

# **OPTISCHE ABBILDUNGEN SIMULATION AM COMPUTER UND KONTROLLE DURCH REALE EXPERIMENTE**

Dr. Hermann Klocker  
Dr. Michael Schwarzer

BG/BRG Reutte

Reutte, 2002

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>PROJEKTGESCHICHTE</b> .....	<b>1</b>
1.1	Projektumfeld .....	1
1.1.1	Entstehung .....	1
1.1.2	Schulform und Lehrplan .....	1
1.2	Ziele und Erwartungen .....	3
1.2.1	Zielformulierung.....	3
1.2.2	Organisationsformen .....	3
1.2.3	Grobziele .....	3
1.3	Projektplanung .....	4
1.3.1	Zeitplanung .....	4
1.3.2	Unterrichtsmethodische Planung.....	4
<b>2</b>	<b>PROJEKTDURCHFÜHRUNG</b> .....	<b>6</b>
2.1	Durchführung.....	6
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>7</b>
3.1	Ergebnisse .....	7
3.1.1	Informatik .....	7
3.1.2	Physik.....	7
3.2	Kritische Bewertung .....	7
3.2.1	Zeitplanung .....	7
3.2.2	Entscheidungsfindung.....	8
3.2.3	Zusammenarbeit .....	8
3.2.4	Themenwahl.....	9
<b>4</b>	<b>AUSBLICK</b> .....	<b>10</b>

4.1	Was sind alte und neue Herausforderungen? .....	10
4.1.1	Die Motivation der Schüler .....	10
4.1.2	Zeitplanung .....	10
4.2	Zukunftsaussichten .....	11
4.2.1	Physik.....	11
4.2.2	Informatik .....	11
<b>5</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>13</b>

# 1 PROJEKTGESCHICHTE

## 1.1 Projektumfeld

### 1.1.1 Entstehung

Die Ausschreibung des IMST<sup>2</sup>-Schwerpunktes S4 war ausschlaggebend für die Entstehung des Projektes. Als Rahmen wurde von Anfang an ein klassen- und fächerübergreifendes Projekt geplant. Dabei sollten beide Gruppen sehr eigenständig arbeiten und in gemeinsamen Konferenzen die Zusammenarbeit üben. Besonderes Gewicht wurde der klassenübergreifenden Struktur beigemessen. Am Projekt nahmen zwei Klassen teil. Eine 7. Klasse im Freifach Technische Informatik und eine 6. Klasse im Fach Technische Physik.

### 1.1.2 Schulform und Lehrplan

Schulform: Bundesrealgymnasium mit technischem Schwerpunkt. Der Lehrplan für diese Sonderform des Realgymnasiums entspricht demjenigen des Realgymnasiums unter besonderer Berücksichtigung von „Bezüge[n] zu physikalischen bzw. technischen Anwendungsgebieten“.

#### 1.1.2.1 Informatik

Jahrgang: 11. Schulstufe

Fach: Technische Informatik (Freifach), 2 Wochenstunden (Einzelstunden) in 40 Schulwochen

Lerngruppe: 2 Mädchen, 10 Buben

Beurteilung: Selbstbenotung am Ende des Schuljahres

Für die siebte Klasse sind im Lehrplan<sup>1</sup> u.a. folgende Inhalte vorgesehen:

- Vertiefung der Kenntnisse in einer bereits bekannten Programmiersprache [...]
- Methoden des systematischen Problemlösens. Modularisierung. Kennenlernen spezieller Algorithmen. Datenstrukturen.
- Umsetzen von Daten in Graphik.
- Vertiefung der Kenntnisse über die Textverarbeitung.
- Behandlung ausgewählter Anwendungsgebiete der Mikroelektronik aus den Bereichen Industrie, Wirtschaft [...].
- Unterrichtsprojekt mit fächerübergreifender Thematik unter Berücksichtigung von Fragen aus dem sozioökonomischen Bereich.

Unter anderem sollen folgende didaktische Grundsätze berücksichtigt werden:

---

<sup>1</sup> Lehrplan Informatik (Realgymnasium mit technischem Schwerpunkt).

[...] Mit wachsender Erfahrung der Schüler können komplexere Systeme modular gelöst werden [...] In starkem Maße sind Querverbindungen mit anderen Unterrichtsgegenständen herzustellen. [...] mindestens eine Projektarbeit [...] Schülerwünsche und Schülerinteressen [sollen] für die Themenauswahl mit bestimmend sein. Die Projektarbeit soll von den Schülergruppen in weitgehender Selbständigkeit behandelt, ihre Ergebnisse sollen in geeigneter Form präsentiert werden.

