erklärt. Auch die Einsatzgebiete kamen dabei zur Sprache: als Linsensysteme in optischen Geräten oder in der Augenoptik zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten. Kinder, die selber eine Brille trugen, konnten sich ihre Brillen anschauen und dann bestimmen, welche Art der Fehlsichtigkeit sie haben.

### ■ 3.6 Unendlich viele Kerzenlichter

Vielfachreflexionen zwischen zwei parallelen Planspiegeln sind immer faszinierend, insbesondere, wenn einer der beiden Spiegel teildurchlässig ist, so dass man direkt entlang der Verbindungsachse beobachten kann, ohne selbst im Weg zu sein. Ein solcher Aufbau konnte dem Experimentierkasten „Spiegelräume“ (Walter Kraul GmbH) entnommen werden. Zwischen die beiden Spiegel wurde ein Teelicht gestellt, so dass sich eine unendliche Reihe von Spie-

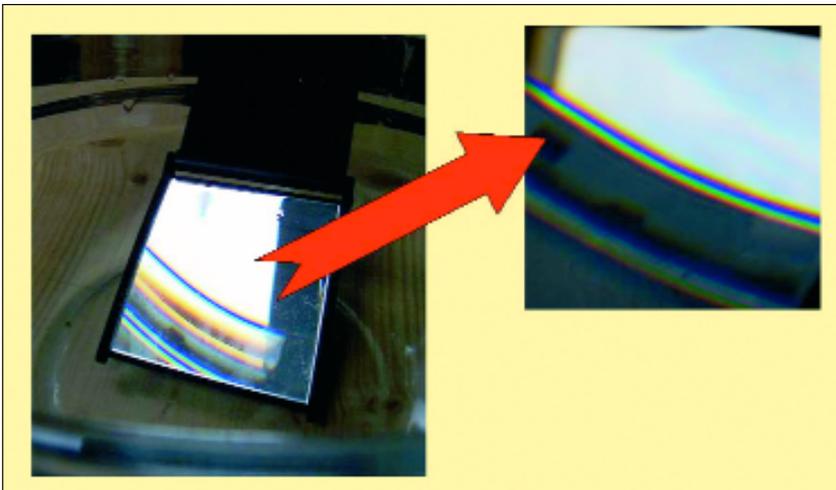


Abb. 6: Chromatische Lichtaufspaltung mit der Salatschüssel

gelbildern der Kerzenflamme mit abnehmender Helligkeit ergab.

Die Beobachtung durch den teildurchlässigen Spiegel ist faszinierend, da man meint, in eine unendlich lange dunkle Röhre zu schauen. Den Kindern wurde die Entstehung der unendlich vielen Bilder erläutert. Der teildurchlässige Spiegel war besonders interessant. Er wurde aus der Halterung genommen und direkt vor die Augen gehalten. Dann war festzustellen, dass man von beiden Seiten in gleicher Weise hindurchsehen kann.

### 3.7 Daumenkino

Jedes Kind schaut sich gern Trickfilme im Fernsehen an. Wie einfach es ist, einen kleinen Film selbst herzustellen, sollten die Kinder in diesem Versuch lernen. Die Erkenntnis, dass unsere Augen nicht mehr als ca. 8-10 Bilder pro Sekunde aufnehmen können, ohne sie als kontinuierliche Szene zu empfinden, führte Ende des 19. Jahrhunderts zur Entwicklung der Kinotechnik. Durch die Nachbildwirkung verschmelzen die Einzelbilder zu einer kontinuierlich empfundenen Szene.

Für den Versuch wurde eine Sequenz aus 12 Einzelbildern mit der bekannten Fernsehmaus verwendet [13], die zunächst ausgeschnitten werden mussten. Der Bilderstapel konnte dann einfach mit einem Bürohefter zusammengeklammert werden. Nimmt man das Daumenkino dann in die Hand und lässt die Einzelbilder schnell durch die Finger laufen, so erscheint die Szene als kontinuierliche Bewegung. Dadurch werden die Einzelbilder in rascher Abfolge nacheinander sichtbar.

