

# Pestalozzi-Schule

Förderschule

Primus-Truber-Str. 35

72072 Tübingen

Tel: 07071 / 9731 21/22 Fax 25

fs@tue.schule.bwl.de

Pestalozzischule - Primus-Truber-Str. 35 - 72072 Tübingen

An die  
Stiftung für Bildung und  
Behindertenförderung GmbH  
Heidehofstr. 33

70184 Stuttgart

07.01.05

## Abschlussbericht

### Projekttitel:

**Schüler forschen – naturwissenschaftliches Experimentieren an optischen Phänomenen**

**Bewilligungsnummer: 50110.02.1/2.04**

**Projektzeit:** 15. April 2004 – 28. Juli 2004

**Projektleiter:** Sonderschulrektor Helmut Treutlein

**Mitarbeiter:** Studierendengruppe der Fakultät für Sonderpädagogik der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg mit Sitz in Reutlingen, Praxisanleitung: Prof. Dr. Jauch

**Teilnehmer:** Klasse 8 der Förderschule, 3 Mädchen, 8 Jungen

### Inhalt des Projektes:

Naturwissenschaftliches Experimentieren, Gruppenarbeit der Schüler und Gruppenarbeit der Studierenden, Durchführung fortlaufend jeden Mittwoch von 7.40 Uhr – 9.15 Uhr mit Vorbereitungs- und Nachbereitungszeit

### Ziele und Erwartungen

Herstellung einer vorbereiteten Umgebung zur Ermöglichung naturwissenschaftlichen Arbeitens. Selbständiges Forschen, eigenständiges Beobachten. Formulieren von Hypothesen, Überprüfung durch Experimente, Formulierung von Erklärungsansätzen. Sachgerechtes Hantieren mit physikalischen Geräten. Einhalten eines Ordnungssystems der Geräte. Erweiterung der Alltagserfahrung durch modellhafte Rekonstruktionen der Realität mittels geeigneter Experimentieranordnungen. Weckung von Neugier und Entwicklung einer veränderten realistischen Einstellung zu Erklärungen von Phänomenen der Natur durch physikalische Theoretisierung.

## **Vorbereitung**

Gemeinsam mit der Studierendengruppe wurde das Themenspektrum physikalische Strahlenoptik erarbeitet. Dabei wurden die wesentlichen Phänomene theoretisch und experimentell dargestellt. In Gruppenarbeit erarbeiteten die Studierenden unter Anleitung des Projektleiters die Themen: Lichtausbreitung, Licht und Schatten, Lochkamera, Reflexion am ebenen Spiegel, Reflexion am Wölbspiegel, Lichtbrechung in Glas und in Wasser, Linsen, Auge optische Abbildung, Lupe, Fernrohr, Diaprojektor, Farbzerlegung des Lichts und rückführende Erzeugung von weißem Licht durch Linsen.

Es wurde deutlich, dass den Studierenden zum großen Teil Erfahrungen mit dem Experimentieren fehlten. Das Hantieren mit Versuchsgeräten war ein Lernfeld, das auf die Schwierigkeiten einzelner Versuchsanordnungen Antworten verlangte. Die bei dem Projekt eingesetzten Gerätesätze wurden dabei analysiert und ihre Möglichkeiten erkundet. Dabei wurden Experimente anhand der vorgegebenen Versuchsvorschläge mit freien Anordnungen verglichen. Es wurde deutlich, dass einzelne Experimente nur mit weiterem Material tatsächlich zu einer Demonstration eines realen Phänomens führen. So wurde die Lochkamera mit Hilfe eines großen total abgedunkelten Kartons hergestellt. Die optische Abbildung wiederum gelang mit den angebotenen Linsen. Zur besseren Demonstration wurden handelsübliche Vergrößerungsgläser mit ihrer größeren Lichtstärke verwandt.

Nach dieser Vorbereitung erarbeiteten die Studierenden Unterrichtseinheiten zu den gewählten Themen. Die Unterrichtseinheiten und deren Versuche wurden jeweils zuvor ausprobiert und mit ihren Schwierigkeiten beleuchtet. Dabei wurde deutlich, dass im Vordergrund das genaue Beobachten steht und die mögliche Erklärung nachrangig werden muss. Die Phänomene des Lichts sind oftmals nicht leicht zu beobachten und erst bei genauem Hinschauen deutlich. So wird bei der Lichtbrechung in einer Küvette, einem rechteckigen kleinen Glasbehälter, sowohl Reflektion an der Glaskante, Lichtbrechung nach dem Brechungsgesetz wie auch Totalreflektion sichtbar. Es wurde erkannt, dass es nicht nötig ist, einen aufbauenden vollständigen Lehrgang einzuhalten. Vielleicht wurde exemplarisch ein Phänomen herausgegriffen und dieses in seinen Dimensionen dargestellt, untersucht und beschrieben.

