



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung  
(IMST-Fonds)**

**S3 „Themenorientierung im Unterricht“**

---

# **BILDER AM COMPUTER BEARBEITEN: ALLES IST ZAHL! - IST ZAHL ALLES?**

**ID 985**

**Karin Moser**

**BG Zaunergasse, Zaunergasse 3, 5020 Salzburg**

**Salzburg, Juni 2008**

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>2 AUSGANGSSITUATION UND THEMENFINDUNG</b> .....	<b>6</b>
2.1 Die Rahmenbedingungen an der Arbeitsstelle.....	6
2.2 Die Perspektiven der Beteiligten .....	7
2.2.1 Die Fachperspektive mathematischer Bildbearbeitung .....	7
2.2.2 Schülerperspektiven .....	9
2.2.3 Lehrerperspektiven .....	10
<b>3 PROJEKTZIELE UND ERWARTUNGEN</b> .....	<b>12</b>
3.1 Ziele auf der Ebene des Unterrichts.....	12
3.1.1 Ziele aus den Lehrplänen des Unterrichtsfachs Informatik .....	12
3.1.2 Ziele aus dem Grundbildungskonzept von IMST <sup>2</sup> .....	14
3.1.3 Lernziele .....	15
3.2 Erwartungen auf der Ich-Ebene und der Projektebene .....	16
3.3 Forschungsfragen .....	16
<b>4 AKTIONSPLAN - DIE UNTERRICHTSSEQUENZ</b> .....	<b>18</b>
4.1 Einstieg in die Unterrichtssequenz (2 UE).....	19
4.2 Projektphase 1 (8 UE).....	22
4.2.1 Grundlagen der Bildbearbeitung (2 UE).....	22
4.2.2 Bildbearbeitung mit XnView (2 UE).....	23
4.2.3 Präsentationen der Gruppenarbeiten (2 UE).....	24
4.3 Projektphase 2 (8 UE).....	25
4.3.1 Gruppenarbeit mathematische Hintergründe (4 UE).....	25
4.3.2 Präsentationen der Gruppenarbeiten (2 UE).....	29
4.4 Projektabschluss (2 UE).....	29
<b>5 EVALUATION</b> .....	<b>30</b>
5.1 Methodik .....	30
5.2 Ergebnisse und Interpretation .....	32

5.3	Resümee.....	35
<b>6</b>	<b>LITERATUR.....</b>	<b>37</b>
	<b>ANHANG.....</b>	<b>38</b>

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1:	Links: Schülerfoto, rechts: potenziert mit Exponent = 2,5.....	8
Abbildung 2:	Oben: Cartoons von M. Deix, unten Differenzbild.....	14
Abbildung 3:	Links: Grauwertbild, rechts: 3-dimensionale Darstellung.....	21
Abbildung 4:	Bewertungen zu ausgewählten Aussagen in der 9. Schulstufe.....	32

## ABSTRACT

*Alle Dinge sind Zahlen. Dieser Ausspruch, der von Pythagoras von Samos stammen soll, trifft ganz bestimmt auf alles zu, was von Computern verarbeitet wird. Auch digitale Fotos, und das, was wir mit Bildbearbeitungsprogrammen daraus machen, sind Sammlungen von Zahlen. Bilder jedoch, und (eigene) Fotos speziell, informieren nicht nur, sie rufen in uns allen auch Emotionen hervor. So erscheint es lohnend, zusammen mit Schüler/innen genauer auf das Bild zu schauen und die Mathematik hinter seinem visuellen Eindruck zu entdecken.*

*In der vorliegenden Arbeit wird eine Unterrichtssequenz vorgestellt, in der Schüler/innen die Gelegenheit haben, ausgewählte Bildbearbeitungstechniken am Computer zu untersuchen, sowohl in Hinblick auf mathematische Hintergründe als auf auch deren ästhetische Wirkung. Die Sequenz wurde im Informatikunterricht der Oberstufe AHS erprobt.*

Schulstufe: 9. und 11.

Fach: Informatik

Kontaktperson: Karin Moser

Kontaktadresse: BG Zaunergasse, Zaunergasse 3, 5020 Salzburg

Schüler/innen: 23, davon 8 weiblich, 15 männlich

# 1 EINLEITUNG

Die in dieser Arbeit vorgestellte Unterrichtssequenz vermittelt Schülerinnen und Schülern einen Überblick über gängige Methoden der Bildbearbeitung am Computer. Dabei werden ausgewählte Techniken mathematisch untersucht. Außer im Fach Informatik ist auch eine Durchführung im Fach Mathematik möglich, eventuell in Verbindung mit den Fächern Informatik und Bildnerische Erziehung.

Die Schüler/innen experimentieren mit selbst gemachten Fotos und Zeichnungen und mit von der Lehrperson zur Verfügung gestellten Testbildern. Dabei verwenden sie eine gängige Fotobearbeitungssoftware und eine mathematische Software. Sie stellen Hypothesen darüber auf, wie bestimmte Bildbearbeitungsalgorithmen funktionieren, und warum sie funktionieren. Durch eigene Berechnungen und weitere Experimente können sie ihre Hypothesen widerlegen oder plausibler machen. Dazu bekommen sie, wo nötig, fachliche Informationen durch Lehrervortrag, durch schriftliche Unterlagen und durch Schülerpräsentationen. Ausgehend von Bildmanipulationen aus ästhetischen Gründen (Bildbearbeitung) lernen die Schüler/innen auch über Bildmanipulationen, die in Technik und Industrie angewendet werden (Bildverarbeitung).

Meine Hoffnungen: Im Laufe der Unterrichtssequenz sollten die Schüler/innen ihren „Blick“ für Bilder üben. Sie sollten Einblick in die Berechnungen erhalten, die von gängigen Bildbearbeitungsroutinen ausgeführt werden. An Hand von Bildern und Bildmanipulationen sollten sie Mathematik anschaulich erleben.

Im Rahmen des Projekts habe ich Unterlagen erstellt, mit denen die Schüler/innen ohne viel Unterstützung durch die Lehrperson in Kleingruppen arbeiten können sollten. Aus diesen Unterlagen ist ein Beispiel in Anhang IV zu finden.

Die Arbeit wäre ohne Unterstützung nicht möglich gewesen. Mein Dank dafür geht an IMST, besonders an das Betreuungsteam des Schwerpunkts 3. Die Direktorin meiner Schule, Renate Ginzinger, hat mich an ihrer eigenen IMST-Erfahrung teilhaben lassen, sodass mir der Einstieg ins Projekt leicht fiel. Nicht zuletzt danke ich Arthur Schuchter und Lorenz Grübler, meinen lieben Kollegen von der FH Salzburg, die mich inhaltlich unterstützt und ihre Forschungsarbeiten meinen Schülern präsentiert haben.

## 2 AUSGANGSSITUATION UND THEMENFINDUNG

Mathematik über die Grundrechnungsarten hinaus sei „zu schwer“, nutzlos für das Leben“, „kopflastig“, und lasse an Anschaulichkeit zu wünschen übrig. Derartige Aussagen sind leider immer noch in der öffentlichen Meinung verankert und erschweren die Motivation der Schüler/innen im Mathematikunterricht der Oberstufe. Der Kritikpunkt des mangelnden Anwendungsbezugs wurde mir gegenüber besonders von Mädchen vorgebracht (O-Ton Schülerin in einer Mathematik-Supplierstunde: „Frau Professor, *bitte* erklär'ns' uns: Für was brauch'n wir an Logarithmus?“ - Für mich tat sich ein Abgrund auf: Ich bin mit Rechenschieber und Logarithmenbuch aufgewachsen.).

Als ich nun im Sommer 2007 den fachdidaktischen Teil meiner Diplomarbeit im Lehramtsstudium Mathematik begann - Bildbearbeitung als grobes Thema stand bereits fest - suchte ich nach speziellen Anwendungen, bei denen die Schüler/innen intuitiv verstehen könnten, wie sich - relativ einfache - mathematische Routinen auf Bilder auswirken.

Im Wesentlichen hielt ich eine Behandlung von Bildbearbeitung im naturwissenschaftlichen Unterricht aus zwei Annahmen heraus für erfolgversprechend:

- Bildbearbeitung aus mathematischer Sicht ist Mathematik, die uns unmittelbar „ins Auge fallen“ kann. Viele Schüler/innen bearbeiten gerne Fotos am Computer. Ich vermutete -und hoffte - also, die Schüler/innen seien auch motivierbar, die Mathematik hinter einem selbst „verschönerten“ Foto näher zu erforschen, wenn sie die Gelegenheit bekämen, anwendungsbezogen zu arbeiten. Von praktischen Anwendungen auszugehen, nahm ich an, würde besonders für Mädchen motivierend sein.
- Weiters vermutete ich, dass das Thema Bildbearbeitung Mädchen ansprechen würde, da sie darin ihre ästhetischen Ansprüche verwirklichen könnten.

So begann ich, eine Unterrichtssequenz zu planen. Die Idee reichte ich beim IMST-Fonds ein, und im Sommer 2007 wurde mir das IMST-Projekt 985 bewilligt, mit dem Schwerpunkt 3 (Themenorientierung).

Ein Unterrichtsprojekt Bildbearbeitung aus mathematischer Sicht ist, soweit mir bekannt, ein neues Vorhaben. Daher liegt der Fokus des Projekts auf der Planung der Unterrichtsgestaltung (Projektkategorie A).

Rahmenbedingungen für die Planung sind einerseits durch meine Arbeitsstelle vorgegeben, andererseits durch die fachlichen Voraussetzungen und die Perspektiven der beteiligten Personen.

### 2.1 Die Rahmenbedingungen an der Arbeitsstelle

Von Bedingungen, die durch das BG Zaunergasse vorgegeben werden, sind die beiden folgenden für die Planung relevant:

- Meine aktuelle Unterrichtssituation am BG Zaunergasse: Ich unterrichte im Schuljahr 2007/08 Informatik Pflichtfach in einer 9. Schulstufe (17 Schüler/innen, davon 8 weiblich, 9 männlich) und Informatik Wahlpflichtfach in einer 11. Schulstufe (6 Schüler, alle männlich). In beiden Gruppen war die Durchführung der geplanten Unterrichtssequenz innerhalb des regulären Informatikunterrichts vorgesehen.

- Das Schulleitbild des BG Zaunergasse: Dieses legt für jede Schulstufe einen Schwerpunkt fest, durch den sich die Schüler/innen bestimmte Schlüsselqualifikationen aneignen können. Für die 9. Schulstufe sind dies „Arbeitstechniken und Kommunikation“, für die 11. Schulstufe „Präsentation“. Diese Jahrgangsschwerpunkte sollten in das vorliegende Projekt einfließen.

## 2.2 Die Perspektiven der Beteiligten

Den Hintergrund, in den meine Planung eingebettet ist, bilden die Fachperspektive der mathematischen Bildbearbeitung, die Perspektiven der Schüler/innen und die Lehrerperspektiven, das sind meine persönliche Herangehensweise und die von Kolleginnen und Kollegen.

### 2.2.1 Die Fachperspektive mathematischer Bildbearbeitung

Bildbearbeitung heute bedeutet digitale Fotobearbeitung: Ein Foto am Computer wird mit Hilfe einer Software so manipuliert, dass es einem bestimmten ästhetischen Ziel besser entspricht. Wir korrigieren z. B. Farbfehler oder Unschärfe, oder wir verfremden das Foto. Um dies zu bewerkstelligen, wenden wir bestimmte Routinen an, die uns bei den meisten Bildbearbeitungsprogrammen nur als „Black Box“ zur Verfügung stehen: Wir geben bestimmte Parameter ein, wir wissen aber nicht, wie sie vom Programm verarbeitet werden.

Gängige einfache Fotobearbeitungsroutinen als Black Box werden in der geplanten Unterrichtssequenz durchaus angewendet, ihr Gewicht liegt aber darauf, den Schüler/innen die mathematischen Hintergründe der Routinen näher zu bringen.

Die Auswahl der zu untersuchenden Fotobearbeitungsroutinen erfolgte nicht nach einer Fachsystematik, sondern mit der Überlegung: „Wovon können wir annehmen, dass es Schüler/innen für ihren praktischen Umgang mit Bildbearbeitung interessiert?“, und nach ihrer fachlichen Schwierigkeit.

Im Folgenden werden die in der Unterrichtssequenz bearbeiteten Themenbereiche aufgelistet und kurz beschrieben. Genaueres ist in der Fachliteratur, z. B. bei Gonzales 2002, zu finden. An dieser Stelle darf ich auch auf meine Diplomarbeit<sup>1</sup> verweisen.