[...] Bei der Erarbeitung von Kenntnissen über neue Entwicklungen soll aktuelle Fachliteratur Grundlage für die Unterrichtsarbeit und insbesondere für die angestrebte selbständige Schülerarbeit sein [...]

**Fachliches Vorwissen:**

- Fortgeschrittene Programmierkenntnisse (Visual Basic): die Schüler sind in der Lage, modularisierte Programme zu erstellen.
- Allgemeines Computergrundwissen (mindestens ECDL-Niveau).

**Methodisches Vorwissen:**

- Erfahrung mit Freiarbeit, Werkstattarbeit und Computerarbeit

Die Schüler haben bereits in der 5. Klasse Phasen selbstgesteuerten Lernens erfahren in denen sie in Freiarbeit selbständig kleine Projekte entwickelt haben. Methodisch stellt der Übergang zu einer kooperativen Arbeitsform („Projektarbeit“) in mehreren Kleingruppen die größte Herausforderung dar.

### **1.1.2.2 Physik**

Jahrgang: 10. Schulstufe

Fach: Technische Physik, 2 Wochenstunden (Einzelstunden) in 40 Schulwochen

Lerngruppe: 1 Mädchen, 11 Buben

Beurteilung: Mitarbeit und schriftliche Überprüfung

Für die sechste Klasse ist in den Bildungs- und Lehraufgaben<sup>2</sup> u.a. folgendes vorgesehen:

[...] Eigenständige und handlungsorientierte Auseinandersetzung mit Problemen aus dem Erfahrungsbereich der Schüler nach Möglichkeit ausgehend von Schülerexperimenten. [...] Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten[...]

**Fachliches Vorwissen:**

- Keine Vorkenntnisse über (geometrische) Optik.

**Methodisches Vorwissen:**

- Erfahrung mit Schülerexperimenten. Keine Erfahrung mit Projekten.

---

<sup>2</sup> Lehrplan Physik (Realgymnasium mit technischem Schwerpunkt).

## 1.2 Ziele und Erwartungen

### 1.2.1 Zielformulierung

Für das Unterrichtsjahr wird folgender Rahmen vorgegeben:

Die Informatikgruppe soll gemeinsam mit einer Physikgruppe (6t) die Qualität von Linsen überprüfen. Zu diesem Zweck führt die Physikgruppe Messungen durch, deren Auswertung die Informatikgruppe übernimmt. Ziel ist, anhand der gemessenen Charakteristik der Linsen das Abbildungsverhalten (und insbesondere die Abbildungsfehler) einer realen Linse vorherzusagen. Die Informatikgruppe erstellt (als Auftragnehmer der Physikgruppe) ein Programm, mit dem man die Abbildung durch die Linse auch durch Vorgabe eines reellen Bilds berechnen kann anstatt mühsam Versuche durchführen zu müssen. Auf diese Weise können Experimente durch Simulationen ersetzt werden. Die Aufgabenstellung "simuliert" die Gegebenheiten in einer Firma, in der die Produktionsabteilung (=Physikgruppe) den Wunsch hat, Unterstützung von der Berechnungsabteilung (=Informatikgruppe) zu erhalten. Die Kommunikation der beiden Gruppen miteinander ist ebenfalls Projektinhalt.

### 1.2.2 Organisationsformen

Die konkrete Wahl der zu untersuchenden Objekte der Physikgruppe (irgendein Gerät, das Linsen enthält) bzw. der verwendeten Werkzeuge der Informatikgruppe (Welche Programme/Programmiersprache/Ergebnisse) wird nicht von vorneherein festgelegt. Im Wesentlichen wird nur die Situation

- Es gibt eine Physikgruppe mit einem festgelegten Problem (Sachthema)
- Es gibt Informatik-Experten, die zur Lösung eines Problems herangezogen werden

planspielartig vorgegeben und es wird eine daran angepasste Arbeitsumgebung zur Verfügung gestellt. Auf die formal-äußerliche Gestaltung der Abläufe (im Stil einer „Übungsfirma“) wird kein Wert gelegt.

