

**Reihe „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“**

Herausgegeben von der

**Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“**

des Interuniversitären Instituts für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung

Engelbert Stütz

**Optik in einer vierten Klasse AHS  
Lichtausbreitung und Sehen  
als Leitlinie für das Verstehen**

PFL-Naturwissenschaften, Nr. 59

IFF, Klagenfurt 1999

Redaktion:  
Helmut Kühnelt

Die Universitätslehrgänge „Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen“ (PFL) sind interdisziplinäre Lehrerfortbildungsprogramme der Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“ des IFF. Die Durchführung der Lehrgänge erfolgt mit Unterstützung von BMUKA und BMWV.

# Optik in einer vierten Klasse AHS

## Lichtausbreitung und Sehen als Leitlinie für das Verstehen

### (Kurzfassung/Abstract)

In einer vierten Klasse AHS wurde ein "Lehrgang" zur Optik erprobt. Der Kurs berücksichtigt Schülervorstellungen über Licht und Lichtausbreitung. Ich hatte das Ziel, ein Unterrichtskonzept zu entwerfen und zu erproben, das die Lernschwierigkeiten aus der Diskrepanz von Alltagsvorstellungen und dem physikalischen Konzept berücksichtigt. So sollte ein tieferes Verständnis ermöglicht werden. Es sollten nicht zuerst die physikalischen Prinzipien über Lichtausbreitung, Reflexion und Brechung erarbeitet werden und dann erst als Praxisbezug Phänomene aus der Natur oder technische Anwendungen.

Ich wollte herausfinden, ob dieser Optikkurs von den SchülerInnen sinnvoll und motivierend erlebt wird.

Die für mich wichtigsten Ergebnisse können durch Antworten von SchülerInnen aus Befragungen charakterisiert werden:

Physik ist für mich motivierend, wenn es "eine Herausforderung für's Hirnkastl ist."

"Man muss Schüler am Unterricht mitarbeiten lassen. Sie wollen auch teilnehmen."

"Eigentlich ist alles wichtig, auch wenn ich nicht alles verstanden habe."

Mag. Engelbert Stütz  
BRG Linz  
Hamerlingstr. 18  
A-4020 Linz

E-mail [e.stuetz@asn-linz.ac.at](mailto:e.stuetz@asn-linz.ac.at)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung/Abstract</b> .....	2
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	3
<b>1. Einleitung</b> .....	4
<b>2. Darstellung des Ausgangspunkts</b> .....	4
2.1 Die Ausgangssituation.....	4
2.2 Die Forschungs idee .....	5
2.3 Der organisatorische Rahmen .....	5
2.4 Die Unterrichtseinheiten.....	5
<b>3. Ergebnisse</b> .....	7
3.1 Die Schülerinterviews vor Beginn des Kurses.....	7
3.2 Das Verhalten der SchülerInnen während des Kurses .....	8
3.2.1 Die Beobachtung der Mitarbeit .....	8
3.3 Die Bonusaufgaben .....	10
3.4 Der Test .....	10
3.5 Der Fragebogen .....	10
<b>4. Schlussfolgerung</b> .....	11
4.1 Schlussfolgerungen aus den Alltagsvorstellungen der SchülerInnen über Sehen, Licht und Lichtausbreitung .....	11
4.2 Kommt ein tieferes physikalisches Verständnis zustande, wenn vorerst auf Messungen und Mathematisierungen verzichtet wird, wenn im Vordergrund die intuitive Entwicklung von Modellen steht?.....	11
4.3 Wann finden die SchülerInnen Physik interessant und wann ist Physik für sie ein "Horror"? .....	12
<b>5. Literaturliste</b> .....	13
<b>6. Anhang</b> .....	14
6.1 Forschungsarbeiten mit optischen Linsen (Arbeitsauftrag).....	14
6.2 Fragebogen zur EXPLORAMA - Ausstellung und zum Physikunterricht (*) .....	15
6.3 Test .....	16
<b>7. Statt eines Nachwortes</b> .....	17
7.1 Aufbau eines Kriminalromans, entworfen von einem Physikprofessor.....	17

# 1. Einleitung

Ich unterrichtete im Schuljahr (1997/98) in einer vierten Klasse AHS Physik. Das Arbeitsklima war gut. Daher wählte ich diese Klasse aus, um einen neuen Optikkurs zu entwerfen und mit dieser Klasse zu erproben.