#### - *Digitale Bildaufnahme*

Hier geht es um praktische Probleme, z. B. mit einer Digitalkamera Fotos aufzunehmen, oder Speicherplatzbedarf abzuschätzen, aber auch um Wissen über den Weg vom Motiv zum digitalen Foto (Bildaufnahme, Kompression, Speicherung). Ein digitales Foto wird mathematisch als Matrix aufgefasst. Die Grauwerte der Bildpixel sind die Komponenten der Matrix.

#### - *Farbsehen und Farbräume*

Hier werden die physiologischen Hintergründe des (Farb-)Sehens erklärt. Die Schüler/innen bekommen Informationen über einige gebräuchliche Farbmodelle (RGB, CMYK und HSV) und werden mit diesen durch praktische Übungen vertraut.

---

<sup>1</sup> erhältlich bei der Verfasserin unter karin.moser@salzburg.at

- *Bildkorrektur durch lineare und stückweise lineare Transformation*

Lineare Bildkorrekturen erfolgen durch Addition bzw. Subtraktion oder durch Skalierung der Bildgrauwerte mit konstanten Faktoren. Durch visuelle und rechnerische Übungen lernen die Schüler/innen, wie sich der optische Eindruck eines Bilds und sein Histogramm durch lineare Korrekturen verändern.

- *Bildkorrektur durch Histogrammausgleich*

Das Ziel dieser Art von Bildkorrektur ist es, ein möglichst ausgeglichenes Bildhistogramm, das bedeutet auch, ein Bild mit einem harmonischen Eindruck, zu erzeugen. Diesem Ziel nähern wir uns an, indem wir die Grauwerte eines Bilds durch die Werte des kumulierten Histogramms ersetzen.

- *Gammakorrektur*

Bei der Gammakorrektur handelt sich um eine nicht lineare Form der Bildkorrektur. Die Bildtransformation erfolgt so, dass alle Grauwerte mit einem festgelegten Exponenten  $\gamma$  bzw.  $1/\gamma$  potenziert werden. Dadurch erfolgt eine Kontrasterhöhung im Bereich der helleren bzw. dunkleren Grauwerte. Ein Beispiel wird in Abbildung 1 gezeigt. Gammakorrektur kommt aus der Technik der Röhrenmonitore.



**Abbildung 1: Links: Schülerfoto, rechts: potenziert mit Exponent = 2,5**

- *Differenzbilder*

Um Differenzbilder herzustellen, werden entsprechende Grauwerte von einander subtrahiert. Anwendungsbereiche von Differenzbildern sind z. B. die medizinische Diagnose, oder die Videokompression.

Die folgenden Themenbereiche sind in der Planung für die 9. Schulstufe nicht enthalten, sondern erst für den Unterricht im Wahlpflichtfach ab der 10. Schulstufe vorgesehen:

- *Prinzip der Faltung*

Durch die Rechenoperation Faltung kann ein Bild gefiltert werden. Filtern kann das Aussehen eines Bildes in verschiedener Weise beeinflussen, es kann z. B. optisch weicher oder schärfer erscheinen.

### - *Bildglättung bei Bildrauschen*

Bildglättung ist als vorbereitende Operation zu anderen Formen von Bildverarbeitung oft nötig, um Störungen (Bildrauschen) zu korrigieren. Dazu dienen Glättungsfilter.

### - *Ausblick auf Bildschärfung*

Mit speziellen Filtermatrizen können Kanten hervorgehoben und somit Bilder geschärft werden.

## **2.2.2 Schülerperspektiven**

In diesem Abschnitt wird beschrieben, mit welchen Voraussetzungen die Schüler/innen - wie wir Lehrer/innen annehmen können - an die Unterrichtssequenz herangehen. Diese Voraussetzungen sind Kenntnisse aus dem Unterricht nach Fachlehrplänen, Fertigkeiten aus dem Alltag und von der Gesellschaft tradierte Einstellungen.

### ***Kenntnisse aus dem Unterricht nach Fachlehrplänen***

*Physik:* Die Grundlagen der Optik werden im Physikunterricht der 8. Schulstufe erarbeitet. Die Schüler/innen sollen z. B. „*Funktionsprinzipien optischer Geräte und deren Grenzen bei der Bilderzeugung verstehen*“ und „*grundlegendes Wissen über das Zustandekommen von Farben in der Natur erwerben*“ (Lehrstoff, Kernbereich).

*Mathematik:* Arbeiten mit Modellen und Statistik ist ein Bereich, der von der 5. bis zur 8. Schulstufe im Mathematiklehrplan vorkommt. Mit statistischen Kennzahlen, wie Mittelwert, Median, relativer Häufigkeit, und ihrer Darstellung in Diagrammen werden die Schüler/innen in der 8. Schulstufe vertraut gemacht. Weitere statistische Kennzahlen, wie z. B. die Varianz, kommen erst in der 11. Schulstufe vor.

In der 8. Schulstufe soll durch Erkennen von funktionalen Abhängigkeiten ein intuitiver Funktionsbegriff aufgebaut werden, lineare und einfache nichtlineare Funktionen sind Lehrstoff der 9. Schulstufe.

Vektoren in der Ebene werden ebenfalls in der 9. Schulstufe behandelt, in der 10. wird das Gelernte auf den 3-dimensionalen Raum übertragen.

Der Begriff Matrix muss erklärt werden, da Matrizen kein Inhalt des Lehrplans der AHS sind. Auch die Faltung ist keine im Lehrplan verankerte Operation. Ihre mathematische Darstellung ist aber in diesem Zusammenhang nicht nötig, es genügt, Filtern von Bildern als linearen Algorithmus zu beschreiben.

*Bildnerische Erziehung:* Schon ab der 7. Schulstufe sollen die Schüler/innen mit den „*neuen Bildmedien*“ kreativ arbeiten, ab der 8. diese auch „*in komplexe Gestaltungsaufgaben integrieren*“ (beide Zitate aus Lehrstoff, Kernbereich).

*Informatik:* Im Pflichtfach der 9. Schulstufe sollen die Schüler/innen „*Einblicke [...] in die technischen und theoretischen Grundlagen*“ bekommen und „*Grundprinzipien von Automaten, Algorithmen und Programmen kennen lernen*“ (Lehrstoff). Diese Forderungen sind allgemein: Die Schüler/innen kennen z. B. den Begriff „digital“, doch ob sie wissen, wie Digitalisierung von Bildern funktioniert, ist unwahrscheinlich. Auch eigenständig programmieren können sie im Allgemeinen (noch) nicht.

### ***Durch die Alltagspraxis erworbene Kenntnisse und Fähigkeiten***

Viele Schüler/innen fotografieren mit digitalen Kameras, und sie fotografieren gerne. Sie können eine Digitalkamera einstellen und bedienen. Viele Schüler/innen haben

auch schon mit verschiedenen Softwaretools Fotos korrigiert und bearbeitet. Sie können in diesen Tools bestimmte Funktionen ausführen (z. B. Helligkeit, Kontrast) und wissen, welche Veränderungen des Bildeindrucks daraufhin zu erwarten ist. Darüber, wie genau diese Veränderungen zustande kommen, das heißt, wie das Programm rechnet, darüber fehlt ihnen im Allgemeinen die Kenntnis.

### ***Gesellschaftsbezogene Einstellungen***

Aus ihrer Erfahrung haben die Schüler/innen ihren persönlichen Blick dafür entwickelt, ob ein Foto „schön“ ist, ob sie selbst oder andere Personen auf einem Foto „schön drauf“ sind. Viele Schüler/innen wissen auch Bescheid darüber, dass mit Fotokorrekturen und -retuschen der Eindruck von wirklichen Dingen oder Personen verändert werden kann, dass z. B. Personen nicht wirklich so eine reine Haut haben, so schlank sind, wie auf den Fotos in Magazinen. Viele Schüler/innen denken auch über den (gesellschaftlichen) Nutzen von bildverarbeitender Technik nach, die z. B. bei Zugangskontrollen oder Videoüberwachung einsetzbar ist.

Während technisches Wissen für Burschen oft Prestigesache ist, ist der Anspruch von Mädchen an naturwissenschaftlich-technische Wissensvermittlung ein anderer: Nach Stadler 2005 macht MNI-Unterricht für Mädchen Sinn, wenn sie sich davon eine Bereicherung für ihr Leben erwarten dürfen. Bereicherung des Lebens bedeute nicht nur unmittelbare Anwendbarkeit auf den Alltag, sondern auch insgesamt das Gefühl, Zusammenhänge besser durchblicken zu können. Diesem Anspruch versucht die Unterrichtssequenz nachzukommen, indem einige Hintergründe von dem beleuchtet werden, was wir am Bildschirm sehen.

### **2.2.3 Lehrerperspektiven**

Aus folgenden persönlichen Gründen plante ich ein Unterrichtsprojekt mit dem Thema Bildbearbeitung aus mathematischer Sicht:

*Begeisterung für das Thema:* Diese entwickelte sich durch einschlägige Lehrveranstaltungen auf der Fachhochschule Salzburg und auf der Högskolan i Halmstad, während eines Auslandssemesters in Schweden. Das Thema schafft für mich eine Verbindung zwischen Mathematik und künstlerischem Ausdruck.

*Wunsch nach Verbreitung des Themas:* Im fachdidaktischen Teil meiner Diplomarbeit möchte ich eine realistische Unterrichtssequenz vorstellen, die auch meinen Kollegen und Kolleginnen zur Verfügung stehen soll.

*Überzeugung, dass Werbung für das Wahlpflichtfach Informatik nötig ist:* In der AHS wird Informatik als Pflichtfach in der 9. Schulstufe angeboten, für die 10. bis 12. Schulstufe haben die Schüler/innen die Möglichkeit, Informatik als Wahlpflichtfach zu belegen. Seit geraumer Zeit melden sich an unserer Schule relativ wenige Schüler/innen zum Wahlpflichtfach an. Markant ist auch schon seit einigen Jahren der äußerst geringe Anteil von Mädchen: Der Sinn des Unterrichtsprojekts ist für mich unter diesem Aspekt, den Schüler/innen der 9. Schulstufe eine Vorstellung von einem Thema zu vermitteln, das dann im Wahlpflichtfach ausführlicher bearbeitet werden kann.

*Überzeugung, dass Mathematikunterricht an praktischen Anwendungen sinnvoll ist:* Über den Anwendungsbereich „Bildbearbeitung am Computer“ können verschiedene mathematische Themenbereiche, z. B. Statistik, Vektoren und Matrizen, oder (lineare und nichtlineare) Funktionen, zugänglich gemacht werden. Die Schüler/innen sollen

sich bewusst sein, dass sie, wenn sie am Computer Fotos bearbeiten, nach den Regeln der Mathematik arbeiten, da Computer nach diesem Prinzip konstruiert sind.

Kolleginnen und Kollegen, welche die von mir erstellte Sequenz in ihrem Unterricht erproben wollen, haben eventuell unterschiedliches Vorwissen bezüglich der mathematischen Inhalte und der verwendeten Software. Dies sollte bei der Planung des Projekts und der Erstellung der Unterlagen berücksichtigt werden.

## 3 PROJEKTZIELE UND ERWARTUNGEN

Nach dem 3-Ebenen-Modell (nach Amrhein 2007) wirken folgende Ebenen auf ein Unterrichtsprojekt ein: Die Ich-Ebene, das sind meine persönlichen Ziele als Lehrperson, die Ebene des Projekts im Allgemeinen, und die Ebene des Unterrichts. Auf allen diesen drei Ebenen ergeben sich Ziele und Erwartungen, die im Folgenden näher beleuchtet werden.

### 3.1 Ziele auf der Ebene des Unterrichts

In diesem Abschnitt werden fachliche und pädagogisch-didaktische Ziele diskutiert.

#### 3.1.1 Ziele aus den Lehrplänen des Unterrichtsfachs Informatik

Das geplante Unterrichtsprojekt ist ein neues Vorhaben und soll im Rahmen des regulären Informatikunterrichts stattfinden. Deshalb wird in Abschnitt 3.1.1 untersucht, wie die Ziele eines mathematischen Bildbearbeitungsprojekts aus den *Fachlehrplänen* Informatik Wahlpflichtfach und Pflichtfach abgeleitet werden können.