### 3.8 Lupe zum selber bauen

Durch die Oberflächenspannung entspricht die Form eines liegenden Wassertropfens bei geradem Untergrund ungefähr der einer plan-konvexen Sammellinse. Für diesen Versuch wird eine Pappschablone ausgeschnitten, die in der Mitte eine kreisrunde Aussparung aufweist. Dieses Loch wird mit Frischhaltefolie überklebt. Füllt man einen Teelöffel Wasser auf die Folie, dann hängt die Frischhaltefolie etwas durch. Die entstehende „Wasserpfütze“ hat dann die Form einer unsymmetrisch bi-konvexen Linse. Die vergrößernde Wirkung dieser Wasserlinse ist bei Blick von oben leicht erkennbar [14].



Abb. 7: Die Wasserlupe

Dieser Versuch wird am besten erst nach den Versuchen „Wie funktioniert das Auge“ und „Eigenschaften von Linsen“ durchgeführt. So sind die Grundkenntnisse über Linsen vorhanden und die Erklärung fällt deutlich leichter. Den Kindern wird zur Erklärung die Form eines liegenden Wassertropfens auf einem Schaubild dargestellt.

### 3.9 Die Lochkamera

Bereits im 5. Jahrhundert vor Christi entdeckte der chinesische Schreiber und Philosoph Mo Ti, dass Licht, welches in einen abgedunkelten Raum durch ein kleines Loch des Vorhanges fällt, ein unscharfes, umgekehrtes Bild der Außenwelt an der gegenüberliegenden Wand erzeugt. Dieses Phänomen wurde jedoch erst im 11. Jahrhundert auch praktisch genutzt. Die arabischen Astronomen bildeten auf diese Weise Sonnenfinsternisse ab, um sie genauer zu untersuchen. Erst im 16. Jahrhundert wurde eine Möglichkeit der verbesserten Abbildung mit Sammellinse gefunden. Dadurch wurde das Bild heller. Zudem wurde erkannt, dass die Schärfe einer Abbildung vom Durchmesser der Öffnung abhängig ist. Bis ins 19. Jahrhundert hinein konnten Bilder der Umwelt nur von Malern und Zeichnern festgehalten werden. Mit einer speziell umgebauten Lochkamera war es möglich, eine Landschaft oder ein Gebäude auf Papier abzumalen und dabei alle Proportionen richtig wiederzugeben. Leonardo da Vinci (1452-1519) fertigte die ersten zeichnerischen Darstellungen zur Lochkamera und ihrem Strahlengang an.

In diesem Versuch sollten die Kinder eine einfache, linsenlose Lochkamera selber bauen. Durch den engen Zeitrahmen schieden

Bauformen aus, die umfangreiche mechanische Vorarbeiten erfordern. Im Vorfeld wurden zwei unterschiedliche Modelle getestet. Das erste bestand aus einem Schuhkarton, in dessen Boden ein ca. 15 x 15 cm großes Loch geschnitten wurde. Darüber wurde Butterbrotpapier geklebt. Dieses diente als Mattscheibe. In den Deckel des Schuhkartons wurde ein etwas kleineres Quadrat geschnitten, das mit Alufolie überklebt wurde, in die Alufolie wurde mit einer Nadel ein kleines Loch gestochen. Damit die Lochkamera funktionierte, musste der Innenraum völlig dunkel sein. Die meisten Schuhkartons bestehen im Innenraum jedoch aus heller Pappe. Deshalb musste der Karton mit schwarzer Dispersionsfarbe ausgemalt werden. Insgesamt also deutlich zu aufwändig, um es in etwa einer halben Stunde zu basteln.

In [15] wird die einfachste denkbare Lochkamera beschrieben: Man benötigt hierfür eine Chips-Dose der Marke „Pringles“. Eine solche Dose hat einen Metallboden, der Kunststoffdeckel ist matt durchscheinend und eignet sich als Mattscheibe. Eigentlich braucht man nur noch mit einem Nagel ein Loch in den Boden schlagen. Als sinnvoll erwies es sich, die Dose zuvor etwas zu verkürzen. Dazu musste sie in der Mitte durchgeschnitten werden und die eine Hälfte einige Zentimeter weit eingekerbt werden. Danach konnten beide Hälften ineinander gesteckt werden. Das ging einfach, denn die Wandung ist aus Pappe. Diese Bauart hat sich als ideal für den Einsatz am Experimentiernachmittag erwiesen.