Es ergeben sich folgende Freiräume der Schüler:

- I. Lernziel/Projektziel bzw. Thema/Produkt: zusätzlich zur Auswahl (s. oben) der interessanten Objekte bzw. der geeigneten Werkzeuge liegt die Entscheidung über Unterthemen/Teilprodukte bei der Projektgruppe
- II. Arbeitszeit und verwendete Hilfsmittel: Außer dem groben Zeitrahmen (s. unten) keine Zeitvorgaben. Auch die Überwachung des Projektfortschritts soll gemeinsam erarbeitet werden. Die Schulstunden werden für die Projektarbeit benutzt.
- III. Arbeitsform und Arbeitsort: Innerhalb der benutzbaren Räumlichkeiten. Die Lehrerrolle ist von vorneherein als Begleiter definiert.
- IV. Präsentationsform: Frei wählbar.

### 1.2.3 Grobziele

Insgesamt lassen sich beispielsweise folgende Grobziele formulieren:

- Erprobung selbständigen wissenschaftlichen Arbeitens in Kombination mit praxisnaher Teamarbeit

- Behandlung einer fächerübergreifenden Aufgabenstellung
- Erprobung der Kommunikationsmöglichkeiten mit anderen Teams (z.B. schriftlich, email, Videokonferenzen etc.)
- Selbständige Erarbeitung eines Computerprogramms mit wissenschaftlich/technischem Anspruch
- Erkennen der Möglichkeiten computerunterstützter Entwicklungsarbeit
- Erkennen der Konsequenzen (Vorteile/Nachteile) computergestützter Entwicklungs-/Forschungsarbeit
- Planung und Durchführung eines anspruchsvollen Experiments
- Auswertung und grafische Darstellung von Messdaten

## 1.3 Projektplanung

### 1.3.1 Zeitplanung

Grundsätzlich werden nur 60% der Zeit, das sind 24 Wochen, verplant, um genug Freiraum für Änderungen zu haben.

Phase <sup>3</sup>	Wochen	UE
I. Themenwahl und Gruppenbildung: Meinungsbildungs- und Entscheidungsprozesse.	2	4
II. Planung: Ziel- und Aufgabenklarheit sowie Arbeitsvereinbarungen.	2	4
III. Realisation: Aufgaben übernehmen / zusammenarbeiten / flexibel bleiben / sich an Vereinbarungen halten.	15	30
IV. Präsentation der Ergebnisse: das Gemeinsame sehen, sich freuen dürfen, sich exponieren, Lob und Kritik entgegennehmen, wertschätzend kritisieren)	3	6
V. Kritik und Besinnung: sich über den eigenen Anteil und fremde Anteile am Ergebnis klarer werden, persönliche Rückmeldungen erhalten und geben, den Prozess beachten lernen)	2	4

### 1.3.2 Unterrichtsmethodische Planung

Da die Schüler einen technischen Schulzweig besuchen, sind Ziele wie:

- Eigenständige Planung und Durchführung von Arbeitspaketen
- Exakte und verständliche Aufbereitung von Arbeitsergebnissen

besonders praxisrelevant. Aus diesem Grund wurde Projektarbeit als Methode gewählt. Soweit durchführbar innerhalb des Projektablaufs Projektarbeit mit

---

<sup>3</sup> Nach Bruggmüller, S. 30ff.

selbständiger Wahl der Gruppen. Die Gruppeneinteilung und –auflösung soll in Planungssitzungen im Plenum erfolgen.

## 2 PROJEKTDURCHFÜHRUNG

### 2.1 Durchführung

Am Beginn stand eine gemeinsame Konferenz beider Klassen. Diese Konferenz wurde vollständig von den beiden Lehrern organisiert. Die Problemstellung wurde vorgegeben.

Die Physikgruppe erhielt die Aufgabe, experimentell den Linsenfehler einer einfachen Sammellinse zu bestimmen. Die Ergebnisse sollten so aufgearbeitet werden, dass die Informatikgruppe ihre Simulation damit kontrollieren kann. Dafür musste sich die Physikschüler zuerst mit dem Thema Linsen, Brechung und Linsenfehler beschäftigen. Nach der Klärung dieser Fragen führten die Schüler in vier Gruppen die notwendigen Messungen an den vorhandenen Schülerlinsen durch. Am Anfang stand die Klärung experimenteller Probleme. Wie misst man? Was soll gemessen werden? Wie kann man eine möglichst genaue Messung durchführen? Welche Faktoren entscheiden über die Genauigkeit? Anschließend bauten die Schüler Teleskope aus Karton, die beim Astromediaverlag bestellt wurden. Durch diese Teleskope wurde der Begriff Linsenfehler anschaulicher. Als Abschluss wurde gemeinsam eine exakte Messung durchgeführt die als Grundlage für die Computersimulation herangezogen wurde. Diese Messung wurde auch auf Millimeterpapier ausgewertet und genau dokumentiert.