##### 3.1.1.1 Lehrplan Wahlpflichtfach Informatik Gymnasium

Im Lehrplan des Wahlpflichtfaches Informatik im Gymnasium kommt das Thema Bildbearbeitung nicht explizit vor. Der *Lehrstoff* ist allerdings für die 6. bis 8. Klasse zusammengefasst und eher allgemein gehalten. Die einzelnen Inhalte sollen im Unterricht in vernetzter Form angeboten werden. Dabei passt Bildbearbeitung in folgende Themenbereiche:

- Erweiterung der theoretischen und technischen Grundlagen der Informatik:  
Als Voraussetzung zu Bildbearbeitung ist interessant, wie überhaupt digitale Bilder aufgenommen werden. Digitalisierung ist ein Thema, das eine Grundvoraussetzung der Informatik darstellt.
- Grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen:  
In der Bildbearbeitung geht es um Algorithmen, mit deren Hilfe relevante Informationen aus Bildaufnahmen extrahiert und weiterverarbeitet werden können. Hinter gängige Bildbearbeitungsroutinen zu schauen, sprich, deren Algorithmen aufzudecken, ist genau das Thema des Projekts.  
Als Datenstrukturen kommen in der Bildbearbeitung Matrix und Vektor vor. Zum Verständnis der Farbmodelle ist die Darstellung von Farbe als 3-dimensionalem Vektor hilfreich.
- Informatik, Gesellschaft und Arbeitswelt:  
Bildbearbeitung ist ein Zweig der Bildverarbeitung, die sich allgemeiner mit dem Erfassen, Analysieren, Bearbeiten, Ausgeben und Speichern von Bildern befasst. Bildverarbeitung ist ein aktuelles Thema, mit Bedeutung für Industrie (automatische Qualitätskontrolle, Zutrittskontrolle, Robotersteuerung) und Wissenschaft (bildgebende Verfahren in der Medizin, geographische Informationssysteme, Biometrie) Die Schüler/innen sollen Bildverarbeitung als interessantes Studienfach und Forschungsthema kennen lernen. Sie sollen sich aber auch bewusst werden,

dass gewisse Anwendungen gesellschaftlich umstritten sind („Überwachungsstaat“).

In der Beschreibung der *Bildungs- und Lehraufgabe* des Wahlpflichtfaches Informatik wird darauf hingewiesen, dass das Fach das abstrakte Denken schulen soll. Eine Möglichkeit dazu sehen die Autoren in „präzisen, strukturierten und vollständigen“ Beschreibungen von Problemstellungen und Abläufen. Solche Beschreibungen üben die Schüler/innen, wenn sie Bildbearbeitungsalgorithmen selbst erarbeiten, oder die wichtigsten Punkte ihrer Gruppenarbeit ihren Mitschüler/innen verständlich und nachvollziehbar präsentieren.

### 3.1.1.2 Lehrplan Pflichtfach Informatik Gymnasium

Im Bereich *Lehrstoff* wird gefordert,

- dass Schüler/innen Einblick in die „*technischen und theoretischen Grundlagen gewinnen*“ sollen. Wichtig erscheint bei der Planung der Unterrichtssequenz, dass die Arbeitsunterlagen und die mündlichen Erklärungen der Lehrperson in einer Sprache formuliert werden, die für durchschnittliche 15-jährige verständlich ist. So können sie Einblick in Prinzipien der Informatik, wie Eingabe - Verarbeitung - Ausgabe, Digitalisierung, oder grafische Darstellung durch den Computer, gewinnen, ohne überfordert zu sein. Durch Übungen zum Formulieren von Algorithmen und durch Nachvollziehen von Musterlösungen lernen die Schüler/innen auch „*Grundprinzipien von Algorithmen und Programmen kennen*“, wie im selben Punkt des Lehrstoffs gefordert.
- Eine weitere Forderung ist die Fähigkeit, Inhalte und Arbeitsergebnisse „*zusammenstellen und multimedial präsentieren können*“. Auch diese Fähigkeit soll eingesetzt und trainiert werden, indem die Schüler/innen die Ergebnisse ihrer Gruppenarbeiten zusammenfassen und präsentieren.

Unter den *Bildungsbereichen*, zu denen das Pflichtfach Informatik laut Lehrplan beitragen soll, werden u.a. folgende genannt, die für das Projekt relevant sind:

- Mensch und Gesellschaft: Hier wird auf die Veränderungen von privater und beruflicher Umwelt durch die Informatik hingewiesen. Welche Rolle das Thema Bildbearbeitung für die Schüler/innen in ihrem privaten Alltag spielt, siehe unter Punkt 3.1.2.2. Weiters können mögliche Überwachungs- und Kontrollfunktionen von Bildverarbeitung besprochen werden, wie Videoüberwachung, biometrische Verfahren und Automatisierung.
- Natur und Technik: In diesem Punkt im Lehrplan wird der Beitrag der Informatik zu Modellbildung, Formalisierung und Abstraktion betont. Dazu ein mögliches Szenario: Ein reales oder gedachtes „Problemfoto“ wird vorgestellt und korrigiert (Spezialfall), die Schüler/innen erarbeiten eine - allgemein anwendbare - mathematische Vorgangsweise für die Korrektur. Diese Vorgangsweise wird dann an anderen Fotos getestet, mathematische Beweise werden nicht angestrebt.
- Kreativität und Gestaltung: In diesem Punkt wird auf die Wichtigkeit von eigenen Gestaltungserfahrungen für die Schüler/innen hingewiesen. „*Sinnliche Wahrnehmungen ermöglichen Zugänge zu kognitiven Erkenntnissen.*“ Dies genau ist der Zweck dieses Projekts: Ausgehend von dem starken Eindruck, den ein Bild vermitteln kann, und vor allem ein eigenhändig verändertes und bearbeitetes Bild, können die Schüler/innen Interesse entwickeln, „hinter“ dieses Bild zu schauen,

die Mathematik im Bild nachzuvollziehen, und, vice versa, Mathematik als visuell begreifbar zu erleben.

Zusammenfassend gesagt: Die Inhalte des Projekts erscheinen auch für das Pflichtfach Informatik in der 9. Schulstufe Gymnasium als durchaus zum Lehrplan passend, es ist aber im gesamten Projektverlauf auf eine altersangemessene Sprache zu achten. Weiters sollen nur grundlegende Inhalte möglichst strukturiert dargeboten werden. Spielerische Übungen sollen den Unterrichtsablauf auflockern.



**Abbildung 2: Oben: Cartoons von M. Deix, unten Differenzbild**

In Abbildung 2 wird ein Beispiel für Bildgestaltung mit mathematischen Mitteln gezeigt: Die Helligkeitswerte des Bilds oben rechts wurden von denen des Bilds oben links subtrahiert, das heißt, ein Differenzbild wurde hergestellt. Das Bild unten ist das Negativ dieses Differenzbilds.

### **3.1.2 Ziele aus dem Grundbildungskonzept von IMST<sup>2</sup>**

Im zweiten Abschnitt werden Projektziele untersucht, die aus dem Grundbildungskonzept (GBK) von IMST<sup>2</sup> (vgl. IMST<sup>2</sup> 2004) abgeleitet werden können. Im GBK geht es um jene Inhalte und Kompetenzen, die für mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung als unverzichtbar angesehen werden. Von den Leitlinien für Lehr- und Lerninhalte, die im GBK angeboten werden, werden beim Thema Bildbearbeitung die folgenden betont:

#### **3.1.2.1 Weltverständnis**

Menschen können sich in unserer von Technik und Naturwissenschaft geprägten Alltagswelt besser orientieren, wenn sie bestimmte Grundkonzepte der Naturwissenschaft nachvollziehen können. Von den Fachdidaktikern und Fachdidaktikerinnen werden fundamentale Ideen angegeben; über einige herrscht Konsens, so z. B. für Mathematik Linearisierung, funktionale Abhängigkeit, Approximation, Algorithmisierung, Modellierung und Optimierung (nach Führer 1991). Für den Informatikunter-

richt werden z. B. nach Schwill 1993 als fundamentale Ideen Sprache, strukturierte Zerteilung und Algorithmisierung angegeben.

In einer Unterrichtssequenz zu „Bildbearbeitung aus mathematischer Sicht“ können z. B. die fundamentalen Ideen Algorithmisierung, Approximation oder Optimierung für die Schüler/innen sichtbar werden.

Abgesehen von fundamentalen Konzepten der Fachdidaktiken Mathematik und Informatik besteht im Rahmen des Themas Bildbearbeitung die Möglichkeit, dass Schüler/innen am Beispiel „Bilder sehen“ erfahren, wie menschliche Wahrnehmung funktioniert (Farbwahrnehmung, Detailschärfe des menschlichen Sehens).

### **3.1.2.2 Alltagsbewältigung**

Viele Schüler/innen fotografieren gerne mit digitalen Kompaktkameras und Handys und benutzen die bequemen digitalen Techniken, indem sie Fotos bearbeiten, ausdrucken und mit E-Mail verschicken, oder ins Internet stellen. Dazu ist es für sie nützlich, über Auflösung, Qualität, oder Kompression von Bildern, aber auch über juristische Bestimmungen zur Veröffentlichung von Fotos Bescheid zu wissen.

Mit Bildern haben wir überall im Alltag zu tun, Bilder sind Träger von Information und Emotion („Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte“). Bilder, die durch Massenmedien verbreitet werden, sind oft digital bearbeitet. Durch die Auseinandersetzung mit Bildbearbeitung bekommen die Schüler/innen die Gelegenheit, Schönheitsnormen zu hinterfragen.

### **3.1.2.3 Wissenschaftsverständnis**

In der Unterrichtssequenz experimentieren Schüler/innen mit Bildbearbeitungsoperationen: Sie können z. B. die Helligkeit verändern und durch einen Vergleich von „vorher“ und „nachher“ eine Hypothese aufstellen, wie die verwendete Software die Helligkeitsänderung gerechnet hat. Oder sie können einen bestimmten Parameter in einem Programmcode ändern, und beobachten, wie sich die Änderung auf das Bild auswirkt. Wenn diese Experimente strukturiert durchgeführt werden, indem die Schüler/innen ihre Ergebnisse und Hypothesen dokumentieren, ist das wissenschaftliches Arbeiten.

### **3.1.2.4 Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit**

Bildverarbeitung ist ein Bereich der Informatik, in dem in Industrie und an Hochschulen geforscht wird. Aktuelle Themen sind z. B. Bilddatenkompression, Videoübertragung, oder Mustererkennung. Lehrausgänge auf die Universität oder die Fachhochschule, oder Unterrichtsbesuche durch Experten sind, jedenfalls in Salzburg, möglich.

## **3.1.3 Lernziele**

Aus den beschriebenen Unterrichtszielen wird folgender Lernzielkatalog abgeleitet:

Die Schüler/innen sollen

*Fachliche Ziele*

- Die Funktionsweise von digitalen Aufnahmegeräten am Beispiel einer digitalen Fotokamera kennen lernen.

- Verstehen, wie der Computer Bilder anzeigt: Helligkeits- und Farbwerte als Zahlen eines definierten Zahlenbereichs innerhalb einer Bildmatrix verstehen.
- Verstehen, dass der Speicherplatzbedarf eines Bilds abhängig von seiner Auflösung und seinem Komprimierungsgrad ist. Den Speicherplatzbedarf grob abschätzen können.
- Farb-, Helligkeits-, und Kontrastveränderungen an Fotos ästhetisch bewerten
- Die Mathematik hinter einfachen Bildbearbeitungsroutinen kennen lernen (z.B. verschiedene Farbmodelle, Bildhistogramm, Differenzbild, Filter).
- Weitgehend vorgegebene Programmteile nachvollziehen und mit ausgewählten Parametern testen.
- Aktuelle Entwicklungen und Forschungen in der Bildverarbeitung kennen lernen (Medizinische Bildverarbeitung, biometrische Systeme, ...).

#### *Pädagogisch-didaktische Ziele*

- Mathematik anschaulich erleben. Sehen und beurteilen, wie sich ein Bild verändert, wenn die Schüler/innen die Zahlen, die das Bild repräsentieren, verändern.
- Mit den für die Gruppenarbeiten erstellten Informations- und Arbeitsblättern weitgehend ohne Unterstützung durch die Lehrperson arbeiten können.
- Den anderen Projektgruppen in Präsentationen die eigenen Spezialthemen strukturiert und verständlich erklären können.
- In gendersensiblen Unterricht mit geschlechtshomogenen Kleingruppen ihre mathematischen, technischen und sozialen Kompetenzen erweitern.