## **Durchführung**

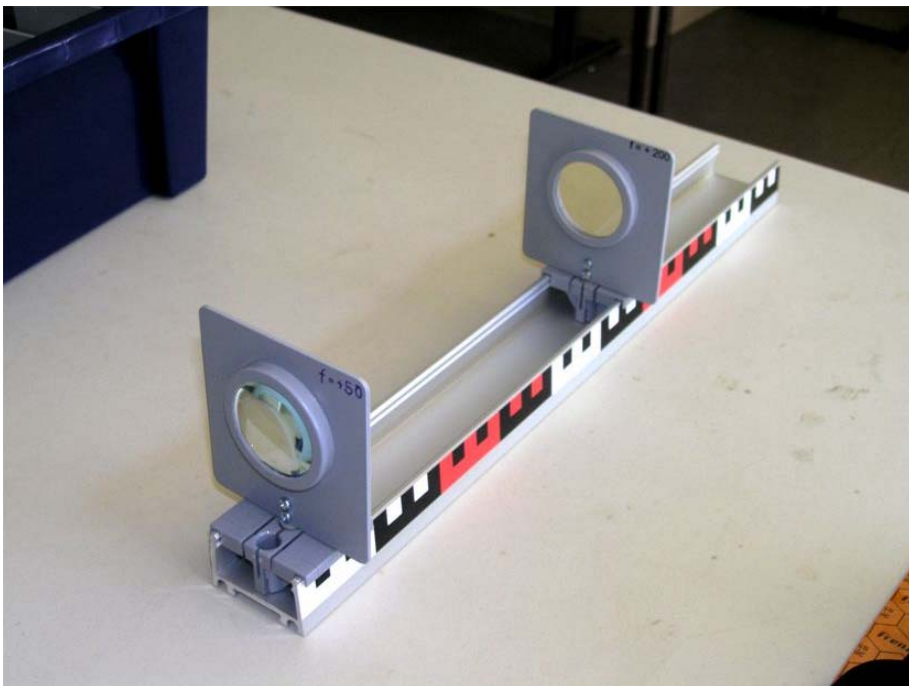
### **Projektverlauf**

Die in der langen Vorbereitungsphase, mehrere längere Experimentierphasen der Studierenden und Anleiter, erarbeiteten Erfahrungen wurden umgesetzt. Entsprechend der Arbeitsplanung entwickelte sich der Verlauf der Versuchseinheiten:

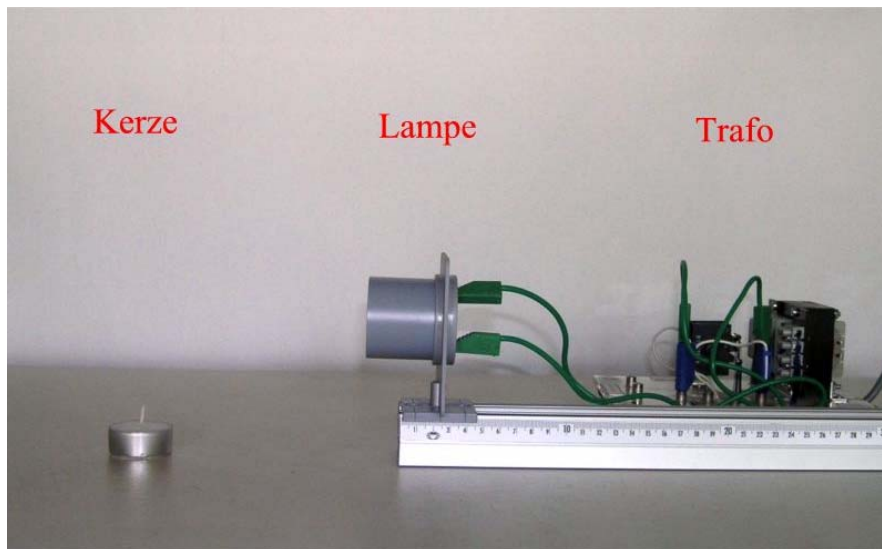
1. Einführung in die Arbeit mit dem Experimentierkasten. Die Ordnung im Kasten. Sachgerechter Umgang mit den Materialien. Benennung der Geräte. Ordnungsübungen, Untersuchung der Gerätemöglichkeiten.



2. Das Fernrohr – Aufbau eines Fernrohrs anhand einer Fotografie der Versuchsanordnung und einer schematischen Aufbauskitze. Erproben des Fernrohrs. Warum steht das Bild auf dem Kopf? Experimentelle Lösungsversuche und Erklärungsansätze.



3. Licht und Schatten – Nach der Einführung in die Thematik, Aufbau einer Versuchsanordnung für einen Kernschatten anhand eines Fotos der Versuchsanordnung.



Zweites Experiment zu zwei Lichtquellen mit der Erzeugung von Kern- und Halbschatten.

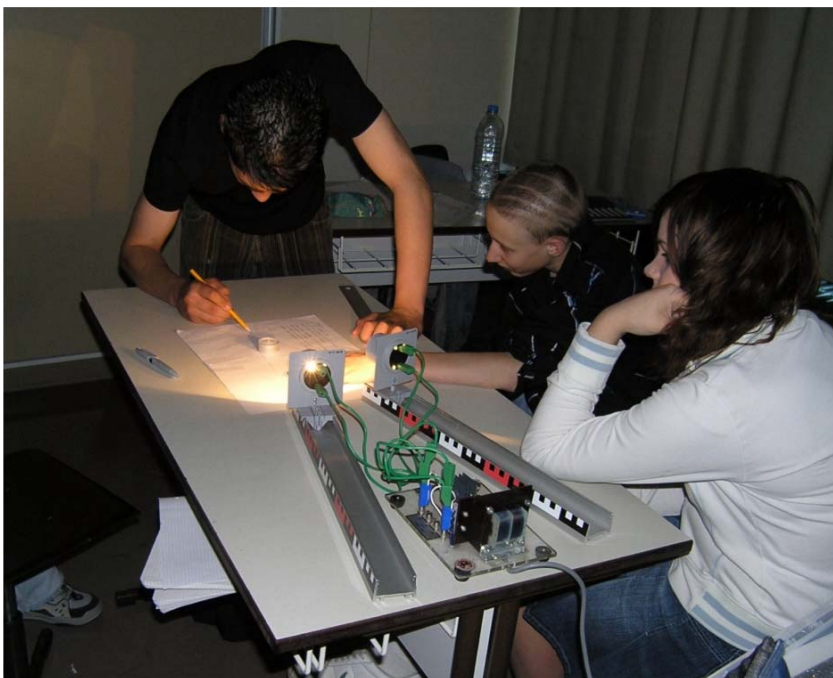


Freies Experimentieren mit Schattenwürfen im Raum – Personenschatten, Kern- und Halbschatten. Festhalten des Arbeitsergebnisses mit einer Versuchsskizze.