Um die Funktion zu testen, konnte man die Chips-Dose am gestreckten Arm mit dem Loch nach vorne am besten aus einem dunklen Raum heraus auf ein Fenster rich-



Abb. 8: Die Pringles-Lochkamera

ten. Dabei sollte mit den Händen ein Schutz um die Mattscheibe gebildet werden, so dass diese im Dunkeln liegt. Zur Erklärung der Funktion brauchte man lediglich eine Skizze – die Kinder wussten aus den anderen Versuchen schon, dass sich Licht geradlinig ausbreitet.

## 4 Erfahrungswerte

### • Die verschwundene Münze

Nur wenige Kinder waren darüber verblüfft, dass die zunächst verschwundene Münze wieder sichtbar wurde. Den Grund dafür wusste aber keiner. Viel Spaß hat es gemacht, zu versuchen, die Münze mit einer Nadel genau in der Mitte zu treffen. Das Gelächter war groß, wenn die Teammitglieder beim ersten Versuch weit hinter die Münze stachen. Es wurde so lange probiert, bis die Nadel genau in der Mitte landete.

Als schwierig erwies sich die Vorstellung des entstehenden Bildes. Dazu gab es viele Fragen. Zuerst konnten die Kinder es sich nicht wirklich vorstellen, dass ein Bild von etwas entsteht und man den „richtigen“ Gegenstand dann nicht mehr sehen kann. Dadurch, dass die Nadel in das Wasser gehalten wurde und diese auch geknickt erschien, wurde die Vorstellung etwas erleichtert. Auch das Beispiel mit dem Schwimmbad war hilfreich – den meisten war schon aufgefallen, dass die Beine im Wasser kürzer

aussehen. Einige probierten es zur Bestätigung gleich mit dem Finger im wassergefüllten Teller aus.

Im Gespräch mit den Kindern am Ende des Nachmittages wurde dieser Versuch von vielen als Lieblingsversuch genannt. Eine Münze zu sehen, die eigentlich nicht an dem Ort ist, wo sie vermutet wird und deshalb nur mit einiger Übung auch in der Mitte zu treffen ist, hat viele verblüfft.

### • Wie funktioniert das Auge

Dies war bei den Kindern ein sehr begehrtter Versuch. An beiden Nachmittagen stürmten gleich mehrere Gruppen zu der Station, so dass erst einmal mindestens eine Gruppe zu einer anderen Station geschickt werden musste. Das Interesse galt dabei mehr dem Notebook mit dem laufenden Trickfilm als dem Versuch selber. Vielleicht hätte man hier ein weniger ablenkendes Motiv wählen sollen. Ein scharfes Bild war schnell gefunden. Viele versuchten das auf dem Kopf stehende Bild umzukehren, indem sie die Lupe drehen und waren schon fast enttäuscht, als dies misslang. Sollte aber noch eine weitere Linse in den Strahlengang eingefügt werden, um die Wirkung einer Brille zu demonstrieren, musste zumeist der Betreuer helfen.

### • Licht verschütten

Dieser Versuch wurde von den Kindern mit Spannung erwartet. Dies lag wohl auch

an der daneben stehenden Glasfaserlampe, die zur Erklärung diente. Gleich zu Beginn des Versuches bombardierten die Kinder den Betreuer mit Fragen, die jedoch fast nur die Glasfaserlampe betrafen. Der Versuch erforderte gegenüber den anderen Versuchen am meisten Unterstützung durch den Betreuer. Gerade beim Einwickeln des Glases musste darauf geachtet werden, dass der Deckelrand fest über dem Rand der Zeitung lag, damit das Wasser korrekt in die Schüssel ablaufen konnte und nicht die Zeitung aufweichte. Die Glasfaserlampe war der Renner: Manche der Kinder konnten sich überhaupt nicht mehr losreißen, und probierten mit wachsender Begeisterung alle Möglichkeiten aus. Die Fasern wurden zu einem Zopf zusammengenommen, um die Farben besser sehen zu können. Diese wurden dann mit der rotierenden Farbwechselscheibe in der Lampe verglichen. Die Kinder unterzogen die Glasfasern einer genauen Untersuchung. Die häufigste Frage war, warum denn das Licht an der Seite der Faser nicht zu sehen wäre – anders als beim Wasserstrahl. Dies wurde damit erklärt, dass der Wasserstrahl eine ungleichmäßigere Form hat als die Glasfaser. An den Verdickungen des Wasserstrahls kann dann keine Totalreflexion mehr auftreten.