Die Informatikgruppe erhielt zunächst den Auftrag, sich über mögliche verfügbare Softwarelösungen, die für die vereinbarte Problemstellung geeignet sein könnten zu informieren. Dazu wurden nach einer groben Internet-Recherche Gruppen gebildet, die die Kandidaten (PovRay, Gimp, selbst erstelltes Programm in C/OpenGL) genauer auf ihre Eignung testeten. Nachdem die Physik-Gruppe erste Ergebnisse präsentiert hatte, wurden selbständig Gruppen gebildet, die die jeweiligen Programme einsetzen bzw. eine mögliche Lösung entwickeln sollten. Die Arbeit der einzelnen Gruppen verlief nach dem üblichen Entwicklungsschema für Software-Anwendungen (Problemdefinition, Konzept, Implementierung, Test). In regelmäßigen Abständen wurden die Ergebnisse der einzelnen Gruppen präsentiert und bewertet. Naturgemäß benötigte die Gruppe, die ein eigenes Programm entwickelte, am längsten. Als Abschluss wurde ein Bericht erstellt, der alle Ergebnisse darstellt. Eine Präsentation der Ergebnisse gemeinsam mit der anderen Gruppe wurde vorbereitet.

Während die Schüler am Thema arbeiteten, erledigten die Lehrer die notwendigen strukturellen Arbeiten. Für den Tag der offenen Tür wurde ein Plakat gestaltet, welches bei allen weiteren Auftritten verwendet wurde. Außerdem wurde der Direktor informiert und ein Konto eingerichtet. Der Zeitrahmen, der auch gemeinsame Stunden beinhaltet wurde, von den Lehrern nach Rücksprache mit den Schülern festgelegt.

## **3 ERGEBNISSE**

### **3.1 Ergebnisse**

Zu Beginn muss darauf hingewiesen werden, dass aufgrund der knappen Zeit im zweiten Semester die Evaluierung des Projekts gemeinsam mit den Schülern nicht mehr durchgeführt werden konnte (wird im Herbst nachgeholt). Die Videokonferenz konnte aufgrund technischer Probleme nicht abgehalten werden.

Im Folgenden handelt es sich um einen Rückblick aus Lehrersicht:

#### **3.1.1 Informatik**

Es wurden alle Ziele erreicht: drei Arbeitsgruppen haben drei verschiedene Werkzeuge (PovRay, GIMP, C++) benutzt und Antworten auf die gestellten Fragen gegeben. Neben den Produkten (Programme, Bilder - die Ergebnisse übertrafen meine Erwartungen.) wurde auch ein 20-seitiger Bericht produziert. Die Präsentation der Ergebnisse für die Öffentlichkeit und die Evaluation des Projekts wird erst im Herbst stattfinden.

Ich schätze die Zufriedenheit der Schüler mit ihren Produkten hoch ein.

Es müssen die oben erwähnten Teile nachgeholt werden (Zeitaufwand ca. 6 UE). Das Projekt wäre inhaltlich direkt fortsetzbar: es wurde nur die Anwendung auf eine Linse (Minimalziel) durchgeführt und die Auswirkung auf Linsensysteme nicht untersucht.

#### **3.1.2 Physik**

Im Rahmen dieses Projektes konnte fast alle Ziele erreicht werden. Sowohl fachlich als auch in didaktischer Hinsicht. Die Schüler der Physikgruppe haben die Inhalte verstanden und auch andere Fähigkeiten entwickelt. Dazu zählt die z.B. Durchführung und Dokumentation von Experimenten. Die Gruppe ist heute in der Lage jede beliebige Linse zu vermessen und anschließend am Computer Bilder zu simulieren.

### **3.2 Kritische Bewertung**

#### **3.2.1 Zeitplanung**

Für die Informatikgruppe waren die Ziele inhaltlich hoch gesetzt und wurden erreicht. Die Zeitplanung war nicht sehr detailliert, da von vorneherein der Arbeitsaufwand nicht leicht abschätzbar war. Ein mögliches Endergebnis wurde im Vorhinein erstellt – die Übertragung auf den notwendigen Zeitaufwand für die Schüler war aber nicht möglich.