Nachzeichnen des Schattens – ein Kernschatten:

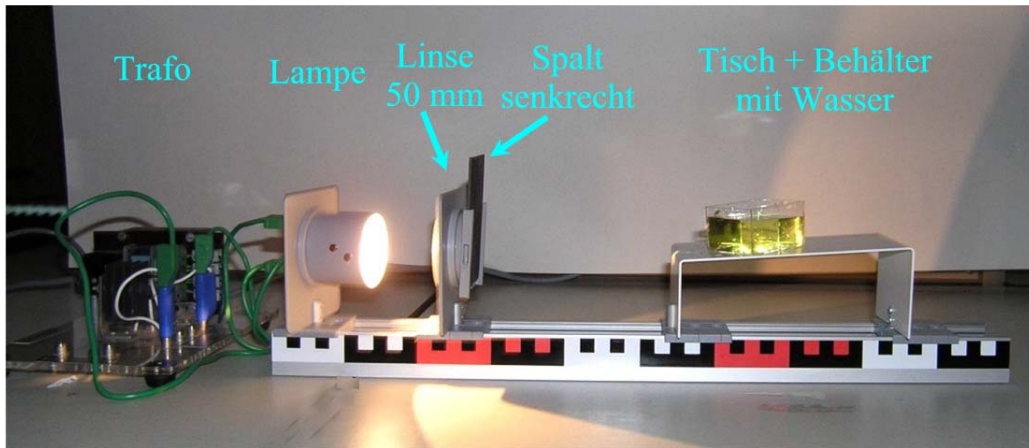


Nachzeichnen von zwei Schattenwürfen – Kern- und Halbschatten:

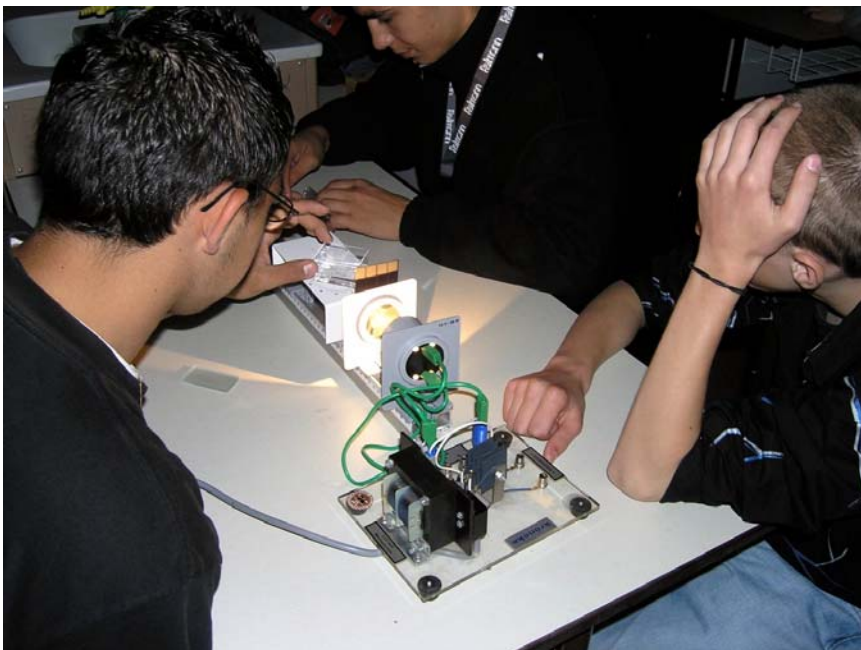
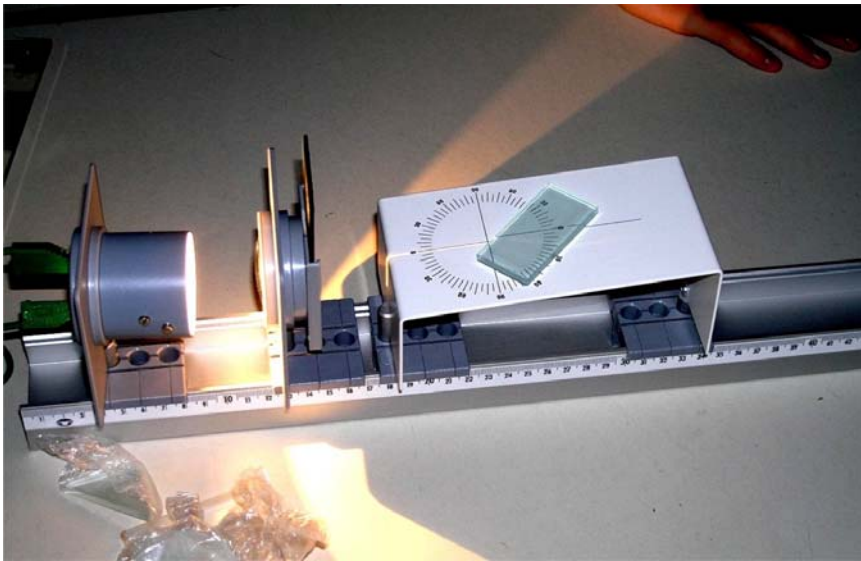


4. Lichtbrechung in Wasser und Lichtbrechung in einer planparallelen Platte – Einführung über die Präsentation alltäglicher Brechungsphänomene im Wasser (Schwimmbad, Stock in Wasser). Versuchsaufbau mit einer Skizze und mit Hilfe einer Versuchsfotografie. Variierung der Versuchsvorrichtungen beim Lichtdurchgang. Erkennen der Regelmäßigkeit der Brechungserscheinungen. Protokoll mit Skizzen.