### **3.2 Erwartungen auf der Ich-Ebene und der Projektebene**

Meine persönlichen Herangehensweisen an das Projekt habe ich in Abschnitt 2.2.2.3 dargestellt. Daraus ergeben sich die Ziele auf der Ich-Ebene nach Amrhein 2007,

- Meinen Schüler/innen durch eine geeignete Unterrichtsplanung und -gestaltung Bildbearbeitung als Form der Mathematik *erlebbar* zu machen, und ihnen zu zeigen, dass Mathematik nicht „trocken“ sein muss.
- Selber zu lernen: Die eigene Kompetenz und Erfahrung zu stärken, mathematische Sachverhalte einfach, aber dennoch genau darzustellen.
- Mein Ziel auf der Projektebene ist eng mit meinen persönlichen Zielen verbunden: Um es Kollegen und Kolleginnen zu erleichtern das Thema in ihrem Unterricht aufzugreifen, stelle ich im Folgenden eine genaue Beschreibung und Schüler-skripten zur Verfügung.

### **3.3 Forschungsfragen**

Aus den oben beschriebenen Zielen und Erwartungen ergeben sich für mich folgende Forschungsfragen:

1. Akzeptieren die Schüler/innen das Thema „Bildbearbeitung aus mathematischer Sicht“ als sinnvoll?
2. Können die Projektgruppen mit den erstellten Unterlagen weitgehend ohne Unterstützung durch die Lehrperson arbeiten?

3. Können die Gruppen ihren Mitschülerinnen und Mitschülern die speziellen Inhalte ihrer Gruppenarbeiten so erklären, dass diese Inhalte für möglichst viele verständlich und nachvollziehbar werden?

Obige Fragen sollten sich durch eine Evaluation während und bei Abschluss des Unterrichtsprojekts klären.

## 4 AKTIONSPLAN - DIE UNTERRICHTSSEQUENZ

In diesem Abschnitt stelle ich die Unterrichtssequenz dar, die ich für die Schülergruppe der 9. Schulstufe im Pflichtfach Informatik geplant habe. Die Anzahl der Schüler/innen war 17, davon waren 8 weiblich und 9 männlich. Die Sequenz wurde im regulären Informatikunterricht durchgeführt. Dieser fand einmal pro Woche in 2 Unterrichtseinheiten von je 50 Minuten am Nachmittag statt. Im Folgenden wird eine Unterrichtseinheit von 50 Minuten mit UE bezeichnet.

Die Schüler/innen haben dabei die Möglichkeit, ihre Sachkompetenz, ihre Methodenkompetenz und ihre Sozialkompetenz (nach Peterßen 2003) zu erweitern. Ein wesentliches Kennzeichen der Sequenz ist ihr Anspruch an Gendersensibilität.

### *Sachkompetenz:*

Die Schüler/innen lernen, wie die Themen Funktionen, Vektoren und Matrizen und Statistik in der Bildbearbeitung angewendet werden können. Der Unterrichtsablauf ist grob in zwei längere Phasen (Phase 1 und Phase 2) gegliedert, Phase 1 spricht eher die intuitiven Fähigkeiten der Schüler/innen an, Phase 2 eher die analytischen. In beiden Phasen wird versucht, Emotionales - die "Aussage" eines Bildes - mit Intellektuellem - seiner Analyse - zu verbinden.

### *Methodenkompetenz:*

Die Schülerinnen üben Arbeitstechniken an Hand von Skripten in Papierform und an Computerprogrammen. Sie fassen Inhalte zusammen, formulieren Hypothesen, überprüfen diese durch Experimente und Berechnungen. Sie arbeiten in einem Ordnungssystem am Computer, indem sie ihre Daten in passenden Verzeichnissen speichern und Pfade angeben. Sie erstellen und halten Präsentationen ihrer Arbeiten.

### *Sozialkompetenz:*

Die Aktions- und Sozialformen des Unterrichts wechseln in beiden Phasen, zwischen Lehrervortrag, Einzelarbeit und Arbeit in Kleingruppen, wobei letztere Aktionsform überwiegt. Fähigkeit zur Arbeit im sozialen Umfeld, in einem Team, ist heutzutage besonders in der Informatik gefragt. Den Computernerd, der einsam und allein in seinem Kämmerchen programmiert, sich von Kaffee und Pizza ernährend, gibt es in der Praxis nicht mehr.

### *Gendersensibilität:*

Die Arbeitsgruppen sind als geschlechtshomogene Dreiergruppen geplant. Dies, um sowohl Buben als auch Mädchen zu fördern:

Buben sollen zusammen mit Buben die Gelegenheit bekommen, ohne Stress ihre sozialen Fähigkeiten zu verbessern und ein produktives Miteinander zu üben.

Mädchen verhalten sich im Allgemeinen, besonders in Österreich, distanziert zu Technik und Naturwissenschaft. Das Bild „des Technikers“ ist männlich besetzt. Mädchen dieser Altersgruppe haben größere Fähigkeiten bei der Verbalisierung von Sachverhalten, bei Konzentration und Durchhaltevermögen als Buben (nach Frank 2005). Diese Fähigkeiten können sie in Mädchengruppen zur Analyse der Bildbearbeitungsroutinen einsetzen, ohne Druck wegen „blöder“ Fragen ausgesetzt zu sein.

Der folgende Abschnitt beschreibt den Verlauf der Unterrichtssequenz. Dabei wird diese in Einzelsequenzen (Was?) gegliedert. Zu ausgewählten Einzelsequenzen

werden die geplanten Methoden (Wie?) angegeben. Die jeweilig gewählte Methode wird nach dem GBK von IMST<sup>2</sup> begründet (Warum?).

Die gesamte Sequenz ist für eine Dauer von ca. 20 UE geplant. Sie gliedert sich in einen Einstieg von 2 UE, die Unterrichtsphase 1 (8 UE) mit Betonung des intuitiven Aspekts von Bildbearbeitung, die Phase 2 (8 UE), in der die „Mathematik hinter dem Bild“ die Hauptrolle spielt, und den Projektabschluss (2 UE).

Die verwendeten Softwaretools sind ein einfaches, freies Fotobearbeitungs- und Archivierungsprogramm, XnView 1.92, und das numerische Mathematikprogramm Matlab 6.5.

## **4.1 Einstieg in die Unterrichtssequenz (2 UE)**

### ***Vorstellung des Projekts (10 Minuten)***

*Ablauf:*

Die Lehrperson stellt die Unterrichtssequenz kurz vor: Sie schreibt das Thema an die Tafel und fragt die Schüler/innen, was sie mit dem Titel „Alles ist Zahl“ verbinden. Sie weist darauf hin, dass, wie die Schüler/innen bereits wissen, alles, was der Computer verarbeitet, intern Zahl ist: Auch ein Bild wird als Sammlung von Zahlen behandelt, also berechnet. Sie erklärt auch, dass schon Pythagoras, von dem das Zitat „Alles ist Zahl“ stammt, Schönheit und Harmonie als Verhältnis von zu einander passenden Zahlen begriffen hat. Musikalische Akkorde, z. B., wirken dann harmonisch, wenn die Längen der geschlagenen / gezupften Saiten in bestimmten Verhältnissen stehen

Die Lehrperson informiert die Schüler/innen darüber, was sie im Verlauf der Sequenz erwartet (Projektdauer, was die Schüler/innen lernen, und wie sie arbeiten werden).

*Methoden:*

Gespräch der Lehrperson mit den Schüler/innen, kurzer Lehrervortrag

*Begründung:*

Die Schüler/innen sollen erfahren, was auf sie in den nächsten zehn Wochen zukommt. Bei dieser Information wird an Bekanntes angeknüpft (Die Schüler/innen wissen, dass der Computer nur Zahlen verarbeiten kann, auch Pythagoras kennen alle). Die Verbindung von Ästhetik („Wie wirkt das Bild?“) und Mathematik („Welche Umrechnungen bewirken welche optische Veränderungen?“) soll aufgezeigt werden. Die Schüler/innen sollen das Gefühl bekommen, dass sie ausreichend Arbeitszeit haben werden, und dass das, was sie lernen, für sie von Bedeutung sein wird, sowohl als Anwender/innen (Bilder am Computer bearbeiten können), als auch, um besser zu verstehen, wie ein Computer arbeitet.

### ***Gruppeneinteilung und Bildthemenwahl (15 Minuten)***

*Ablauf:*

Die Schüler/innen teilen sich in geschlechtshomogene Dreiergruppen ein. Jede Gruppe wählt für sich ein Bildthema, eine Bildkategorie (z.B. Personen, Landschaft, Stadt, Architektur, Tiere). Zu ihrem Thema wird jede Gruppe in den nächsten Einheiten arbeiten. Die Schüler/innen dürfen, wenn sie wollen, für die nächste Stunde passende, eigene Fotos (als Fotodateien) mitbringen können. Sie sollen auch Zeichenpapier und Buntstifte mitnehmen.

### *Methoden:*

Die Gruppeneinteilung machen die Schüler/innen selbst, eventuell mit Hilfe der Lehrperson. Mögliche Bildthemen (ca. 10) werden durch Brainstorming ermittelt und an die Tafel geschrieben. Jede Gruppe ordnet sich einem Thema zu.

### *Begründung:*

Durch die Gruppeneinteilung und die Zuordnung zu einem Bildthema gleich am Anfang der Sequenz soll eine Identifikation erfolgen. Dadurch wird ein mögliches Bedürfnis der Schüler/innen nach Sicherheit und Stabilität berücksichtigt.

### **Eingangsbefragung (45 Minuten)**

#### *Ablauf:*

Die Schüler/innen bearbeiten eine Eingangsbefragung (siehe Anhang I.). Wenn alle fertig sind, besprechen sie ihre Antworten in ihren Gruppen. Offene Fragen werden im Plenum diskutiert oder beantwortet.

#### *Methoden:*

Das Ausfüllen der Befragung erfolgt in Einzelarbeit, darauf wird in den Kleingruppen diskutiert, im Plenum werden die Ergebnisse der Gruppenarbeit zusammen getragen. Soweit nötig - vieles wird in den Unterlagen noch genau erklärt -, erfolgt ein Informationsinput durch die Lehrperson.

#### *Begründung:*

Die Eingangsbefragung soll

- die Vorstellungen der Schüler/innen bezüglich der physikalischen und technischen Grundlagen feststellen, z.B. mit den Fragen „Was ist Farbe?“, „Wie, glaubst du, korrigiert ein Bildbearbeitungsprogramm eine glänzende Nase?“,
- ihr mathematisches Vorwissen erheben, z. B. zu Statistik und Vektoren,
- ihre persönlichen Erfahrungen sichtbar machen, z.B. mit den Fragen „Hast du schon einmal ein Foto am Computer nachbearbeitet?“, „Was ist für dich ein gutes Foto?“.

Dadurch soll einerseits den Schüler/innen klar werden, dass sie als Einzelne und als Gruppe Wissen und Erfahrungen in den Unterricht einbringen, andererseits kann durch die Lehrperson auf Grund der Ergebnisse eine Feinabstimmung des Projektablaufs und der Unterlagen erfolgen.

### **Was ist ein Bild für den Computer: Einige Fakten (30 Minuten)**

#### *Ablauf:*

Die Lehrperson erklärt einige für das Verständnis von digitalen Bildern grundlegende Fakten:

- Ein digitales (Grauwert-)Bild ist eine Matrix, die Zahlen zum Inhalt hat. Die Zahlen drücken die Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte (Pixel) aus, durch die Größe der Matrix (Höhe x Breite) ist die Auflösung des Bilds bestimmt.
- Eine Matrix ist eine Art Tabelle, in der aber nur gleichartige Inhalte erlaubt sind.
- In der digitalen Bildmatrix kommen normalerweise ganze Zahlen von 0 bis 255 vor. Das ist praktisch, denn dann kann je ein Helligkeitswert in einem Byte gespeichert werden.

- Ein digitales Farbbild ist ein Verbund aus drei Matrizen. Bei sogenannten RGB-Farben ist eine Matrix dafür verantwortlich, wie stark der Rot-Anteil eines jeden Pixels ist, eine regelt die Grün-Anteile, eine die Blau-Anteile. Aus diesen drei Anteilen „mischt“ der Computer grundsätzlich jede Farbe.
- Das „Mischen“ ist nicht so aufzufassen, als ob eine Malerin ihre Farben mischt, sondern so, als ob drei verschiedenfarbige Scheinwerfer ihr Licht auf die selbe Stelle projizieren.