In der Literatur (2, 3) wird beschrieben, dass Alltagsvorstellungen von SchülerInnen über Licht und Bildentstehung von den entsprechenden physikalischen Konzepten stark abweichen. R. Duit schreibt: „In der Physik wird der Vorgang des Sehens wie folgt erklärt: Lichtquellen senden Licht aus, dieses fällt direkt ins Auge, dann sieht man die Lichtquelle oder es fällt auf Körper, die nicht von sich Licht aussenden, wird dort teilweise reflektiert, und fällt von dort ins Auge. Zwei Punkte müssen hervorgehoben werden. Erstens macht die Physik keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen Lichtquellen und beleuchteten Körpern. Beide senden Licht aus, das unter Umständen ins Auge fällt und dann zu einem Seheindruck führt. Zweitens wird Licht in der Physik als Ausbreitungsvorgang von ‘etwas’ (elektromagnetische Strahlung) verstanden. Alltagsvorstellungen zu Licht und Sehen sind ganz anders (Jung 1989, Wiesner, 1994). Für viele Schüler sind Lichtquellen und beleuchtete Körper fundamental verschieden. Während Lichtquellen etwas abgeben, das mit Licht bezeichnet wird, ist dies bei beleuchteten Körpern nicht der Fall. Diese kann man sehen, wenn man ihnen das gesunde Auge zuwendet. Das Licht liegt dann gewissermaßen als ‘Helligkeit’ auf ihnen. Schüler scheinen also zwei Vorstellungen vom Licht zu haben. Zumindest in der zuletzt genannten Vorstellung ist kein Konzept von Bewegung des Lichts enthalten, aber auch das Licht, das Lichtquellen abgeben, wird von den meisten Schülerinnen und Schülern nicht in gleicher Weise als Ausbreitung von etwas gesehen, wie es in der Physik üblich ist. Unterricht in den Schuljahren 5 - 10 ist in der Regel nur in sehr eingeschränktem Maße in der Lage, die skizzierten Schülervorstellungen in Richtung auf physikalische Vorstellung zu verändern.“

Ich wollte wissen, ob eine Arbeitsweise, die die oben beschriebenen Schwierigkeiten bedenkt, effektiv ist und von den SchülerInnen motivierend und sinnvoll erlebt wird.

## 2. Darstellung des Ausgangspunktes

### 2.1 Die Ausgangssituation

Ich unterrichte in dieser 4. Klasse Mathematik und Physik. Den Mathematikunterricht übernahm ich vor zwei Jahren, den Physikunterricht im vorigen Schuljahr. Das Unterrichtsklima erlebe ich als vertrauensvoll. Beim Erarbeiten neuer Inhalte wissen die SchülerInnen, dass es darauf ankommt, seine Ideen und Vorstellungen zu äußern. Irrtümer und falsche Vorstellungen werden den SchülerInnen in der Erarbeitungsphase nicht negativ angerechnet. Sobald die Arbeit an einem Themenbereich abgeschlossen ist, wird das Wissen über die physikalischen Grundlagen und Zusammenhänge in die Leistungsbeurteilung einbezogen. Ich gab den SchülerInnen bekannt, dass der Themenbereich Optik von einem Forschungsvorhaben begleitet sein würde und was meine Ziele dabei seien. Die SchülerInnen fühlten sich dadurch ernst genommen. Ich interpretierte ihre Reaktion jedenfalls so.

## 2.2 Die Forschungsidee

- Ich wollte durch Interviews Anhaltspunkte bekommen, welche Alltagsvorstellungen die SchülerInnen meiner vierten Klasse über Sehen, Licht und Lichtausbreitung haben.
- Ich wollte die These überprüfen, ob ein tieferes physikalisches Verständnis zustandekommt, wenn vorerst auf Messungen und Mathematisierungen, ja sogar auf Begriffe wie „Bildweite“, „Gegenstandsweite“ und „Brennweite“ verzichtet wird. Im Vordergrund sollte die intuitive Entwicklung von Modellen stehen.
- Ich wollte wissen, wann die SchülerInnen Physik interessant finden und wann Physik für sie ein "Horror" ist.

## 2.3 Der organisatorische Rahmen und die Arbeitsweise

Der Unterricht fand durchwegs in Einzelstunden - es gab also keine Doppelstunden - im Physiksaal statt. Es war eine vollständige Ausstattung mit Schülerübungsgeräten für acht Gruppen vorhanden und jederzeit verfügbar. Der Unterricht konnte mit einer guten Medienausstattung unterstützt werden: Diaprojektor, OH-Projektor, TV-Gerät (Diagonale = 95cm), Videorecorder, Videokamera und die "Video Encyclopedia of Physics Demonstrations" auf Laser Disc.

Zur Evaluation meiner Aktionsforschung ziehe ich einen Fragebogen, Protokolle der Schülerexperimente, einen Test und Leistungsbeurteilungen während des Semesters, heran. Außerdem stehen mir noch mehr als 20 sogenannte "Bonusarbeiten" zur Verfügung. Das sind freiwillige Physikhausübungen zu einem vorgegebenen oder selbstgewählten Thema aus der Optik.

Die wichtigsten zwei Punkte für die Entwicklung des Optiklehrganges und für die Arbeitsweise mit den Schülern schienen mir:

- **Vom (eventuell komplexen) Phänomen ausgehen.** Die Optik sollte nicht „atomisiert“ werden durch Zerlegen in die grundlegende Gesetze von Lichtausbreitung, Reflexion und Brechung, aus denen alles weitere abgeleitet werden kann. Satirisch wird diese Methode im „Aufbau eines Kriminalromans, entworfen von einem Physikprofessor“ aufs Korn genommen. (Siehe Anhang)
- **Qualitatives Verständnis vor der Darstellung quantitativer Zusammenhänge.** Ich wollte die These überprüfen, ob ein tieferes physikalisches Verständnis zustandekommt, wenn vorerst auf Messungen und Mathematisierungen, ja sogar auf Begriffe wie „Bildweite“, „Gegenstandsweite“ und „Brennweite“ verzichtet wird. Im Vordergrund sollte die intuitive Entwicklung von Modellen stehen.