Versuchsanordnung von der Seite, Lichtbrechung in Wasserbehälter:

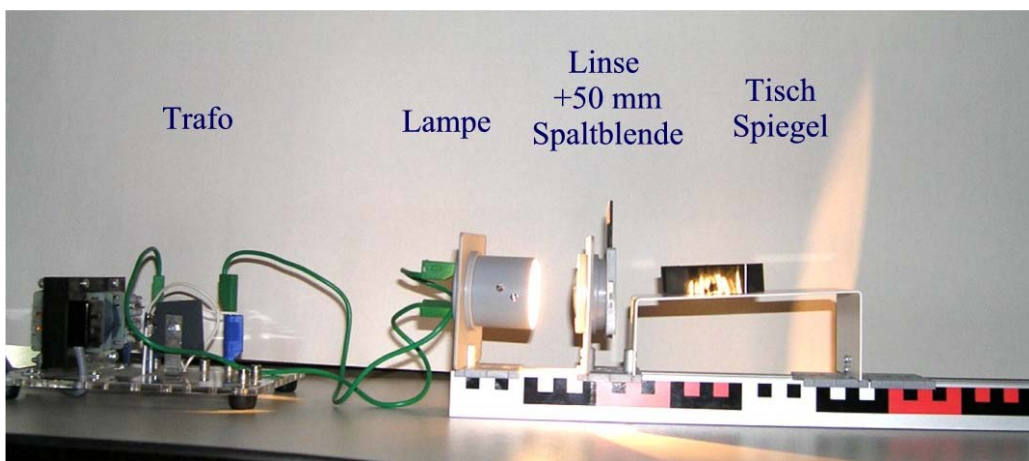
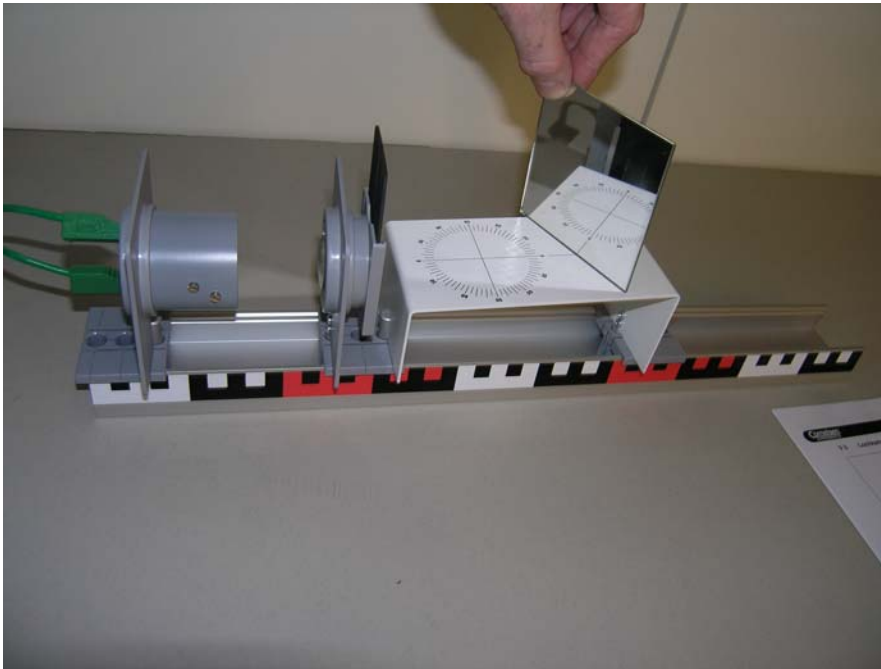


Lichtbrechung in planparalleler Platte:



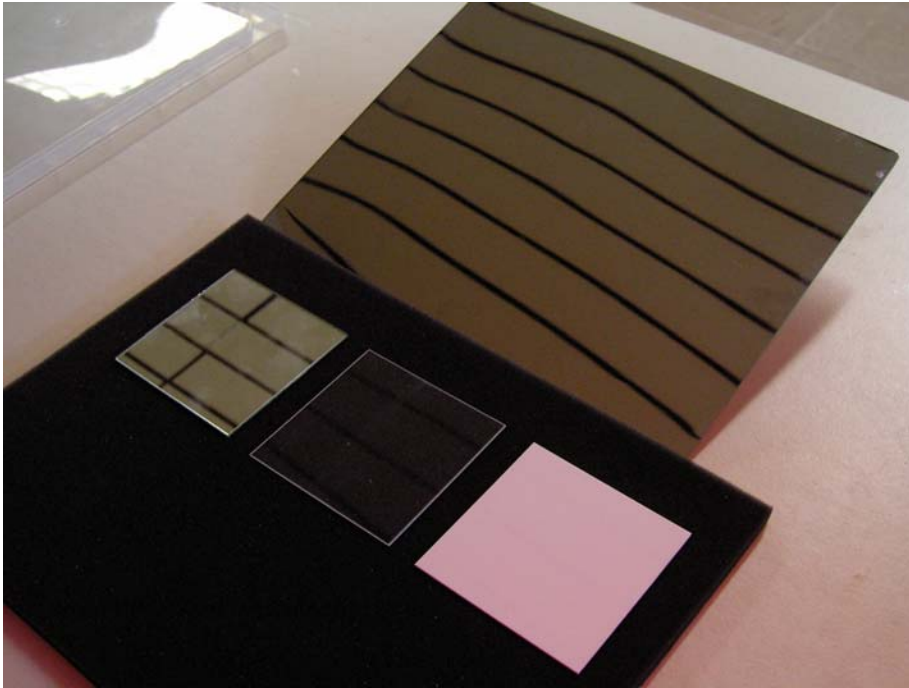
5. Spiegelercheinungen. Arbeit in Stationen mit Aufgabenstellungen, Fragen und Erstellung eines Ergebnisprotokolls.