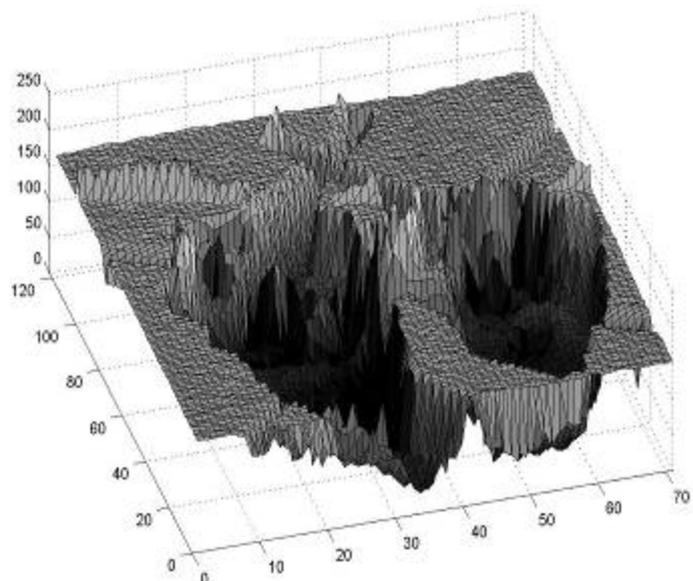
Danach können die Schüler/innen mit einem ihnen bekannten Programm, z. B. mit Word, beliebige Farben herstellen, indem sie z. B. die RGB-Werte der Schriftfarbe einstellen.

#### *Methoden:*

Die Lehrperson erklärt die obigen Fakten in einem Lehrervortrag und visualisiert diesen durch ein Tafelbild. Die Schüler/innen schreiben mit. Nach dem Vortrag zeigt die Lehrperson am Lehrercomputer mittels Beamer vor, wie durch Ändern der RGB-Werte unterschiedliche Farben angezeigt werden. Die Schüler/innen probieren das in Einzelarbeit selbst aus. Dazu kann die Lehrperson einfache Fragen auf die Tafel schreiben, z. B. „Wie sieht die Farbe aus, wenn alle drei Farbanteile ungefähr gleich groß sind?“

#### *Begründung:*

Durch den Lehrervortrag soll gesichert werden, dass für alle Schüler/innen das selbe Basiswissen für die Bearbeitung der Gruppenaufgaben zur Verfügung steht. In der Arbeit am Computer sollen die Schüler/innen praktische Erfahrungen mit additiven Farbmischungen machen. Dabei sollen sie ein Gefühl für den Zusammenhang von Farbton und RGB-Werten entwickeln.



**Abbildung 3: Links: Grauwertbild, rechts: 3-dimensionale Darstellung**

Abbildung 3 zeigt rechts die Matrix des linken Grauwertbilds 3-dimensional, sozusagen als „Landschaft“ dargestellt: Kleine Grauwerte (dunkle Pixel) erscheinen als tiefe Täler, große Grauwerte (helle Pixel) als hohe Berge.

## 4.2 Projektphase 1 (8 UE)

### ***Herstellung von Bildmaterial (2 UE)***

In diesen beiden UE haben die Schüler/innen Gelegenheit, in ihren Kleingruppen eigenes Bildmaterial herzustellen und eigene, mitgebrachte Fotos zu archivieren. Sie fotografieren, zeichnen, scannen, und übertragen Bilddateien von der Kamera auf den Computer. Somit bringen sie ihr Vorwissen und ihre Fotografiererfahrung in den Unterricht, bzw. in ihre Kleingruppe ein. Dabei legen die Schüler/innen selbst Hand an, sie lernen erfahrungsgeleitet. Schüler/innen, die noch nie mit einer Digitalkamera fotografiert oder einen Scanner bedient haben, bekommen die Gelegenheit, sich an einfach zu bedienenden digitalen Geräten technisches Wissen anzueignen. Dadurch können die Schüler/innen ihre Beziehung zum Thema Bildbearbeitung festigen. Bei den Aufnahmen setzen sie sich mit den ästhetischen Aspekten einer Bildszene auseinander.

### **4.2.1 Grundlagen der Bildbearbeitung (2 UE)**

#### ***Vorstellung des Projekts durch die Wahlpflichtfachgruppe der 11. Schulstufe (40 Minuten)***

##### *Ablauf:*

Die Teilnehmer des Wahlpflichtfachs Informatik der 11. Schulstufe präsentieren ihre Gruppenarbeiten. Dabei gehen sie nicht auf technische oder mathematische Einzelheiten ein, sondern behandeln ihre einzelnen Themen (Bildaufnahme von Farbbildern, Histogrammkorrektur und Fotoeffekte) im Überblick.

##### *Methode:*

Die Schüler des Wahlpflichtfachs halten Kurzpräsentationen, in denen sie einige ihrer Arbeiten mit Computer und Beamer zeigen. Nach den Präsentationen ist noch etwas Zeit für Fragen und Diskussionen.

##### *Begründung:*

Durch die Präsentationen bekommen die Schüler/innen der 9. Schulstufe eine genauere Vorstellung von der „Mathematik hinter dem Bild“. Sie bekommen einen Eindruck von fachlichen Inhalten, die im Wahlpflichtfach bearbeitet werden. Dass sie auch an einem ähnlichen - wenn auch etwas einfacheren - Projekt arbeiten, motiviert sie eventuell durch die Vorbildwirkung der älteren Schüler. Schüler/innen der 9. Schulstufe, die am Wahlpflichtfach Interesse haben, können Wahlpflichtfachschrler kennen lernen und persönliche Kontakte knüpfen.

In den beiden folgenden Einzelsequenzen erfolgt eine Wiederholung des Basiswissens über Bilddarstellung am Computer (ca. 15 Minuten), ev. in Form eines Frage-Antwort-Spiels, und eine Vorstellung des Programms XnView 1.92 (ca. 30 Minuten).

Bei der Vorstellung von XnView zeigt die Lehrperson einerseits Funktionen, die in den folgenden Übungen für die Schüler/innen in Betracht kommen, um ihre Bilder zu verbessern, andererseits solche, die für ihre Alltagspraxis wichtig sein könnten, also realistische Probleme der Schüler/innen darstellen, z. B. Abschätzung von Speicherplatzbedarf, Komprimierung zum Verschicken oder zum Upload. XnView kann ein Bild auch im Hex-Code öffnen, also die „Zahlen hinter dem Bild“ sichtbar machen.

Die Schüler/innen erstellen ein farbhomogenes Bild in einem Zeichenprogramm und öffnen es mit XnView als Serie von Zahlen. Zum Abschluss arbeiten die Schüler/innen in Einzelarbeit an einem Bild, um eine gewisse Sicherheit in der Bedienung des Programms zu gewinnen.

#### **4.2.2 Bildbearbeitung mit XnView (2 UE)**

Als Einstieg wiederholt die Lehrperson mit den Schülerinnen und Schülern die Bedienung des Programms (ca. 15 Minuten). Danach arbeiten die Schüler/innen in ihren Kleingruppen:

##### ***Gruppenarbeit Bildbearbeitung mit XnView (50 Minuten)***

*Ablauf:*

Die Lehrperson informiert die Schüler/innen kurz über Inhalt und Ziel der nächsten Teilsequenz: Die Schüler/innen sollen in Gruppenarbeit ihre eigenen Bilder mit XnView bearbeiten, mit dem Ziel, die Bilder optisch zu verbessern. Die Schüler/innen sollen bei jedem Bild die angewandten Methoden, die dabei gesetzten Parameter und die Reihenfolge der Methoden genau dokumentieren. Sie wählen dann die drei Bilder mit den besten Korrekturergebnissen für eine Präsentation aus (Vorher - Nachher). Dabei halten sie schriftlich fest, warum sie genau diese Bilder als beste einschätzen.

Auf diese Information folgt die Gruppenarbeit, die nach ihrem Abschluss reflektiert wird.

*Methoden:*

Die Information durch die Lehrperson erfolgt im Plenum, die Schüler/innen machen Notizen. Danach arbeiten die Gruppen selbstorganisiert. Die Lehrperson beobachtet die Gruppenarbeit (Beobachtungsblatt siehe Anhang II.). Sind die Schüler/innen mit den Bildkorrekturen und der Auswahl fertig, beantwortet jede/r einzeln Fragen zur Selbstbeobachtung der Gruppenarbeit in einem Arbeitsblatt (siehe Anhang III.). Die Beobachtungskriterien sind nach Kircher 2000 erstellt. Wenn jede/r für sich fertig ist, diskutieren die Schüler/innen ihre Antworten in ihren Kleingruppen.

*Begründung:*

Das Bearbeiten von Fotos eignet sich gut als Arbeit in der Kleingruppe („Sechs Augen sehen mehr als zwei“), da jede Person interessante Aspekte einbringen kann. Wichtig erscheint dabei, dass die Schüler/innen sich über die Qualität ihres gemeinsamen Arbeitens bewusst werden. Nicht nur das Produkt, das verbesserte Foto, ist wichtig, sondern genauso der Prozess, der Weg, wie das Produkt entstanden ist. Zum Aufzeigen dieser Qualität und als Grundlage für mögliche Verbesserungen dient die Selbstbeobachtung und die gemeinsame Reflexion.

##### ***Vorbereiten der Gruppenpräsentationen (35 Minuten)***

*Ablauf:*

Die Lehrperson weist die Schüler/innen auf die zu haltende Präsentation hin und informiert über die Kriterien: Jedes Gruppenmitglied

- präsentiert ein Original und das bearbeitete Bild
- beschreibt genau, mit welchen Methoden und welchen Parametern die Gruppe das Original verändert hat
- erklärt, warum die Gruppe gerade dieses Bild ausgewählt hat.

Jede Gruppe wird zusammen am Lehrercomputer ihre Präsentation vorführen. Die Präsentation wird beurteilt (Gruppennote). Für die Beurteilung ist nicht das Aussehen der Bilder relevant, sondern die Argumentation, d.h., die Zuhörenden sollen genau verstehen, wie die Bilder bearbeitet wurden, und warum sie ausgewählt wurden.

Die Gruppen arbeiten dann an ihren Präsentationen.

*Methoden:*

Die wichtigsten Informationen über die zu haltende Präsentation werden von der Lehrperson an die Tafel geschrieben, die Schüler/innen machen sich Notizen. Die Gruppen erstellen ihre Präsentationen auf den Schülercomputern, dabei prüfen sie, wie ihre Bilder auf der Präsentationsleinwand wirken.

*Begründung:*

Gruppenarbeit als Methode wurde an obiger Stelle bereits begründet. Für die 9. Schulstufe sieht das Schulprofil des BGZ „Arbeitstechniken und Kommunikation“ als Jahrgangsziel vor. Daraus folgt, die Präsentation ist dann gut, wenn Inhalte „gut“ kommuniziert werden: Interessante Inhalte werden so vermittelt, dass sie von den Zuhörenden genau verstanden werden.

### **4.2.3 Präsentationen der Gruppenarbeiten (2 UE)**

#### ***Vorbereitung auf das Sprechen (15 Minuten)***

*Ablauf:*

Die Schüler/innen haben vor ihren Präsentationen 15 Minuten Zeit, um sich vorzubereiten. Sie können Handzettel ausdrucken, einander ihre Kurzvorträge vorsprechen, oder alleine üben.

*Methode:*

Die Regeln für förderliches Feedback, die den Schüler/innen bekannt sein sollten, werden im Plenum wiederholt. Die Vorbereitung erfolgt in der Gruppe, wobei die Gruppen den Raum verlassen dürfen, um andere Gruppen nicht zu stören.

*Begründung:*

Jede Präsentation muss vorbereitet und geübt werden. Die Schüler/innen lernen, wie Präsentationen geübt werden (z. B. durch lautes Vorsprechen vor einem Gegenüber, Annehmen von förderlicher Kritik, Umgehen mit Handzetteln). Sie bekommen die Gelegenheit, dies selbst innerhalb ihrer Kleingruppe auszuprobieren.

#### ***Halten der Präsentationen (85 Minuten)***

*Ablauf:*

Die Kleingruppen präsentieren nacheinander ihre Fotos. Nach jeder einzelnen Präsentation erfolgt eine ca. 5-minütige Nachbesprechung.