### • Wie entsteht ein Regenbogen

Der Versuch konnte von den Kindern schwer alleine durchgeführt werden, denn die Spiegel mussten in der Salatschüssel relativ genau platziert werden, damit ein Erfolg zu sehen war. Die Kinder überraschten mit ihrem Wissen immer wieder. Das Wissen, dass Sonne und Regen zusammen notwendig sind, um einen Regenbogen zu sehen, war bei allen Kindern vorhanden. Allerdings wussten die wenigsten auch warum. Das Prisma, welches zur Verdeutlichung benutzt wurde, war ein begehrtes Anschauungsobjekt. Ein zehnjähriges Mädchen wusste sogar schon vor der Erklärung, dass Licht aus ganz vielen Farben besteht, die verschieden stark gebrochen werden.

### • Eigenschaften von Linsen

Der Versuch mit den verschiedenen Linsenformen wurde von den Kindern ganz unterschiedlich aufgenommen. Teilweise fanden sie es relativ langweilig, sahen die Linsen sich nur flüchtig an und schauten schnell hindurch. Interessanter war dann schon die Erklärung mit den Brennpunkten. Einen virtuellen Brennpunkt bei der Zerstreuungslinse konnten sich allerdings die

meisten nicht vorstellen. Es gab auch Gruppen, die sich gar nicht mehr von den Linsen losreißen konnten. Sie bauten mit wachsender Begeisterung Linsensysteme und schauten sich gegenseitig durch diese an. Allerdings interessierte diese Gruppen die Erklärung nicht besonders, sie zogen es vor, mit den Linsen zu spielen. Für allgemeine Erheiterung sorgte dann die astigmatische Linse, bei der festgestellt wurde, dass die Umwelt beim Drehen „eierte“.

Interessant fanden alle Kinder die Erklärung, wann welche Linsen benutzt werden. Kinder, die selber eine Brille trugen, wussten schon erstaunlich viel, z.B. ob sie weit- oder kurzsichtig sind, oder „was mit der Hornhaut“ haben. Sie waren besonders daran interessiert zu erfahren, was die Gläser vor ihren Augen machen. Viele nahmen sich auch vor, einmal durch die Brillen der Eltern zu schauen, und dann festzustellen, ob die Gläser verkleinern oder vergrößern. Begeisterung löste die Tatsache aus, dass alle sich am Ende eine Linse aussuchen durften, die sie mit nach Hause nehmen konnten.

#### • Unendlich viele Kerzenflammen

Die Kinder standen dem Versuch anfangs eher skeptisch gegenüber. Vom Aufbau recht übersichtlich, sah der Versuch für viele langweilig aus. Dies änderte sich jedoch ziemlich schnell. Nachdem der erste aus dem Team durch den teildurchlässigen Spiegel schaute und bald die Flammenbilder nicht mehr zählen konnte, wurde der Ehrgeiz der anderen Teammitglieder geweckt. Sie konnten es kaum erwarten, an der Reihe zu sein und ihre Zählkünste unter Beweis zu stellen. Nachdem jeder zu dem Schluss gekommen war, dass er die Spiegelbilder nicht alle zählen konnte, kamen Schätzungen von den Kindern. „Das müssen 100 sein...“ oder „Das sind bestimmt mehr als unendlich!“ war zu hören. Zur Erklärung sahen sich die Kinder den teildurchlässigen Spiegel genau an. Sie stellten schnell fest, dass sie durch den Spiegel hindurchsehen konnten, wenn sie mit den Augen ganz nah daran gingen. Darauf konnten die Kinder den Versuch selber erklären. „Dann ist das doch ganz logisch...!“