## 2.4 Die Unterrichtseinheiten (Kurzbeschreibung)

### 1. Unterrichtseinheit

Idee: Sehen ist nicht nur eine Sache des Auges, sondern auch eine Sache des Gehirns.

Vorgangsweise: Mit Hilfe der Bilder aus einem Satz Spielkarten zur optischen Wahrnehmung (Technorama Winterthur) erleben die SchülerInnen, dass man nicht nur das sieht, was "da" ist. Sehen ist verbunden mit Interpretationen des Gehirns. Obwohl dieser Aspekt des Sehens von Bedeutung ist, soll er nicht weiter verfolgt werden. Der Optikkurs beschränkt sich auf die Vorgänge "außerhalb von uns".

## 2. Unterrichtseinheit

Idee: Die Lochkamera als Forschungsobjekt

Vorgangsweise: Bau einer Lochkamera aus einer Kartonschachtel (z.B. Cornflakes) und Transparentpapier. Die Schüler betrachten die Bilder „ihrer“ Lochkamera. Sie reagieren mit Staunen und Verwunderung, dass ein Loch Bilder erzeugen kann.

## 3. Unterrichtseinheit

Idee: Konfrontation der SchülerInnen mit einem physikalischen Modell über Lichtausbreitung (Lichtstrahlenmodell)

Vorgangsweise: Erklärung finden zu einem Phänomen, das im Schulbuch abgebildet ist ("Licht, das durch Zweige fällt"); Erarbeitung eines Zusammenhangs mit der Bildentstehung bei der Lochkamera.

## 4. Unterrichtseinheit

Idee: Weitere Auseinandersetzung mit dem Lichtstrahlenmodell

Vorgangsweise: Experimente und Fragen zum tieferen Verständnis (Licht und Sichtbarkeit; Was strahlt alles Licht ab? Leuchtende und nicht leuchtende Körper; Was meinen wir, wenn wir Lichtstrahlen zeichnen? ...)

## 5. Unterrichtseinheit: Licht und Schatten

Idee: Mit dem Lichtstrahlenmodell kann man einige astronomische Phänomene verstehen.

Vorgangsweise: SchülerInnen erhalten einen Ball (=Mond) und den Globus aus der Geographiesammlung (=Erde). Die Sonne wird durch den Diaprojektor an der Rückwand des Physiksaales dargestellt. Die SchülerInnen suchen Konstellationen, die die Mondphasen, die Sonnenfinsternis und die Mondfinsternis darstellen und erklären können. („Mondphasentheater“, Sonnenfinsternistheater“, Mondfinsternistheater“)

## 6. Unterrichtseinheit

Idee: Aus der Lochkamera eine Linsenkamera machen

Vorgangsweise: Die SchülerInnen stanzen bei allen Lochkameras an Stelle des kleinen Lochs ein kreisrundes Loch mit ca. 1 cm Durchmesser. Sie sollen verschiedene Linsen auf dieses Loch halten und dabei ausprobieren, welche Veränderungen das zur Folge hat. Die SchülerInnen bemerken, dass das Bild im Vergleich zur Lochkamera wesentlich heller ist. Sie sehen, dass die Mattscheibe der Linsenkamera nur in einem bestimmten Bereich ein scharfes Bild liefert. Um die Zusammenhänge genauer zu klären, wird ein Versuch zur Bildentstehung mit der Fresnellinse gemacht. Es wird das reelle Bild, das die Fresnellinse entwirft, ohne Schirm betrachtet. In das reelle Bild wird ein „Streuschirm“ hineingehalten.

(Zusätzlich wird erklärt, wie eine Fresnellinse aufgebaut ist.)

## 7. und 8. Unterrichtseinheit:

Idee: Die SchülerInnen sollen mit Bildern optischer Linsen vertraut werden

Ausführung: Forschungsarbeiten mit optischen Linsen (mit Erstellung eines Protokolls) Siehe Anhang

## 9. Unterrichtseinheit:

Idee: Kontrolle der Arbeiten und fehlende Informationen geben

Ausführung: Nachbesprechung der Schülerversuche; Information geben über die Zusammenhänge zwischen Linse (Brennweite), Position des Gegenstandes (Gegenstandsweite) und Lage des Bildes (Bildweite) zuerst die Zusammenhänge qualitativ

besprechen, dann mit einer Grafik auch quantitativ. Bezug auf das Lehrbuch nehmen, wie die Bildkonstruktionen zu verstehen sind.

10. und 11. Unterrichtseinheit:

Idee: Vorgänge an der Oberfläche der Linse untersuchen

Ausführung: Die Lichtbrechung anhand von Schülerexperimenten kennenlernen (zuerst qualitativ und dann quantitativ).

12. Unterrichtseinheit:

Idee: Die Funktionsweise optischer Apparate in Verbindung bringen mit dem bisher Erarbeiteten.

Ausführung: Vergleich von Diaprojektor, Kamera, Fernrohr und Mikroskop mit den Informationen aus dem Lehrbuch.

13. Unterrichtseinheit:

Idee: Ausgehend von einem verblüffenden Versuch ("Wie groß muss ein ebener Spiegel sein, damit ich mein ganzes Gesicht darin sehen kann?") die Zusammenhänge der Bildentstehung am ebenen Spiegel erforschen.