A) Spiegelexperiment mit der Versuchsanordnung dreier paralleler Lichtstrahlen auf einen senkrecht stehenden Spiegel.



B) Spiegelnde Materialien: Topfdeckel, Serviertablett, Plexiglas, Glasrahmen, Wasserbehälter. Erkennen spiegelnder Flächen und deren Voraussetzungen.

Spiegelnde Materialien: 3 Flächen: Spiegelglas, Glasscheibe, weiße Scheibe, Große flexible Metallplatte (es spiegelt sich die Zimmerdecke in der Spiegelfläche)

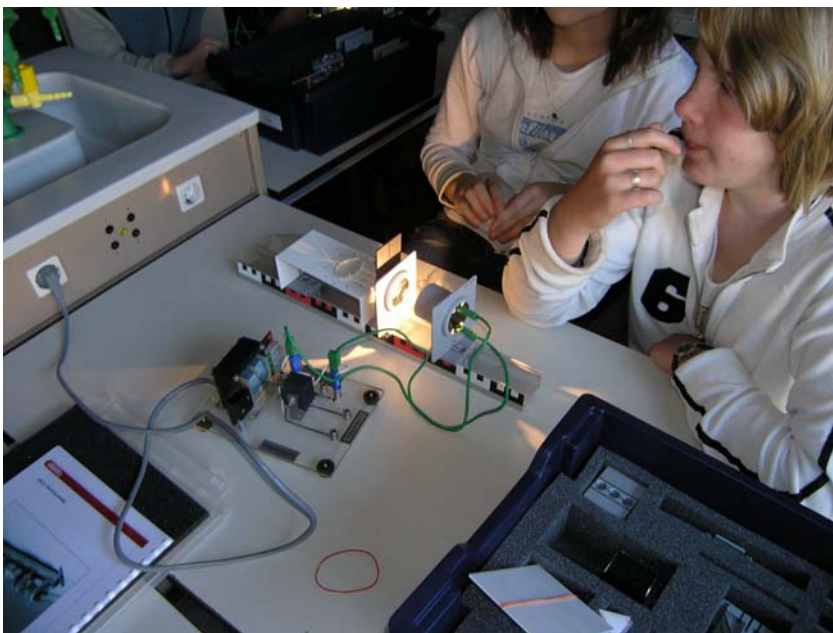


C) Eigenschaften des Spiegelbildes. Messendes spielerisches Experiment mit Spielfiguren auf kariertem Papier vor Spiegel. Erkennen der Spielentfernungen und der Seitigkeit des Spiegelbildes.

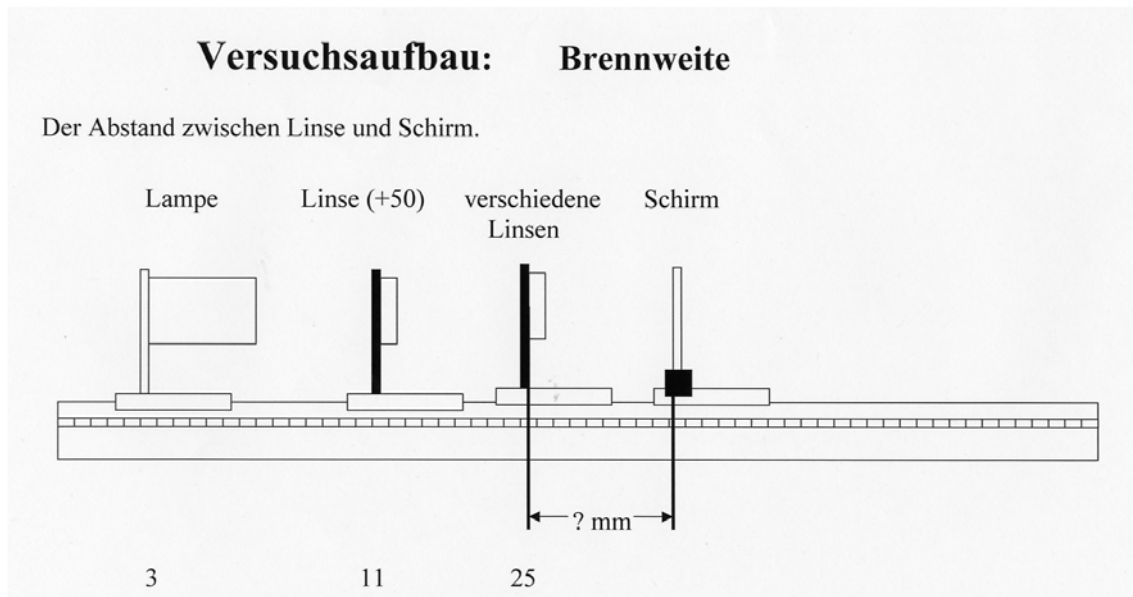
D) Spiegelbild und motorische Koordination. Nachzeichnen eines Labyrinthganges auf dem Tageslichtprojektor durch Beobachten der Zeichenlinie in der Projektion.