#### • Daumenkino

Der Versuch wurde von den Kindern als „einfach“, aber dennoch als nicht langweilig eingestuft. Die meisten Kinder kannten Daumenkinos schon. Einige hatten auch schon eines selber gebastelt oder ein gekauftes zu Hause. Trotzdem schnitten sie mit

großem Eifer die verschiedenen Bildchen aus. Die Kinder hatten Freude an ihrem Kurztrickfilm, den sie dann auch mit nach Hause nehmen konnten. Die Funktionsweise war allen klar: „Die Bilder sind viel zu schnell fürs Auge, genauso werden Trickfilme auch hergestellt!“

#### • Lupe zum Selberbauen

Die Kinder waren erstaunt, dass es möglich sein sollte, eine Lupe selber zu basteln und das noch dazu ohne Verwendung einer Kunststoff- oder Glaslinse. Mit akribischer Genauigkeit schnitten sie die vorbereiteten Lupenformen aus. Nach dem Aufkleben der Folie und dem ungeduldrigen Warten auf das Trocknen des Klebers konnte endlich Wasser aufgefüllt werden. Der Aha-Effekt blieb nicht aus: „Das klappt ja wirklich!“

#### • Lochkamera

Der Bau einer Lochkamera nahm mit rund 30 Minuten wie erwartet am meisten

Zeit in Anspruch. Einige Kinder sahen das Bild sofort und deuteten dies mit dem Ausruf: „Da kann man ja den Baum draußen sehen, aber der steht Kopf!“. Andere hingegen hatten Mühe, auf Anrieb etwas zu erkennen. Die Kinder probierten alle möglichen Varianten aus, versuchten die Kamera umzudrehen oder durch Schieben der beiden Teile ineinander die Bildgröße zu ändern. Indem man mit beiden Händen einen Schirm um den Deckel formte, wurde das Bild deutlicher und alle Kinder konnten es nun erkennen. Lochkameras wurden getauscht und verglichen. Der Spaß und die Verblüfung über das entstehende Bild war den Kindern deutlich anzumerken.

Bei einer Wiederholung des Experimentiernachmittags sollte man zusätzlich einen Schirm aus schwarzem Tonkarton anfertigen, der so um die Dose gewickelt wird, dass er auf der Seite der Mattscheibe übersteht. Dadurch wird diese abgedunkelt und das Bild wird wesentlich deutlicher erkennbar.



Abb. 9: Optik-Experten bei der Arbeit



Abb. 10: Vereint unter dem Regenbogen – Die Teilnehmer des ersten Nachmittags

## ■ 5 Nachmachen ist angesagt!

Die einstimmige Meinung der Kinder war, dass die Versuche Spaß gemacht hatten. Bei den Lieblingsversuchen gab es sehr unterschiedliche Ansichten. Viele Kinder fanden „Entdeckung einer verschwundenen Münze“ am besten, andere „Licht verschütten“ oder „Wie funktioniert das Auge“, einige auch „Eigenschaften von Linsen“.

Die teilnehmenden Kinder überraschten uns: Selten haben wir so begeisterungsfähige und wissbegierige Kinder erlebt. Schon als sie den Physiksaal betraten, war die Vorfreude zu spüren. Man konnte den Kindern anmerken, dass sie viel Spaß an der Durchführung der Versuche hatten. Überrascht konnten wir feststellen, wie viel Interesse an der Optik besteht. Die Kinder wussten oft schon erstaunlich viel und behielten Einzelheiten aus den Erklärungen fast selbstverständlich. Zum Vorschein kam dies, als am ersten Nachmittag spontan ein Regenbogen an die Tafel gemalt wurde und dabei die Farben ganz selbstverständlich in der korrekten Reihenfolge erschienen.

Das Musterprojekt des Fördervereins der Parkschule Essingen ist ein Beispiel dafür, dass es Möglichkeiten gibt, auch mit wenig Mitteln Kinder außerschulisch in ihrer Entwicklung zu fördern. Die überaus positive Resonanz macht Mut zu einer Wiederho-

lung der Aktion. Für das Sommerhalbjahr ist eine Exkursion geplant, bei der „Die Scheune – Sammlung optischer Phänomene“ in Leinroden [16] besichtigt werden soll.