*Methode:*

Vor jeder Präsentation werden zwei Beobachter/innen bestimmt. Die Kriterien sind Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Aussagen (siehe Abschnitt 4.2.2). Die Lehrperson schreibt dazu Beobachtungsfragen auf die Tafel.

Die Beobachter/innen machen zu diesen Fragen während der Präsentation Notizen.

Die Nachbesprechung erfolgt im Plenum. Zuerst erzählen die Vortragenden, welche Eindrücke sie von ihrer eigenen Präsentation haben. Dann geben die Beobachter/innen ihr Feedback. Auch andere Schüler/innen und die Lehrperson dürfen dies danach tun.

*Begründung:*

Das Gewicht liegt bei den Präsentationen in dieser Unterrichtssequenz auf der klaren Vermittlung von Inhalten (siehe Abschnitt 3.1.3). Die Nachbesprechung soll so gestaltet werden, dass die Schüler/innen, die gerade präsentiert haben, einen möglichst großen Nutzen davon haben. Sie sollen nicht in eine passive Rolle kommen und sich von gutgemeinter Kritik überrollt fühlen. Deshalb bekommen sie als erste die Gelegenheit, Selbstbeobachtungen mitzuteilen. Beim Feedback ist auf die sprachliche Formulierung zu achten, damit die Vortragenden etwaige Kritik nicht abwerten, sondern produktiv nutzen können und ihre Präsentation verbessern.

## **4.3 Projektphase 2 (8 UE)**

### ***Einführung in das Mathematikprogramm Matlab (2 UE)***

Als Einstieg erfolgt eine Wiederholung des Basiswissens über Bilddarstellung durch den Computer (ca. 10 Minuten). Damit sollen die nötigen Grundlagen (siehe Abschnitt 4.1) für die Arbeit mit Matlab wieder aktiviert werden. Danach demonstriert die Lehrperson das neue Programm (ca. 45 Minuten). Die Schüler/innen schauen zunächst zu, dann gehen sie in ihre Kleingruppen und machen die vorgezeigten Übungen mit. Der genaue Ablauf dieser Demonstration ist in Anhang IV zu finden.

Die demonstrierten Funktionsweisen und Befehle sind grundlegend für die weitere Arbeit. Die Schüler/innen arbeiten in ihren Kleingruppen, da Matlab aus Kostengründen nicht auf allen Rechnern installiert ist. Es wird angenommen, dass die Zusammenarbeit innerhalb der Gruppen durch die vorangegangene Gruppenarbeit mittlerweile problemlos läuft.

Nach der Demonstration üben die Schüler/innen in ihren Kleingruppen die Arbeit an Bildern mit Matlab (ca. 45 Minuten). Beispiele für solche Übungen finden sich ebenfalls in Anhang IV.

Durch die Übungen sollen die Schüler/innen vor allem lernen, Matrizen als Bilder zu sehen. So kommen sie dem Ziel „Mathematik anschaulich erleben“ (siehe Abschnitt 3.1.3) näher.

### **4.3.1 Gruppenarbeit mathematische Hintergründe (4 UE)**

#### ***Vorbesprechung zur Gruppenarbeit (10 Minuten)***

Die Lehrperson informiert die Schüler/innen über die folgende Gruppenarbeit: Jede Kleingruppe sucht sich eines der vorgegebenen Spezialthemen aus:

- Fotoaufnahme
- Farben
- Helligkeitskorrektur
- Histogramm
- Gamma
- Effekte

Jede Gruppe bekommt zu ihrem Spezialthema Informations- und Arbeitsblätter. Diese Unterlagen sind sequentiell abzuarbeiten. Die Gruppenmitglieder dürfen die Arbeit an den Unterlagen untereinander nicht aufteilen. Die Gruppen können sich, z. B. aus dem Internet, weitere Informationen suchen, sie müssen aber nicht. Der Zeitrahmen für die Bearbeitung ist 4 UE. Jede Gruppe erstellt und hält danach eine Präsentation. Dazu finden sich genauere Angaben auf der letzten Seite der Unterlagen.

### **Gruppenarbeit (190 Minuten)**

Jede Kleingruppe arbeitet an ihrem Spezialthema. Dabei lesen die Schüler/innen die Informationen und lösen die gestellten Aufgaben. Dann erstellen sie eine Präsentation. Als Beispiel für die Teilsequenz soll hier nur die Erarbeitung eines einzigen Spezialthemas, Histogramm, näher beschrieben werden. Das Schülerskriptum dazu („Fade Fotos? Korrigieren!“) ist im Anhang V. zu finden.

### **Bearbeitung der Unterlagen „Histogramm“ (120 Minuten)**

#### **Einstieg (10 Minuten)**

*Ablauf:*

Die Schüler/innen sehen ein Beispiel eines "faden" Fotos und überlegen mit einander, warum es so langweilig aussieht. Sie dokumentieren ihre Gedanken.

*Methode:*

Nachdenken und Gruppendiskussion über ein gedrucktes Bildbeispiel, schriftliche Dokumentation eigener Überlegungen auf dem Arbeitsblatt.

*Begründung:*

Ein Bildbeispiel mit einem interessanten Motiv, das aber wegen seiner Kontrastarmut und seiner zu großen Helligkeit langweilig wirkt, soll die Schüler/innen motivieren, sich mit Möglichkeiten zur Verbesserung zu beschäftigen.

#### **Wiederholung Basiswissen (10 Minuten)**

*Ablauf:*

Die Schüler/innen lesen eine Wiederholung des Themas Bildmatrizen und sehen sich die Skizzen an. Sie lesen, dass zu große Helligkeit durch Multiplikation aller Helligkeitswerte mit einer Zahl  $< 1$  korrigiert werden kann, und bekommen eine Erklärung, warum das beim Beispielfoto nicht funktioniert. Sie lernen den Begriff "Histogrammdehnung" kennen.

*Methode:* Wiederholung mit instruktionaler Unterstützung und Einführung eines neuen Begriffs.

### *Begründung:*

Die Inhalte der Wiederholung (Aufbau einer Bildmatrix, Bedeutung der Helligkeitswerte) sind für das Folgende grundlegend. Die Korrektur von Bildhelligkeit durch Multiplikation mit einem Skalar wird angesprochen, weil sie ein Verbindungsglied zum Spezialthema „Helligkeitskorrektur“ bildet. Für dieses Beispiel wird allerdings die naheliegende Lösung verworfen, da sie die Kontraste noch weiter verringert. Die Schüler/innen können sehen, dass nicht jede Korrekturlösung für jedes Bild passt.

### **Neues Wissen: Was ist ein Histogramm? (20 Minuten)**

#### *Ablauf:*

Die Schüler/innen lesen, was ein Histogramm ist. Sie zeichnen ein Histogramm eines vorgegebenen Bildausschnitts. Sie sehen das Histogramm eines realen, kontrastarmen Fotos und lesen, welche Schlüsse daraus auf den optischen Eindruck des Fotos gezogen werden können.

#### *Methoden:*

Lernen mit instruktionaler Unterstützung und selbsttätiges Lernen.

### *Begründung*

Die Begriffsklärung Histogramm erfolgt an einem Beispiel aus der Alltagswelt (Schularbeitsergebnis). Fachlich können die Schüler/innen an ihr statistisches Wissen (Häufigkeit) anknüpfen. Durch die Zeichenaufgabe können sie neues Wissen auch durch manuelle Tätigkeit festigen. Die Vorstellung eines realen Bildhistogramms und der Überlegungen dazu soll eine Orientierung für die folgenden Aufgaben bieten.

### **Neues Können: Wie korrigieren wir ein Bild durch Histogrammdehnung? (30 Minuten)**

#### *Ablauf:*

Die Schüler/innen sehen das gedehnte Histogramm des Beispielfotos und lesen eine verbale Gegenüberstellung mit dem Histogramm des ursprünglichen Fotos. Sie lesen auch eine kurze Information, wie das Histogramm eines optimalen Fotos aussieht. In einer Arbeitsaufgabe korrigieren die Schüler/innen ein vorgegebenes Grauwertbild durch Histogrammdehnung. Sie machen dies im Fotobearbeitungsprogramm XnView mit einer intuitiv bedienbaren Routine. Danach führen sie die Korrektur in Matlab mit einer vorprogrammierten Funktion aus, in der sie die nötigen Variablen und Parameter von Hand setzen.

#### *Methoden:*

Wenn die Schüler/innen das gedehnte Histogramm sehen und die gelieferte Beschreibung lesen, lernen sie mit instruktionaler Unterstützung. Beim den Fotokorrekturen, die sie in XnView und in Matlab ausführen, wenden sie ihr neues Wissen an.

### *Begründung:*

Diese Teilsequenz wird mit einer Instruktion eingeleitet, um den Schüler/innen eine Grundlage für die zu lösende Aufgabe zu bieten. Die beiden Programme, mit denen die selbe Aufgabe zu lösen ist, sind ganz unterschiedlich konzipiert, das eine als reines Anwenderprogramm, das andere als mathematisches Simulationsprogramm. So haben die Schüler/innen Gelegenheit, Wissen in unterschiedlichen Kontexten anzuwenden.

### **Neues Wissen: Wie berechnen wir Histogrammdehnung? (30 Minuten)**

#### *Ablauf:*

Die Schüler/innen lesen, wie eine Histogrammdehnung gerechnet wird. Danach berechnen sie selbst Korrekturen einiger beispielhafter Helligkeitswerte. Sie überlegen selbst, aus welchen Gründen die Berechnung sicher zum Ergebnis führt, dass das korrigierte Histogramm den zur Verfügung stehenden Bereich zur Gänze ausfüllt.

#### *Methoden:*

Wie die Histogrammdehnung berechnet wird, lernen die Schüler/innen mit instruktionaler Unterstützung durch die Unterlagen. Darin wird die Berechnung algorithmisch dargestellt. Jeder Rechenschritt wird visualisiert. Die Ergebnisse ihrer eigenen Überlegungen und Berechnungen tragen die Schüler/innen auf dem Arbeitsblatt ein.

#### *Begründung:*

Durch die genaue und mit Grafiken unterstützte Erklärung, wie Kontrastverstärkung gerechnet wird, können die Schüler/innen darüber eine mathematisch fundierte, aber auch optische Vorstellung bekommen. Durch das eigenhändige Berechnen von Helligkeitskorrekturen haben sie Gelegenheit zu erkennen, dass durch diese Art der Berechnung das korrigierte Histogramm sicher den gesamten zur Verfügung gestellten Raum ausfüllt. So können die Schüler/innen selbst einen einfachen Beweis durchführen.

### **Experimente: Welche Bilder können wir durch Histogrammdehnung optisch verbessern? (20 Minuten)**

#### *Ablauf:*

Die Schüler/innen wenden Histogrammdehnung an, mit dem Ziel der optischen Verbesserung von Farbbildern.

#### *Methoden:*

Die Schüler/innen experimentieren an eigenen Bildern in XnView oder in Matlab. Sie dokumentieren die verwendeten Parameter. Sie diskutieren in ihrer Gruppe über die optische Wirkung der korrigierten Bilder und halten die Ergebnisse ihrer Diskussion auf dem Arbeitsblatt fest.

#### *Begründung:*

Nach dem mathematischen Hintergrund der Histogrammdehnung soll hier noch einmal ihre ästhetische Wirkung zur Sprache kommen. Die Schüler/innen haben in dieser Übung Gelegenheit, anwendungsbezogen zu arbeiten und den Nutzen von Histogrammdehnung zur Bildverbesserung zu überprüfen.

### **Vorbereiten und Üben der Gruppenpräsentation (70 Minuten)**

Nachdem die Schüler/innen die Unterlagen vollständig durchgearbeitet haben, erstellen sie eine Präsentation ihres Spezialthemas und üben sie. Sie bereiten die visuelle Unterstützung, die sie verwenden werden, und Handouts vor.

Die Richtlinien für ihre Präsentation finden die Schüler/innen auf der letzten Seite ihrer Unterlagen.

### **4.3.2 Präsentationen der Gruppenarbeiten (2 UE)**

*Ablauf, Methoden und Begründung:* Siehe Abschnitt 4.2.3. Dabei werden die Beobachtungsfragen an den eher mathematischen Schwerpunkt der Projektphase 2 angepasst, etwa so:

- Verstehe ich genau, was der / die Vortragende gerade sagt?
- Könnte ich die Beispielaufgabe jetzt nachmachen?
- Wird mir durch den Vortrag klar, was dieses Spezialthema mit Mathematik zu tun hat?