Für die Physikgruppe war die bewusst gewählte Beibehaltung des Stundenplans ein Problem. In der Theorie zum Projektunterricht wird als eine wichtige Rahmenbedingung für Projektunterricht der Blockunterricht genannt.<sup>4</sup> Durch drei geschickt aufgeteilte Projektstage hätte man zumindest inhaltlich dasselbe Ergebnis erreicht wie durch die zerteilten 50 Minuten Blöcke. Diese Meinung äußerten auch die Schüler. Diese Tatsache wurde bei diesem Projekt besonders deutlich, da gerade die Durchführung von Experimenten sehr zeitaufwändig ist. Bei anderen Projekten, bei denen Schüler mehr Unterlagen durcharbeiten und Berichte verfassen müssen lässt sich die gemeinsame Arbeit auf einige Plenarsitzungen beschränken und den Rest als Hausübung erledigen.

### **3.2.2 Entscheidungsfindung**

Die Eröffnungskonferenz mit allen Schülern verlief sehr lehrerzentriert. Die Schüler brachten sehr wenige Ideen in den Planungsprozess ein.

Dies widerspricht der Theorie des Projektunterrichts. „Gegenstand der Projektarbeit sind Aufgabe oder Probleme, die sich aus dem „Leben“ ergeben“.<sup>5</sup> Wie bei allen Projekten sollte man sich daher am Anfang mehr Gedanken über die Motivation der Schüler machen. Durch die genaue Planung beim Antrag für das IMST<sup>2</sup>-Projekt wurden bereits viele Vorgaben gemacht. Die Schüler hatten zwar einige Freiheiten, aber für eine Entwicklung einer Eigenverantwortung zu wenige Wahlmöglichkeiten. Durch das gesamte Projekt hindurch waren die Schüler der Physikgruppe nicht wirklich motiviert.

Innerhalb der Informatik-Projektgruppe wurden die Entscheidungen gemeinschaftlich in offener Diskussion aller Beteiligten gefällt. Die Freiräume der Schüler (und auch ihre Eigenkompetenzen) waren groß genug, um die Motivation aufrechtzuerhalten.

Es muss hervorgehoben werden, dass die Lehrer der Projektgruppen etliche kleine und drei große Planungs-/Koordinationssitzungen durchgeführt haben, in denen Feinjustierungen vorgenommen wurden.

### **3.2.3 Zusammenarbeit**

Die Zusammenarbeit der Projektgruppen war angenehm und problemlos.

Der Erfahrungsaustausch unter den Lehrern war sehr wichtig und hat gut funktioniert. Da nur zwei Kollegen aktiv am Projekt teilnahmen war keine größere Organisation notwendig. Wir glauben, dass Projekte mit zu vielen Lehrern sehr viel schwieriger, da viel Zeit durch Planung der Planungssitzungen verloren geht.

Der Imst<sup>2</sup>-Workshop am Beginn des Projektes war sehr wichtig. Auch die Gespräche mit den Experten waren sehr hilfreich. Im Laufe des Projektes sind wir immer wieder auf die dort besprochenen Ziele und Vorgangsweisen zurückgekehrt. Die in Linz durchgeführte Grobplanung blieb als roter Faden bestehen.

Die Unterstützung durch den Direktor und der Schulbehörde war sehr hilfreich.

---

<sup>4</sup> Vgl. Grinzinger

<sup>5</sup> Siehe Gudjons

### **3.2.4 Themenwahl**

Die Themenstellung war gut gewählt und gut vorbereitet. Das Thema eignet sich gut als fächerübergreifend, da beide Teile für sich bereits eine kleine abgeschlossene Arbeiten darstellen und allein doch nicht ganz fertig sind. Der Schwierigkeitsgrad der Fragestellung war für die Vorerfahrungen der Schüler genau richtig.

## **4 AUSBLICK**

### **4.1 Was sind alte und neue Herausforderungen?**

Projektarbeit wird immer wichtiger. Daher ist es auch wichtig sich auch an anspruchsvoller Themen und Organisationsstrukturen heranzuwagen. Dabei bleibt für uns die Schere zwischen Erfüllung des Lehrplans und eigenständige Projektarbeit weiter unbeantwortet.