Ausführung: Experiment durchführen. Die SchülerInnen erhalten als "Werkzeug" das Reflexionsgesetz. Sie suchen damit nach einer Erklärung, warum der Spiegel nur halb so hoch sein muss wie das Gesicht.

14. Unterrichtseinheit

Idee: Die Bilder gekrümmter Spiegel kennenlernen

Ausführung: Die SchülerInnen untersuchen mit den Hohl- bzw. Wölbspiegeln der Schülerexperimentiergeräte, welche Bilder diese Spiegel erzeugen können. Sie vergleichen diese Experimente mit den Darstellungen zu diesem Thema im Lehrbuch.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Die Schülerinterviews vor Beginn des Kurses

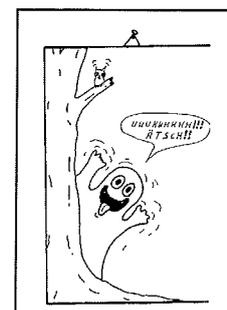
Während des ersten Regionaltreffens wurden 18 zufällig ausgewählte SchülerInnen von den Mitgliedern meiner Regionalgruppe und mir interviewt. Ihnen wurden von zwei Aufgabenstellungen ausgehend befragt:

1. Aufgabenstellung (Münchhausengeschichte aus dem Buch "Physikgeschichten aus Bad Einstein" (4)):

#### Die Superleinwand

Oh je! Das war eine Blamage! Mittels eines Diavortrags über Schloss- und Waldgeister wollte Baron Münchhausen seine neue Erfindung - eine Superleinwand - einem erlesenen Publikum vorführen. Doch Münchhausens Erfindung war ein Flop! Dabei war seine Idee mit der Superleinwand doch einfach genial und Baron Münchhausen auch sonnenklar: Nichts reflektiert Licht besser als ein guter Spiegel und somit ist ein Spiegel auch eine gute Leinwand!

Warum eignet sich ein Spiegel nicht als Projektionsfläche für Dias und Filme?

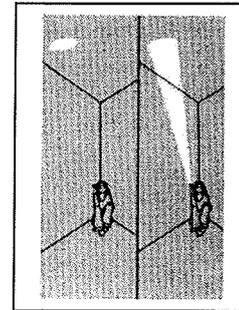


Es fiel auf, dass das Bild eines Diaprojektors als Gesamtheit wahrgenommen wird, so als ob es sich um ein Plakat handeln würde, das durch den Spiegel zurückgeworfen wird und dadurch auf der Rückwand spiegelverkehrt entsteht. Die physikalische Funktion der Leinwand als „Streuscheibe“ tauchte in keiner einzigen Vorstellung zur Bildentstehung auf. Aus späteren Schüleräußerungen vermute ich, dass man sich den Vorgang so vorstellt: Ein wahrgenommenes Bild löst sich quasi von der Leinwand / vom Gegenstand, verkleinert sich auf dem Weg zum Auge bis es endlich ins Auge passt.

## 2. Aufgabenstellung: Ist Licht sichtbar?

"Welche Zeichnung stellt deiner Meinung nach den Sachverhalt der Lichtausbreitung genauer / richtiger dar? Welche Begründungen fallen dir dazu ein?"

Hier konnten die meisten Interviewten gut die Bedingungen angeben, wann man nur den hellen Lichtkreis an der Decke sieht und wann man auch das gestreute Licht aus dem Lichtkegel wahrnehmen kann. Ein Schüler verwies auf seine Beobachtung bei der Klangwolke, bei der Effekte mit Laserlicht verwendet werden.



Die interviewten SchülerInnen verlangten nach den Interviews energisch die „richtigen Antworten“ von mir. Ich erklärte, dass in den nächsten Unterrichtseinheiten gerade solche optischen Phänomene erforscht werden sollten.

## 3.2 Das Verhalten der SchülerInnen während des Unterrichts

Das Geschehen im Unterricht ist sehr komplex. Ich möchte z.B. mehr wissen über die Einflüsse der Jugendkultur und der Alltagskultur auf die Arbeit im Unterricht. Drückt sich der Zeitgeist durch Slogans wie "Ich will alles, und das sofort!" (Werbung eines Möbelhauses) oder "Was hat das mit mir zu tun?" aus, und wie groß ist der Einfluss auf die Arbeit im Unterricht? Ich beschränke mich darauf, wenige Aspekte des Verhaltens der SchülerInnen im Unterricht zu beschreiben.

### 3.2.1 Die Beobachtung der Mitarbeit

Neben der direkten Beobachtung schloss ich bei der Gruppenarbeit über das abgegebene Protokoll auf die Mitarbeit. Alle SchülerInnen mussten ein Protokoll abgeben. Bei den Protokollen war vorgegeben, dass sie das Vorgehen bei der Arbeit und die Ergebnisse gut dokumentieren sollten.