### Literatur

- [1] C. Böcker: Experimentierkästen – Forschen statt Ballern, ARD Ratgeber Technik, Sendung vom 21.11.2004. [http://www.ndrtv.de/ratgebertechnik/themen/20041121\\_experimentierkaesten.html](http://www.ndrtv.de/ratgebertechnik/themen/20041121_experimentierkaesten.html)
- [2] H. Kurz.: Diplomarbeit: Optische Experimentierkästen im Vergleich. Fachhochschule Aalen, Fachbereich Augenoptik (2002)
- [3] J. Nolting, H. Kurz: Optische Experimentierkästen im Test – Teil 1: Kästen für Vorschul- und Grundschulkinder. DOZ 10/2001: 26-33, Heidelberg. [http://141.18.725/pdf/1001\\_Nolting.pdf](http://141.18.725/pdf/1001_Nolting.pdf) (2001)
- [4] J. Nolting, H. Kurz: Optische Experimentierkästen im Test – Teil 2: Kästen für ältere Kinder und Jugendliche. DOZ 11/2001: 34-39, Heidelberg. [http://141.18.725/pdf/1101\\_Nolting.pdf](http://141.18.725/pdf/1101_Nolting.pdf) (2001)
- [5] J. Nolting, H. Kurz: Optische Experimentierkästen im Test – Teil 3: Ein weiterer Kasten für ältere Kinder und Jugendliche und etwas für den Profi. DOZ 12/2001: 32-38, Heidelberg. [http://141.18.725/pdf/1201\\_Nolting.pdf](http://141.18.725/pdf/1201_Nolting.pdf) (2001)
- [6] H. Michelbach, J. Nolting, M. Walke: Von Goldschmiede bis Kuhstall – Essinger Eltern-AGs begeistern alle Jahrgangsstufen. Magazin Schule 14/2004, 55-57, Stuttgart. [http://141.18.725/pdf/0904\\_schule.pdf](http://141.18.725/pdf/0904_schule.pdf) (2004)
- [7] Förderverein Parkschule Essingen: Programmheft Schulhalbjahr 2004
- [8] C. Oppermann: Optische Experimente in der Grundschule. Diplomarbeit, FH Aalen (2004)
- [9] V. und J. Cobb: Light action! Amazing experiments with optics. Harper Collins Publishers (1993)
- [10] M. Tomalla: Augenklinik Duisburg, Abteilung Refraktive Chirurgie: Der Aufbau des Auges. [http://www.kfrc.aesthetec.de/das\\_auge/aufbau.html](http://www.kfrc.aesthetec.de/das_auge/aufbau.html) (2004)
- [11] Z. Artina: Tuvredz\_ba. <http://www.acis.lv/tuvredziba.htm> (2000)
- [12] J. Nolting, C. Kress: Optics in Nature - Optische Naturerscheinungen. Verlag der Deutschen Optikerzeitung, Heidelberg (2004)
- [13] Westdeutscher Rundfunk: Die Sendung mit der Maus: Wie wird eigentlich ein Trickfilm hergestellt? <http://www.wdrmaus.de/lachgeschichten/mausspots/trickfilm.phtml> (2002)
- [14] H. Krekler, M. Rieper-Bastian: Spannende Experimente - Naturwissenschaften spielerisch erleben. Ravensburger Buchverlag, Ravensburg (2000)
- [15] K. Buske: Lochkamera auf die Schnelle. <http://www.lehramtsreferendariat.de/kamera.htm> (2001)
- [16] B. Lingelbach: IfAA – Institut für Augenoptik Aalen. <http://www.leinroden.de> (2004)
- [17] P. Hewitt, C. Colwell: CP Workbook - Refraction. [http://www.physicslab.org/cpworkbook/page\\_89/refractioncriticalangle.aspx](http://www.physicslab.org/cpworkbook/page_89/refractioncriticalangle.aspx) (2004)

**Anschrift der Autoren:**  
**Prof. Dr. Jürgen Nolting,**  
**Dipl.-Ing. (FH) Catrin Oppermann,**  
**FH Aalen – Studiengang Augenoptik,**  
**Gartenstraße 135,**  
**73430 Aalen**