Beim Projektunterricht gibt es immer wieder die gleichen zwei Herausforderungen, die auch bei diesem Projekt in den Gruppen unterschiedlich gut gelöst wurde.

#### **4.1.1 Die Motivation der Schüler**

Als Herausforderung für die Zukunft bleibt die Einforderung der Eigenverantwortung der Schüler durch größere Freiheiten bei der Themenwahl und Zeitplanung. Bei diesem Projekt sind wichtige Planungsschritte schon bei der Anmeldung und beim Workshop durchgeführt worden. Dadurch wurden die Schüler von der Planung ausgeschlossen.

Der Konflikt zwischen eigenen Ideen der Schüler und den Lernzielen des Lehrers wurde beim physikalischen Teil des Projektes nicht wirklich gelöst. Es gelang nur mit viel Aufwand die Schüler zur Mitarbeit zu überreden. Eine Eigenverantwortung für das Endprodukt haben die Schüler aber nie übernommen.

In der Informatikgruppe war die Motivation der Schüler wesentlich höher, das Problem war aber genauso spürbar.

#### **4.1.2 Zeitplanung**

Ein Projekt kann nur mit längeren Arbeitsphasen wirklich sinnvoll durchgeführt werden kann. Alle Projekte, die Arbeitsschritte in der Schule erfordern, müssen für diese Arbeitsschritte auch mehr als 50 Minuten Zeit einplanen. Solche Arbeitsphasen, die längere Arbeiten erwarten sind z.B. Experimente oder der Aufbau von Ausstellungen.

Das nächste Projekt soll mit der Auflösung der Stundentafel an mehreren Tagen stattfinden. Dadurch soll ein effektiveres Arbeiten ermöglicht werden. Die genaue Planung und die Struktur der Lehrerzusammenarbeit können auch in Zukunft verwendet werden.

## **4.2 Zukunftsaussichten**

### **4.2.1 Physik**

Wichtiger als die immer besser Planung und Durchführung von Projekten ist für mich die Verbesserung der anderen Unterrichtsformen. Physik gilt als das unbeliebteste Fach. Das kann nicht durch Projekte sondern durch Verbesserung des täglichen Unterrichtsertrages geändert werden. Dies kann vor allem durch Schülerversuche, problemorientierten Unterricht sowie eigenverantwortliches Arbeiten geschehen. Die Richtung, in die es in Physik weitergeht wird daher nicht die Durchführung weiterer Großprojekte sondern die Erarbeitung verwertbarer Unterrichteinheiten sein.

### **4.2.2 Informatik**

Im Freifach technische Informatik hat sich die Durchführung von Projekten bzw. projektartiges Arbeiten bewährt. Allerdings sollten die Zeiträume verkürzt werden – ein Projekt sollte nicht das ganze Schuljahr dauern. Zusätzlich wären Theorieblöcke bzw. andere Arbeitsformen für das Lernen von Sachinhalten sinnvoll.

## 5 LITERATUR

**Bruggmann, Guido:** Einführung in die Projektmethode. Ein Leitfaden für Projektleiterinnen und Projektleiter in Unterrichtsprojekten. Arbeitsunterlage für den Kurs "Einführung in die Projektmethode". Ausgabe 2000. <http://www.guteschule.ch>

**Grinzinger, Andreas u.a.:** Projektleitfaden; Innovationsagentur Ges.m.b.H. o.J.

**Gudjons, Herbert:** Handlungsorientiert lehren und lernen. Bad Heilbronn. 1989.

**Lehrplan Realgymnasium mit technischem Schwerpunkt:** Fassung BGBl. 181/1987 (Wiederverlautbarung)

**Meyer, Hilbert:** Leitfaden zur Unterrichtsvorbereitung. Frankfurt a. Main. 1984.

**Paradies, Liane und Hans Jürgen Linser:** Differenzieren im Unterricht. Berlin. 2001.

**Riedl, Alfred und Andreas Schelten:** Handlungsorientiertes Lernen. Aktuelle Entwicklungen aus der Lehr-Lern-Forschung und deren Anwendung im Unterricht. Fortbildung für Lehrerinnen und Lehrer an beruflichen Schulen. Technische Universität München. 2001.

## 6 ANHANG

Die von den Schülern erstellten Dokumente

- Physik: „Experimente zur Messung der Linsenfehler“
- Informatik: „Möglichkeiten zur Simulation des Abbildungsverhaltens optischer Systeme“

sind als Anlage beigegeben.