Bei den "Forschungsaufgaben zu optischen Linsen" (siehe Anhang) fiel mir beim Lesen der Protokolle vor allem auf,

- dass für einige SchülerInnen die Formulierung "Weise die Lage des Bildes mit dem Schirm nach!" nicht klar war. Sie achteten nämlich nicht darauf, ob das Bild auf dem Schirm scharf war. Wichtig war nur, dass Konturen auf dem Schirm zusehen waren. Das war dann das (verschwommene) Bild. Ich interpretiere das so: Ich hatte etwas als physikalischen Begriff ("reelles Bild") als klar vorausgesetzt. Offenbar hat der Begriff "Bild" in der Umgangssprache nicht die gleiche Bedeutung.
- dass beim Versuch mit der Zerstreuungslinse (Aufgabe 6) das Versuchsergebnis völlig verschieden interpretiert wurde. Erste Möglichkeit: "Zerstreuungslinsen erzeugen keine Bilder, die man mit einem Schirm nachweisen kann." Zweite Möglichkeit: "Der Versuch funktioniert nicht." Ich interpretiere das so: Für die SchülerInnen mit der zweiten

Schlussfolgerung wird das Ausbleiben eines erwarteten Effekts so interpretiert, dass sie den Versuch nicht richtig aufgebaut haben oder dass sie die richtige Lösung im Sinne des erwarteten Effekts nicht finden können. Das bedeutet für sie, dass der Versuch "nicht funktioniert". Diese Interpretation ist eine Vermutung, die noch überprüft werden müsste.

- Von 26 abgegebenen Protokollen waren 14 so abgefasst, dass sie den Vorgaben entsprachen, 6 hatten kleine Mängel und 6 abgegebene Protokolle hatten schwere Mängel. Aus ihnen konnte man entweder nicht nachvollziehen, wie die Experimente durchgeführt wurden oder zu welchen Ergebnissen die Experimente führten. Ich interpretiere dieses Ergebnis so, dass die überwiegende Mehrzahl der SchülerInnen zielstrebig und effizient arbeitet. Diese Gruppe von SchülerInnen konnte effizient in der Gruppe arbeiten. Vor der Gruppenarbeit riet ich den SchülerInnen, den ausgegebenen Text zuerst zu lesen, dann darüber kurz zu reden, worum es geht, was die Problemstellung ist und was ev. noch unklar ist. Anschließend sollte die Arbeit in der Gruppe so ablaufen, dass es möglichst wenige "Zuschauer" gibt.

Außerhalb der Gruppenarbeit konnte die Mitarbeit bei der Erarbeitung neuer Inhalte und bei der Wiederholung gut protokolliert werden, da eine Praktikantin den Unterricht ständig mitverfolgte. Über ca. die Hälfte der Schulstunden wurde über die Häufigkeit der Schülermeldungen ("Aufzeigen") Protokoll geführt. Auffallend sind in diesem Zusammenhang folgende Beobachtungen:

- Der Durchschnittswert für die Anzahl der Meldungen (über dem Beobachtungszeitraum) liegt bei den Mädchen mit 7 Meldungen deutlich unter dem Durchschnittswert für die Anzahl der Meldungen bei den Burschen: 16 Meldungen. Um einen Hinweis zu erhalten, wie die SchülerInnen das selber so sehen und interpretieren fragte ich beim Fragebogen zum Physikunterricht (siehe Anhang): "Hast Du den Eindruck, dass sich am Physikunterricht der 4D eher die Buben oder die Mädchen sich aktiver beteiligen? Womit hängt das Deiner Meinung zusammen?" Ein Teil der Mädchen bestätigt das: "Die Buben, weil das die Mädchen weniger interessiert." oder: "Die Buben, weil ihnen dieser Stoff mehr gefällt als den Mädchen, da sich die Buben mehr für Schule und Fußball interessieren." Ansonsten werden auch von den Mädchen gängige Vorurteile angeführt: "...die Buben, da sie ein logischeres Denken haben." Ein Teil der Mädchen sieht das nicht so, dass sie sich weniger beteiligen: "Es beteiligen sich die Mädchen mehr am Unterricht, weil die Buben nicht so richtig aufpassen." Ein interessante Interpretation kommt von einem Buben: "Die Buben beteiligen sich aktiver. Sie zeigen auch auf, wenn sie nicht sicher sind."
- Ist die Anzahl der Meldungen im Unterricht (Aufzeigen) ist ein zuverlässiger Indikator für die Qualität der Mitarbeit? Um einen Hinweis auf die Antwort auf diese Frage zu bekommen, habe die Zahl der Meldungen der Testnote gegenübergestellt. Nicht überraschend ist, dass SchülerInnen, die häufig Beiträge im Unterricht brachten, auch einen guten Test schrieben (schlechteste Note Befriedigend). Ein Teil der SchülerInnen mit wenigen Meldungen (10 von 28) hat eine schlechtes Ergebnis beim Test (Genügend oder Nicht genügend). Vier SchülerInnen schrieben einen guten Test, obwohl sie sich selten meldeten. Ich interpretiere das so: Bei diesen SchülerInnen ist die Anzahl der Meldungen kein zuverlässiger Indikator für die Mitarbeit im Unterricht. Sie arbeiten mit ohne das durch Aufzeigen zu dokumentieren.