## 6. Experimente mit Linsen.

A) Unterscheidung der Linsenarten. Versuchsaufbau anhand einer Skizze zur Ermöglichung der Erfahrungen des Linsendurchgangs bei unterschiedlichen Linsenquerschnitten (Sammel- bzw. Zerstreuungslinsen) Färbung des Lichts mit farbigen Gläsern zur Verfolgung der Brennglaswirkung, zweidimensionale Darstellung.



B) Ermittlung der Brennweite bei Sammellinsen mit einer Versuchsanordnung, dreidimensionale Darstellung.



C) Brennglaswirkung einer Linse.



7. Optische Abbildung. Arbeit mit Stationen. Einstieg über eine große Lochkamera (großer Karton mit kleinem Loch – der Experimentator steckt seinen mit einer Decke gut lichtdicht abgedeckten Kopf in den dunklen Karton). Selbständiges Experimentieren in den Stationen mit Fragen und Lösungsprotokoll.

A) Lochkamera, Eigenschaften des Bildes. Weitere Hilfsmittel Modelllochkamera aus Blechdose mit Pergamentpapieröffnung vor einer Glühlampe, bzw. Vor einer Kerzenflamme.

Station 1: Lochkamera

Station 2: Linsen

Schirm

Linse	Abstand
$f = +50$	
$f = +100$	
$f = +200$	
$f = -100$	

B) Optische Abbildung der Landschaft auf einem weißen Karton mit Hilfe einer Linse. Messen der Bildweite = Brennweite.

C) Analysieren eines Augenmodells und der Funktion der Linse im Auge. Experiment mit „Modellauge“: Abbildung einer Kerzenflamme bzw. eines Pfeildias mit einer Linse. Beschreibung der Bildeigenschaften.

D) Diaprojektor. Aufbau mit Hilfe einer Versuchsskizze und Analyse des Ergebnisses.

8. Farben. Arbeit mit Stationen. Einstieg über ein Regenbogenbild.

A) Experiment zur prismatischen Zerlegung des Lichts in seine Farben. Versuch zur weiteren Zerlegung der Spektralfarben.



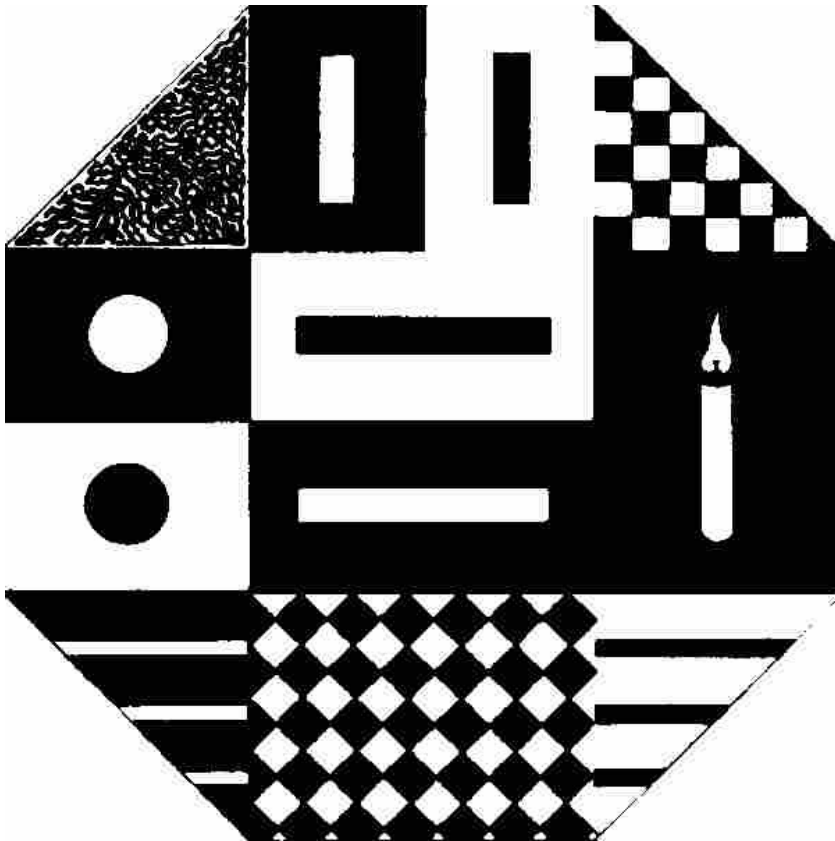
B) Farbmischung. Betrachten und Analysieren eines impressionistischen Bildes sowie eines farbigen Zeitungsbildes mit der Lupe. Erkennen der kleinen Farbpunkte und der Zusammenwirkung der Farbpunkte zu Mischfarben. Farbmischung in Kreisel.



C) Betrachten der Landschaft durchs Prisma und erkennen der farbigen Ränder. Welche Farben sehe ich, woher kommen die Farben?