### **4.4 Projektabschluss (2 UE)**

Zum Abschluss der Unterrichtssequenz wird eine Abschlussbefragung der Schüler/innen durchgeführt (siehe Anhang VI.). Danach ist der Besuch eines Experten oder einer Expertin der Bildverarbeitung geplant. Eine Alternative ist ein Lehrausgang, z. B. in die Fachhochschule Salzburg.

# 5 EVALUATION

## 5.1 Methodik

Die in Abschnitt 4 beschriebene Unterrichtssequenz habe ich mit zwei Schülergruppen innerhalb meines regulären Informatikunterrichts am BG Zaunergasse in Salzburg, einem neusprachlichen Gymnasium, erprobt. Der erste Versuch - mit umfangreicheren und anspruchsvolleren Unterlagen - startete mit einer Wahlpflichtfachgruppe der 11. Schulstufe, das sind 6 Schüler, alle männlich. Die zweite Probandengruppe waren 17 Schüler/innen des Pflichtfachs der 9. Schulstufe, davon sind 8 weiblich und 9 männlich.

Durch Reflexion und Evaluation sollte klarer werden, ob sich die vorgestellte Unterrichtssequenz bewähren kann. Hier noch einmal die Forschungsfragen (siehe Abschnitt 3.3):

1. Akzeptieren die Schüler/innen das Thema als sinnvoll?
2. Können die Projektgruppen mit den erstellten Unterlagen weitgehend ohne Unterstützung durch die Lehrperson arbeiten?
3. Können die Gruppen ihren Mitschülerinnen und Mitschülern die speziellen Inhalte ihrer Gruppenarbeiten so erklären, dass diese Inhalte für möglichst viele verständlich und nachvollziehbar werden?

*Forschungsfrage 1* zielt auf das Interesse und die Mitarbeit der Schüler/innen. Um mehr Klarheit darüber zu gewinnen, sollte 2-3-mal ein Kurzfeedback am Ende einer Einheit durchgeführt werden (siehe Anhang VII.). Sein Sinn ist es, festzustellen, ob sich die Schüler/innen über- oder unterfordert vorkämen, und ein aktuelles Stimmungsbild zu bekommen. Auf Grund der Ergebnisse würde der Verlauf der Sequenz kurzfristig modifiziert werden können, wenn nötig. Auch ein Teil der Abschlussbefragung (siehe Anhang VI.) sollte diese Frage erheben (Genaueres zu den Erwartungen an die Abschlussbefragung siehe unten). Daneben würden informelle Settings, wie Mitarbeitersbeobachtung und Gespräche mit den Schülern und Schülerinnen Einblicke geben.

Zur Vergewisserung über *Forschungsfrage 2* würde die Beobachtung der Gruppenarbeit in Projektphase 2 (siehe Anhang II.) - teilweise durch eine externe Beraterin - dienen, in welcher die Kleingruppen mit Hilfe der Unterlagen an ihren Spezialthemen arbeiten. Weiters sollten die Kleingruppen, nachdem sie die Arbeit an den Unterlagen abgeschlossen haben, zu diesem Punkt befragt werden. Fragen könnten u. a. sein:

- Habt ihr weitgehend ohne Unterstützung durch die Lehrperson arbeiten können?
- Welche Aufgaben / Themen aus den Gruppenarbeiten haltet ihr für zu schwierig dazu? Warum?
- Welche Aufgaben haben euch unterfordert?
- Habt ihr Fehler in den Unterlagen gefunden?

Diese Befragung sollte als Gruppeninterview geführt werden und pro Gruppe ca. 5 Minuten dauern.

Auf Grund der Ergebnisse aus Beobachtungen und Interviews könnten die Unterlagen adaptiert und korrigiert werden.

*Forschungsfrage 3* sollte durch die Beobachtung der Gruppenpräsentationen und die darauf folgenden Feedback-Gespräche beleuchtet werden. Genaueres dazu siehe Abschnitt 4.2.3.

Am Ende der Unterrichtssequenz sollte eine *Abschlussbefragung* erfolgen (siehe Anhang VI.).

Diese hätte den Zweck,

- die Einschätzungen der Schüler/innen über ihr allgemeines Wissen und Können bei Bildbearbeitung zu erfahren
- spezielles fachliches Wissen der Schüler/innen abzufragen
- zu erfahren, wie die Schüler/innen ihr eigenes Lernen während der Unterrichtssequenz beurteilten, und welche Einstellung sie im Nachhinein zum Thema der Unterrichtssequenz hätten.

Die Abschlussbefragung sollte einerseits eine Art „Abrundung“ des Projekts für mich und die Schüler/innen sein. Andererseits wäre ein für mich positives Ergebnis eine Grundvoraussetzung dafür, dass ich die Unterrichtssequenz weiter entwickle. Ein positives Ergebnis hieße für mich mindestens: Mehr als 60% der Schüler/innen bestätigten die Aussagen 5, 6, 12 und 15 mit „stimmt genau“ oder „eher ja“. Bei den Fragen 4 und 9 bis 11 zum speziellen Fachwissen, das in den Gruppenpräsentationen in Phase 2 vorgekommen ist, hoffte ich, dass mehr als die Hälfte der Schüler/innen mehr als 3 der 6 richtigen Antworten geben könnten. Dies wäre allerdings für mich nicht Bedingung für eine Weiterführung. Die Abschlussbefragung würde jedenfalls einen temporären Zustand aufzeichnen. Ihr Ergebnis sollte deshalb nicht überbewertet werden.

In diesem Projekt spielt der Aspekt *Gender* eine große Rolle. Bezüglich Genderbewusstsein stellte ich mir die Frage: Was kann an den Schülerskripten oder an der Gestaltung von Projektphase 2 verbessert werden, um Mädchen wie Buben ein optimales Lernen zu ermöglichen? Mögliche Antworten sollten mit Hilfe einer externen Genderberaterin aufgezeigt werden. Als Basis für die Beratung sollte meine Beraterin den Ablauf von zwei Unterrichtseinheiten beobachten.

Neben den oben angesprochenen Punkten erwartete ich, dass ich durch unmittelbare Rückmeldungen und durch informelle Gespräche mit den Schülerinnen und Schülern Hinweise darauf erhalten würde, ob meine *persönlichen Ziele* in Reichweite lägen. Dabei waren für mich die wichtigsten:

- Ich würde die Schüler/innen überzeugen können, dass Mathematik nicht nur „fad und trocken“ ist.
- Ich würde meine Kompetenz im Erklären von mathematischen Sachverhalten verbessern, und dies sollte auch die Qualität meiner Diplomarbeit steigern.
- Ich würde effektiv für das Wahlpflichtfach Informatik werben.

Diese persönlichen Ziele wollte ich aber nicht evaluieren. Ich habe zu ihnen keine Forschungsfragen formuliert und keine Kriterien aufgestellt, an denen ich messen würde, ob ich die Ziele erreicht hätte.

## 5.2 Ergebnisse und Interpretation

### Forschungsfrage 1

Einblicke, die zur Beantwortung der Forschungsfrage 1, „Akzeptieren die Schüler/innen das Thema als sinnvoll?“, führen können, wurden aus Kurzfeedbacks, der Abschlussbefragung, Mitarbeitsbeobachtungen und informellen Gesprächen gewonnen.

Die Ergebnisse der Kurzfeedbacks erlaubten bei fast allen Probandinnen und Probanden keine Rückschlüsse auf ihre Einstellung zum Thema. In der 9. Schulstufe lässt eine Kleingruppe starke Unzufriedenheit erkennen („Die Begriffe sind zu schwer.“). Die Probandinnen zweier anderer Kleingruppen äußern Zufriedenheit mit ihrer guten Zusammenarbeit („Nichts [sollte verbessert werden], wir können gut zusammen arbeiten.“).

Bei der Abschlussbefragung (siehe Anhang VI.) sind die relevanten Aussagen, um zu erfahren, ob die Schüler/innen das Projekt als für sich sinnvoll erachteten, die Aussagen 5, 6, 12 und 15. In der 11. Schulstufe wurden diese von allen 4 an der Abschlussbefragung Teilnehmenden mit „stimmt genau“ oder „eher ja“ bewertet.

In der 9. Schulstufe nahmen 15 Schüler/innen an der Abschlussbefragung teil. Von diesen bestätigten 15 die Aussage 5, 13 die Aussage 6, 14 die Aussage 12 und 10 die Aussage 15 mit „stimmt genau“ oder „eher ja“ (siehe Abbildung 4).

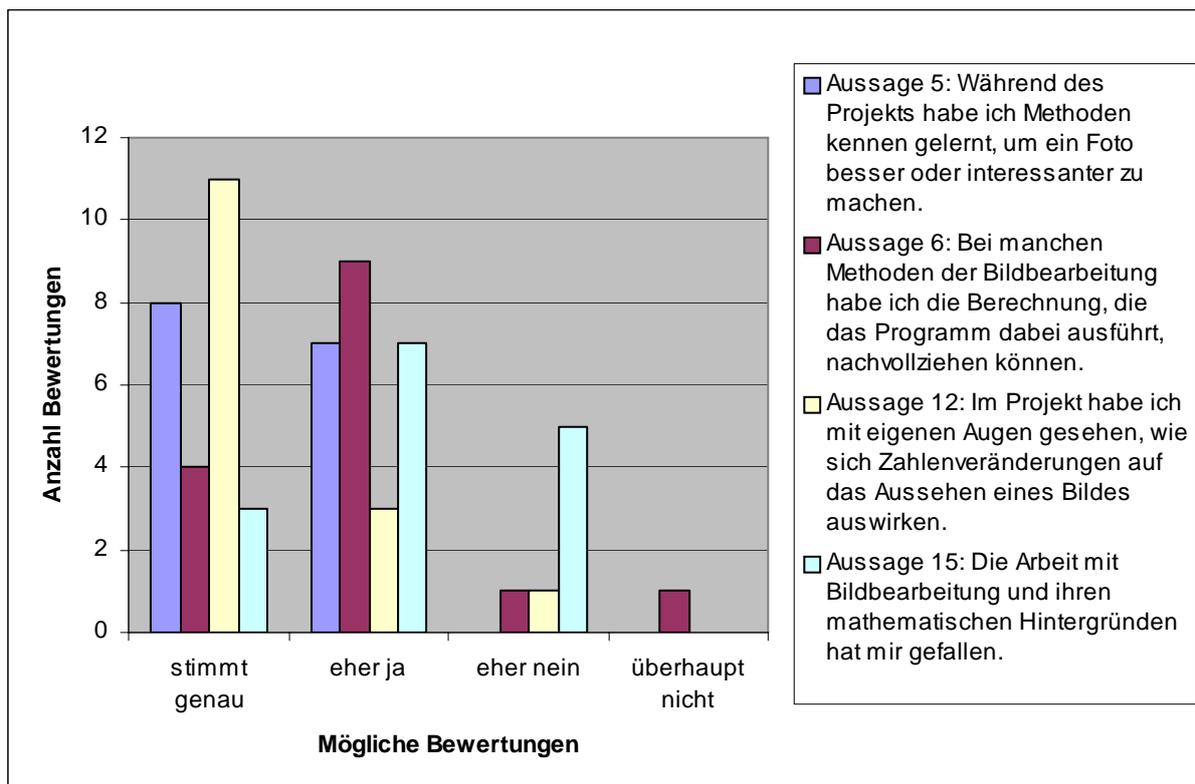


Abbildung 4: Bewertungen zu ausgewählten Aussagen in der 9. Schulstufe

Die Einstellungen, welche Schüler/innen in informellen Gesprächen äußern, reichen von offensichtlicher Begeisterung („Finde ich toll, bei Computergrafik ist alles drin, In-

formatik, Mathematik und Physik!“) bis zu coolem Understatement („War nicht schlimm, es hat uns eh auch Spaß gemacht...“).

Die Rückmeldungen der Probandinnen und Probanden verstand ich als grundsätzlich positiv. Die meisten Schüler/innen arbeiteten als einzelne und in ihren Kleingruppen sehr gut und konzentriert und steigerten sich noch im letzten Drittel der Unterrichtssequenz. Das Thema Bildbearbeitung erschien mir Mädchen und Buben gleichermaßen anzusprechen. Meine Annahme, Mädchen seien eher als Buben für die Arbeit an Fotos zu begeistern (vgl. Einleitung zu Abschnitt 2), hat sich nicht bestätigt.