### 3.3 Die Bonusaufgaben

Die Bonusaufgaben sind freiwillige Hausübungen, die sich auf das Thema des Unterrichts beziehen müssen. Es können Textarbeiten sein oder Versuchsbeschreibungen oder kleine Forschungsarbeiten. Die Bonusarbeiten werden von mir korrigiert. Die Bonusarbeit muss eine selbständige Arbeit sein. Ich behalte mir vor, eine Bonusarbeit nicht anzunehmen, wenn sie z.B. nur eine Kopie aus einem Lexikon ist oder formalen Mindestkriterien nicht entspricht. Die von mir angenommenen Bonusarbeiten verbessern je Arbeit die Zeugnisnote um 0,2 Grad. Pro Woche kann eine Bonusarbeit abgegeben werden. Durch die Bonusarbeiten kann sich die Zeugnisnote um einen Grad verbessern. Ich habe heuer das erste Mal diese Art der Mitarbeit angeboten. Die Erfahrungen sind positiv. Ich werde allerdings in den letzten vier Wochen vor Semester- bzw. Schulschluss keine Bonusarbeiten mehr annehmen. Heuer hat sich gezeigt, dass die Arbeiten, die noch knapp vor der Notenkonferenz abgegeben werden, entweder keine selbständigen Arbeiten waren oder keine Qualität hatten. Ich vermute, dass sie vorwiegend den Zweck hatten, sich im letzten Augenblick die Zeugnisnote zu verbessern. Insgesamt wurden von 13 SchülerInnen 34 Arbeiten zur Optik abgeben, von denen ich 28 angenommen habe. Dieses Angebot hat sich als Art Begabungsförderung herausgestellt. Es besteht ein enger Zusammenhang mit den übrigen Leistungen (Mitarbeit im Unterricht, Wiederholungen am Anfang / am Ende einer Stunde, Protokolle und Testnote). Der Inhalt dieser Bonusarbeiten hat mich für diese Schülergruppe bestätigt, dass der erprobte Optikkurs einen wesentlichen Zuwachs an Verstehen gebracht hat.

### 3.4 Der Test

Aus Termingründen - ich hatte den Bundeswettbewerb der Physikolympiade zu betreuen und unterrichtete die Klasse zwei Wochen lang nicht - wurde der Test in einer Supplierstunde abgehalten. Der Termin war allerdings sehr lange vorher bekannt, etwa vier Wochen. Der Test ist im Anhang wiedergegeben.

Das Testergebnis war für mich unerwartet schlecht. Der Notendurchschnitt beträgt 3,32. Ich kenne die Gründe für das schlechte Ergebnis nicht. In der Beantwortung des Fragebogens gaben 12 von 26 SchülerInnen an, dass Physik für sie ein "Horror" ist, wenn es Tests gibt. Ein fast gleichlautender Test hatte in der Parallelklasse ein wesentlich besseres Ergebnis. Die Schüler dieser Klasse hatten keinen so ungünstigen Termin.

### 3.5 Der Fragebogen

Die ersten fünf Fragen des Fragebogens beziehen sich auf das EXPLORAMA. Das war eine Ausstellung in einem Gang der Schule, die nach dem Vorbild des Technoramas in Winterthur gestaltet war. Diese Fragen haben keinen Bezug zu dieser Studie.

Bei der Frage, wann Physikunterricht motivierend ist, führen 2 (!) von 26 SchülerInnen nur das interessante Thema an. Bei fast allen anderen Schülerinnen ist ein motivierender Physikunterricht nicht zuerst eine Frage des Inhalts, sondern der Arbeitsweise:

- Physikunterricht als Beitrag zum Verständnis der Welt. SchülerInnen formulierten: Physik ist für mich motivierend, wenn "... ich mich wo auskenne und (es) verstehe ..."; "... es lustig ist und ich mich gut auskenne ..."; "... wenn ich etwas Neues lerne, was ich vorher nicht verstanden habe."
- Physikunterricht ist motivierend, wenn "... man selber zum Thema etwas beitragen kann ....". "Motivierend sind Versuche und Forschungen."

Zwei SchülerInnen geben an, dass die Note für die Motivation wichtig ist, einige geben nichts an, wann Physikunterricht motivierend ist ("Für mich ist es immer relativ langweilig.").

Nach Angaben der SchülerInnen ist Physik ein "Horror", wenn

- "... ich mich nicht auskenne oder es fad ist."
- "... (ich) auswendig lernen (muss)."
- Am häufigsten werden aber Tests und Wiederholungen genannt.

Die Frage, woran sich die SchülerInnen aus dem Themenbereich der Optik am besten erinnern können, ergab keine Schwerpunkte oder Häufungen. Dasselbe Resultat zeigte die Frage nach dem, was sie am interessantesten fanden.

Am wenigsten wichtig gefunden haben die SchülerInnen jene Themenbereiche,

- die sie als fad empfanden,
- zu denen sie keinen Bezug fanden oder
- wo sie ungeduldig wurden, weil zu lange an einem Problem gearbeitet wurde.

Beispiele für Antworten: "Ich finde, dass man eine Fresnellinse niemals im Leben brauchen wird."; "... die Aufgabe mit dem Mond, weil zu viel Zeit dabei verging."; "... Brechung von Lichtstrahlen, weil es langweilig war."

Ca. ein Drittel der SchülerInnen machten keine Angaben darüber, was sie unwichtig empfanden bzw. antworteten "Alles war relativ wichtig und interessant." oder "Eigentlich ist alles wichtig, auch wenn ich nicht alles verstanden habe."