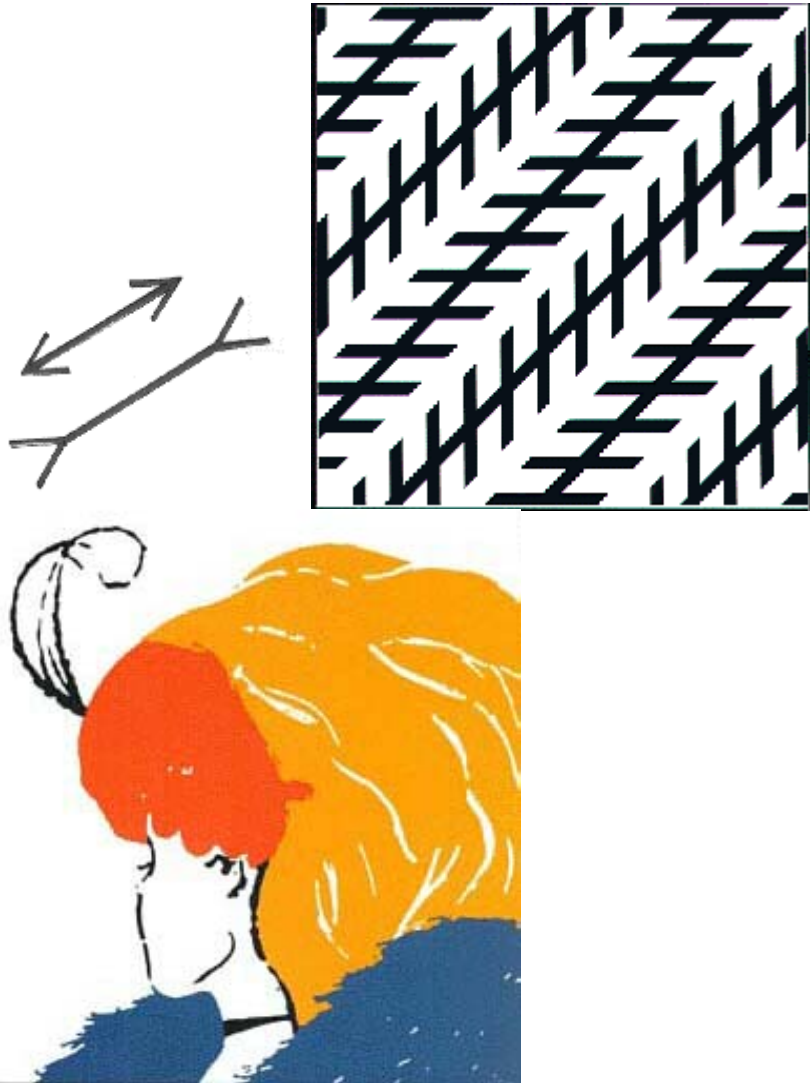
Betrachten der Schwarz-Weiß-Tafel (aus Goethes Farbenlehre) durchs Prisma und erkennen der verschieden farbigen Ränder. Experimente mit schwarz-weißer Drehscheibe aus der Farben erkennbar werden bei schnellem Drehen.



D) Farbwirkungen. Beobachten der verschiedenen Farbwirkungen in einem Karton, welcher innen unterschiedlich gefärbte Kartonwände hat beim Beleuchten mit rotem, blauem und gelbem Licht. Beschreiben der Farbwirkung auf den Menschen: warm, kalt, angenehm, düster.... Warnfarben bei Verkehrszeichen, Warnfarben bei Tieren.



E) Optische Täuschungen: Beobachten und erkennen von Tafeln zur Täuschung der Wahrnehmung und Auffassung.



## **Kooperationspartner - Nachbereitung**

In der jeder Einheit folgenden Nachbesprechung der Studierendengruppe, des Anleiters und des Projektleiters wurden die Erfahrungen reflektiert. Dabei wurden die folgenden Schwerpunkte gewählt:

Beobachtungen des Experimentierverhaltens der Schüler  
Überlegungen über das Verhalten der Schüler untereinander  
Umgang mit dem Arbeitsmaterial  
Konzentration auf die Thematik  
Diskussion des Verhaltens der Lehrpersonen  
Reflektion der Erklärungsansätze der Schüler  
Anwendung des Experimentiermaterials  
Eignung des Materials  
Kritische Sicht auf das Experimentiermaterial hinsichtlich des tatsächlich beobachteten Phänomens und der dabei auftretenden Begleitphänomene.

Auf Grund der Erfahrungen wurde die weitere Arbeit angepasst.

## **Mitarbeit der Teilnehmer**

Das Experimentiermaterial SEG Optik der Firma Cornelsen ermöglichte einen einfachen Versuchszugang. Die Präsentation der Geräte im Gerätekasten motivierte die Schüler. Der Zugang zu den Phänomenen wurde ganzheitlich und nicht aufsteigend lehrgangsähnlich gewählt. Dadurch standen komplexe Fragestellungen im Raum. Dies war für die Schüler spannend. Die Motivation der Schüler und ihr Interesse nahmen im Laufe der Arbeit zu. Die Schüler arbeiteten zunehmend sachkundig und gingen mit dem Material sachverständig um. Das Experimentiermaterial war dafür sehr gut geeignet.

Die Studierendengruppe verfügte über wenig Vorwissen und noch weniger Vorerfahrung beim Experimentieren. Einige oberflächliche allgemeine Kenntnisse bestanden, die genaue Erfahrung mit optischen Phänomenen war für alle eine erste Erfahrung. Das eigene Lernen am Gerät sensibilisierte für die Fragen der Schüler und deren Probleme bei der Handhabung bis dahin fremder Geräte und deren Gebrauchsstruktur. Im Laufe der Projektzeit hielt diese Motivation an. Dies war ein wesentlicher Beitrag zur Öffnung des Interesses für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

## **Bewertung**

### **Zielerreichung**

Mit dem Projektmaterial gelang es, die Studierendengruppe für die Thematik optische Phänomene, grundlegende Phänomene des Lichts erklärt mit Hilfe der Strahlenoptik zu interessieren und das naturwissenschaftliche Arbeiten in der Ausbildung zukünftiger Lehrer zu erproben. Diese Berufsqualifizierung war gute Voraussetzung für eine schülergerechte Vorbereitung der Projektarbeit mit den Schülern.