### ***Forschungsfrage 2***

Forschungsfrage 2 („Können die Projektgruppen mit den erstellten Unterlagen weitgehend ohne Unterstützung durch die Lehrperson arbeiten?“) wurde aus Beobachtungen der Gruppenarbeit in Projektphase 2 und aus Gruppeninterviews beantwortet.

Bei der Beobachtung der Gruppenarbeit wurde protokolliert, wie oft sich die Kleingruppen mit der Bitte um Hilfe an mich wandten, und wie groß der Anteil an Unterrichtszeit war, in der ich mit Hilfestellung beschäftigt war. Für diese Beobachtung erwies sich die Unterstützung durch eine externe Beraterin in der 9. Schulstufe als sehr hilfreich. In der 11. Schulstufe habe ich selbst während zweier Unterrichtseinheiten eine Protokollierung durchgeführt.

Der Zeitanteil, den ich mit Unterstützung der drei Kleingruppen verbrachte, war in der 11. Schulstufe gering (unter 10%). Die Schüler hatten fast keine Probleme mit der Bedienung von Matlab. Eine Gruppe hatte ein größeres inhaltliches Problem. Im abschließenden Gruppeninterview stellten diese beiden Schüler fest, „Es war gar nicht so schwer, man muss es sich nur genau durchlesen“. Meine Schüler der 11. Schulstufe konnten also durchaus ohne nennenswerte Intervention meinerseits arbeiten.

Anders in der 9. Schulstufe: Von den beiden Unterrichtseinheiten, die meine Beraterin für mich protokolliert hat, habe ich 60% mit Hilfestellung für die sechs Kleingruppen verbracht. In den nächsten beiden Einheiten war dieser Anteil zwar geringer, dennoch muss die Forschungsfrage 2 für meine Schüler/innen der 9. Schulstufe mit Nein beantwortet werden. Für die 11. Schulstufe jedoch kann vermutet werden, dass Gruppenarbeit mit den getesteten Unterlagen (fast) ohne Unterstützung durch eine Lehrperson funktioniert.

### ***Forschungsfrage 3***

Um Forschungsfrage 3 („Können die Gruppen ihren Mitschülerinnen und Mitschülern die speziellen Inhalte ihrer Gruppenarbeiten verständlich erklären?“) zu beantworten, wurden die Gruppenpräsentationen an Hand vorgegebener Fragen (siehe Abschnitt 4.4) von mir und unterstützenden Schülerinnen und Schülern beobachtet. Im Plenum wurden Feed-back-Gespräche geführt.

In der 11. Schulstufe wurden drei Gruppenpräsentationen gehalten, davon eine für die Schüler/innen der 9. Schulstufe. Alle diese Präsentationen wurden von den Zuhörenden als gut verständlich bezeichnet.

In der 9. Schulstufe waren die Rückmeldungen der Zuhörenden punkto Verständlichkeit der Berechnungen unterschiedlich. Manches wurde als nachvollziehbar bezeichnet, manches nicht. Eine Schülerin sagt nach ihrer Präsentation, es sei für sie nicht ganz leicht gewesen, denn „wenn man etwas selber verstanden hat, heißt das noch nicht, dass man es erklären kann“.

## **Abschlussbefragung**

Auf einige Ergebnisse der Abschlussbefragung wurde oben unter dem Punkt „Forschungsfrage 1“ eingegangen. Die Fragen 4 und 9 bis 11 zum speziellen Wissen brachten in beiden Probandengruppen das erwünschte Ergebnis (siehe Abschnitt 5.1).

## **Gendersensibilität**

Da ich in meinem Projektantrag starkes Interesse ausdrückte, besonders Mädchen für Mathematik zu motivieren, wurde mir im Gutachten die Teilnahme am Gendermodul empfohlen. Ich entschloss mich, die mir darin zur Verfügung gestellten Mittel für eine externe Genderberatung zu verwenden. Als Beraterin konnte ich Anna Stiftinger<sup>2</sup> gewinnen. Ihre Unterstützung war für mich in mehreren Punkten hilfreich.

Der Kernpunkt der Beratung war eine Unterrichtsbeobachtung, die Frau Stiftinger über zwei Unterrichtseinheiten während der Gruppenarbeit in Projektphase 2 durchführte. Dabei verwendete sie das Beobachtungsblatt für Gruppenarbeit (siehe Anhang II.) als Basis. Zusätzlich dokumentierte sie die Interaktionen der Gruppenmitglieder genau und hielt Bemerkungen und Verhaltensweisen der Schüler/innen, die auf die Gruppenstruktur schließen ließen, fest. Zudem beobachtete sie auch mein Verhalten als Lehrperson.

Einige ihrer Beobachtungen:

- Die beiden Mädchengruppen haben keine „Chefin“, wohl aber übernimmt die mittlere Person am Computer die Organisation der Arbeit und das Motivieren der Mitarbeiterinnen.
- Eine einzige Gruppe ist nicht geschlechtshomogen. Sie besteht aus zwei Mädchen und einem Bub. In dieser Gruppe bestimmen zuerst die Mädchen das Geschehen, dann wird der Bub zusehends dominanter und nimmt Maus und Tastatur zu sich, obwohl er am Rand sitzt.
- Von den Bubengruppen arbeitet eine sehr konzentriert und zügig. Sie diskutieren alles miteinander durch (Sie sagen später, sie hätten „kommunistisch“ gearbeitet). Die Person an der Tastatur ist bestimmend, aber tut sich nicht hervor.
- In den beiden anderen Bubengruppen gibt es einen bzw. zwei „Chefs“, die konkurrieren. In einer davon wird mit der Zeit die Zusammenarbeit besser, in der anderen Gruppe bleibt das Interaktionsverhalten problematisch.
- Werde ich von einer Gruppe um Hilfe gebeten, ist meine Intervention am Anfang massiv; dies sieht meine Beraterin als Widerspruch zum Wunsch, die Gruppen sollten ihre Arbeit selbst organisieren. Darauf hingewiesen, erkläre ich mehr und greife nicht sofort ein.
- Nur die Buben stellen Fragen zu den Aufgabenstellungen im Skriptum. Meine Beraterin vermutet, dass sie sich beim Lesen der Skripten schwerer tun als die Mädchen.

Die Beobachtungen meiner Beraterin und die nachfolgende Besprechung mit ihr waren für meine Schüler/innen und für mich von großem Wert: Ich hätte niemals so genaue Beobachtungen machen können, und auch meinen eigenen Fehler nicht erkannt, da ich viel mit Hilfestellung beschäftigt war. Andererseits fühlte ich mich aber

---

<sup>2</sup> Kontakt: anna.stiftinger@nmk.at

auch durch meine Beraterin in meiner Einschätzung darüber bestätigt, welche Gruppen gut zusammen arbeiteten, und welche weniger gut.

Die Schüler/innen selbst stellten in einem Plenumsgespräch, Thema: „Was macht eine gute Gruppenarbeit aus?“, einen starken Zusammenhang zwischen der Qualität ihrer Zusammenarbeit in der Gruppe und ihrer persönlichen Zufriedenheit im Projektunterricht her - für mich ein weiterer Grund, auf eine förderliche Zusammenarbeit in den Gruppen zu achten.

Als Konsequenz der Beratung, eigener Nachforschungen - nach Jungwirth 1995 denken Buben eher sequentiell, Mädchen eher vernetzt - und der - sehr konstruktiven Verbesserungsvorschläge der Schüler/innen in den Gruppeninterviews sollen die Aufgabenstellungen in einigen der Schülerskripten umstrukturiert werden.

### **5.3 Resümee**

Spannend war es für mich, eine umfangreiche Unterrichtssequenz, die von Mathematik bestimmt wird, zusammenzustellen und mit Schülern und Schülerinnen auch durchzuführen, da ich ja mit Mathematikunterricht noch ganz am Anfang stehe.

Beeindruckend war auch zu sehen, wie Schüler/innen in ihren Kleingruppen diskutierten und einander lobten und wie mutig sie ihre Präsentationen hielten.

Als Projektabschluss präsentierten zwei Experten ihre Diplom- bzw. Doktorarbeit. Dies gab uns einen interessanten Ausblick auf die Welt der Forschung und der Wirtschaft.

#### *Zu meinen Zielen und Forschungsfragen:*

Die fachlichen Ziele habe ich erreicht, Antworten auf meine Forschungsfragen sind gekommen: Die Schüler/innen haben die mathematischen Inhalte in bildförmiger Verpackung gut angenommen, die getesteten Schülerskripten für die Gruppenarbeit in Projektphase 2 könnten für die 10. - 11. Schulstufe praktikabel sein, für die 9. Schulstufe sollten sie noch klarer und in kleinere Häppchen strukturiert werden. Auch sollte eine Lehrperson, die mein Projekt für ihren Unterricht verwenden möchte, mit den mathematischen Hintergründen und dem Programm Matlab vertraut sein - ganz ohne geht's doch nicht!

Wenn ich selbst das Projekt weiterentwickle, werde ich zumindest Teile der Unterrichtssequenz geblockt durchführen, da es den Schülerinnen und Schülern immer wieder schwer fiel, in die Materie „hineinzukommen“.

Dass ich am Gendermodul teilgenommen habe, betrachte ich zurückblickend als Gewinn. Ich kann die Inanspruchnahme einer externen Beratung allen Projektnehmern und Projektnehmerinnen nur empfehlen!

Meine ganz persönlichen Ziele: Die Überzeugung, dass Mathematik in ihrem tiefsten Inneren schwer und gemein ist, habe ich meinen Schülerinnen und Schülern gewiss nicht ausreden können. Aber vielleicht haben manche Schüler/innen Fotobearbeitung am Computer als interessante Anwendung von Mathematik erfahren. Zwei Dinge kann ich sicher sagen: Meine Kompetenz, mathematische Sachverhalte zu erklären, hat sich durch das Schreiben der Schülerskripten verbessert. Und, leider: Als Wer-

bung für das Wahlpflichtfach Informatik war meine Unterrichtssequenz in der 9. Schulstufe nicht effektiv. Das Wahlpflichtfach wird im nächsten Schuljahr wieder nicht zu Stande kommen.

Nun, mein nächstes Vorhaben ist die Fertigstellung meiner Diplomarbeit. Dann werde ich mir überlegen, wie ich die Welt der AHS-Informatik retten kann, indem ich zwanzig Schülerinnen, alle weiblich, für das Wahlpflichtfach gewinne.

## 6 LITERATUR

AMRHEIN-KREML, R. (2007). 3-Ebenen-Modell. Unveröffentlichtes Manuskript. Präsentiert und erläutert beim IMST Projekt Start-Up Innsbruck.

FRANK, E. (2005). Mädchen-Stärken – Mädchen stärken. Aus der Praxis – für die Praxis. In: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (Hrsg.). Begabungsförderung durch Geschlechtssensibilität in Mathematik, Naturwissenschaften und Technik. Wien: BMBWK.

FÜHRER, L. (1991). Pädagogik des Mathematikunterrichts. Braunschweig: Vieweg.

GONZALES, R. & WOODS, R. (2002). Digital Image Processing. Reading MA: Addison-Wesley.

JUNGWIRTH, H. (1995). Über Video- und Computerspiel zu einem neuen Selbstverständnis. Abschlußbericht zum Projekt Geschlechtsspezifische Aspekte des Computerspielens. Im Auftrag des Bundesministeriums für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten. Linz, im Oktober 1995

<http://www.spielbar.de/referate/jungw2.htm> (29.4.2008).

KIRCHER, E. et al. (2000). Physikdidaktik. Braunschweig / Wiesbaden: vieweg.

PETERßEN, W. H. (2003). Lehreraufgabe Unterrichtsplanung. München: Oldenbourg Schulbuchverlag.

SCHWILL, A. (1993). Fundamentale Ideen der Informatik. In: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 25 (1993), Nr. 1, S. 20-31.

STADLER, H. (2005). Geschlechtssensibler Unterricht – Positionen aus physikdidaktischer Perspektive. In: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (Hrsg.). Begabungsförderung durch Geschlechtssensibilität in Mathematik, Naturwissenschaften und Technik. Wien: BMBWK.

Sonstige Quellen:

IMST<sup>2</sup> (Hrsg.) (2004). Grundbildung. Jahrgang 2, Ausgabe 8, Winter 2003/2004. Sonderteil Grundbildung.

Internetadressen:

Aktuelle Lehrpläne auf: <http://www.gemeinsamlernen.at> (18.1.2008).

# **ANHANG**

Der Inhalt des Anhangs befindet sich in der gesonderten Datei ANHANG!