## 4. Schlussfolgerung

### 4.1 Schlussfolgerungen aus den Alltagsvorstellungen der SchülerInnen über Sehen, Licht und Lichtausbreitung

Der Unterricht im Themenbereich Optik hat für mich die Erfahrung gebracht, dass die Alltagsvorstellungen über Sehen, Licht und Lichtausbreitung (2, 3) durch die physikalischen Konzepte nicht einfach verdrängt werden können so wie die Luft aus einem Glas, in das man Wein hineinleert. Das Übergehen der Alltagsvorstellungen ist eher so, wie wenn man den Wein in ein mit Wasser gefülltes Glas schütten würde.

Es ist schwierig und es gelingt nur bei einem Teil der SchülerInnen, die skizzierten Schülervorstellungen in Richtung auf physikalische Vorstellung zu verändern. Trotzdem möchte ich diesen Optikkurs in der vierten Klasse (mit Adaptierungen) beibehalten. Die Alternative, nämlich die Alltagsvorstellungen der SchülerInnen nicht zu beachten, hat noch weniger Erfolg.

### 4.2 Kommt ein tieferes physikalisches Verständnis zustande, wenn vorerst auf Messungen und Mathematisierungen verzichtet wird, wenn im Vordergrund die intuitive Entwicklung von Modellen steht?

Der Verzicht auf Messungen und Mathematisierung ist kein Garant für eine erfolgreiche Arbeit. Er ermöglicht aber, Probleme zuerst qualitativ zu erfassen und sich ein Bild von der Aufgabenstellung zu machen. Solange dieser Schritt nicht getan ist, bleiben Rechnungen "leere Übungen". Für die Arbeit der SchülerInnen sind daher Experimente und

Aufgabenstellungen zu entwerfen, die genügend einfach sind aber den Kern der physikalischen Fragestellung enthalten. Ich meine hier genau das, was sich eine Schülerin wünscht, "eine Herausforderung für's Hirnkastl". Ich werde gezielt nach solchen Experimenten und Aufgabenstellungen suchen - bei mir und in der Literatur.

#### **4.3 Wann finden die SchülerInnen Physik interessant und wann ist Physik für sie ein "Horror"?**

Die wichtigste Schlussfolgerung muß ich aus dem Ergebnis ziehen, dass der Arbeitsweise größere Bedeutung zukommt als dem Inhalt. Offensichtlich ist ein physikalischer Themenbereich "an sich" für die meisten SchülerInnen nicht interessant und motivierend genug. Es sind Wege zu suchen, die es den SchülerInnen erlauben, kleinere Forschungen selber zu betreiben. "Man muss Schüler am Unterricht mitarbeiten lassen. Sie wollen auch teilnehmen.", ist eine Schülerantwort im Fragebogen. Der Lehrer / die Lehrerin ist meiner Meinung nach wie vor zuständig, dass die Übersicht, der sogenannte "rote Faden" nicht verloren geht. Er / sie soll auch Informationen geben, wo es zweckmäßig ist. Physik betreiben ist manchmal wie das Erlernen eines Handwerks: Es ist gut, wenn es einen Meister gibt, der einem die "Tricks" (=know how) zeigt.

Über dem ganzen bleibt noch das große Problem der Leistungsbeurteilung. Sie soll die Motivation unterstützen und die Physik nicht zum Horror werden lassen. Ich möchte nach solchen Wegen suchen, wo Leistung, Sinn und Motivation "sich nicht im Weg" stehen.

## 5. Literaturliste

- 1 Weber, Robert L. Kammerphysikalische Kostbarkeiten. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn 1986
- 2 Duit, R. (1995). Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. PLUS LUCIS, Heft 2, 11 – 18
- 3 Wiesner, Hartmut. Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Heft 22, Mai 1994
- 4 Stein, Walter. Physik-Geschichten aus Bad Einstein. Stuttgart: Ernst Klett Schulbuchverlag 1986
- 5 Begleitheft Lichtspielereien. Technorama der Schweiz 1995
- 6 Duit, R. (1993). Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Heft 16 1993

## 6. Anhang

### 6.1 Forschungsarbeiten mit optischen Linsen

Material: Schülerübungsgeräte Optik 3, Optik (spezielle Schirm), Kerze, ev. Maßband, ....

Problemstellungen:

1. Verwende die Linse mit der Aufschrift +50 (Sammellinse), eine Kerze mit dem Abstand von 10 cm von der Linse! In welcher Entfernung von der Linse entsteht das Bild, das die Linse entwirft? Weise die Lage des Bildes mit dem Schirm nach! Versuche dieses Bild auch ohne Schirm zu betrachten!  
Fertige eine Skizze an!
2. Verändere den vorigen Versuch in folgender Weise: Vergrößere den Abstand Kerze - Linse um einige Zentimeter auf ca. 15cm! Wo ist jetzt das Bild, das die Linse erzeugt? Wie groß ist das Bild im Vergleich zur Flamme selber? Fertige eine Skizze an!
3. Suche eine Position der Kerze, wo die Linse ein vergrößertes Bild der Kerze erzeugt!  
Fertige eine Skizze an!
4. Tausche die +50 Linse gegen die +100-Linse aus! Wie müssen Kerze, Linse und Schirm aufgestellt werden, sodass die Linse genau in der Mitte zwischen Schirm und Kerze steht und auf dem Schirm ein scharfes Bild der Kerze entsteht?
5. Verwende für diesen Versuch weiterhin die Linse +100! Wie weit kann die Linse der Kerze genähert werden wobei auf dem Schirm noch ein Bild der Kerze entsteht?
6. Tausche jetzt die Linse +100 durch die Linse -100 aus! Welche Bilder kann diese Linse erzeugen? Blicke auch ohne Schirm auf das Bild! Beschreibe die Beobachtung!  
Zu welchem Ergebnis kommt man, wenn man das Bild auf einem Schirm sichtbar machen will?