Die Schüler konnten im Umgang mit dem Gerätesatz SEG Optik der Firma Cornelsen einen weitgehend auf Selbsttätigkeit zielenden Unterricht erleben. Sie erarbeiteten

vorgegebene Versuchsanordnungen und konstruierten mit den Geräten eigene Versuchsanordnungen. Das sachgerechte Umgehen mit den Geräten war ein gutes Lernfeld. Die Fertigkeiten der Schüler entwickelten sich weiter. Teilweise wurden die Versuchsgeräte mit Alltagsmaterial kombiniert und die Experimente in andere Zusammenhänge gebracht. Die Schüler erlebten das Gelingen und Misslingen von Versuchsanordnungen. Dabei mussten sie mögliche Fehler analysieren und Lösungen suchen. Die Fähigkeiten der Schüler zum analytischen Denken wurden geschult. Das beziehungsstiftende Denken wurde angeregt.

Die Schüler arbeiteten in Gruppen und konnten lernen, aufeinander einzugehen und gemeinsam eine Lösung zu finden. Teilweise dominierten leistungsstärkere Schüler ihre Partner. Dies stellte die Lehrer und Studierenden vor pädagogische Aufgaben. Ganz wesentlich war die Ermöglichung von Erfahrungen, die den Schülern sonst gänzlich verschlossen sind.

Der gewählte ganzheitliche Zugang zu Phänomenen des Lichts erwies sich als richtig. Es war nicht nötig, in der Abfolge der üblichen Lernhierarchie beispielsweise zuerst die geradlinige Ausbreitung des Lichts, dann die Schattenbildung etc. zu thematisieren. Die in den Versuchsanleitungen vorgeschlagenen Experimentieranordnungen machten einen ersten Einstieg über das Fernrohr möglich. Aus dem Experiment ergaben sich dann Fragen nach der geradlinigen Lichtausbreitung. Das kopfstehende Bild löste Überlegungen über die Ursachen aus und förderte die Überlegung von Erklärungsansätzen. Diesem Einstieg konnten dann die anderen Themenbereiche folgen. Die angebotenen Versuchsanordnungen waren einfach aufzubauen. Teilweise mussten die Darstellungen präzisiert werden. Die Präsentation von Photographien der Versuchsanordnungen über den Tageslichtprojektor war sehr hilfreich.

Die Schüler der Förderschule in der Projektklasse sind in unterschiedlicher Weise beim Lernen beeinträchtigt. Einzelne Schüler zeigen großes Interesse am Experimentieren und Analysieren von Versuchsergebnissen. Sie waren durch das Projekt leicht zu motivieren. Einige Schüler sind am Unterricht im naturwissenschaftlichen Bereich eher desinteressiert. Vor allem physikalische Themen meiden diese Schüler. Gerade bei diesen Schülern war im Verlauf der Projektzeit zu beobachten, dass das selbständige Experimentieren bei ihnen die Fragen weckte und die Neugierde an den Erscheinungen entstand. Die Motivation entstand aus den Sachen selbst durch das praktische Umgehen. Die sich anschließende Theoretisierung, das Protokollieren der Ergebnisse, die Diskussion der Phänomene war jetzt auch für diese Schüler interessant. Die Spannung hielt an. Es bestätigte sich, dass ein handlungsorientierter Unterricht mit Selbständigkeit auch Schülern mit Lerndefiziten hilft, ihre Lernkompetenzen zu verbessern. Das Zusammenarbeiten förderte den Umgang der Schüler untereinander. Es entstand eine produktive Arbeitsatmosphäre. Die Sozialkompetenz wurde durch das Projekt gefördert.

### **Langfristige Auswirkungen – Übertragbarkeit - Fortführung**

Mit den Versuchsmaterialien konnten die beteiligten Studierenden für ihre künftige Unterrichtsarbeit im naturwissenschaftlichen Unterricht sehr gut qualifiziert werden. Sie machten erste eigene Erfahrungen mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht und lernten, die Schüler auf zielorientiertes eigenständiges Experimentieren vorzubereiten.

Der naturwissenschaftliche Unterricht an der Pestalozzi-Schule verfügt nun über eine höhere Kompetenz im Themenbereich Phänomene des Lichts. Die erprobten Lernsequenzen können in ähnlicher Weise mit anderen Schülern erneut durchgeführt werden.

Die beteiligte Schülergruppe hat sich im Bereich der Naturwissenschaften neue Kompetenzen erworben. Dies formale Wissen über Arbeitsmethoden und naturwissenschaftliches Denken und Analysieren kann in anderen Themenbereichen Anwendung finden. Das selbständige Experimentieren fördert die Lernkompetenz und die Sozialkompetenz.

### **Zusammenarbeit mit Projektpartnern – Fortführung der Kooperation**

Die Zusammenarbeit mit dem Partner Fakultät für Sonderpädagogik an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg mit Sitz in Reutlingen gelang gut. In der weiteren Zusammenarbeit wird versucht, die Dokumentation der Arbeit mit den Schülern zu verbessern. Insbesondere sollen einfache direkte Präsentationsverfahren versucht werden, die es ermöglichen, die erarbeiteten Unterrichtssequenzen und deren Ergebnisse rasch im internet darzustellen und damit das erarbeitete Erfahrungswissen auch anderen Studierenden, Schülern und Lehrern zur Verfügung zu stellen.

Mit freundlichen Grüßen

H. Treutlein  
Sonderschulrektor