### 6.3 Test aus dem Themenbereich Optik

6

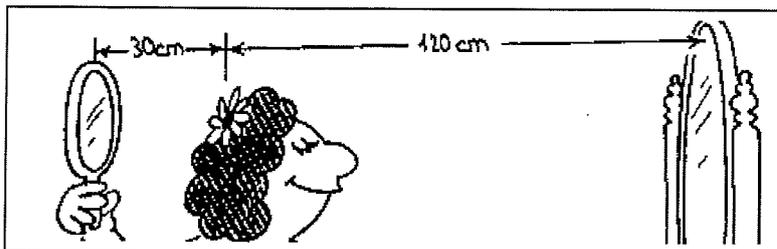
#### 1. SPIEGELBILD

Eine wunderschöne Dame hält einen Handspiegel 30cm hinter ihren Kopf und steht in einer Entfernung von 1,2m vor ihrem Garderobespiegel. Wie weit hinter dem Garderobespiegel steht das Bild der Blume in ihrem Haar?

- a) 1,2 m
- b) 1,5 m
- c) 1,8 m
- d) 2,1 m
- e) 2,4 m

Richtige Antwort: \_\_\_\_\_

**Begründung: (ev. Rückseite)**



6

#### 2. UNTER WASSER

Ein Geldstück liegt unter Wasser. Es scheint

- a) näher an der Oberfläche, als es wirklich ist
- b) weiter von der Oberfläche entfernt, als es ist
- c) genauso tief zu liegen, wie es wirklich ist.

Richtige Antwort: \_\_\_\_\_

Zeichne als Begründung den Weg der Lichtstrahlen, die vom Geldstück ausgehen und in das Auge eines Beobachters treffen! (ev. Rückseite)

6

3. Wie viele Linsen muss ein Mikroskop mindestens haben? Erkläre zusätzlich, wie durch diese Linsen ein stark vergrößertes Bild entsteht!

6

4. Wie kann man verstehen, daß bei der Lochkamera ein Bild entsteht?  
(Erklärung in Worten oder mit einer Skizze)

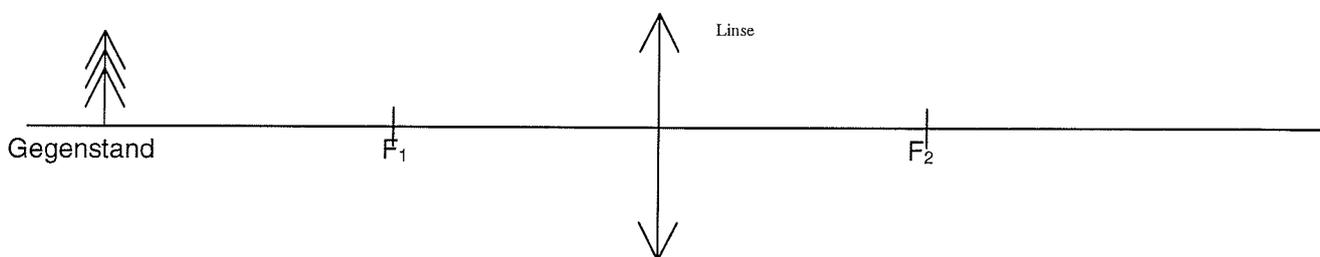
6

5. Versuchsbeschreibung: Für diesen Versuch hat man eine Kerze, eine Sammellinse mit 5cm Brennweite und einen weißen Karton (Schirm).

- a) Zuerst ist die Kerze ca. einen Meter von der Linse entfernt. Wo muß man den Schirm hinstellen, damit man auf ihm ein Bild der Kerze sieht? Zusatz: Wie ist dieses Bild - vergrößert / verkleinert - aufrecht / verkehrt?
- b) Wie muss man Kerze, Linse und Schirm aufstellen, damit das Bild der Kerze genau so groß ist wie die Kerze selber?

6

6. Vervollständige die Bildkonstruktion an der Sammellinse!



## 7. Statt eines Nachwortes

### 7.1 Aufbau eines Kriminalromans, entworfen von einem Physikprofessor

Frei nach A.E.S. Green im "American Journal of Physics" (1)

Kapitel	I	Die Entstehung des babylonischen Rechtssystems
	II	Die österreichische Bundesverfassung
	III	Die Organisationsstruktur der Polizei und des Innenministeriums
	IV	Elemente der Gerichtspraxis
	V	Theorie der Fingerabdrücke
	.	
	.	
	.	
Kapitel	XXX	(letzte Seite) Die Leiche (Die Lösung bleibt dem Leser überlassen)